



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

JESSICA MARIA DE OLIVEIRA GALENO

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS DE TERESINA-PI

Teresina

2023

JESSICA MARIA DE OLIVEIRA GALENO

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS DE TERESINA-PI

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI) como requisito parcial para a obtenção de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.

Orientadora: Prof. Dra. Renata Shirley de Andrade Araújo.

Coorientador: Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra.

Teresina

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Divisão de Representação da Informação

G153m Galeno, Jessica Maria de Oliveira.
Manejo sustentável das água pluviais de Teresina-PI / Jessica
Maria de Oliveira Galeno. -- 2023.
159 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio
Ambiente, Teresina, 2023.
“Orientadora: Prof. Dra. Renata Shirley de Andrade Araújo”.
“Coorientador: Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra”.

1. Drenagem urbana. 2. LIDs. 3. Gestão pública. 4. Participação
popular. I. Araújo, Renata Shirley de Andrade. II. Bezerra,
Alessandro de Araújo. III. Título.

CDD 333.912

JESSICA MARIA DE OLIVEIRA GALENO

MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS DE TERESINA-PI

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI) como requisito parcial para a obtenção de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.

Orientadora: Prof. Dra. Renata Shirley de Andrade Araújo.

Coorientador: Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 RENATA SHIRLEY DE ANDRADE ARAUJO
Data: 14/10/2023 16:59:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dra. Renata Shirley de Andrade Araújo (UFPI)

Orientadora

Documento assinado digitalmente
 MARCELO BARBOSA FURTINI
Data: 18/10/2023 09:08:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Barbosa Furtini (UFPI)

Examinador Interno



Prof. Dr. Mauro César de Brito Sousa (IFPI)

Examinador Externo

Prof. Dr. Afonso Feitosa Reis Neto (IFPI)

Examinador Externo



Documento assinado digitalmente
AFONSO FEITOSA REIS NETO
Data: 18/10/2023 19:54:58-0300
CPF: ***.849.234-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por tudo que me foi concedido em minha vida.

À minha filha, Lícia, que desde a gestação foi paciente e companheira,

Ao meu marido, Matheus, pelo apoio, incentivo e companheirismo,

Aos meus pais, pela dedicação, ensinamentos, condução, educação e amor incondicional a mim.

À toda minha família, por ser pilar de acolhimento e incentivo a tudo que me proponho a fazer

À professora Dra. Renata Shirley, pela preciosa orientação, pela especial atenção, compreensão durante a pesquisa e pelo conhecimento transmitido que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Alessandro pelas valiosas observações e orientações que contribuíram muito para o enriquecimento desta dissertação.

A todos os mestres que compartilharam seus conhecimentos, em especial ao professor Dr. Leonardo Madeira, pelo incentivo para realização deste mestrado e da pesquisa.

Aos amigos do Mestrado, Ana Christina, Egberto, José Augusto, Marineldo, Nailton, Ravena e Silva, pela construtiva convivência, apoio e conhecimentos compartilhados.

A todos os técnicos que contribuíram com informações, sem as quais os resultados deste trabalho não se realizariam.

Estendo meu profundo agradecimento a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a concretização deste trabalho.

RESUMO

A expansão da ocupação do solo reduz a área de vegetação natural, aumentando o escoamento de água da chuva e afetando o ciclo hidrológico, podendo causar problemas na drenagem urbana. A gestão integrada do manejo dos resíduos sólidos com a drenagem urbana, assim como o cuidado com a incidência das doenças de veiculação hídrica, fortalece a drenagem urbana sustentável, contudo, faz-se necessário verificar a receptividade social para implantação de critérios técnicos para uma proposta de inserção de elementos, voltados para aumentar o volume de infiltração das águas pluviais no solo. Verificar a implementação do uso de técnicas *Low Impact Development* (LID) nas sub-bacias de Teresina com base no diagnóstico de drenagem a ser realizado junto à população e à administração municipal de Teresina-PI. Para a pesquisa foram realizadas entrevistas com órgãos gestores responsáveis pelo manejo dos resíduos sólidos e pela drenagem urbana do município, para conhecer a situação atual da gestão para manejo das águas urbanas e dos resíduos sólidos. Também foi aplicado questionário para a comunidade acadêmica da Universidade Federal do Piauí (UFPI), a fim de verificar como essas pessoas foram afetadas por problemas relacionados à drenagem urbana e sua disposição para contribuir junto à gestão municipal na busca por alternativas que possam minimizar os impactos. A análise do Plano Diretor de Drenagem Urbana e o Plano Municipal de Saneamento Básico ocorreu para avaliar o grau de prioridade da ampliação do sistema de drenagem. Além disso, informações sobre doenças relacionadas à água foram coletadas da Fundação Municipal de Saúde (FMS) do município. Foram selecionados seguintes equipamento LIDs: telhado verde, pavimento permeável e a trincheira de infiltração. Eles foram aplicados nas sub-bacias indicadas como prioridade, utilizando 5%, 10% e 15% da área total da sub-bacia. A redução do pico de vazão foi igual para todas as técnicas, variando apenas conforme a área. A redução para utilização de 5% de área LID ficou entre 3,44% a 5%, com 10% de LID variou de 7,01% a 10% e com 15% de área LID a redução foi de 10,7% a 15%. As respostas do questionário identificaram os bairros com problemas de drenagem. Foram selecionados para simulação os bairros sem projetos existentes ou planejados: o bairro Ininga na zona Leste, situados nas sub-bacias PD08, PD09 e PD10; os bairros Ilhotas e Primavera na zona Centro/Norte, que estão nas sub-bacias PE12, PE13, PE16, PE17 e PE18; e os bairros Angelim, Bela Vista, Lourival Parente e Santo Antônio na zona Sul, situados nas sub-bacias P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, PE1, PE3, PE5, PE6, PE8, PE7, PE9 e PE11. A pesquisa mostrou, também, boa aceitação da população a respeito da implantação de medidas sustentáveis de drenagem, onde a 81,86% manifestou estar disposta à inserção de dispositivos de retenção e infiltração das águas pluviais em suas residências. O trabalho ainda relacionou o mês com maior incidência de doenças com o período chuvoso. Concluiu-se necessário fortalecer a integração das gestões públicas promovendo políticas públicas que estimulem a inserção de dispositivos sustentáveis.

Palavras-Chave: Drenagem urbana. LIDs. gestão pública. participação popular.

ABSTRACT

The expansion of land occupation reduces the area of natural vegetation, increasing rainwater runoff and affecting the hydrological cycle, potentially causing issues in urban drainage. The integrated management of solid waste with urban drainage, as well as the concern for waterborne diseases, strengthens sustainable urban drainage. However, it is essential to assess the social receptiveness for the implementation of technical criteria for the incorporation of elements aimed at increasing the infiltration of rainwater into the soil. The study involves examining the implementation of Low Impact Development (LID) techniques in the sub-basins of Teresina, based on a drainage diagnosis conducted in collaboration with the local population and the municipal administration of Teresina, Piauí. For the research, interviews were conducted with the responsible authorities for solid waste management and urban drainage in the municipality to understand the current situation of urban water management and solid waste. A questionnaire was also administered to the academic community of the Federal University of Piauí (UFPI) to assess how they have been affected by urban drainage problems and their willingness to contribute to municipal management in seeking alternatives to minimize impacts. An analysis of the Urban Drainage Master Plan and the Municipal Basic Sanitation Plan was carried out to evaluate the priority level for expanding the drainage system. Additionally, information regarding water-related diseases was gathered from the Municipal Health Foundation (FMS) of the municipality. The following LID devices were selected: green roofs, permeable pavement, and infiltration trenches. They were applied in the priority sub-basins, utilizing 5%, 10%, and 15% of the total sub-basin area. The reduction in peak flow was consistent for all techniques, varying only with the area of application. The reduction with 5% LID area ranged from 3.44% to 5%, with 10% LID it varied from 7.01% to 10%, and with 15% LID area, the reduction was from 10.7% to 15%. The questionnaire responses identified neighborhoods with drainage issues. The selected neighborhoods for simulation were those without existing or planned projects: Ininga in the Eastern zone, situated in sub-basins PD08, PD09, and PD10; Ilhotas and Primavera in the Central/Northern zone, located in sub-basins PE12, PE13, PE16, PE17, and PE18; and Angelim, Bela Vista, Lourival Parente, and Santo Antônio in the Southern zone, situated in sub-basins P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, PE1, PE3, PE5, PE6, PE8, PE7, PE9, and PE11. The research also showed strong acceptance among the population regarding the implementation of sustainable drainage measures, with 81.86% expressing willingness to incorporate rainwater retention and infiltration devices into their residences. The study also correlated the month with the highest incidence of diseases with the rainy season. In conclusion, there is a need to strengthen the integration of public management, promoting public policies that encourage the incorporation of sustainable devices.

Keywords: Urban drainage. LIDs. Management. Popular participation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.	16
Figura 2 – Áreas de intervenção do projeto Lagoas do Norte.	21
Figura 3 – Enchente do rio Parnaíba, em 1947.	25
Figura 4 – Rua Santa Efigênia: parte da pista e seu talude foram levados pelo escoamento pluvial, provocando ainda o colapso de um muro de arrimo.	26
Figura 5 – Bueiro rompido na Rua Celso Pinheiro próximo à Rua Chico Xavier.	27
Figura 6 – Parte da via destruída no Residencial Torquato Neto.	27
Figura 7 – Estratégia para redução do risco de desastres no país.	28
Figura 8 – Mapa de distribuição dos PRR por zona administrativa.	48
Figura 9 – Mapas tipos de solos hidrológicos de Teresina.	55
Figura 10 – Pavimento de concreto ou asfalto poroso.	57
Figura 11 – Pavimento permeável de bloco vazado preenchido com grama	58
Figura 12 – Seção de alguns tipos de trincheiras de infiltração na literatura.	59
Figura 13 – Estrutura do telhado verde.	61
Figura 14 – Biorretenção empregada em passeio público.	63
Figura 15 – Mapa de localização de Teresina e municípios limítrofes.	68
Figura 16 – Macrobacias de Teresina.	69
Figura 17 – Sub-bacias da cidade de Teresina.	70
Figura 18 – Representação de um (a) pavimento permeável, (b)telhado verde e (c) trincheira de infiltração no SWMM (Adaptado do SWMM).	76
Figura 19 – Sub-bacias com projetos concluídos e a licitar.	82
Figura 20 – a) Representação da área urbana por zona (Fonte: Teresina, 2018). b). Percentual dos residentes que responderam ao questionário por zona.	85
Figura 21 – Representação do grau de preocupação com o meio ambiente	86
Figura 22 – Aceitação dos entrevistados para a implementação de técnicas compensatórias em espaços públicos	88
Figura 23 – Distribuição de quem possui dispositivo de drenagem sustentável por zona da cidade.	89
Figura 24 – Disposição para investir em alguma técnica de retenção na residência.	90
Figura 25 – a) Percentual da população afetada pelas chuvas. b) população que teve ou conhece alguém que perdeu bens materiais devido às fortes chuvas.	91
Figura 26 – Relação dos problemas com o transporte e o período chuvoso	92

Figura 27 – Satisfação dos entrevistados com a coleta convencional de lixo.	93
Figura 28 – Frequência dos serviços de varrição, capina e coleta, respectivamente.	93
Figura 29 – Sub-bacias com prioridades para projetos.	95
Figura 30 – Bairros mais citados no questionário e as sub-bacias com prioridades para projetos.	97
Figura 31 – Chuva deixa famílias desabrigadas.	99
Figura 32 – Chuva em Teresina deixa alagamentos em bairros.	100
Figura 33 – Rua alagada após forte chuva.	100
Figura 34 – Moradores em contato com águas das chuvas.	101
Figura 35 – Veículos arrastados pela chuva.	101
Figura 36 – Bairros menos citados no questionário e as sub-bacias com prioridades para projetos.	102
Figura 37 – Bairros considerados sem problemas de drenagem e as sub-bacias com prioridades para projetos.	103
Figura 38 – Hidrograma do pico de vazão na sub-bacia PD08.	104
Figura 39 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo B (PD08, PD09, P7, P8, P9).	106
Figura 40 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo D (PD10, P2, P3, PE1, PE5, PE6, PE7, PE8, PE9, PE11, PE12, PE13, PE16, PE17, PE18).	107
Figura 41 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo B e D (P1, P4, P5, P6, PE3).	110
Figura 42 – Parâmetro de Escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo B (PD08, PD09, P7, P8, P9).	111
Figura 43 – Parâmetros de escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo D (PD10, P2, P3, PE1, PE5, PE6, PE7, PE8, PE9, PE11, PE12, PE13, PE16, PE17, PE18).	112
Figura 44 – Parâmetros de escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo B e D (P1, P4, P5, P6, PE3).	115
Figura 45 – Relação da perda por infiltração e armazenamento por tipo de LID.	116
Figura 46 – Média da incidência de Chikungunya, Dengue e Zika por mês entre 2015 e 2021.	120
Figura 47 – Número de casos de Chikungunya, Dengue e Zika por ano.	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos grupos hidrológicos dos solos e sua capacidade de infiltração (Método NRCS).....	55
Tabela 2 – Relação entre os tipos de solos da Classificação Brasileira e os tipos de Solos definidos pelos grupos do NRCS.....	56
Tabela 3 – Características dos tipos de telhados verdes.	61
Tabela 4 – Parâmetros utilizados para modelagem das estruturas propostas.....	77
Tabela 5 – Sub-bacias e os grau de prioridade de ampliação da drenagem urbana conforme PDDrU e PMSB.....	81
Tabela 6 – Relação do grau de preocupação com o meio ambiente, o conhecimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana e o grau de escolaridade	87
Tabela 7 – Bairros selecionados para as simulações e as sub-bacias correspondentes.	99
Tabela 8 – Redução do pico de vazão com a utilização de LID.....	105
Tabela 9 – Divisão das sub-bacias por tipo de LID relacionando perda de infiltração e armazenamento.....	116
Tabela 10 – Média de precipitação (mm) entre os anos de 2000 e 2022.....	120

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 Objetivo	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Desenvolvimento Sustentável	15
2.2 Urbanização e seus impactos sociais	23
2.3 Doenças de veiculação hídrica	32
2.3.1 Amebíase	33
2.3.2 Dengue.....	34
2.3.3 Chikungunya.....	35
2.3.4 Zika.....	37
2.3.5 Doenças Diarréicas Aguda	39
2.3.6 Esquistossomose	40
2.3.7 Febre Tifóide e Paratifóide	41
2.3.8 Hepatite A.....	42
2.3.9 Leptospirose.....	43
2.3.10 Tétano Acidental.....	44
2.4 Manejo dos resíduos sólidos	45
2.5 A drenagem Urbana	50
2.5.1 Capacidade de infiltração conforme o tipo de solo.....	54
2.5.2 Dispositivos de Drenagem sustentável.....	56
2.5.2.1 Pavimento permeável	56
2.5.2.2 Trincheira de infiltração	58
2.5.2.3 Telhado verde.....	60
2.5.2.4 Biorretenção.....	61
2.5.3 Storm Water Management Model – SWMM.	64

3 METODOLOGIA	66
3.1 Caracterização da área de estudo	66
3.2 Obtenção de dados	71
3.2.1 Entrevista com órgãos da gestão pública.....	71
3.2.2 Aplicação de questionário.....	71
3.2.3 Dados sobre doenças de veiculação hídrica.....	74
3.3 Tratamento das coletas de dados	75
3.4 Modelo hidrológico	75
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4.1 Entrevista com gestores da drenagem urbana de Teresina	79
4.2 Entrevista com gestores do manejo de resíduos sólidos de Teresina	83
4.3 Perfil sociodemográfico dos respondentes	85
4.4 Percepção da população quanto ao sistema de Drenagem Urbana em Teresina	87
4.5 Percepção da população quanto aos impactos socioambientais e econômicos	90
4.6 Percepção da população quanto o manejo de resíduos sólidos	92
4.7 Relação entre os Planos e as respostas dos questionários	94
4.8 Análise dos resultados das simulações	104
4.8.1 Impactos das técnicas LID na redução de vazão.....	104
4.8.2 Resultados da infiltração e escoamento total.....	106
4.8.3 Resultados das perdas por infiltração e armazenamento das sub-bacias com LID.....	116
4.9 Viabilidade de implantação de dispositivos	117
4.10 Relação das doenças de veiculação hídrica com o período chuvoso	119
5. CONCLUSÃO	122
REFERÊNCIAS	124

1 INTRODUÇÃO

As alterações no percurso natural da água, associadas ao ciclo hidrológico, envolvem, sobretudo, o conhecimento de características das bacias hidrográficas e das taxas de uso e ocupação do solo urbano. Isso se deve, principalmente, às alterações provocadas pela impermeabilização do solo, pela redução ou supressão da vegetação natural.

As modificações nas paisagens naturais ocorrem devido ao crescimento populacional urbano. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a taxa de ocupação urbana brasileira em 2000 foi de 81,20%, enquanto no último Censo concluído em 2010, aumentou para 84,40% (IBGE, 2010). Tanto a urbanização quanto o crescimento populacional exigem aumentos e melhorias na capacidade de infraestrutura urbana, além de causarem impactos sobre o meio natural. A taxa de urbanização está diretamente relacionada ao aumento do escoamento superficial nas cidades, o que afeta o ciclo hidrológico natural e provoca mudanças climáticas, que podem contribuir para desastres naturais (Christofidis; Assumpção; Kligerman, 2019).

No ano de 2018, o IBGE, em parceria com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, criou uma base de dados referente à estimativa da população exposta a áreas de risco de deslizamentos e inundações, por meio da associação de informações do Censo Demográfico de 2010 do IBGE e das áreas de risco monitoradas pelo CEMADEN. Em 2010, nos 872 municípios analisados, estimou-se que 8.270.127 pessoas estavam expostas aos riscos de desastres de origem hidrometeorológica. A região Nordeste ficou em segundo lugar, atrás apenas da região Sudeste, em relação à concentração do maior contingente populacional em áreas de risco, totalizando 2.952.628 moradores expostos em áreas de risco em 294 municípios (Cemaden, 2021).

No Brasil, muitos desastres ambientais são causados por inundações, decorrentes do sistema de drenagem urbano inadequado ou inexistente. No país, o modelo padrão de drenagem de águas pluviais é baseado essencialmente na eficiência hidráulica dos condutos, o que resulta em um aumento na velocidade das águas pluviais, gerando maiores picos de vazão com um tempo de ocorrência mais rápido, o que provoca enchentes em áreas urbanas. Para mitigar os impactos negativos desse modelo de gestão

das águas, temos uma nova perspectiva de drenagem associada ao desenvolvimento sustentável (Tucci, 2005).

Segundo Pompêo (2000), a drenagem urbana, associada ao pensamento de sustentabilidade, introduz uma nova perspectiva, na qual se tem como base o reconhecimento da complexidade das relações entre o sistema urbano artificial, os ecossistemas naturais e a sociedade.

Dessa maneira surgiram conceitos como, as Melhores Práticas de Gestão – *Best Management Practices* (BMPs), Desenvolvimento de Baixo Impacto – *Low Impact Development* (LID), Estruturas verdes – Green Infrastructure (GI), Gestão Integrada das Águas Urbanas – *Integrated Urban Water Management* (IUWM), Projeto Urbano Sensível à Água – *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) e Sistema de Drenagem Sustentável – *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) (Fletcher *et al.*, 2014; Ghodsi *et al.*, 2020; Martin; Ruperd; Legret, 2007).

Ainda trazendo a ideia de desenvolvimento sustentável, Neves e Tucci (2008) discorrem sobre a importância da gestão integrada das áreas de saneamento, enfatizando o manejo dos resíduos sólidos gerados pela população como um dos principais fatores negativos que impactam o meio hídrico por meio da drenagem urbana. Os resíduos sólidos, dispersados pelo sistema de drenagem, podem ocasionar poluição difusa, resultando em doenças de veiculação hídrica.

A relação entre o manejo das águas pluviais e as doenças causadas pelo meio hídrico é um dos aspectos que envolvem a saúde pública. De acordo com Silva, Santos e Martins (2020), as doenças transmitidas por vetores causam mais de 700.000 mortes por ano. O Brasil está entre os países mais atingidos no mundo, configurando-se como um problema de saúde pública (Expedito *et al.*, 2020).

Conforme Silveira *et al.* (2021), pesquisas sobre a dinâmica dos casos de pacientes vulneráveis à falta de saneamento básico, especialmente em áreas suscetíveis a inundações, são necessárias para evitar surtos da doença. Portanto, a gestão do sistema de drenagem das águas pluviais e residuárias torna-se uma medida essencial a ser tomada pelo poder público.

Com a rápida expansão das cidades, surge um grande desafio em desenvolver estratégias para controlar alagamentos e inundações, considerando os aspectos naturais e as atividades humanas na região. A temática desta pesquisa, que se propõe a verificar a receptividade social para a implantação e os critérios técnicos para uma proposta de inserção de elementos voltados para infiltração, visando realizar a drenagem de forma

sustentável, torna-se um ponto crucial, abrangendo fatores econômicos, sociais e ambientais.

Para tanto, a drenagem deve ser abordada nas questões multissetoriais, integrando efetivamente os aspectos urbanos e a percepção da sociedade em relação às soluções de drenagem, por meio de políticas públicas voltadas para a educação ambiental. Nesta pesquisa, propõe-se o manejo sustentável de drenagem urbana envolvendo a percepção da população e aspectos técnicos do setor público.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

Verificar a implementação do uso de técnicas LID nas sub-bacias de Teresina com base no diagnóstico de drenagem a ser realizado junto à população e à administração municipal de Teresina-PI.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a percepção social e econômica, bem como, informações técnicas da gestão a respeito dos efeitos causados pela falta e/ou deficiência do sistema de águas pluviais;
- Verificar a influência dos resíduos sólidos no sistema de drenagem;
- Comparar as regiões mais afetadas pela falta de drenagem urbana na cidade de Teresina, considerando as diretrizes do Plano Diretor de Drenagem Urbana, o Plano Diretor de Saneamento e a percepção da população;
- Verificar a utilização de técnicas LID como forma de redução de vazão;
- Estabelecer uma relação dos dados da incidência de doenças no período chuvoso com a falta de drenagem urbana.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desenvolvimento Sustentável

Com o aumento do mercado consumidor e a intensa exploração dos recursos naturais, desencadeou-se uma preocupação da comunidade internacional em relação à devastação ambiental. Isso ocorreu a partir do século XVII, quando as mudanças nos sistemas produtivos advindas da Revolução Industrial causaram alterações significativas nas relações comerciais, sociais e, conseqüentemente, ambientais (Santos; Weber, 2020).

Como resultado dessas preocupações, em 1968, ocorreram os primeiros estudos pelos pesquisadores do Clube de Roma, liderados por Dennis Meadows, culminando na publicação do livro "*The Limits to Growth*" (Os Limites do Crescimento). Este estudo concluiu que a degradação ambiental era consequência do crescimento populacional descontrolado e que, se os níveis de exploração dos recursos naturais se mantivessem os mesmos, eles se extinguiriam, juntamente com a população humana. Portanto, seria necessário manter a estabilidade populacional, econômica e ecológica, lançando assim o conceito de ecodesenvolvimento, que pregava a ideia de crescimento zero como forma de evitar qualquer desastre ambiental. Essa ideia contribuiu para o pensamento de que o desenvolvimento deveria estar intimamente ligado à preservação ambiental (Vieira, 2012).

Tais discussões ganharam tanta intensidade que levaram a Organização das Nações Unidas (ONU) a promover, em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano na cidade de Estocolmo, na Suécia, popularmente conhecida como Conferência de Estocolmo. Foi nessa conferência que emergiram as primeiras ideias do termo desenvolvimento sustentável (Mebratu, 1998).

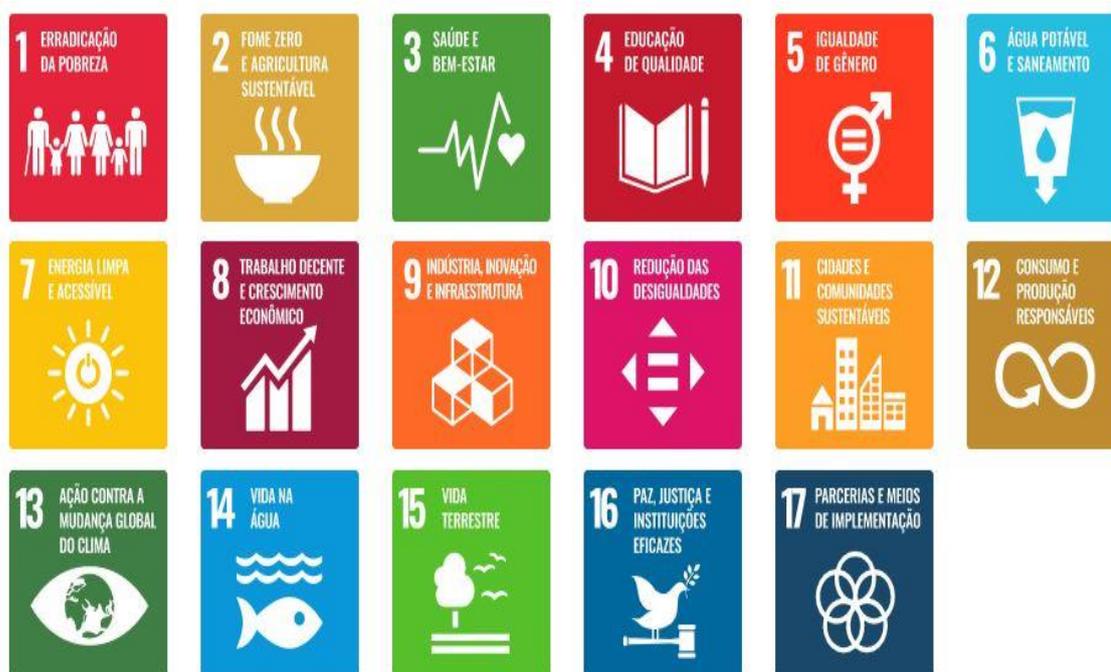
Conseqüentemente, em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - *World Commission On Environment And Development* (WCED), presidida pela primeira-ministra norueguesa, Gro Harlem Brundtland (Vieira, 2012). De acordo com Santos e Weber (2020), os trabalhos foram publicados em 1987, equilibrando o desenvolvimento de maneiras sociais, econômicas e ambientais através do relatório chamado "Our Common Future" (Nosso Futuro Comum), também conhecido como Relatório Brundtland. Nele, apresentou-se o conceito de desenvolvimento sustentável, definindo-o como o tipo de desenvolvimento que "atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades." (UN, 1987, p.15).

Segundo Mebratu (2018), a definição de desenvolvimento sustentável apresentada pelo Relatório *Brundtland* foi o cerne para praticamente todos os outros conceitos que viriam; entretanto, também se ampliou a quantidade de discurso sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, trazendo, assim, uma gama de definições e interpretações.

A relação entre o meio ambiente e o ser humano torna-se cada vez mais desafiadora devido ao crescimento exponencial da população e ao uso inadequado dos recursos naturais. Após 20 anos desde a Conferência em Estocolmo, a ONU realizou, na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência Mundial sobre Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Eco 92, Rio 92 ou Cúpula da Terra. Nela, participaram 179 países, o que demonstrou um aumento no interesse mundial pelo futuro do planeta (Vieira, 2012).

Em 2015, durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável na Assembleia Geral da ONU, os 193 países membros da organização lançaram uma nova agenda para orientar suas decisões a partir daquele momento, conhecida como Agenda 2030. Com o objetivo de orientar a governança global visando à erradicação da pobreza, à proteção do meio ambiente e à promoção da prosperidade geral até o ano de 2030, a ONU coordenou a elaboração dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: UNESCO (2017).

No Brasil, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) tem trabalhado nas adequações das metas dos objetivos estabelecidos pela ONU para a realidade brasileira. Um

dos objetivos da instituição é fornecer suporte técnico e institucional às ações governamentais para a construção e reconstrução de políticas públicas e programas nacionais de desenvolvimento, tornando o Brasil um dos poucos países a ter instrumentos que orientam a territorialização dos ODS (IPEA, 2018).

Em Teresina, a Lei Nº 3.558, de 20 de outubro de 2006, que reinstalou o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, em continuidade a esta, o município elaborou a Agenda 2030 com o objetivo de alcançar as metas dos 17 ODS (Teresina, 2006a).

Dos dezessete objetivos apresentados, pode-se destacar os objetivos 3, 4, 6, 11 e 13, pois todos tratam, direta e indiretamente, do novo paradigma que envolve a drenagem urbana sustentável. Compreender como o cumprimento desses objetivos irá impactar no desenvolvimento atual e quais mudanças serão esperadas no futuro. Tendo em vista que a relação com a paisagem e as mudanças no uso e cobertura do solo estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento social e econômico, e, ao mesmo tempo, são fundamentais para traçar formas de mitigar impactos ambientais negativos.

O objetivo 3 visa "assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades". O indicador 3.9 relaciona a saúde e o bem-estar com o saneamento. De acordo com o IPEA (2018), principalmente nos países desenvolvidos, as cargas significativas de doenças são causadas por fatores ambientais. Além disso, o relatório do referido instituto indica que no Brasil a morbidade e a mortalidade ainda se encontram elevadas em relação às metas propostas no ODS 3, principalmente para a população mais vulnerável, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) – *World Health Organization* (WHO), considera-se que 25% das mortes e doenças em todo o mundo estão relacionadas a riscos ambientais, que incluem, entre outros, a água poluída, saneamento inadequado e falta de higiene. A água imprópria, falta de saneamento e higiene, por sua vez, matam cerca de 1,7 milhão de pessoas anualmente. Só em 2017, estima-se que foram 5 óbitos por 100 mil habitantes atribuídos a fontes de água inadequadas, saneamento inadequado e falta de higiene. (IPEA, 2018).

O objetivo 4 trata de "assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos". De forma crucial, a educação é a chave para a concretização de todos os outros 16 ODS, pois, por meio dela, é possível uma transformação comportamental dos indivíduos e a promoção das mudanças

sociais, econômicas e políticas. Além disso, sua contribuição para o desenvolvimento sustentável vem crescendo em todo o mundo (Unesco, 2017).

No Brasil, foi estabelecida a Política Nacional de Educação Ambiental por meio da Lei nº 9.795, de 28 de abril de 1999, a qual incorpora a educação ambiental ao sistema de ensino do país. No âmbito estadual, o Piauí possui a Lei 6.565, de julho de 2014, conhecida como a Política Estadual de Educação Ambiental, que orienta as ações relacionadas à educação ambiental no Estado. Além disso, a Política Ambiental do Piauí, regulamentada pela Lei nº 4.854 de 1996, inclui a promoção da educação ambiental como uma das diretrizes a serem seguidas (Piauí, 1996).

No que tange ao objetivo 6, espera-se "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos". A promoção do saneamento básico interfere na saúde, no conforto, na valorização de imóveis, na alimentação, na economia, no turismo; ou seja, é um dos fatores que impacta diversos campos da sociedade e do desenvolvimento humano.

De acordo com a Brasil (2016), o Estado do Piauí possui a maior parte de sua área inserida na Bacia Hidrográfica do Parnaíba, com 77% do território da Região Hidrográfica pertencendo ao Piauí. A qualidade dos recursos hídricos é de grande relevância para o Estado. Segundo o IBGE (2018), 68,2% dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Parnaíba possuem água de boa qualidade. Essa proporção foi calculada de acordo com os limites da classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, utilizando uma série histórica dos anos de 2010 a 2015.

O saneamento se caracteriza como um serviço de prevenção quando ações são implantadas com o intuito de prevenir problemas que possam vir a afetar a saúde, o bem-estar social, o meio ambiente e a economia, sendo um instrumento que promove a dignidade humana e os direitos humanos. Entretanto, a falta de conhecimento aprofundado da população e o desinteresse da gestão pública em ampliar verbas para obras de saneamento fazem com que esses investimentos sejam ínfimos (Ferreira; Garcia, 2017).

A Agência Nacional de Águas (ANA) lançou em 2019 o relatório que monitora o nível de cumprimento do ODS 6, no qual conclui que, de modo geral, o Brasil obteve resultados positivos nesse ODS. Entretanto, um dos maiores desafios para atingir as metas deste ODS é o tratamento do esgoto, o qual reflete na qualidade da água e na saúde da população. (ANA, 2019).

Sendo uma das metas do ODS 6, a integração da gestão dos recursos hídricos é a chave para obter um futuro seguro para a água. De acordo com a ONU (2021), a Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) – *Integrated Water Resources Management (IWRM)* – é uma

abordagem que colabora para equilibrar as necessidades de água que a sociedade e a economia necessitam, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais. Segundo o relatório elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – *United Nations Development Programme* (UNDP) – em parceria com a Parceria Global para a Água – *Global Water Partnership* (GWP), o mundo avançou no grau de implantação da GIRH de 49% no ano de 2017 para 54% em 2020. Para atingir a meta até 2030, os países precisam dobrar a taxa atual. O Brasil apresenta um nível de progresso moderado para atingir essa referida meta (UN, 2021).

Embora o ODS 6 não aborde explicitamente questões como drenagem urbana e manejo dos resíduos sólidos, no Brasil, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, inclui nos componentes do saneamento básico a drenagem e o manejo de águas pluviais como partes integrantes do saneamento básico, juntamente com o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. O país também possui o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), um instrumento da Política Nacional sobre Mudança do Clima, de natureza contábil, criado pela Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e regulamentado mais recentemente pelo Decreto nº 10.143, de 28 de novembro de 2019. Esse fundo disponibiliza recursos para financiar projetos, estudos e empreendimentos voltados para a mitigação e adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos.

Além disso, no âmbito nacional, a Lei Federal nº 9.433 de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), pelos Órgãos Gestores de Recursos Hídricos Federais, Estaduais e municipais, e pela Agência da Água. O principal papel desse sistema é coordenar a gestão integrada das águas, administrar conflitos, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos, cobrar pelo uso de recursos hídricos e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos.

No âmbito municipal, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) apresenta alguns procedimentos que podem ser utilizados para o monitoramento da qualidade da água na cidade de Teresina, tais como: estabelecer os parâmetros para monitoramento; coletar amostras de água em locais estratégicos, como nos corpos receptores da drenagem, a montante e a jusante do lançamento; determinar a frequência de monitoramento; e padronizar um índice para a avaliação final da qualidade de um corpo d'água (Teresina, 2012).

O O objetivo 11 propõe "tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis". Com o intuito de alcançar esse objetivo, a cidade de

Teresina possui o Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT, instituído pela Lei Complementar nº 5.481, de 20 de dezembro de 2019. Este plano aborda, entre outros aspectos, a Política de Desenvolvimento e de Resiliência Territorial, a Qualidade do Ambiente e Estratégias de Desenvolvimento Sustentável para o município. Em vários pontos, ele correlaciona a drenagem urbana com o desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, nas Zonas Especiais de Uso Sustentável - ZEUS, que constituem uma das cinco Zonas Especiais tratadas no Plano (Teresina, 2019).

Dentro da ZEUS, existem áreas de manejo sustentável cujas características ambientais e localização são de grande importância para o sistema de drenagem urbana. Deve-se ter uma visão do manejo sustentável relacionado ao seu uso e ocupação, de forma que não interfira no ecossistema original. O manejo sustentável das águas pluviais visa estabelecer uma vazão máxima de saída sem alterar a condição de drenagem superficial pré-ocupação urbana, reduzindo os impactos da impermeabilização do solo (Coffman, 1997).

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) estabelece macrozonas de desenvolvimento, incluindo a Macrozona de Interesse Ambiental (MZIA), caracterizada principalmente por riscos de alagamentos e inundações. Nessa área, investimentos prioritários são direcionados para infraestruturas relacionadas ao sistema de drenagem urbana do município. Além disso, o PDOT determina que todos os novos empreendimentos na área urbana de Teresina devem adotar práticas de manejo sustentável das águas pluviais, e aqueles localizados na MZIA podem estar sujeitos a requisitos adicionais para mitigar os impactos da urbanização (Teresina, 2019).

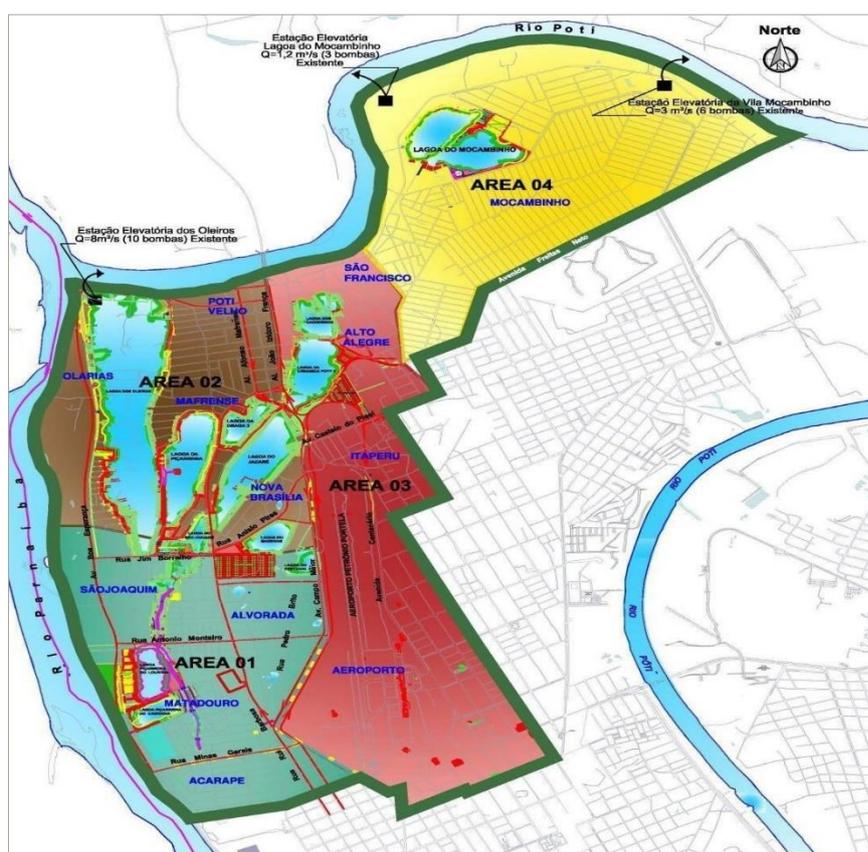
Como exemplo de projeto de drenagem urbana sustentável em Teresina, existe o Programa Lagoas do Norte (PLN), que é um grande projeto urbanístico conhecido nacionalmente como um modelo de drenagem urbana associado ao desenvolvimento sustentável. De acordo com a Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPPLAN), o PLN abrange uma área de aproximadamente 1.198 hectares, onde residem mais de 92 mil pessoas e contempla 13 bairros situados na área de confluência dos rios Parnaíba e Poti, na zona Centro/Norte da cidade, que estão sob influência direta das lagoas (Teresina, 2017).

A expressão "Lagoas do Norte" remete à configuração urbana da Zona Centro/Norte, que é o berço da cidade. Teresina era pouco habitada até a década de 1960. No entanto, a partir da década de 70, a ocupação urbana de Teresina expandiu, aumentando os problemas com enchentes. A partir de 1990, o processo de expansão urbana continuou envolvendo o aterramento parcial de lagoas e canais, além do adensamento de seus entornos, o que

intensificou os impactos das enchentes. Isso exigiu soluções mais complexas, que vieram a ser implementadas com o PLN (Neto; Lima, 2018).

O Projeto de PLN foi aprovado em 2008 e financiado pelo Banco Mundial e pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Ele é composto por ações integradas e tecnicamente planejadas que contribuem para o desenvolvimento sustentável por meio da reabilitação urbana e ambiental, envolvendo procedimentos físico-urbanísticos, socioeconômicos e ambientais (Chaves; Andrade, 2017; Neto; Lima, 2019). Fazem parte do PLN a construção de parques lineares, a interligação de estruturas de drenagem, a melhoria do sistema viário, o aprimoramento das instalações sanitárias (Teresina, 2017), além da implementação de medidas não estruturais por meio de Planos Diretores. A Figura 2 representa a área de intervenção do programa.

Figura 2 – Áreas de intervenção do projeto Lagoas do Norte.



Fonte: Teresina (2017).

De acordo com Neto e Lima (2018), o programa se justifica pelas situações precárias das moradias e infraestruturas, pelos fatores epidemiológicos e pelas condições ambientais encontrados na região de implantação do programa. Sua obrigação é proteger os cidadãos e o meio ambiente para as gerações futuras.

Por sua vez, o objetivo 13 pretende "tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos", sendo um objetivo essencial em qualquer processo de desenvolvimento. Para tanto, o Acordo de Paris é um marco no processo de mudança climática, pois reuniu todas as nações em uma causa comum para combater as mudanças climáticas e suas consequências por meio de esforços ousados (IPEA, 2018).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática, conhecida como *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), destaca que, com o Acordo de Paris, os países membros concordaram em emitir relatórios, chamados de Estrutura de Transparência Aprimorada (*Enhanced Transparency Framework - ETF*), que alimentarão um banco global de informações contendo dados das ações tomadas e do progresso na mitigação das mudanças climáticas, bem como das medidas de adaptação e do apoio fornecido ou recebido, com o intuito de estabelecer planos mais ambiciosos para o futuro. (UNFCCC, 2016).

Com efeito, o primeiro Relatório, chamado "O Futuro é Agora", foi publicado em 2019. De acordo com o relatório, ainda falta muito a ser avançado em relação às mudanças climáticas. As mudanças climáticas, por exemplo, interrompem os serviços de apoio, regulação e abastecimento dos ecossistemas, ao mesmo tempo em que aumentam a intensidade de perigos como calor extremo, chuvas intensas, inundações, deslizamentos de terra, elevação do nível do mar e seca (UN, 2019).

O Brasil, por sua vez, produz periodicamente um relatório submetido à UNFCCC chamado Comunicação Nacional do Brasil; até o momento, quatro relatórios já foram produzidos. O último relatório mostra uma tendência de aquecimento da ordem de 0,5 °C por década em praticamente todas as regiões do país e indica um aumento na precipitação anual, principalmente no extremo norte da região Norte, no centro-leste do Nordeste e na região Sul do país (BRASIL, 2021).

O IBGE produziu um relatório das emissões totais de gases de efeito estufa (indicador 13.2.2) por ano no Brasil, utilizando quatro tipos de fontes de emissão desses gases: Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), Agropecuária, Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e Resíduos. Considerando uma série histórica que vai de 1990 a 2016, o resultado mostrou que a primeira, a segunda e a quarta fonte aumentaram, respectivamente, em 74,33%, 47,79% e 151,79% as emissões dos gases, enquanto a terceira fonte diminuiu em 43,78% (IBGE, 2022).

Sendo assim, torna-se essencial a preservação ambiental aliada a questões do crescimento econômico e social, elementos atribuídos ao desenvolvimento sustentável. Esse desenvolvimento visa proporcionar o bem-estar, fortalecer atitudes de consumo responsável e

diminuir a desigualdade social. Segundo Teixeira *et al.* (2020), esse novo paradigma apresenta as ações da sociedade como a principal parte integradora do meio ambiente, com atitudes conscientes, garantia de direitos humanos e equilíbrio social, além da necessidade de fomentar a educação como fator decisivo para alcançar o desenvolvimento sustentável.

De acordo com a UN (2019), a desigualdade no acesso à educação, ao saneamento, aos serviços de saúde e à renda impacta o bem-estar dos indivíduos, causando impedimentos ao desenvolvimento sustentável. Portanto, é necessário investir em educação de alta qualidade e prestar atenção à saúde mental, bem como às doenças não transmissíveis, para contribuir para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, fica claro que o equilíbrio entre os fatores ecológicos, sociais, econômicos, culturais, ambientais, territoriais e políticos é fundamental na busca de um desenvolvimento sustentável, pois todos estão interligados e possuem forte influência uns sobre os outros.

2.2 Urbanização e seus impactos sociais

Com a urbanização, o ordenamento das cidades de forma planejada é um fator fundamental para avaliar os possíveis impactos ambientais causados pela ocupação antrópica. Com o crescimento populacional, há um aumento na demanda por recursos naturais que, quando explorados de forma irregular, causam problemas ambientais, tais como poluição de corpos hídricos, deslizamentos de terra, proliferação de doenças de veiculação hídrica, manejo inadequado de resíduos sólidos e aumento do escoamento superficial, resultando em enchentes e inundações (Silva; Santos; Galdino, 2016).

Com o aumento das áreas, as bacias hidrográficas são submetidas a algumas intervenções, como o aumento das áreas impermeabilizadas, que modificam significativamente parâmetros como o coeficiente de escoamento superficial, contribuindo para a formação da vazão do exutório. Nesse sentido, Conceição e Rodrigues (2017) indicam que pesquisas sobre as peculiaridades de uma bacia hidrográfica, como seu uso e ocupação, são cruciais para a análise de sua degradação e de sua saúde ambiental.

Segundo Licco e Dowel (2015), o escoamento pluvial pode ocasionar impactos nas áreas urbanas, como inundações, de caráter mais natural, que ocorrem no leito dos rios devido ao processo natural, com transbordamento do escoamento das águas da bacia hidrográfica. Além disso, há enchentes que, com o aumento da vazão pluvial, provocam a elevação do nível da água do canal de drenagem, alagamentos, que se caracterizam pelo acúmulo de água em

determinado local devido à ineficiência do sistema de drenagem, e enxurradas, que são ocasionadas por chuvas intensas que elevam a densidade e a velocidade das águas escoadas.

A concentração da população urbana em pequenas áreas, nos países em desenvolvimento, gera alguns problemas de infraestrutura, contribuindo para condições de saúde inadequadas, o que ocasiona riscos à vida e aumenta a probabilidade de impactos ambientais (Tucci, 2005).

O processo de urbanização da cidade de Teresina começou no século XVII, e devido à sua posição central no Estado e à possibilidade de navegação nos rios Poti e Parnaíba, tornou-se a capital do Estado em 16 de agosto de 1852. Foi planejada de forma inovadora em formato de tabuleiro de xadrez, com ruas alinhadas e quarteirões pequenos, por José Antônio Saraiva, conhecido como Conselheiro Saraiva (Teresina, 2013b).

A partir da década de 70, houve um grande processo de migração de pessoas atraídas por melhores condições de vida, motivadas pelos investimentos em habitação e infraestrutura proporcionados pelo governo na época. Isso resultou em uma urbanização da cidade de forma radial, acomodando a população de baixa renda em áreas periféricas e desconectadas do centro urbano (Terceiro; Espindola; Carneiro, 2018).

De acordo com Chaves e Andrade (2017), a urbanização de Teresina foi feita de forma assimétrica e excludente, onde a população de classes alta e média ocupou as melhores localidades, enquanto a população de baixa renda habitou as áreas periféricas, tornando-se mais suscetível e afetada pelas inundações. Contudo, não apenas as áreas economicamente instáveis sofrem com a falta de drenagem urbana. A zona Leste, considerada a zona economicamente privilegiada, enfrenta de forma constante problemas com a falta de rede coletora de águas pluviais, enfrentando problemas de alagamentos mesmo com chuvas não tão intensas.

Pelo fato de Teresina se localizar, basicamente, entre dois rios, há uma tendência de ocupação nas margens desses rios. A falta de planejamento no uso e ocupação do solo, principalmente no que diz respeito à ocupação das planícies fluviais dos rios Parnaíba e Poti, e o aumento populacional agravam os desastres ambientais. Somados à deficiência dos sistemas de drenagem urbana e às chuvas intensas, os problemas se intensificam.

Para Neto e Lima (2019), os problemas das inundações vêm sendo negligenciados desde os primórdios da ocupação da capital. Os autores discorrem sobre as consequências das principais enchentes datadas nos anos de 1926, 1947, 1969, 1974, 1985, 1995, 2004 e 2009, onde, inicialmente, as causas eram estritamente naturais, mas posteriormente passaram a se intensificar devido a ações antrópicas. Os autores explicam que as respostas do governo foram feitas de forma emergencial e pontual. Além disso, destacam a importância e a inércia das ações

políticas na história de Teresina no combate aos impactos da falta de drenagem urbana. Na Figura 3, é possível observar um dos primeiros registros das enchentes em Teresina

Figura 3 – Enchente do rio Parnaíba, em 1947.



Fonte: IBGE (2017).

O aumento do adensamento populacional demanda infraestrutura, que muitas vezes não é fornecida à população mais carente. Sem condições básicas de habitação, eles procuram moradia às margens de rios, córregos e até mesmo em locais com esgotamento sanitário precário (Conceição; Rodrigues, 2017).

O processo histórico de ocupação em áreas periféricas e próximas aos rios não se deu isoladamente apenas pelo assentamento de famílias de baixa renda, mas também devido aos baixos valores dos imóveis que o Estado utilizou para a instalação de conjuntos habitacionais populares, mesmo com pouca ou nenhuma infraestrutura (Neto; Lima, 2018).

Dessa maneira, Teresina teve um processo histórico de ocupação deficiente em planejamento urbano, trazendo impactos negativos da urbanização. A exemplo do que acontece na cidade de Teresina, os efeitos de uma distribuição de investimentos em infraestruturas feitos de maneira não equitativa podem gerar desigualdades espaciais e comprometer o acesso da população aos serviços básicos de saúde (Terceiro; Espindola; Carneiro, 2018).

Uma característica conhecida de Teresina é a excessiva expansão do perímetro urbano com habitações em locais muito distantes do perímetro urbano, causando expressivos vazios urbanos, o que encarece os custos com infraestrutura, transporte e o tempo gasto para os indivíduos se locomoverem (Teresina, 2002).

Apesar de Teresina ter tido sua origem com a ideia de planejamento, contradições cercam os fatos históricos, principalmente relacionadas à negligência do uso do solo como fator determinante para o desenvolvimento. Com a intenção de mitigar os problemas futuros com a

ocupação irregular na cidade, a prefeitura criou a Lei Complementar Nº 3.562, de 20 de outubro de 2006, que define as diretrizes para a ocupação do solo urbano (Teresina, 2006c).

A cidade cresceu e atualmente expande seu território para além da margem do rio Poti, no sentido leste. O diagnóstico da Agenda 2030 de Teresina aponta que na cidade há um contínuo aumento das áreas impermeáveis, ocupação próxima aos canais naturais de drenagem e insuficiência nos investimentos para melhoria do sistema de drenagem, o que provoca as enchentes. Anteriormente, essas enchentes afetavam apenas áreas vazias, mas atualmente acarretam sérias consequências, como a destruição de residências, inundação de ruas e casas, pessoas desabrigadas e prejuízos econômicos (Teresina, 2015b).

A ocupação irregular também gera o desmatamento de grandes áreas, principalmente para fins de loteamento. Essa ocupação, realizada em solos íngremes e que não leva em conta a declividade e os fluxos das águas, pode ocasionar deslizamento de terra e erosão do solo.

Entretanto, a cidade de Teresina não apresenta desmoronamentos significativos de terra, o que se confirma pela topografia da região urbana da cidade. No entanto, um levantamento feito pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana apontou alguns desmoronamentos e degradação de estruturas de drenagem urbana provocados pelas chuvas intensas, de acordo com registros realizados pela Prefeitura de Teresina (Figura 4, 5 e 6). As fortes chuvas e a falta de sistemas de drenagem que conduzam efetivamente o escoamento pluvial também podem impactar nas vias de transporte, causando, além dos transtornos para a circulação de veículos e pedestres, prejuízos econômicos e perdas humanas.

Figura 4 – Rua Santa Efigênia: parte da pista e seu talude foram levados pelo escoamento pluvial, provocando ainda o colapso de um muro de arrimo.



Fonte: Teresina (2012).

Figura 5 – Bueiro rompido na Rua Celso Pinheiro próximo à Rua Chico Xavier.



Fonte: Teresina (2012).

Figura 6 – Parte da via destruída no Residencial Torquato Neto.



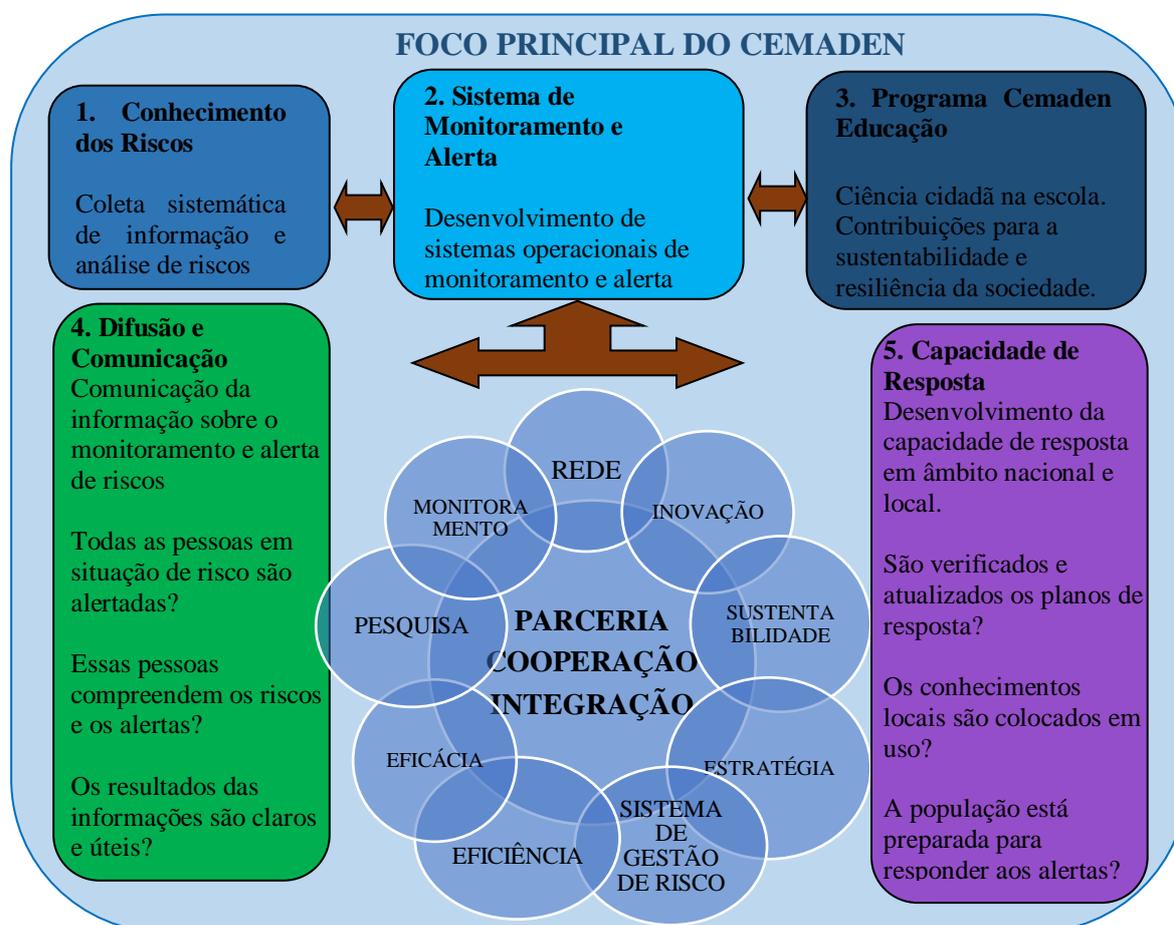
Fonte: Autora (2017).

Os desastres naturais de cunho hidrometeorológico, como os deslizamentos de terra, as enchentes, inundações e enxurradas, apesar de serem classificados como ameaças naturais, envolvem outros aspectos mais complexos, como a ocupação irregular de encostas e margens de rios, desmatamentos, fatores socioeconômicos e culturais (IBGE, 2017). Para Chaves e Andrade (2017), no Brasil, a falta de planejamento adequado e a ocupação irregular em áreas de várzeas, áreas inundáveis ou sobre terrenos instáveis contribuem para a ocorrência de desastres naturais.

Os desastres naturais tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos que são intensificados pela ação humana. Além da intensidade dos fenômenos naturais, a urbanização acarreta ocupações em áreas impróprias para moradias, aumentando as situações de perigos, danos e risco de desastres naturais. As chuvas intensas que ocasionam enchentes, inundações, enxurradas e processos erosivos podem deixar pessoas desabrigadas, causar mortes e aumentar o risco de doenças, como as de veiculação hídrica, causando efeitos negativos na sociedade (Brasil, 2021).

No Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), através do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres, ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações foi criado devido ao aumento no número de desastres no Brasil entre os anos de 2007 e 2011. O CEMADEN conta com um plano de estratégia para redução do risco de desastres no país (Figura 7), caracterizada como gestão de risco, que conforme IBGE (2017) entende-se como planejamento, coordenação e execução de ações e medidas preventivas destinadas a mitigar os riscos de desastres.

Figura 7 – Estratégia para redução do risco de desastres no país.



Fonte: Adaptado de CEMADEN (2021).

O CEMADEN opera um sistema de alerta antecipado que abrange 959 municípios em todo o Brasil, incluindo 25 municípios no Piauí, incluindo Teresina. Todos esses municípios monitorados pelo CEMADEN têm um histórico de ocorrência de desastres naturais e são submetidos a um processo de identificação, mapeamento e georreferenciamento das áreas de risco para eventos hidrológicos e geológicos. O CEMADEN utiliza tecnologias científicas e inovadoras e promove a disseminação de alertas, especialmente em municípios brasileiros mais vulneráveis a desastres naturais, com o objetivo de prevenir e reduzir esses eventos (Brasil, 2021).

Segundo a Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) publicada pelo IBGE em 2017, apresenta dados de 2013 a 2017 que apontaram que do total de 5.570 municípios brasileiros, 2.706 (48,6%) foram afetados por secas, 1.726 (31,0%) por alagamentos, 1.515 (27,2%) por enxurradas, 1.093 (19,6%) por processos erosivos acelerados e 833 (15,0%) por deslizamentos. Até o final do levantamento, no ano de 2017, 59% dos municípios não tinham instrumentos voltados à prevenção de desastres. Contudo, em relação à existência de algum setor, como secretaria ou órgão de administração indireta, na área ambiental, houve um aumento no número de municípios no ano de 2017 (93,4%) em relação ao ano de 2012 (88,5%) (IBGE, 2017).

Os autores Neto e Lima (2019, p. 2) afirmam que "as chuvas são fenômenos naturais, mas as inundações são fenômenos sociais e políticos". Como visto, a cidade de Teresina registra históricos episódios de inundações e desastres naturais ocasionados pelas chuvas intensas ao longo dos anos.

Chaves e Andrade (2017) mostram em seus estudos que a zona Centro/Norte é a região ambientalmente mais frágil, pois se trata de áreas com propensão a inundações e onde residem pessoas com maior vulnerabilidade econômica. Os autores citam a problemática encontrada na implantação do Programa Lagoas do Norte (PLN) quanto à desapropriação da população residente em áreas de risco em períodos chuvosos na cidade de Teresina-PI, onde os moradores se recusam a deixar suas moradias por outras, alegando investimentos já feitos, valores sentimentais e culturais.

Para a projeção da população de Teresina para o ano de 2033, foram utilizados, no estudo do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2018, os métodos do Crescimento Aritmético, do Crescimento da Previsão e do Crescimento Geométrico, juntamente com os dados coletados pelo IBGE nos anos de 1991, 2000 e 2010. Estima-se, então, um valor total de 1.041.631 habitantes. Para tanto, foi utilizada uma taxa de crescimento de

1,09% ao ano. Em vista disso, se nada for feito para mitigar os problemas sociais, econômicos e ambientais, prevê-se um cenário de intensificação nos desastres ambientais (Teresina, 2018a).

Segundo a análise do IBGE, o número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuídos a desastres nos anos de 2017, 2018 e 2019 no Piauí foi, respectivamente, de 319,0, 537,9 e 1.370,4 por 100 mil habitantes. Ou seja, em dois anos, os impactos naturais ou antrópicos aumentaram consideravelmente; entretanto, houve uma diminuição nos anos seguintes (IBGE, 2022). Diante desses números, torna-se necessário analisar não apenas os dados técnicos que mensuram o grau dos acontecimentos, mas também toda a dimensão social, cultural, ambiental e econômica das pessoas residentes nas áreas de desastres. Para tanto, torna-se crucial uma gestão colaborativa.

As mudanças climáticas também impactam direta e indiretamente a vida humana, pois não alteram somente a temperatura média, mas também influenciam em alterações dos fenômenos naturais, como aumento do nível do mar, ventos, secas, temperaturas extremas, regulação e abastecimento dos ecossistemas, queda de neve e aumento das chuvas intensas (Kang *et al.*, 2016). Essas mudanças já estão se apresentando de maneira cada vez mais frequente através de secas, incêndios, escassez de recursos, perda da biodiversidade e inundações, entre outros (WEF, 2022).

Conforme a UN (2019), as concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa aumentaram com a crescente atividade humana, que vem desde a revolução industrial. Sendo o CO₂ um dos principais gases, responsável por aquecer a Terra em uma temperatura média de 1 °C. O relatório apresentado pelo Fórum Econômico Mundial – *World Economic Forum* (WEF) em 2022 mostrou que com a pandemia do COVID-19 houve bloqueios que resultaram numa queda global nas emissões de gases de efeito estufa (GEE); entretanto, não durou muito tempo e a taxa de emissão de GEE cresceu mais rapidamente em 2020 do que a média da última década. A UN (2019) mostra que essas emissões estão aumentando em todo o mundo, e que, se continuar nessas proporções, a Terra aquecerá mais de 1,5 °C entre 2030 e 2052.

Chaves e Andrade (2017) citam que estudos recentes comprovam que os desastres relacionados ao clima são, sem dúvidas, os mais frequentes e os que mais põem em risco a segurança humana. Conforme WEF (2022), fenômenos inéditos de temperaturas extremas aconteceram em 2020, como, por exemplo, um recorde de 42,7 °C em Madri e uma baixa na temperatura em Dallas de -19 °C, bem como uma temperatura média de verão com temperaturas 10°C mais altas do que em anos anteriores no Círculo Polar Ártico.

Conforme o Brasil (2021), a mudança do clima tem relação com a frequência e o número de ocorrências de doenças transmitidas por vetores, de veiculação hídrica ou por doenças

cardiorrespiratórias. A OMS estima que mais de 150.000 mortes por ano são ocasionadas pelos impactos da mudança climática, incluindo eventos climáticos mais extremos, padrões alterados de doenças e efeitos na produção agrícola. Para a UN (2019), juntamente com a perda da biodiversidade, desigualdades crescentes e quantidades crescentes de resíduos da atividade humana, as mudanças climáticas se enquadram nas categorias que não estão se movendo na direção correta para alcançar os objetivos da Agenda 2030.

Por sua vez, características das bacias hidrográficas urbanas, como alto percentual de impermeabilização, também intensificam os impactos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico. Carneiro, Lopes e Espíndola (2021), ao analisarem a influência da urbanização na conurbação Teresina-Timon, constataram um aumento na temperatura média do ar relacionado à supressão da cobertura vegetal.

Kang *et al.* (2016), em seus estudos sobre a metodologia de melhoria do sistema de drenagem urbana adaptado às mudanças climáticas, observaram que as chuvas estão mais frequentes e intensas, e alertam para a elaboração de projetos de drenagem levando em consideração as mudanças climáticas, a fim de não sobrecarregar o sistema de drenagem.

Uma das principais características da capital do Piauí é possuir alta temperatura média anual. Um dos fatores para isso é sua localização próxima à linha do Equador, o que resulta em uma incidência quase perpendicular de radiação solar sobre Teresina (Teresina, 2012). Outro agravante das fortes temperaturas é o fenômeno conhecido como ilha de calor, intensificado pela urbanização.

A urbanização é capaz de criar microclimas. O fenômeno da ilha de calor é mundialmente famoso e geralmente ocorre nos centros urbanos, pois retêm mais calor e desenvolvem temperaturas mais elevadas em comparação com as áreas rurais, principalmente durante o dia (Nakata-Osaki; Souza; Rodrigues, 2018).

Dentre os fatores que influenciam na intensidade da ilha de calor, podem-se destacar a supressão da camada vegetal, a geometria urbana, o uso de automóveis, o transporte e a energia dos edifícios, o aumento da população, a velocidade do vento e a precipitação (Levermore *et al.*, 2018; Nakata-Osaki; Souza; Rodrigues, 2018; Wang; Akbari, 2018).

Naturalmente, Teresina tem como característica ser uma cidade de grande desconforto térmico, principalmente durante o dia. Assim como em outras cidades, a formação da ilha de calor aumenta a temperatura da cidade. Esse fenômeno é resultante da crescente densidade de construções, do uso intenso de energia elétrica, das descargas de veículos automotores e da onda de fumaça proveniente de queimadas no entorno da cidade, no período de setembro a dezembro (Carneiro; Albuquerque, 2019).

Os autores Carneiro, Lopes e Espindola (2021) observaram que a urbanização substituiu áreas verdes por residências e comércios, e que conseqüentemente aumenta a quantidade de telhados, estes sendo, em média, 20 °C mais quentes que a vegetação e a água. Na pesquisa, os autores compararam a cidade de Teresina nos anos de 2000, 2010 e 2019, sendo possível observar o aumento de temperatura, através do sensoriamento remoto, em algumas áreas. O estudo mostrou uma relação no aumento das temperaturas a partir do ano de 2009 quando se iniciou a implantação de loteamentos, trazendo um aumento de 5 a 10°C no microclima local.

É de suma importância observar e prevenir o aumento da ilha de calor, pois uma vez que haja uma ampliação nas mudanças climáticas e no aquecimento global no futuro, provavelmente também aumentarão as ilhas de calor, tendo como conseqüências mais instalações de sistemas de refrigeração, implicando no aumento do uso de energia e das emissões de carbono, bem como no desconforto e na deficiência na qualidade de vida.

Como visto, Teresina tem um histórico de danos provocados por chuvas intensas e, como conseqüência, pessoas desabrigadas, perdas materiais e humanas. Logo, a cidade de Teresina precisa ser rediscutida no que tange à ocupação e uso do solo, necessitando que a gestão pública tome medidas para preservar a natureza e para mitigar os impactos causados pela urbanização irregular, tornando Teresina de fato uma cidade planejada.

2.3 Doenças de veiculação hídrica

O saneamento básico é essencial para o fornecimento de saúde de qualidade, para isso, é necessário considerar as características biogeoquímicas que compõe o ecossistema aquático, o terrestre e suas interações. Assim, tanto gestores como a sociedade devem estar atentos a dados microbiológicos e físicoquímicos da água, já que, através da ineficiência ou ausência dos sistemas que integram do saneamento básico, surgem doenças como amebíase, dengue, diarreia, leptospirose, dentre tantas outras que são evitáveis (Conceição; Rodrigues, 2017).

Para Forgiarini, Pachaly e Favaretto (2018) os corpos hídricos que ficam perto das áreas urbanas necessitam de atenção diferenciada, uma vez que estão propensos a lançamento de águas residuais e de poluição difusa, causando contaminação da água e manifestação de microrganismo patogênicos que provocam doenças de veiculação hídrica.

Para Fátima e Cabral (2013), existe uma relação entre o manejo de águas pluviais e a saúde pública no contexto de uma abordagem holística. A inadequada cultura de despejos de águas, esgoto, lixo, além das ligações clandestinas nas redes de drenagem facilitam a poluição hídrica, atingindo tanto mananciais superficiais como subterrâneos. De acordo com os autores,

os indicadores de saúde estão correlacionados aos riscos e a vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana, tornando o manejo das águas pluviais urbana um grande desafio quando não alinhado à outras áreas do saneamento.

Paiva e Souza (2018) indicam ainda que as doenças de veiculação hídricas estão interligadas com os índices de escolaridade, cobertura dos serviços de atenção básica e pelo saneamento básico. Segundo os autores, os domicílios com baixa cobertura de esgotamento sanitário e pessoas que possuem baixa escolaridade tendem a ter maior índice de internações causadas pela poluição da água.

Dessa forma, melhorias nas condições sanitárias e educação são aliados à saúde básica, logo necessita-se de uma gestão integrada entre assistência à saúde, políticas públicas de saneamento e educação para combater as desigualdades regionais e proporcionar melhores condições de saúde à população.

Para Ferreira e Garcia (2017) a falta de saneamento é um dos principais fatores para a degradação das bacias hidrográficas, permitindo inclusive a incidência de infecções gastrointestinais, a propagação de doenças de veiculação hídrica, resultando em impactos negativos na educação, biodiversidade, economia, dentre outros.

Logo, entende-se que um ambiente apropriado para a manifestação de doenças que se relacionam diretamente com meio aquoso, podendo causar diversas doenças de veiculação hídrica, entre elas se destacam as:

2.3.1 Amebíase

A amebíase é uma parasitose causado por uma ameba que vive em água doce ou salgada, que pode ser o protozoário *Entamoeba histolytica*, responsável pela amebíase intestinal ou do tecido que representa importante morbimortalidade entre humanos; e a *Entamoeba díspar* que tem característica ser assintomática (Gurgel; Billa; Mazzega, 2013). Sua ocorrência é predominante em regiões tropicais, subtropicais e de clima quente, na conjuntura de higiene precárias e falta de educação sanitária (Souza *et al.*, 2019).

A transmissão se dá, principalmente, por meio da água e alimentos contaminados, ou pelo contato direto com o resíduo fecal, existindo também outras formas menos comuns de transmissão como sexo oral, anal e uso de equipamentos para lavagem intestinal contaminados (Silva; Almeida, 2021).

A *Entamoeba histolytica* representa um risco significativo em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento onde existem condições inadequadas de higiene

com saneamento insuficiente e pobreza (Stanley Jr, 2003; Gurgel; Billa; Mazzega, 2013). Para Silva e Almeida (2021), as parasitoses são um problema de saúde pública que atacam principalmente crianças em idade escolar devido à baixa imunidade e pouco conhecimento relacionado a higiene e cuidados sanitários. De acordo com Souza *et al.* (2019), a amebíase é uma doença que pode ser evitada, uma vez que é relacionada com questões sanitárias e de saúde, logo, ações como melhorias nas condições de higiene, bem como diagnóstico precoce e tratamento adequado pode reduzir o número de internações.

2.3.2 Dengue

A dengue (DENV) é uma arbovirose mais predominante em todo o mundo, atingindo mais de 100 países, sendo os países tropicais e subtropicais os mais atingidos devido suas características climáticas e sociais (Ribeiro *et al.*, 2006; Menezes *et al.*, 2021). De acordo com Silva, Santos e Martins (2020), as doenças transmitidas por vetores causam mais de 700.000 mortes por ano. O Brasil está entre os países mais atingidos no mundo, configurando-se como problema de saúde pública (Exposito *et al.*, 2020).

A dengue é uma doença sistêmica sazonal que pode afetar qualquer indivíduo independente de idade, condições socioeconômicas e sexo (Coury *et al.*, 2021; Menezes *et al.*, 2021). Sendo os principais sintomas febre alta, maior de 38 °C, dor no corpo, dor de cabeça e nas articulações, dores atrás dos olhos, mal estar, falta de apetite e manchas vermelhas pelo corpo, entretanto, a infecção por dengue também pode ser assintomática, ou apenas quadros leves (Brasil, 2020b).

Os autores Silva; Santos; Martins (2020) trouxeram em seus estudos uma alusão histórica da dengue onde discorrem que os primeiros relatos da doença foram feitos em 265 a 420 d.C., na China e ficou conhecido como “veneno da água” por associarem insetos voadores e a água. Já entre 1779 e 1780, as primeiras epidemias foram confirmadas em três continentes, África, Ásia e América do Norte.

Segundo os autores em 1828, durante uma epidemia em Cuba, a doença se chamou Dunga. Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) a doença se espalhou de forma dramática. Já na metade do século 20, com uma rápida urbanização e globalização fez crescer dramaticamente a transmissão da doença surgindo a febre hemorrágica da dengue.

A partir de 1986, quando o sorotipo 1 (DENV1) foi introduzido no Brasil, surgiu epidemia de dengue quase de forma ininterrupta, onde nas próximas duas décadas seguintes

manifestou-se os outros três sorotipos, espalhando a doença para todas as regiões do país. (Nunes; Pimenta, 2016; (Expedito *et al.*, 2020).

Nos estudos de Menezes *et al.* (2021), ao analisar a dengue de maneira sociodemográfica, percebeu-se que a faixa etária mais atingida foram indivíduos de 20 à 39 anos, dentre eles 55,7% do sexo feminino. Quanto a zona, predominou com 86,2% os casos em área urbana. Ademais, os autores destacam que no período de abril de 2019 foram registrados 451.685 casos notificados de dengue no país, um aumento de 339,9% da incidência de dengue em relação ao mesmo período do ano de 2018. Complementam ainda que o número de mortes no país passou de 66 para 123 óbitos no mesmo período. No Piauí, conforme boletim epidemiológico publicado pela Secretaria de Estado da Saúde do Piauí (SESAPI) os casos de dengue no mês de abril de 2022 aumentaram 610,3% em relação aos casos notificados no mês de abril de 2021 (SESAPI, 2022).

A relação da ocorrência de surtos de dengue no Brasil está associada tanto com a urbanização, a falta de saneamento e a globalização, uma vez que o movimento de pessoas, mudanças ambientais e desafios biológicos estão sustentando a propagação dos vetores para mais regiões. As mudanças climáticas, questões sociopolíticas e aumento do comércio e viagens em todo o mundo também proporcionam condições para disseminação da doença (Ribeiro *et al.*, 2006; Silva; Santos; Martins, 2020).

Para Coury *et al.* (2021), o crescimento das cidades sem planejamento, juntamente com as condições precárias de saneamento básico contribuem para o aumento de criadouros do mosquito *Aedes Aegypti*. Além do mais, segundo levantamento de Ribeiro *et al.*, 2006, os meses com maiores temperaturas e pluviosidade, propiciam condições para elevar os índices vetoriais dos mosquitos, tanto das formas imaturas do vetor como cenários ambientais mais oportuno para o desenvolvimento da forma adulta, aumentando assim os registros de casos no sistema de informação.

Sendo a dengue a doença infecciosa em evolução mais relevante do mundo, torna-se imprescindível avaliação e números precisos sobre a incidência da doença e dados clínicos para intervenções de controle como vacinas e novas tecnologias (Expedito *et al.*, 2020). Ações de saneamento também podem mitigar a propagação da dengue (Coury *et al.*, 2021).

2.3.3 Chikungunya

As arboviroses, como chikungunya, dengue e a zika são um problema de saúde pública em todo o mundo, inclusive no Brasil. O vírus Chikungunya é transmitido, principalmente, pela

picada de mosquitos das espécies *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, que são classificados como arbovírus, por sua vez os arbovírus são membros do gênero *Alphavirus*, da família *Togaviridae*. (Vidal *et al.*, 2021; Pialoux *et al.*, 2007).

Segundo Azevedo, Oliveira e Vasconcelos (2015) citam que epidemias de Chikungunya existem desde 1779, registradas equivocadamente como surtos de dengue. Entretanto, para autores como Pialoux *et al.* (2007), o vírus da Chikungunya foi isolado pela primeira vez em Calcutá, em 1963, e o surgimento da primeira epidemia registrada aconteceu em Tanzânia em 1952-1953. Seguidamente surtos foram registrados entre as décadas de 50 e 60 na Ásia (Weaver; Lecuit, 2015).

De acordo com Weaver e Lecuit (2015), durante a era científica moderna, entre 1879 e 1956, houve a primeira emergência do vírus no ciclo urbano, onde um membro da linhagem enzoótica da África foi introduzido na Ásia, e posteriormente, em 2004, espalhou-se por várias ilhas do Oceano Índico e para Índia causando epidemias explosivas que afetou milhões de pessoas. Posteriormente, o vírus chegou, através de viajantes aéreos infectados, na Europa, restante da Ásia e nas Américas. Para Azevedo, Oliveira e Vasconcelos (2015), a preocupação com a difusão do vírus na Américas e em outros países se deu a partir de 2011 quando houve um surto com mais de 11 mil casos na República Democrática do Congo. E Vidal *et al.* (2021) mencionam que em 2013 houve uma grande epidemia nas Américas começando por várias ilhas do Caribe e em 2014 ocorreu o primeiro caso brasileiro no município de Oiapoque no Estado do Amapá.

A forma de transmissão do vírus em humanos no ciclo urbano é normalmente humano-mosquito-humano, sendo os seres humanos usados como reservatórios do vírus durante os períodos epidêmicos, e nos períodos não epidêmicos os macacos, roedores, aves e outros vertebrados são os principais reservatórios do vírus. (Azevedo; Oliveira; Vasconcelos, 2015; Pialoux *et al.*, 2007).

Para Vidal *et al.* (2021), a doença Chikungunya, representada pela sigla CHIKF é uma doença debilitante que afeta consideravelmente a qualidade de vida das pessoas ao longo de sua fase crônica e tem como sintomas, febre alta, erupções cutâneas, poliartralgia incapacitante, mialgia, cefaleia, fadiga, náuseas e vômitos. Sendo a artralgia incapacitante é o sintoma que diferencia o vírus chikungunya da dengue (Pialoux *et al.*, 2007).

Os pacientes graves, aqueles que geralmente necessitam de hospitalização são indivíduos mais velhos que possuem condições de risco na saúde como distúrbios cardiovasculares, neurológicos, respiratórios ou diabetes, como também, os recém-nascidos são grupo de risco para infecção grave associada a sinais neurológicos (Weaver; Lecuit, 2015).

De acordo com Azevedo, Oliveira e Vasconcelos (2015), embora a maioria dos casos de Chikungunya seja benigno da infecção, durante surtos e epidemias, há relatos frequentes de casos atípicos envolvendo alterações neurológicas, cardíacas, renais e oculares, principalmente em pessoas maiores de 65 anos e em condições preexistentes. Os autores também apontam que tem crescido o número de estudos com evidências de infecção em mulheres grávidas havendo alto risco de aborto nos primeiros três meses de gestação e transmissão materno-fetal no último trimestre. Conforme Pialoux *et al.* (2007), de 35 mulheres que estão com a doença no parto, 30 deram à luz a um recém-nascido infectado com chikungunya.

Segundo Azevedo, Oliveira e Vasconcelos (2015) os eventos de surtos ou evidência da chikungunya na África, normalmente, está relacionada com os períodos chuvosos. No Brasil, os surtos do vírus CHIKF, assim como todos os arbovírus, começam durante o período chuvoso (Pialoux *et al.* 2007). Os autores Gregianni *et al.* (2017) acrescentam que o país tem condições ambientais que favorecem a proliferação dos vetores da doença, sendo palco para o reaparecimento de arboviroses como o chikungunya, dengue, zika e febre amarela. No país, a Chikungunya é uma doença emergente, com um aumento de infecções e mortes desde seu surgimento (Vidal *et al.*, 2021).

Atualmente não existe um tratamento por farmacológico antiviral para o vírus CHIKF, recomenda-se apenas administração de analgésicos e anti-inflamatórios. (Vidal *et al.*, 2021). Uma vigilância aperfeiçoada, diagnósticos acessíveis, o controle da disseminação do mosquito, como também medidas de proteção individual, são as melhores medidas de prevenção e controle da chikungunya (Vidal *et al.*, 2021; Weaver; Lecuit, 2015).

2.3.4 Zika

O vírus Zika (ZIKV) foi isolado pela primeira vez em 1947, na Floresta Zika, em Uganda, país do continente africano, durante estudos para identificar o vetor da febre amarela (Nunes; Pimenta, 2016; Silva; Santos; Martins, 2020). Em 1953, foi confirmada a infecção pelo vírus Zika em três pessoas doentes, na Nigéria (Petersen *et al.*, 2016). Segundo Nunes e Pimenta (2016), em 1970 foram detectados casos isolados na Indonésia. Posteriormente, em 2007, foram retratadas epidemias na Micronésia e em outras ilhas do oceano Pacífico. Conforme autores, registros indicaram que o vírus chegou pela primeira vez nas Américas em 2014 e em 2015, foi confirmada a transmissão do vírus no Nordeste do Brasil.

O início da circulação do vírus no Brasil foi registrado no estado da Bahia quando ocorreu um surto de uma doença exantemática em setembro de 2015, fazendo os pesquisadores

observar a relação do aumento do número de bebês nascidos com microcefalia naquela região com mães infectadas pelo vírus Zika durante a gravidez (Petersen *et al.*, 2016; Alves, 2018)

De acordo com Nunes e Pimenta (2016), antes dessa associação do vírus Zika com complicações neurológicas, a doença era considerada como “benigna”, pelos setores de saúde e políticos, não atraindo muita atenção dos mesmos, porém, a partir da relação com a microcefalia, a doença tornou-se uma “emergência” mundial, onde mais tarde, em 2016, a ONU decretaria emergência sanitária internacional. Segundo os mesmos autores, esse fato ressignificou múltiplas dimensões de problemas políticos, econômicos e sociais, configurando-se também a epidemia como “problema de gênero” onde o risco especial a mulheres gestantes ou em idade fértil revelou-se desproporcional sobretudo naquelas famílias de condições de baixa renda.

O principal agente transmissor do vírus Zika é o mosquito *Aedes aegypti*, já considerado um problema antigo do Brasil, responsável por surtos durante a história de febre amarela, dengue e Chikungunya, pois o país tem um modelo de desenvolvimento excludente com saneamento inadequado e destino incorreto de resíduos sólidos e falta de abastecimento de água adequado para o consumo humano (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020). Em ambientes urbanos e suburbanos, o vírus é transmitido em um ciclo humano-mosquito-humano, onde os mosquitos picam principalmente durante o dia e estão amplamente espalhados nos países tropical e subtropical (Petersen *et al.*, 2016). Entretanto, conforme Nunes e Pimenta (2016) já existe confirmação científica que existe outros meios de transmissão, não se limitando ao vetor, por exemplo, alguns países já revelaram indícios da transmissão do vírus por via sexual.

Atualmente não existe vacina contra o vírus Zika, tendo como medidas preventivas o controle do mosquito vetor, evitar a picado do mesmo e reduzir a transmissão sexual (Petersen *et al.*, 2016). No que se estende a prevenção através de medidas sanitárias, Nunes e Pimenta (2016) alerta a urgência em lidar e questionar problemas estruturais e em expandir o fornecimento de saneamento básico para todos. Uma vez que uma infraestrutura urbana imprópria possibilita a reprodução de pragas e vetores não só do vírus da Zika como, também, de outras patologias (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020).

Vale ressaltar que até então não foi encontrado nenhum medicamento seguro e eficiente que trate a infecção pelo ZIKV, sendo um dos principais desafios é encontrar um medicamento seguro que ultrapasse a barreira placentária e hematoencefálica, tornando-se essencial a prevenção da doença sobretudo nas mulheres gestantes (Silva; Santos; Martins, 2020). Conforme Nunes e Pimenta (2016), no que se refere à microcefalia, a vulnerabilidade econômica, onde indivíduos tem capacidades reduzidas que obter redes de apoio de forma

familiar, comunitária ou públicas, tanto no diagnóstico da doença como nos serviços prestados após o nascimento do bebê.

2.3.5 Doenças Diarréicas Aguda

As doenças diarreicas agudas (DDA) fazem parte de um grupo de doenças infecciosas gastrointestinais que podem ser causadas por variados microrganismos infecciosos como bactérias, vírus, protozoários e outros parasita (BRASIL, 2020c). A incidência da DDA está relacionada direta e indiretamente a fatores socioeconômicos, culturais, nutricionais e ambientais, com índices elevados de ocorrência no Brasil refletindo altas taxas de mortalidade infantil (Queiroz; Heller; Silva, 2009).

As doenças diarreicas estão entre as principais causadas da letalidade infantil em países em desenvolvimento, acometendo, principalmente, em jovens e em crianças menores de 5 anos (Arruda *et al.*, 2019; Duarte *et al.*, 2019). Para Siqueira *et al.* (2017), assim como as crianças, os idosos foram os grupos sociais que apresentaram diagnóstico mais frequente de doenças de transmissão feco-oral, sendo as crianças menores de 2 anos e os idosos, os indivíduos com maior número de internações e permanência hospitalar. Entretanto, conforme Paesi e Magrini (2015), as taxas registradas de mortalidade infantil por DDA vem diminuindo no Brasil, provavelmente pelo uso de soro de reidratação oral, aleitamento materno, diminuição da desnutrição infantil e melhores condições de saúde da população, nem como melhorias na infraestrutura de saneamento básico.

A infecção é causada principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados, assim como pelo contato com outras pessoas e animais, e tem como principais sintomas cólicas abdominais, febre, presença de sangue ou muco nas fezes, náuseas, vômitos e desidratação (BRASIL, 2020c). Conforme Paesi e Magrini (2015), a desidratação e desnutrição são as consequências mais frequentes da doença e que podem levar a óbito.

Vale ressaltar que as chuvas, condições climáticas e ambientais estão altamente relacionadas com a mortandade causadas pelas doenças diarreicas infeccionadas, simbolizando um sério problema de saúde pública no Brasil (Duarte *et al.*, 2019; Queiroz; Heller; Silva, 2009). A falta de saneamento básico, como dito anteriormente, impacta negativamente a saúde da população, além de elevar os gastos públicos e privados em saúde para o tratamento das doenças, uma vez que essas doenças oneram os gastos, contudo sejam consideradas potencialmente evitáveis (Siqueira *et al.*, 2017).

Os estudos realizados por Forgiarini, Pachaly e Favaretto (2018) complementam que as doenças diarreicas estão diretamente relacionadas com a qualidade dos recursos hídricos e com fatores socioeconômicos da população, como pôde-se constatar que a incidência da doença cresce em população com pouco poder aquisitivo e que reside à margens dos rios, onde demonstrou ter piores resultados da análises da qualidade da água, portanto, o monitoramento ambiental dos rios ajudam a combater a disseminação das doenças diarreicas.

2.3.6 Esquistossomose

A Esquistossomose Mansoni (EM), tipo de esquistossomose encontrada no Brasil, é uma doença parasitária grave e de veiculação hídrica, causada pelo verme trematodeo *Schistosoma mansoni* e já registrada em 18 estados do país, além do Distrito Federal, sendo as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-oeste as mais atingidas (González *et al.*, 2021). Os principais hospedeiros intermediários e responsáveis pela dispersão da *Schistosoma mansoni* são os moluscos das espécies *Biomphalaria galabrata*, *Biomphalaria straminea* e *Biomphalaria tenagophila* (Nascimento; Meireles, 2020).

De acordo com WHO (2020), as duas formas da esquistossomose presente no mundo, a intestinal e urogenital, são causadas por 5 espécies principais de vermes sanguíneos. Vale ressaltar que todas as espécies se reproduzem em humanos, no caso da *Schistosoma japonicum* também há reprodução em outros mamíferos, e tem reprodução assexuada em caracóis aquáticos (Creesh; Booth, 2013).

Estudos feitos por González *et al.* (2021) em uma comunidade constataram que 69% dos infectados com esquistossomose tiveram intenso contato com a água e que as condições precárias de saneamento básico é uma das principais causas que contribuem para o ciclo de transmissão, conseqüentemente, para ambientes convenientes a propagação da doença. Segundo a WHO (2020) para o controle da esquistossomose é necessário um tratamento em larga escala de áreas onde residem populações vulneráveis, aquelas sem acesso a água potável, além de uma educação sobre higiene pessoal e informações sobre como ocorre a propagação de caracóis.

Outro fator que impacta no aumento da transmissão da esquistossomose é a mudança climática. Creesh e Booth (2013) onde discorrem que as mudanças climáticas, tais como alterações na temperatura, precipitação, ondas de calor, seca e inundações podem afetar o processo de desenvolvimento populacional de caracóis e esquistossomos, resultando em períodos mais longos de transmissão da doença principalmente em corpos d'água permanentes.

Os autores acrescentam que efeitos das chuvas e inundações podem contribuir na quantidade de ovos de esquistossomos que entram em um corpo d'água, como também, favorecer a transmissão em novas áreas.

Assim como outras doenças tropicais negligenciadas, a esquistossomose necessita de um acompanhamento geográfico para elaborar um modelo de prioridade com direcionamento espacial de intervenções de controle e vigilância da doença (Chammartin *et al.*, 2013). Estudos realizados entre 2010 a 2017 por Nascimento e Meireles (2020) na região Nordeste verificaram que houve uma diminuição da tendência do número de casos possivelmente resultante da Campanha Nacional de Esquistossomose, concluindo que ações de políticas públicas podem reduzir as taxas de positividade da doença.

2.3.7 Febre Tifóide e Paratifóide

A febre tifóide é uma infecção sistemática causada pela *Salmonella entérica* de subespécie entérica sorovar tifo (*S. Typhi*), enquanto a febre paratifóide, na maioria das vezes menos grave que a febre tifóide, resulta da infecção com organismo da subespécie entérica sorovar paratyphi (*S. Paratyphi*), que se divide em três subtipos: A, B e C. Ambas podem ocasionar síndrome clínica de “febre entérica”, nome pelo quais são mais conhecidas. (Kim *et al.*, 2019; Gibani; Brito; Pollard, 2018).

De acordo com Gibani, Brito e Pollard (2018), a transmissão de *S. Typhi* e *Paratyphi* pode ocorrer por meio de ciclo curto ou longo. O primeiro ocorre através da contaminação de alimentos e água pela excreção de portadores agudos ou crônicos, como também por medidas de higiene imprópria ou pela falta de saneamento. A segunda é estabelecida pela contaminação no ambiente de forma mais ampla, como, por exemplo, poluição no sistema de abastecimento de água por esgoto ou pelo próprio tratamento inadequado da água. Após a ingestão da bactéria, o período de incubação pode ser, em média, de 7 a 14 dias, entretanto pode variar de 3 a 60 dias, dependendo do tamanho do inóculo.

Geralmente associada às condições socioeconômicas de uma região, a febre tifóide e paratifóide, são doenças relacionadas com a falta de higiene e de saneamento básico, há mais de 150 anos, configurando-se um problema de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento, sendo recomendado a vacinação uma prioridade como forma de prevenção (Gibani, Brito e Pollard., 2018). Para Kim *et al.* (2019), a falta de infraestrutura e planejamento aliado a implantação de ações educacionais, assim como, mudanças no ambiente local como

chuvas sazonais cíclicas podem ampliar a propagação e surto da doença, logo é de fundamental importância ter água potável, saneamento básico e imunização.

2.3.8 Hepatite A

A hepatite A (HAV) é comum em todo o mundo. Segundo Brundage e Fitzpatrick (2006) a HAV é altamente endêmica por conta do saneamento precário, principalmente em países em desenvolvimento, ocorrendo geralmente em crianças. O vírus da Hepatite A, até 1991, foi considerado um enterovírus, a partir de então foi sub classificado em gênero único como hepatovírus, tendo como característica ser uma pequena partícula esférica não envelopada com simétrica cúbica, termoestável e resistente a ácidos (Koff, 1998).

O vírus da hepatite A é transmitido principalmente pela via fecal-oral; isto é, quando uma pessoa não infectada ingere comida, água ou tem contato com um alimento ou pessoa infectada. Dessa maneira, conforme Koff (1998) afirma que, especialmente, os trabalhadores de estações de tratamento de esgoto e águas residuais estão potencialmente expostos ao risco de contaminação. Além disso, consumo de alimento mal cozidos ou não cozidos, viagens, contato sexual (especialmente em homens que fazem sexo com homens), uso de drogas ilícitas, bem como, em casos raros, a transmissão através de produtos sanguíneos são formas de transmissão do HAV (Brundage; Fitzpatrick, 2006).

Mesmo antes do uso da vacina, práticas positivas no saneamento básico culminaram em uma baixa incidência de Hepatite A nos Estados Unidos (Brundage; Fitzpatrick, 2006). Silveira *et al.*, (2021) analisaram em suas pesquisas a relação entre a ocorrência da Hepatite A, como doença de veiculação hídrica, com áreas inundáveis em perímetro urbano de um município do Rio Grande do Sul. Com efeito, constataram que todos os casos confirmados estavam localizados em áreas suscetíveis a inundação. Destarte, Silveira *et al.*, (2021, p. 727), salientam ainda que “a análise de áreas suscetíveis às inundações pode contribuir para o entendimento da dinâmica espaço-temporal de ocorrência das mais diversas doenças além da Hepatite A”, sendo essencial a observação da ocorrência das doenças em população vulnerável, sobretudo da importância de implementação de políticas públicas para prevenção de surtos da doença.

A prevenção é feita lavando adequadamente as mãos, os alimentos e tendo higiene pessoal apropriada. Saneamento melhorado, segurança alimentar, consultas de manutenção de saúde de rotina que incluem uma análise das fontes de risco para Hepatite A e imunização também são as formas mais eficazes de combater a hepatite A (Brundage; Fitzpatrick, 2006). Conforme Silveira *et al.* (2021), as pesquisas sobre a dinâmicas dos casos de pacientes

vulneráveis a falta de saneamento básico, sobretudo aquelas áreas suscetíveis a inundações são necessárias evitar surtos da doença.

2.3.9 Leptospirose

A leptospirose é uma doença causada pela bactéria *Leptospira icterohaemorrhagiae* que pode se apresentar de maneira assintomática, em quadros leves e até quadros graves que podem levar a morte (Guimarães *et al.*, 2014). Anteriormente, sua ocorrência era considerada uma doença eventual e prevalentemente no meio rural, atualmente, é distribuída por todo o globo terrestre, com exceção das calotas polares, tanto em meio urbano como rural (Gracie; Xavier; Medronho, 2021). Hoje, segundo Oliveira, Santos e Campos (2022), a doença tem caráter endêmico, e com períodos prolongados de chuva, pode torna-se uma epidemia.

A transmissão vai depender da interações de humanos com o hospedeiro mamífero (Vinetz, 2001). De acordo com Guimarães *et al.* (2014), a infecção se dá pela penetração da bactéria, excretada na urina de animais infectados, na pele humana com lesões ou pela imersão de mucosas por longo período de tempo em água contaminada. Essa água contaminada é facilitada pelas fortes chuvas que causam inundações, alagamentos e enxurradas e disseminam a bactéria no meio ambiente (Silva *et al.*, 2022).

Autores como Vinetz (2001), McBride *et al.* (2005), Gracie, Xavier e Medronho (2021) e Oliveira, Santos e Campos (2022) relacionam a leptospirose com condições de pobreza. Para os autores é um paradigma de doença infeccionada, com padrões de desigualdade social que diferenciam os pobres dos riscos através de características epidemiológicas. Como as inundações e fatores socioeconômicos não atingem a população de maneira homogênea, os indivíduos considerados pobres são mais acometidos pela doença, começando pela comunidades de favelas urbanas em países em desenvolvimento, tornando a leptospirose uma doença negligenciada e marcada pela segregação.

Para Fátima e Cabral (2013), a leptospirose está diretamente ligada com o sistema de drenagem urbana inadequada, uma vez que o período chuvoso causa um aumento do volume de água, onde a *Leptospira* é transportada mais rapidamente pelo contato com as águas. Vinetz (2001) atribui a disseminação epidêmica da leptospirose em humanos a inundações repentinas, principalmente em área de densidade populacional com grande presença de ratos e com drenagem urbana imprópria.

Para Guimarães *et al.* (2014), a destruição de áreas ribeirinhas causam mudança no curso e no fluxo natural do rio, facilitando inundações e conseqüentemente maior número de casos

da doença, além de alterações ambientais. Salienta-se ainda que, as mudanças climáticas colaboram com a propagação da doença uma vez que tendem a aumentar as inundações, relacionando assim, a leptospirose a problemas de saneamento ambiental (Gracie; Xavier; Medronho, 2021).

2.3.10 Tétano Acidental

O tétano acidental (TA), popularmente conhecido como tétano, é uma doença infecciosa aguda não contagiosa causada pela ação da bactéria gram-positiva *Clostridium tetani* que possuem esporos que auxiliam na sua sobrevivência no meio ambiente por vários anos e podem ser observados nos mais diversos locais como nas fezes, terra, galhos, pele, trato intestinal dos animais e águas putrefatas (Ohama *et al.*, 2019). Farrar *et al.*, (2000) adicionam que o gênero *Clostridia* são largamente presente no meio ambiente e podem ser encontrados na flora intestinal de cavalos, galinhas, animais domésticos e em humanos.

De acordo com Lima *et al.* (2021), o Programa Nacional de Imunização (PNI) indica que a vacina contra tétano seja a partir dos 2 meses de vida a criança receba as 3 doses da vacina pentavalente, contudo, nos últimos anos tem-se notado uma diminuição na cobertura vacinal em crianças no Brasil. Os autores complementam as vacinas contendo toxóide tetânico (VCCT) é a forma mais eficaz de prevenir o tétano; e para redução dos sintomas e tratamento do tétano é necessário a eliminação das bactérias, neutralização das toxinas e cuidados com a ferida que são ações normalmente realizadas em ambientes hospitalar, sendo os casos mais graves direcionados às Unidades de Terapia Intensiva (UTI).

Em vista do exposto, de acordo com Conceição e Rodrigues (2017) é necessário ações de educação e conscientização da população para se ter um tratamento preventivo da saúde ambiental, além de aumentar a vigilância epidemiológica. Os autores apontam que discutir sobre os agravos de doenças causadas por veiculação hídrica é uma forma de melhorar a qualidade do ambiente, bem como colaborar para que a questão seja vista como um direito à saúde.

Fátima e Cabral (2013) complementam que a falta de gestão, principalmente, na drenagem urbana e no manejo dos resíduos sólidos, provoca degradação do corpo hídrico e a proliferação de vetores de doenças. E uma vez que que não se investe em saneamento básico, mais investimento em saúde serão despendidos, maiores são os recursos que deverão ser destinados à saúde para mitigar os problemas decorrentes da falta de saneamento (Ferreira; Garcia, 2017).

2.4 Manejo dos resíduos sólidos

O crescimento urbano também contribui para o aumento da produção de resíduos sólidos, cujo não recolhimento e destinação final adequada provocam impactos, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos. Para tanto, deve-se pensar na implantação do saneamento básico, aliado à educação ambiental e a medidas de gerenciamento, podendo ser uma solução para os problemas ambientais causados pela falta de manejo dos resíduos sólidos (Gonçalves, 2013).

Um aspecto que influencia a boa funcionalidade da drenagem urbana é a presença de resíduos sólidos nos canais e nos dispositivos de drenagem provocado pelo carreamento desses resíduos nos períodos chuvosos ou mesmo pela disposição inadequada dos mesmos. No que tange a limpeza urbana, Neves e Tucci (2008), afirmam que ela está diretamente ligada a drenagem urbana, uma vez que os resíduos sólidos estão suscetíveis a atingir os elementos de drenagem. Fatores como frequência e eficiência da limpeza, assim como, a educação dos moradores, sobre a disposição adequada, ajudam no manejo dos resíduos sólidos e, conseqüentemente, das águas pluviais.

Gava e Finotti (2012) complementam que a drenagem urbana é a principal responsável pelo transporte dos resíduos sólidos, por outro lado, em seus estudos, eles detectaram que a carga poluidora se dá por focos isolados e pela falta de varrição do meio urbano. Este último, quando realizado antes das precipitações, pode mitigar o surgimento de resíduos sólidos no sistema de drenagem.

Righetto, Gomes e Freitas (2017), analisam o conceito de *first flush*, também conhecido como primeira carga de lavagem (PCL), que consiste, basicamente, no carreamento dos resíduos sólidos e poluentes da primeira chuva, e, embora ainda não se tenha um controle da contaminação causada pelos deflúvios superficiais, o conceito tem sido difundido como estratégia para o manejo das águas pluviais. Os autores avaliam que, mesmo sendo complexa a mensuração da poluição difusa, identificar a variação temporal das cargas poluentes, assim como o manejo dos resíduos sólidos, possibilita o tratamento e destinação adequados para tais, auxiliando também o bom funcionamento no manejo das águas pluviais.

O estudo realizado por Perera *et al.* (2021) abordou a simulação do *first flush* e identificou que, em sua maioria, a primeira descarga ocorre dentro do intervalo dos primeiros 30% a 50% do volume de escoamento inicial das águas pluviais. Portanto, como medida preventiva contra o risco de descarga de altas cargas de poluentes no meio hídrico receptor, é aconselhável que pelo menos 30% do escoamento inicial seja submetido a tratamento. No

entanto, é importante destacar que existe a possibilidade de a primeira descarga se prolongar até 50% do escoamento, dependendo da variabilidade de outros fatores.

Os resíduos gerados pela população podem apresentar características nocivas ao ser humano e ao meio ambiente, podendo colocar em risco a saúde pública e a qualidade de vida (Teresina, 2015b). Com base no que foi mencionado, torna-se importante conhecer mais sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos a fim de compreender e avaliar os impactos desses resíduos nas estruturas de drenagem pluvial urbana.

Em Teresina, a Prefeitura, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação, é responsável pelo manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, com a coleta, transporte e destino final dos resíduos sendo terceirizados. O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Teresina, elaborado em 2018 pela empresa DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA S/S LTDA, teve como objetivo diagnosticar a situação do município e estabelecer metas para a gestão pública nos próximos 20 anos (Teresina, 2018a).

Em Teresina a maior parte dos resíduos gerados são oriundos das residências (Teresina, 2013b). Uma projeção per capita de resíduos sólidos domiciliares para o ano de 2032 foi de 649.998,72 kg/dia, excluindo a coleta seletiva. Além disso, a projeção total de manejo dos resíduos sólidos e limpeza urbana para o ano de 2034 é de 660 toneladas por dia, o que não está em proporção adequada com os recursos financeiros, técnicos e operacionais disponíveis no município. Portanto, a implementação da coleta seletiva reduziria em 30% a quantidade de resíduos, resultando em um total de 496,84 toneladas por dia (Teresina, 2018a).

O PMGIRS (2018) destaca a importância de um plano de emergência e um plano de contingência para lidar com potenciais interrupções nos serviços de limpeza pública e coleta de resíduos sólidos. Esses planos visam enfrentar diversas causas de paralisações, como intempéries, greves de funcionários, falhas mecânicas, entre outras, com o objetivo de minimizar danos à população, ao meio ambiente e ao patrimônio. Além disso, o PMGIRS alerta para os riscos de não realizar esses serviços, que incluem a proliferação de insetos e vetores de doenças, com consequentes impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente. Assim, os planos de emergência e contingência se complementam, fornecendo medidas e procedimentos para o controle e combate de situações anormais.

No caso da inter-relação entre os serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos sólidos com eventos de precipitações intensas e enchentes, estão previstas algumas medidas emergenciais nas etapas de acondicionamento, coleta, transporte e disposição final. Estas medidas incluem a paralisação completa ou parcial das operações, comunicação ao Responsável

Técnico, comunicação à Administração Pública (Secretaria ou Órgão), comunicação à Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros, comunicação ao Órgão Ambiental e/ou Polícia Ambiental, e comunicação à população.

Os gastos com serviços de limpeza urbana são elevados. Para cobrir os custos das novas despesas projetadas, o PMGIRS (2018) recomenda o aumento das receitas por meio de mudanças na legislação tributária municipal, incluindo o aumento das alíquotas do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) e do Imposto Sobre Transmissão de Bens Imóveis Inter Vivos (ITBI). Outra alternativa é buscar novas receitas por meio da recuperação de débitos inscritos em dívida ativa do ISSQN e do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

O estudo financeiro disponível no PMGIRS (2018) demonstrou que os custos com serviços de limpeza pública alcançaram um gasto mensal per capita de R\$ 5,38 (cinco reais e trinta e oito centavos) e um gasto anual de R\$ 64,53 (sessenta e quatro reais e cinquenta e três centavos). Enquanto isso, os gastos por domicílio mensal e anual correspondem, respectivamente, ao valor de R\$ 18,16 (dezoito reais e dezesseis centavos) e R\$ 217,94 (duzentos e dezessete reais e noventa e quatro centavos). Isso totaliza um valor mensal de R\$ 4.591.541,83 (quatro milhões, quinhentos e noventa e um mil, quinhentos e quarenta e um reais e oitenta e três centavos) e um valor anual de R\$ 55.098.501,94 (cinquenta e cinco milhões, noventa e oito mil, quinhentos e um reais e noventa e quatro centavos) em serviços de limpeza pública (Teresina, 2018a).

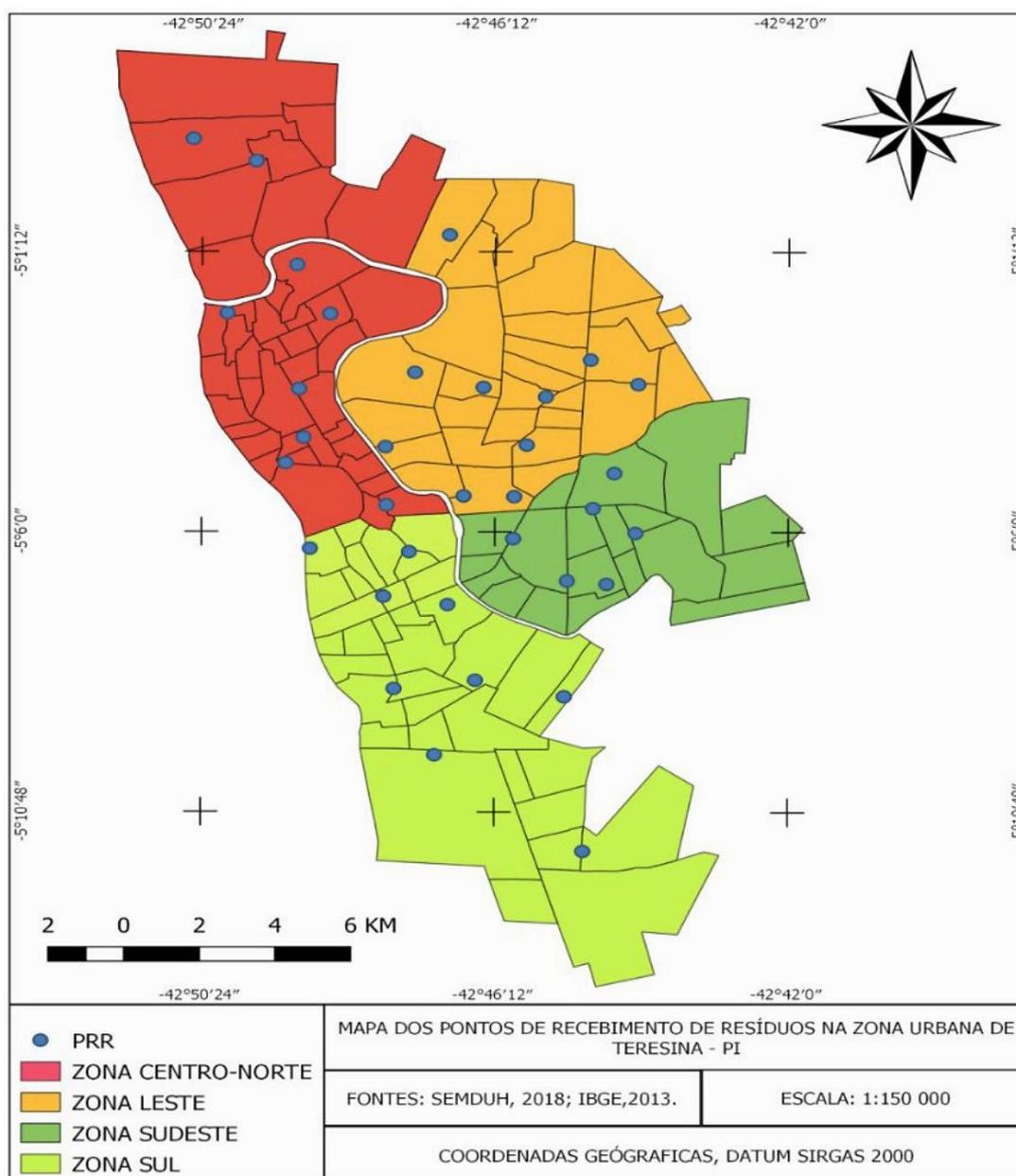
De acordo com o levantamento realizado pela empresa de consultoria responsável pela elaboração do PMGIRS, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação – SEMDUH não possui uma estimativa da quantidade total de resíduos coletados nas bocas de lobo e galerias, e também não mantém um cronograma regular de limpeza para esses dispositivos. A limpeza desses dispositivos de drenagem é realizada trimestralmente ou conforme a demanda.

Outro fator que contribui para a poluição dos dispositivos é a cultura da população da cidade de Teresina, que realiza conexões residenciais e comerciais de maneira irregular, utilizando o sistema de drenagem como local de descarga para o esgoto sanitário. Essa prática resulta na obstrução do sistema de drenagem devido à presença de resíduos sólidos, o que, por sua vez, provoca inundações durante o período chuvoso e a contaminação dos corpos d'água, como rios e lagoas (Teresina, 2015b).

Nesse sentido, a pesquisa de Feitosa *et al.* (2019) aborda os Pontos de Recebimento de Resíduos (PRR), uma estratégia implementada pela prefeitura para combater o descarte

irregular de resíduos em Teresina. Na Figura 8, os autores apresentam a distribuição desses pontos por zonas administrativas, revelando que a zona Leste possui a maior quantidade de PRR. No entanto, apesar dessa distribuição, a zona Centro-Norte é aquela que recebe a maior quantidade de resíduos.

Figura 8 – Mapa de distribuição dos PRR por zona administrativa.



Fonte: Feitosa *et al.* (2019).

Os serviços de varrição e capina também são essenciais para evitar a obstrução no sistema de drenagem. O serviço de varrição abrange a limpeza das laterais de logradouros com pavimentação asfáltica ou poliédrica regular, leito das vias não pavimentadas, sarjetas e meios-fios. A frequência desse serviço varia conforme a região, podendo ser diária, semanal ou

quinzenal. O PMGIRS (2018) propõe dois cenários para sua expansão: o primeiro prevê a varrição diária no centro da cidade, semanalmente nas áreas residenciais, com priorização de avenidas comerciais e espaços públicos; no segundo cenário, a varrição é diária no centro e nas avenidas comerciais, mantendo a varrição semanal nas regiões residenciais. Em ambos os cenários semanais, recomenda-se priorizar espaços públicos, como escolas, praças, arredores de hospitais e parques (Teresina, 2018a).

A capina é realizada nas laterais de logradouros pavimentados, incluindo ruas com calçamento poliédrico, e nos leitos de vias não pavimentadas. Por outro lado, a roçagem é feita em logradouros, rodovias municipais ou locais que necessitam de corte de vegetação, como campos de futebol e praças. A frequência da execução de capina e roçagem varia conforme a necessidade, geralmente ocorrendo a cada 2 a 4 meses. O primeiro ciclo ocorre durante os períodos chuvosos, de janeiro a abril, enquanto o segundo ocorre durante os períodos de estiagem. Em média, são coletadas 900 toneladas por mês, e os gastos com esses serviços representam 55% do orçamento destinado à limpeza pública (Teresina, 2018a).

Considerando que o processo de geração de resíduos é contínuo e crescente, a Prefeitura de Teresina publicou, por meio da Agenda 2030, diretrizes para aprimorar os serviços de limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos, por meio das seguintes ações:

- Desenvolvimento de mecanismos de manejo voltados para a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos;
- Criação de mecanismos que assegurem a correta destinação de todos os tipos de resíduos gerados nas diversas atividades urbana e rural cumprindo atentar-se para a geração de bioenergia;
- Maximização da recuperação de resíduos sólidos recicláveis e minimização dos impactos decorrentes do tratamento e da destinação final;
- Estabelecimento de melhorias na conduta ambiental e sanitária da população.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2022), os resíduos orgânicos, como sobras de alimentos, galhos e folhas de árvores (chamados de resíduos úmidos), têm a opção de serem direcionados para unidades de gestão de resíduos de poda e compostagem. Em contrapartida, materiais como papel, plástico, metais e vidro (categorizados como resíduos secos) podem ser recuperados por meio de processos industriais após serem selecionados e separados. No entanto, devido às limitações técnicas ou econômicas, apenas a porção que não pode ser recuperada é classificada como rejeitos e deve ser destinada aos aterros sanitários. É crucial enfatizar que a redução na produção de resíduos e rejeitos desempenha um

papel fundamental na promoção da sustentabilidade dos sistemas de gerenciamento de resíduos urbanos (Brasil, 2022).

2.5 A drenagem Urbana

Na maioria dos municípios brasileiros, a drenagem urbana é implantada e trabalhada de forma isolada das outras vertentes do saneamento básico, não recebendo sua devida importância, o que traz prejuízos à população, principalmente aquela de baixa renda (Fátima; Cabral, 2013).

Os impactos causados pela ausência de sistemas que contribuam para a drenagem urbana podem atingir uma determinada área de forma desigual, pois os índices de cobertura de infraestrutura relacionada com o saneamento básico variam. Desse modo, uma área pode ter baixa cobertura de esgotamento sanitário e de drenagem, e esse conjunto pode trazer sérias consequências em termos de saúde, social e econômica para a população.

Segundo Canholi (2014), em consequência dos problemas da falta de drenagem, ocorrem diversos danos que afetam o tráfego, as moradias, o comércio, as propriedades em geral e o saneamento, acarretando doenças decorrentes do contato de água contaminada com a população que a consome. Entretanto, existem algumas medidas mitigadoras para o problema encontrado nas inundações causadas pela falta de eficiência da drenagem de águas pluviais, que podem ser estruturais ou não estruturais.

Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019) explicam que, com os avanços técnicos advindos do conhecimento hídrico, desenvolveram-se três fases de percepção que consideram a interação humana com as águas pluviais. A primeira fase trata da drenagem convencional, a mais difundida, onde os problemas advindos dos impactos sociais são mitigados com medidas estruturais e não estruturais. Na segunda fase, houve uma mudança de paradigma no que diz respeito à gestão e ao manejo das águas pluviais, mais conhecida como drenagem urbana sustentável. E a terceira, a mais recente, discorre sobre o diálogo da interação humana com o ecossistema hídrico, representando um salto na evolução humana.

No que se refere à drenagem urbana sustentável, os conceitos de LIDs e BMPs são destaques, pois são práticas que, além de controlar o escoamento superficial, restauram o ambiente ecológico e mantêm seu equilíbrio, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das cidades. Para isso, um planejamento ambiental de áreas urbanas deve aderir ao princípio da eco-prioridade, utilizando adequadamente esses conceitos (Mao; Jia; Yu, 2017).

O conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) surgiu no início da década de 90, através da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA - *United States Environmental Protection Agency*). Trata-se de técnicas que são utilizadas ou simulam o processo de pré-ocupação, através de infiltração e evaporação, por meio de práticas em pequena escala a serem implementadas em residências, comércio e indústrias, com a finalidade de conservar a qualidade e a quantidade do manejo das águas urbanas (Ahiablame; Engel; Chaubey, 2012).

A utilização dessa prática tem sido empregada com sucesso no gerenciamento do escoamento das águas pluviais, pois, ao priorizar a infiltração, essas medidas tendem a reter o escoamento no local da precipitação, causando uma redução no volume do escoamento a jusante, contribuindo para melhorias na qualidade da água e na preservação do meio ambiente (Souza; Cruz; Tucci, 2012; Fletcher *et al.*, 2014).

O desenvolvimento de baixo impacto foi introduzido pela primeira vez no Condado de Prince George, no Estado de Maryland, EUA, quando o Departamento de Recursos Ambientais do Condado de Prince George começou a questionar a eficiência, a relação custo-benefício, as limitações técnicas e práticas do sistema convencional de gestão das águas pluviais. Assim, como forma de proteger as mudanças nas bacias hidrográficas, produziu-se um Manual de Projeto de Desenvolvimento de Baixo Impacto municipal, em um esforço para aumentar a adoção do LID (Coffman, 1997).

Segundo Prince George's County (1999), a abordagem LID gerencia as águas pluviais urbanas em pequenos locais para evitar que sejam transmitidas para locais maiores de mais difícil gerenciamento, e para isso traz como principais objetivos e princípios do LID:

- Fornecer uma tecnologia aprimorada para proteção ambiental de recebimento de águas;
- Incentivar a educação pública e a promovendo ações participativas no meio ambiente;
- Reduzir os custos de construção e manutenção das águas pluviais;
- Introduzir novos conceitos, tecnologias e objetivos para gestão de águas pluviais, como microgestão e características funcionais da paisagem;
- Imitar ou replicar funções hidrológicas;
- Manter a integridade ecológica/biológica dos riachos receptores;
- Incentivar a flexibilidade nas regulamentações que permite a inovação e planejamento dos locais para promover os princípios de “crescimento inteligente”;
- Incentivar o debate sobre aspectos econômicos, ambientais e técnicos viabilidade e aplicabilidade das práticas atuais de águas pluviais e abordagens alternativas.

Em suas pesquisas, Ghodsi *et al.* (2020) apontam, com o uso de técnicas LID, uma diminuição do volume do escoamento superficial de 14%, considerando menos de 1% da bacia hidrográfica estudada. Ahiablame, Engel e Chaubey (2012) apontam que todas as práticas LID são eficientes desde que se tenha um projeto bem feito, seja bem implantado e tenha manutenção adequada.

Os autores abordam que fatores como declividade, profundidade do lençol freático, impermeabilidade do solo, quantidade de luz solar, tipos de uso da terra, volume da chuva, a meteorologia e a hidrologia geralmente afetam a eficácia da implantação dos LIDs (Ahiablame; Engel; Chaubey, 2012; Eckart; Phee; Bolisetti, 2017).

Tavanti e Barbassa (2012) complementam que o conceito de LID trata de técnicas que priorizam a recomposição dos processos naturais por meio da infiltração na fonte, atuando na redução dos volumes e vazão das águas pluviais, como, por exemplo, telhado verde, biorretenção, valas de infiltração, trincheira de infiltração, lagoa de retenção, reservatório de detenção e pavimentos permeáveis. Conforme Souza, Cruz e Tucci (2012), a definição não se limita apenas aos dispositivos de controle, mas também à interação com outros setores da sociedade no desenho urbanístico, suas relações com o ambiente natural e as funções naturais dos espaços.

Eckart, Phee e Bolisetti (2017) destacam algumas limitações para a implantação do LID, tais como um modelo de gestão único para determinadas bacias devido às variáveis que devem ser consideradas na implantação do desenvolvimento de baixo impacto; o engajamento da comunidade, que muitas vezes não possui o conhecimento necessário e acaba tendo uma percepção errônea da abordagem LID; a falta de dados e conhecimentos por parte dos profissionais municipais e de consultoria, percebendo-se uma falha no sistema operacional e de gestão; por último, a deficiência de monitoramento e avaliação, cujo objetivo principal é obter dados para quantificar benefícios ambientais e serviços ecossistêmicos, bem como avaliar possíveis problemas de manutenção e degradação dos LIDs, dificultando até mesmo as previsões de custos de implantação.

Os LIDs são cada vez mais difundidos e frequentemente utilizados como um retrofit urbano projetado para melhorar a qualidade do escoamento e proteger as águas receptoras, além de criar resiliência para a adaptação às mudanças climáticas causadas pela urbanização. Esta última é um dos principais motivadores para as práticas LIDs, pois cada vez mais se pode notar seus efeitos por meio de tempestades mais frequentes (Eckart, Phee, Bolisetti, 2017).

O incipiente sistema de drenagem instalado na cidade ainda sofre influência direta do nível das águas nas calhas dos rios Poti e Parnaíba, que em certas épocas do ano (suas cheias) fazem restrição ao pleno escoamento das águas

advindas das partes mais elevadas das sub-bacias adjacentes. Junto ao provável subdimensionamento de algumas redes existentes, soma-se o colapso hidráulico pela retenção das águas promovidas pelos rios. Isto potencializa as inundações nas ocupações marginais e instaladas nos leitos maiores dos rios ou naqueles lugares onde se promoveu aterro das lagoas marginais (Teresina, 2012, p. 250).

Recentemente, tem-se ganhado maior atenção no controle de enchentes devido aos avanços nos modelos e técnicas de gestão relacionados à tecnologia na área de transmissão de dados, tecnologia de satélites e sistemas de alerta contra inundação. Isso ajuda a proteger áreas de risco por meio do planejamento físico e da gestão da bacia (Alves, 2005).

Como técnicas de prevenção, as medidas não estruturais são medidas preventivas que melhoram a convivência da sociedade durante os períodos chuvosos nas cidades, evitando prejuízos e dispõem, em comparação às medidas estruturais, de recursos menos vultosos. Destacam-se, entre as medidas não estruturais, a previsão e alerta de inundação, o zoneamento das áreas de risco de inundação, as leis, o seguro e a proteção individual contra inundação (Teresina, 2012).

Em alguns casos, as soluções estruturais são inviáveis, seja técnica ou economicamente, ou mesmo intempestivamente, devendo-se optar por medidas não estruturais. Por exemplo, pode-se observar os sistemas de alerta de enchente, que buscam reduzir os danos esperados em curto prazo, com investimentos de pequena monta.

Assim, em contraposição, as medidas não estruturais podem minimizar ou até evitar os prejuízos correlacionados à drenagem urbana, na proporção em que criam sistemas de conscientização ambiental e infraestrutural, ao promover ações voltadas para a educação urbana dos gestores e da população em geral. Como exemplos de medidas não estruturais, temos os Planos Diretores e as Leis de Regulação de uso e ocupação do solo, analisados anteriormente.

Canholi (2014) aponta que, para a existência de um planejamento consistente de ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana, devem estar presentes os seguintes pontos essenciais: combinação adequada de recursos humanos e materiais; e equilíbrio harmonioso entre medidas estruturais e não estruturais, na medida em que se complementam.

É de extrema importância para a eficiência do sistema de drenagem urbana que sua implantação respeite os cursos d'água da bacia hidrográfica, a vegetação e a topografia, principalmente as áreas mais baixas. A não observância desses fatores pode aumentar a frequência de inundações e alagamentos, bem como o acúmulo de resíduos sólidos.

A expansão da urbanização aumenta as demandas da população para o fornecimento de infraestrutura social, o que requer maior engajamento da gestão pública de forma multissetorial para promover ações socioambientais e econômicas compatíveis com esse crescimento

(Teresina, 2015b). Da mesma forma, a gestão das águas pluviais deve se aperfeiçoar com o aumento da urbanização, de forma a se adaptar às mudanças climáticas e à disponibilidade de orçamento (Eckart; Phee; Bolisetti, 2017).

O prognóstico apresentado pela Agenda 2015 de Teresina avalia que existe uma falta de ligação da gestão entre as Superintendências setoriais com a gestão central, além de possuir fragilidade nos procedimentos de controle urbanístico. O documento cita ainda a deficiência na qualidade e quantidade de técnicos, bem como fragilidade na clareza das atribuições e critérios de avaliação entre diferentes órgãos (Teresina, 2002).

2.5.1 Capacidade de infiltração conforme o tipo de solo

O tipo de solo é um elemento que interfere na capacidade de absorção das águas, estando diretamente relacionado com o escoamento superficial das águas pluviais. No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), levando em consideração seis níveis categóricos: Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série (EMBRAPA, 2018).

Contudo, para inserir o tipo de solo nas simulações em cada sub-bacia, utiliza-se o parâmetro CN da metodologia instituída pelo *Soil Conservation Service* (SCS) (Teresina, 2012). Posteriormente, o SCS passou a ser o *Natural Resources Conservation Service* (NRCS). Segundo Canholi (2014), o NRCS classificou mais de três mil solos e coberturas de vegetação e plantações nos Estados Unidos para verificar o potencial de escoamento e os classificou em quatro grupos identificados pelas letras A, B, C e D. O modelo NRCS relaciona as características da bacia a um coeficiente de escoamento superficial denominado curva número (CN), o qual se baseia nas particularidades de cada solo, conforme pode ser visto na Tabela 1.

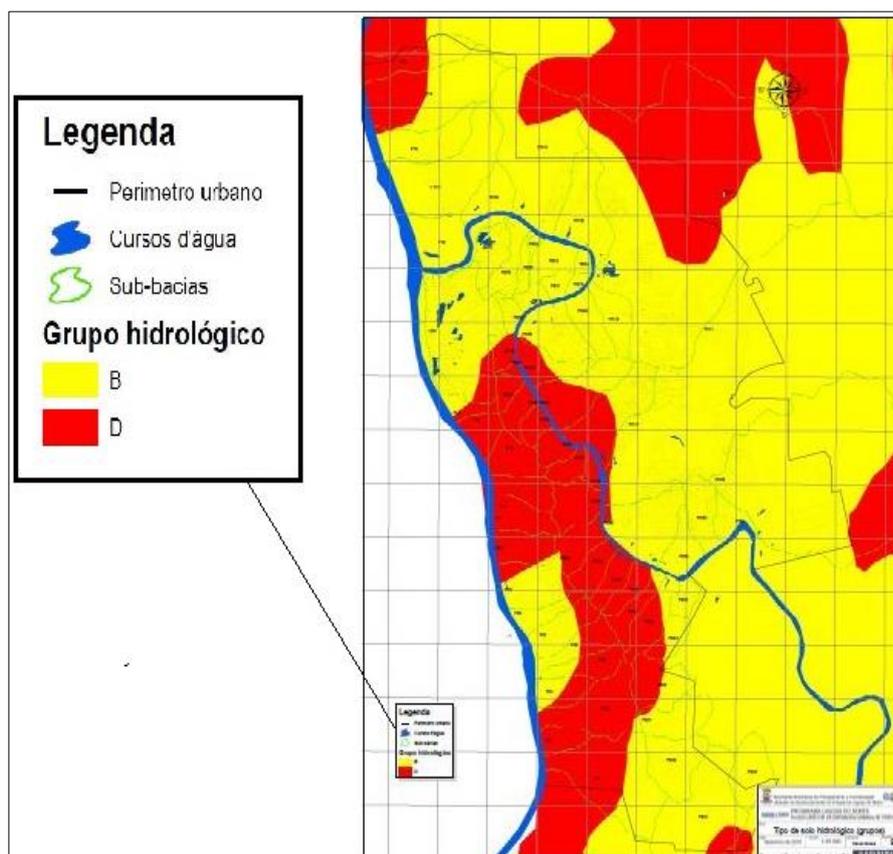
Tabela 1 – Classificação dos grupos hidrológicos dos solos e sua capacidade de infiltração (Método NRCS).

GRUPO	TEXTURA	PROFUNDIDADE	PERMEABILIDADE
A	média/média muito argilosa/ muito argilosa argilosa/argilosa	muito profundo (>2m) ou profundo (1 a 2m)	rápida/rápida moderada/rápida
B	arenosa/arenosa arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argilosa/muito argilosa	profundo (1 a 2m)	rápida/rápida rápida/moderada moderada/moderada
C	arenosa/média média/ argilosa arenosa/argilosa arenosa/muito argilosa	profundo (1 a 2m) moderadamente profundo (0,5 a 1,0 m)	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada
D	muito variável	moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 0,50m)	rápida, moderada ou lenta sobre lenta

Fonte: Adaptado Lombardi Neto *et al.* (1989 *apud* Genov; Neto; Sartori, 2005).

A Figura 9 mostra-se a disposição dos tipos de solos B e D para as bacias na cidade de Teresina segundo o PDDrU.

Figura 9 – Mapas tipos de solos hidrológicos de Teresina.



Fonte: Adaptado de Teresina (2012).

Uma vez que a classificação pelo SiBCS é mais ampla, o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina estabelece uma relação entre os tipos de solos da Classificação Brasileira e os tipos de solos definidos pelos grupos do NRCS, como pode ser observado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Relação entre os tipos de solos da Classificação Brasileira e os tipos de Solos definidos pelos grupos do NRCS.

GRUPO DE SOLO HIDROLÓGICO – NRCS	TIPO DE SOLO - CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA
Grupo Hidrológico B	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
Grupo Hidrológico D	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Adaptado de Teresina (2012).

Os grupos de solos hidrológicos B e D, em que o B possui características de boa capacidade de infiltração, acima da média, e o D tem capacidade de infiltração muito baixa, resultando em um bom escoamento superficial (Teresina, 2012).

2.5.2 Dispositivos de Drenagem sustentável

2.5.2.1 Pavimento permeável

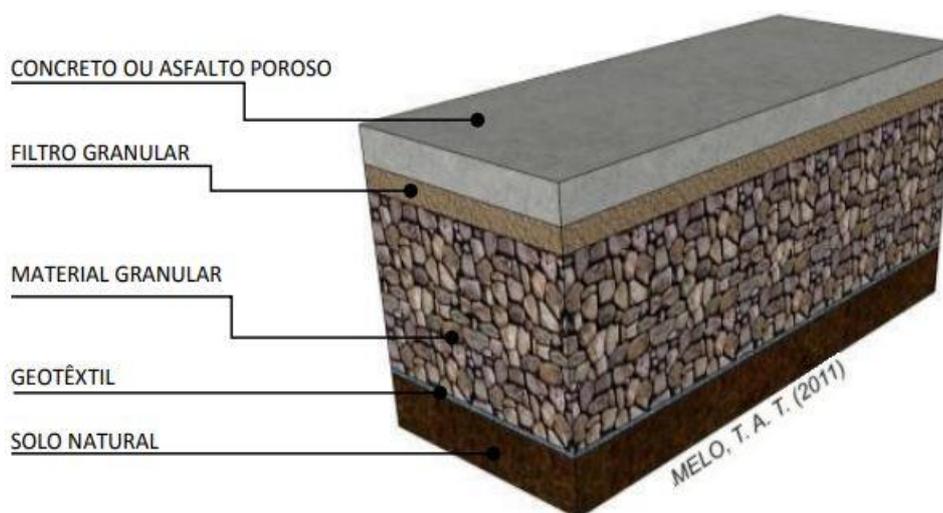
O pavimento permeável é um sistema projetado para absorver o escoamento de água e armazená-la, reduzindo o escoamento superficial. É utilizado, principalmente, em áreas com baixo volume de tráfego como calçada, vagas de estacionamento, ciclovias e canteiros reduzem os coeficientes de escoamento de águas pluviais e água parada, promovem de infiltração e

recarga de lençóis freáticos e pode ser mais fácil de manter do que pavimento padrão (EPA, 2015).

De acordo com Ciriminna *et al.* (2022), no geral, as estruturas dos pavimentos permeáveis se assemelham a dos pavimentos tradicionais, mas cada camada tem maior porosidade que permitem a drenagem das águas. Os autores citam três tipos de superfícies de pavimentos permeáveis. O primeiro é o sistema de infiltração total, no qual toda a água é absorvida pelo solo. O segundo é o sistema de infiltração parcial, no qual uma parte da água é absorvida pelo solo, enquanto outra parte é direcionada para um sistema de tubulação. Por fim, o terceiro é o sistema sem infiltração, no qual toda a água é conduzida por um sistema de tubulação.

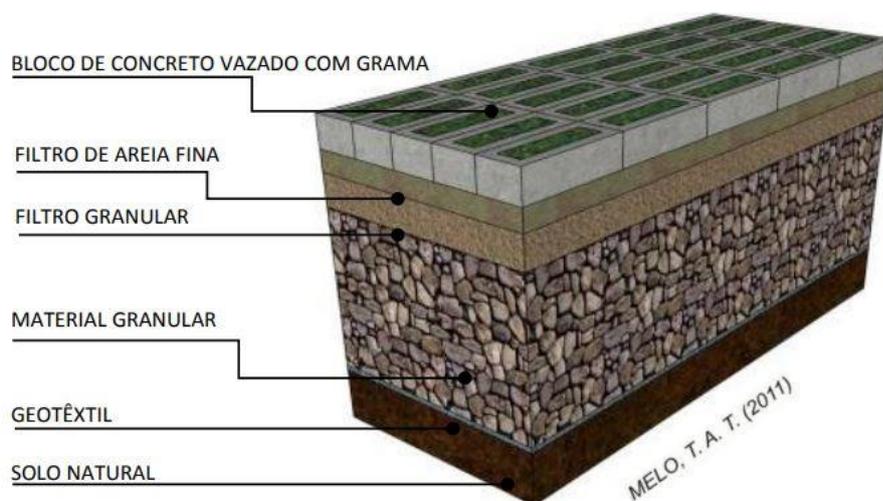
Quanto a estruturação do dispositivo, conforme demonstrado por Melo (2011), são apresentados dois esquemas que representam os tipos de pavimento permeável nas Figuras 10 e 11. No entanto, é importante destacar que a disposição estrutural específica dependerá da implementação e das particularidades de cada necessidade.

Figura 10 – Pavimento de concreto ou asfalto poroso.



Fonte: Melo (2011).

Figura 11 – Pavimento permeável de bloco vazado preenchido com grama



Fonte: Melo (2011).

A capacidade de infiltração do pavimento permeável pode decair ao longo do tempo devido à acumulação de sedimentos. De acordo com Fassman e Blackbourn (2010), o entupimento superficial é o principal fator responsável pela redução das taxas de infiltração, o que pode, eventualmente, comprometer a viabilidade do uso do pavimento permeável como medida de gerenciamento das águas pluviais. Portanto, é imperativo implementar um plano de manutenção que assegure a contínua eficácia da estrutura (EPA, 2015).

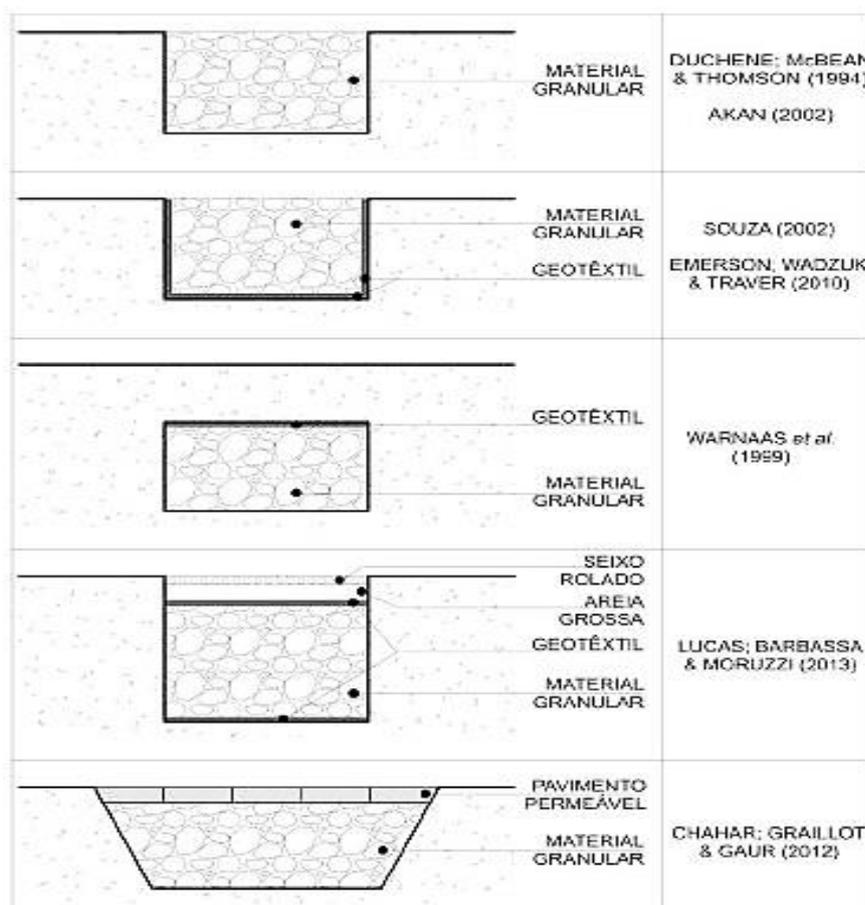
2.5.2.2 Trincheira de infiltração

As trincheiras de infiltração são estruturas alongadas e estreitas preenchidas com cascalho, projetadas com a finalidade de reter as águas pluviais no solo, o que, por sua vez, retarda o processo de escoamento superficial, conforme destacado por Rossman (2015). Segundo as informações fornecidas por Canholi (2014), o material granular utilizado nesse contexto apresenta um diâmetro variando entre 40 a 60 mm, garantindo assim uma porosidade mínima de 30%. Essas trincheiras podem permitir a infiltração da água não apenas através de sua base, mas também ao longo de suas laterais ou de maneira pontual.

São dispositivos hidráulicos caracterizados por possuírem dimensões em que o comprimento se estende mais do que a largura, variando em tamanho de acordo com as particularidades do local onde são implantados e os requisitos específicos do projeto. As trincheiras de infiltração podem ser configuradas de diversas maneiras, apresentando-se como

estruturas superficiais ou subterrâneas e podendo adotar uma variedade de formatos, como mencionado por Melo *et al.* (2016) na Figura 12.

Figura 12 – Seção de alguns tipos de trincheiras de infiltração na literatura.



Fonte: Melo *et al.* (2016).

De acordo com Eckart, Phee e Bolisetti (2017), geralmente, a estrutura é composta por um canal coberto por solo e vegetação, além disso, é necessária uma camada geotêxtil que separe partículas finas e elementos contaminantes, evitando o entupimento e permitindo que a água seja armazenada e filtrada. De acordo com Prince George's County (1999), a incorporação de um estágio de pré-tratamento, como a implementação de faixas vegetadas de filtragem, no design das trincheiras, as torna mais eficazes e prolonga sua vida útil.

Ademais, alguns cuidados devem ser tomados. Na literatura, alguns autores como Moruzzi e Trindade (2011), alertam para que seja observados alguns aspectos na escolha e implantação de trincheiras de infiltração, tais como, profundidade do lençol, cotas do terreno e do arruamento, tipo de fundação das residências, entre outros. Em trincheiras de infiltração, pode ocorrer colmatção, o que reduz a sua respectiva condutividade hidráulica ao longo do

tempo, de forma proporcional à carga hidráulica acumulada sobre a trincheira ou ao sistema de pavimentos porosos (Rossman, 2015).

Os pesquisadores Moruzzi e Trindade (2010) conduziram um estudo no qual realizaram cinco projetos de trincheira, cada um com diferentes níveis de condutividade hidráulica. Com o propósito de simular a implementação de trincheiras de infiltração, os pesquisadores selecionaram cinco lotes dentro da área urbana do município de Rio Claro, considerando o tipo de solo e suas propriedades hidráulicas.

Os resultados desse estudo demonstraram que, ao levar em consideração os cinco tipos de solo investigados, houve reduções significativas no escoamento superficial nos lotes avaliados. Essas reduções variaram de 60 a 100% para o período de retorno de 2 anos e de 48 a 100% para o período de retorno de 5 anos. Isso destacou a eficácia das trincheiras de infiltração como dispositivos LID na redução do escoamento superficial.

2.5.2.3 Telhado verde

Os telhados verdes têm a capacidade de reduzir os impactos ambientais. Entre as técnicas de compensação, é considerado o que possui mais benefícios, pois além de minimizar a vazão das chuvas por reter parte do escoamento, os telhados verdes também podem amenizar a ilha de calor, reduzir a poluição do ar, bem como melhorar o isolamento termoacústico e a preservação da biodiversidade local (Kotsiris; Nektarios; Paraskevopoulou, 2012; Savi, 2015).

Os telhados verdes, também conhecidos como coberturas verdes ou jardins de cobertura, são classificados como extensivos, semi-intensivos e intensivos. O primeiro tipo é capaz de ser implantado em telhados já edificáveis, pois possui uma camada de substrato menor, variando entre 5 cm a 20 cm, e a vegetação é caracterizada por plantas de baixo crescimento e resistentes a situações climáticas severas. Esse tipo de telhado costuma ser mais econômico. O tipo semi-intensivo é um tipo intermediário entre os intensivos e extensivos, variando de 15 a 25 cm de altura. O intensivo são aqueles com o substrato mais espesso, podendo chegar até 1 metro de altura (Green Roof Technology, 2023). Outras características dos tipos de telhados são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos tipos de telhados verdes.

TIPOS DE TELHADO	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Propósito	Mitigação das águas pluviais	Mitigação das águas pluviais e Biodiversidade	Mitigação das águas pluviais, Biodiversidade e Recreação
Vegetação	Musgo-Ervas-Gramas	Gramma-Ervas-Arbustos	Gramado/Perenes, Arbustos, Árvores
Máximo de chuva	100-200mm	150-250mm	200-750mm +
Custo	Alto	Moderado	Alto
Faixa de peso	100-200 kg/m ²	120-300 kg/m ²	220-800 kg/m ² +
Sistema de irrigação	Não recomendado	Parcialmente	Obrigatório

Fonte: Adaptado de *Green Roof Technology* (2023).

Figura 13 – Estrutura do telhado verde.



Fonte: Savi (2015).

Com o avanço da tecnologia sustentável, estão surgindo abordagens inovadoras, como a implementação de telhados verdes, conforme exemplificado pelos telhados verdes biossolares. De acordo com as pesquisas de Ciriminna, Meneguzzo e Pagliaro (2019), os benefícios econômicos de longo prazo proporcionados por um telhado verde solar superam

rapidamente os custos adicionais associados à instalação e à manutenção desse tipo de telhado, graças ao aumento substancial na geração de eletricidade que ele oferece.

Pesquisadores como Fleck *et al.* (2022) têm se dedicado a explorar essa nova tecnologia, e seus estudos demonstram que a inclusão de um telhado verde sobre um painel solar tradicional resultou em um aumento na produção de energia do sistema em 23,88 kWh, além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

2.5.2.4 Biorretenção

A biorretenção é uma técnica utilizada para gerenciar e tratar o escoamento das águas pluviais. Ela envolve a criação de uma depressão superficial com um leito de solo preparado e materiais de plantio, que têm a função de filtrar e armazenar o escoamento da água pluvial (Prince George' Country, 1999).

A técnica conhecida como biorretenção, popularmente chamada de "jardim de chuva", desempenha um papel essencial na redução dos impactos decorrentes do desenvolvimento urbano, além de proporcionar uma integração harmoniosa com elementos paisagísticos. A biorretenção é cuidadosamente planejada para interagir de forma sinérgica com o solo, microrganismos e vegetação, com o propósito de remover contaminantes presentes no escoamento pluvial (Coffman, 1997).

Conforme indicado por Ahiablame, Engel e Chaubey (2012), os sistemas de biorretenção desempenham um papel semelhante ao de uma bacia hidrográfica, uma vez que facilitam a infiltração e evaporação da água, contribuem para a recarga do lençol freático, protegem os cursos d'água e reduzem os picos de vazão e a carga de poluentes. Isso os torna valiosos não apenas em ambientes urbanos, mas também em contextos agrícolas. Os autores enfatizam que a seleção adequada do local, as dimensões apropriadas e a escolha da vegetação utilizada têm um impacto significativo no desempenho e nos benefícios proporcionados pelo sistema de biorretenção.

Figura 14 – Biorretenção empregada em passeio público.



Fonte: EPA 2015.

Segundo o relatório da EPA (2015), há possibilidades de substituir áreas pavimentadas por sistemas de biorretenção em locais como calçadas, estacionamentos, canteiros e rotatórias. Além dos benefícios hidrológicos oferecidos por essa substituição, essa prática também poderia aprimorar a segurança dos pedestres, promover o uso de transporte multimodal, elevar a qualidade da água e melhorar a estética da paisagem.

Os autores Azevedo *et al.* (2022) realizaram uma avaliação abrangente dos parâmetros de desempenho hidrológico de um sistema de biorretenção. Nessa análise, foram exploradas diferentes variáveis, incluindo a altura dos perfis de solo (100, 120, 130 e 150 cm), a profundidade de retenção na superfície (10, 20 e 30 cm) e a duração da chuva (20 e 60 minutos).

Os resultados obtidos indicaram que a eficácia do sistema é notavelmente influenciada pela profundidade de retenção na superfície de uma célula de biorretenção, em comparação com as variações nas alturas dos perfis de solo. Além disso, foi observado que as taxas de vazão nas bases dos perfis de solo analisados aumentaram à medida que a profundidade de retenção variou de 10 a 30 cm. Por fim, os achados deste estudo indicam que as práticas de LID, como as células

de biorretenção, apresentam um potencial significativo para atenuar os impactos da urbanização no manejo das águas pluviais urbanas.

2.5.3 Storm Water Management Model – SWMM.

O Storm Water Management Model (SWMM) foi desenvolvido em 1971 pela U.S. Environmental Protection Agency – US EPA, uma agência estatal norte-americana encarregada de zelar pelos recursos naturais, fornecendo informações e suporte técnico para a solução de problemas ambientais, além de implementar ações que garantam níveis ambientais aceitáveis em relação às atividades humanas e ao uso dos recursos naturais. A agência também busca compreender as consequências dos poluentes na saúde pública, procurando mitigar riscos ambientais (Rossman, 2015).

O *software* auxilia na modelagem hidrológica e hidráulica das bacias hidrográficas, com o objetivo de avaliar cenários e contribuir para o gerenciamento das mesmas. Além disso, tem a capacidade de modelar e simular a quantidade e qualidade dos sistemas de drenagem em um único evento ou em eventos a longo prazo. Desde o seu lançamento, passou por diversas atualizações (EPA, 2015). O SWMM tem sido extensivamente utilizado em todo o mundo para modelagem hidrológica, especialmente em áreas urbanas (Ghodsi *et al.*, 2020).

Segundo Rossman (2015), o software funciona sob um esquema de sub-bacias que recebem precipitação, gerando escoamento superficial e acúmulo de poluentes. Portanto, a quantidade e a qualidade do escoamento gerado são determinadas dentro de cada sub-bacia. Conforme Canholi (2014), o software pode integrar a modelagem de microdrenagem e macrodrenagem, o que viabiliza a simulação de alagamentos, pois integra simulações de redes de galerias com escoamento superficial.

A EPA disponibiliza livremente o código-fonte do programa, que pode ser adaptado para outras versões em todo o mundo. A versão brasileira do programa ficou a cargo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por meio do seu Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Trata-se de um modelo de simulação muito utilizado para o planejamento, pesquisa e projetos relacionados à drenagem das águas pluviais (Ahiablame, Engel, Chaubey, 2012).

A partir da versão 5.0, o SWMM fornece um módulo de controles LID, que pode modelar o desempenho hidrológico das práticas LIDs e BMPs. A versão 5.1 do SWMM conta com uma interface gráfica para inclusão dos dados de entrada do modelo e permite a simulação da implantação de técnicas de medidas compensatórias no controle do escoamento superficial.

O SWMM 5.1 pode modelar explicitamente oito práticas genéricas de técnicas de drenagem, tais como jardins de chuva, células de biorretenção (bioswales), valas vegetadas, trincheiras de infiltração, telhados verdes, desconexão do telhado, cisterna de chuva e sistema de pavimentos permeáveis (Rossman, 2015).

3 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na cidade de Teresina, a capital do estado do Piauí. Essa região é reconhecida por seus habitantes por enfrentar enchentes frequentes durante a estação chuvosa. No entanto, o município conta com registros documentais e entidades administrativas habilitadas para abordar essa questão, elementos essenciais para a execução deste estudo.

O entendimento do gerenciamento do sistema de drenagem urbana, assim como da gestão de manejo dos resíduos sólidos, se deu através da aplicação de entrevistas com os gestores dos respectivos órgãos municipais. Os órgãos foram escolhidos para que se pudesse fazer uma análise da interação dessas duas vertentes do saneamento, assim como analisar se as ações realizadas por esses setores da administração estão de acordo pelo esperado pela população.

Com a população, foram aplicados questionários com o objetivo de compreender a percepção social, principalmente relacionada aos serviços de drenagem urbana e manejo dos resíduos sólidos. Além disso, buscou-se obter informações sobre a prestação desses serviços pelos órgãos municipais e avaliar a satisfação da população em relação ao modelo de gestão vigente.

Com base nas respostas dos questionários, selecionaram-se as sub-bacias onde os bairros mais citados como tendo problemas com drenagem urbana para uma análise técnica por meio do software SWMM, comparando as sub-bacias com e sem LIDs.

Por fim, buscou-se realizar um levantamento das doenças de veiculação hídrica junto ao órgão municipal responsável pela coleta dos dados na cidade de Teresina, a fim de relacionar a incidência dessas doenças com o período chuvoso e a falta ou ineficiência do sistema de drenagem urbana, juntamente com a poluição difusa.

3.1 Caracterização da área de estudo

Teresina-PI está localizada na região do Centro-Norte Piauiense (05°05'21'' S e 42°48'07'' W), possuindo uma área territorial de 1.391,04 km², onde, segundo a Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação de Teresina (SEMPLAN), 19% é considerada área urbana e 81% é área rural (Teresina, 2020).

A cidade tem baixa altitude, variando de 70 a 150 metros. É cortada por dois rios, o Rio Parnaíba e o Rio Poti, portanto possui áreas ribeirinhas que são propensas a inundações. O Rio Poti deságua no Rio Parnaíba, sendo um dos seus principais afluentes. Teresina possui vários

riachos e um sistema de várias lagoas de médio e pequeno porte que fazem parte da rede de drenagem urbana natural (Teresina, 2012).

De acordo com o PDDrU (2012), o clima de Teresina, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Tropical-Equatorial. Apresenta uma temperatura média em torno de 27°C e uma precipitação pluviométrica anual média de 1.332 mm. As chuvas são rápidas e torrenciais, com o período chuvoso ocorrendo de janeiro a abril, e o período seco estendendo-se de junho a novembro. Cerca de 75,6% das chuvas ocorrem nos primeiros quatro meses do ano, enquanto os outros 24,4% ocorrem nos oito meses restantes (Teresina, 2013a).

Segundo dados prévios do IBGE (2022), a população de Teresina é de 868.523 habitantes, o PIB per capita no ano de 2019 foi de R\$ 25.458,50 e no último Censo (IBGE, 2010), apresentou um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,751. Conforme Terceiro, Carneiro e Espindola (2018), a cidade tem experimentado elevadas taxas de urbanização nas últimas décadas devido ao seu potencial econômico e ao fato de ser o centro político-administrativo do Estado.

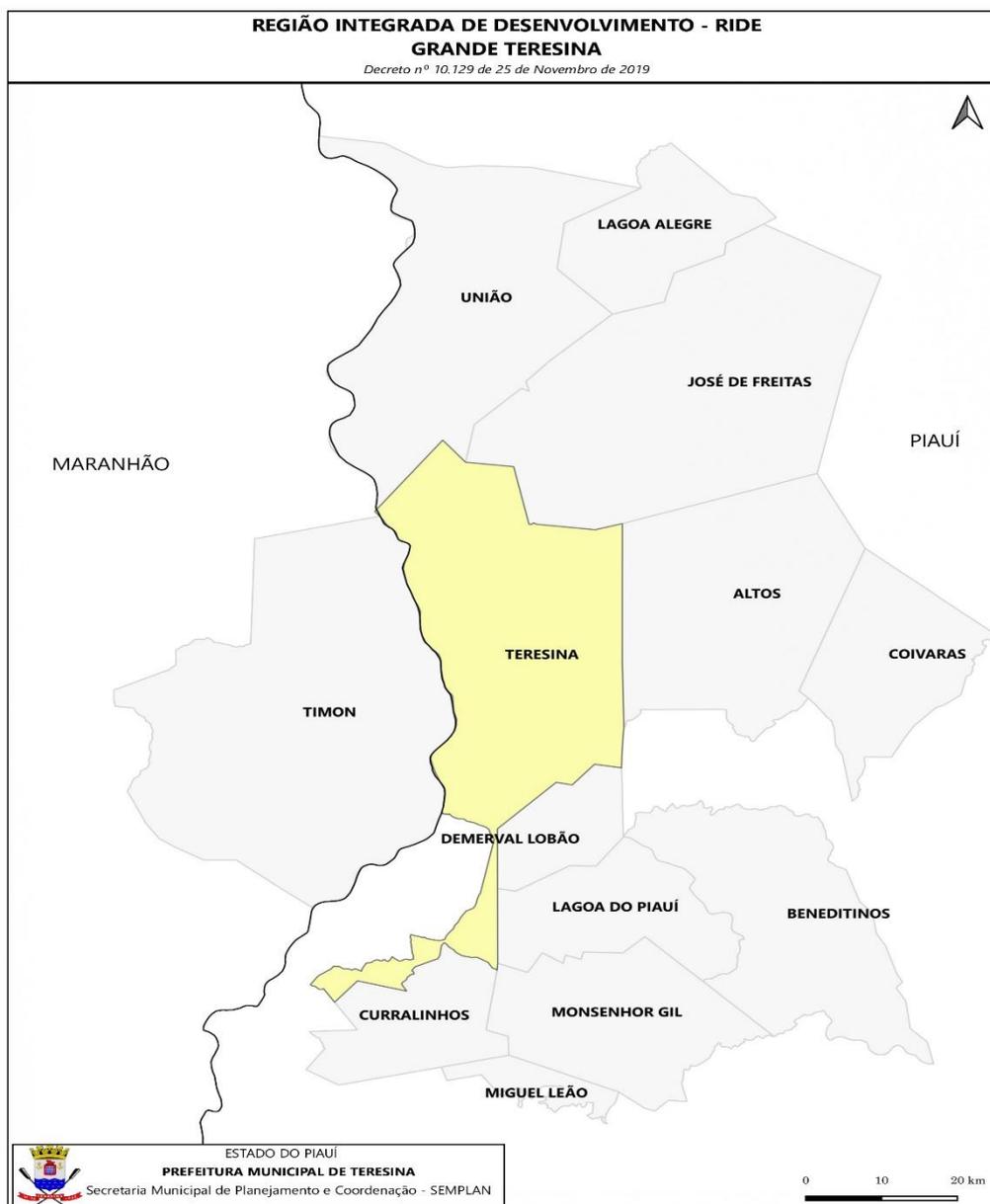
O território de Teresina é administrativamente dividido em quatro regiões: sul, sudeste, leste e centro-norte, conforme a Lei nº 3.559, de 20 de outubro de 2006. Atualmente, cada região é gerida pelas Superintendências das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD), enquanto a região rural é gerida pela Superintendência de Desenvolvimento Rural (SDR) (Teresina, 2006b).

Fundada no século XIX, em 1852, Teresina foi a primeira capital brasileira planejada, ainda durante o reinado de D. Pedro II. A principal característica da cidade é estar localizada entre os rios Parnaíba e Poti, o que incentivou a ocupação das margens de ambos (Chaves; Andrade, 2017). Logo, a cidade foi escolhida como capital do estado devido à sua posição estratégica, e em virtude da sua localização geográfica, abrange importantes serviços de saúde, comércio e educação, além de ser uma das principais vias de transporte e comércio. Teresina está em constante progresso e modernização, tornando-se uma potência econômica e política (Neto; Lima, 2019).

A Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento – RIDE do Polo Grande Teresina foi criada pela Lei Complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo Decreto nº 10.129, de 25 de novembro de 2019. Ela é composta pelos municípios de Teresina, Altos, Benedictinos, Coivaras, Currálinho, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil e União, no estado do Piauí, além do município de Timon, que pertence ao estado do Maranhão. A RIDE tem o objetivo de articular as ações administrativas, dinamizar a economia entre os municípios, estados e União, bem como

promover o desenvolvimento comum para toda a região (Teresina, 2013a). A cidade também está situada em um entroncamento rodoviário com saídas para Fortaleza, São Luís, Belém, Recife, Salvador e Brasília, ocupando uma posição estratégica que favorece o desenvolvimento (Teresina, 2018a). Na Figura 15, é possível ver o mapa de localização entre Teresina e seus municípios limítrofes.

Figura 15 – Mapa de localização de Teresina e municípios limítrofes.



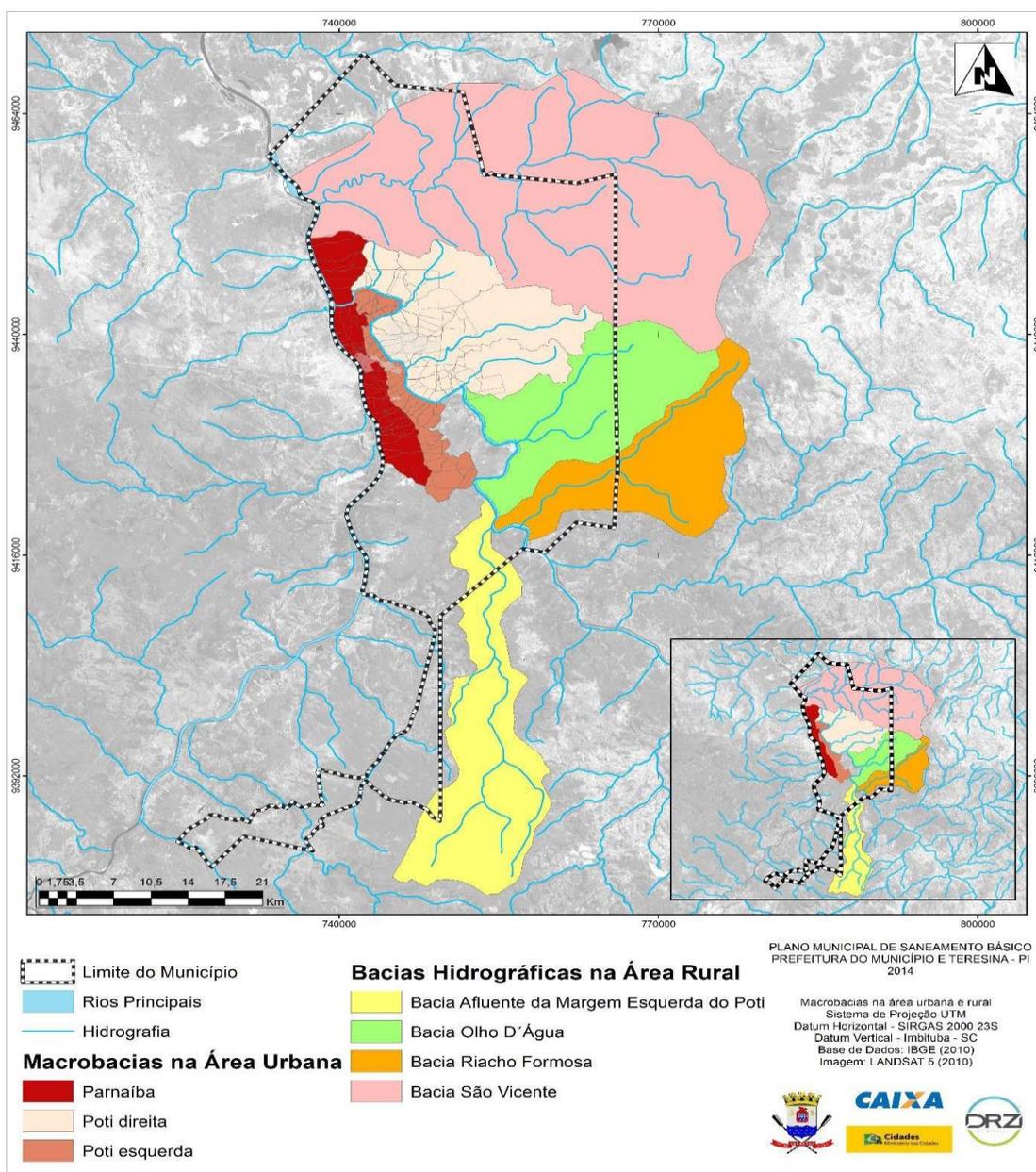
Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento-SEMPPLAN, Teresina (2018c).

As áreas de estudo abordadas na pesquisa basearam-se nas características apontadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana e no Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade de Teresina. Serão consideradas aquelas áreas que apresentam, em relação à drenagem urbana,

aspectos técnicos, sociais e ambientais deficientes. Ademais, a análise dos dados coletados nos questionários e nas entrevistas permitiu mapear as áreas mais afetadas.

Para um melhor entendimento dos termos que serão empregados, discute-se sobre a metodologia utilizada no PDDrU de Teresina para a delimitação das sub-bacias. Inicialmente, foram identificadas três regiões hidrográficas na área urbana de Teresina, chamadas de macrobacias, com base no relevo e na hidrografia da cidade, conforme ilustrado na Figura 16. Uma delas contribui diretamente para o rio Parnaíba, enquanto as outras duas contribuem diretamente para o rio Poti (Teresina, 2012).

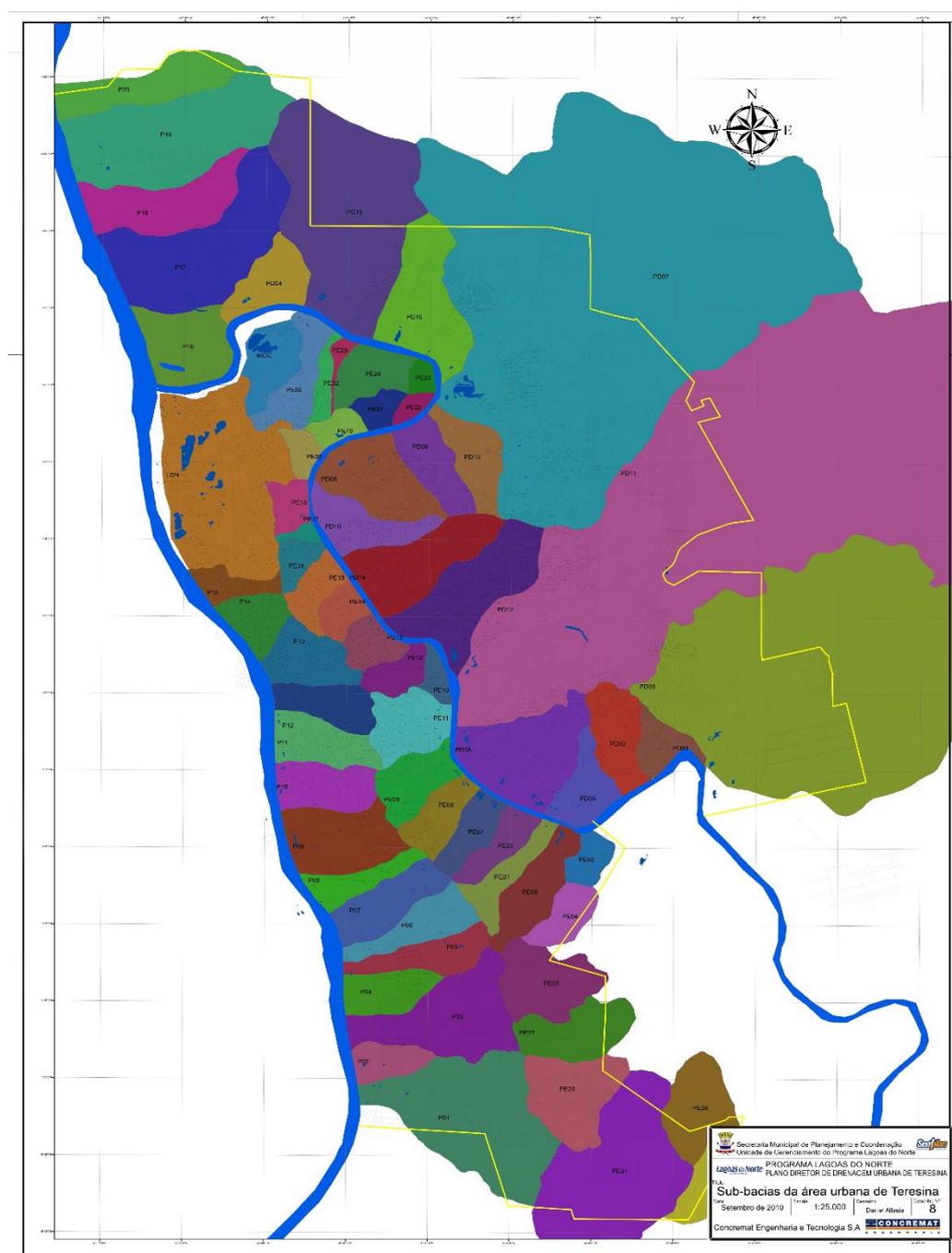
Figura 16 – Macrobacias de Teresina.



Fonte: Teresina (2018).

Posteriormente, conforme apresentado no PDDrU (2012), as macrobacias foram divididas em sub-bacias que foram definidas levando em consideração aspectos físicos, hidrológicos, políticos e socioeconômicos. As macrobacias urbanas foram nomeadas da seguinte forma: "P" representa as sub-bacias de contribuição para o rio Parnaíba; "PD" e "PE" representam as sub-bacias de contribuição da margem direita e da margem esquerda do rio Poti, respectivamente. A Figura 17 apresenta as sub-bacias da cidade de Teresina, conforme o PDDrU (2012).

Figura 17 – Sub-bacias da cidade de Teresina.



Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana (2012).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) realizou a caracterização de um total de 70 sub-bacias. Dessas, 21 estão localizadas na macrobacia do rio Parnaíba (P), 32 na macrobacia da margem direita do rio Poti (PD) e 17 na macrobacia da margem esquerda do rio Poti (PE) (Teresina, 2012).

3.2 Obtenção de dados

3.2.1 Entrevista com órgãos da gestão pública

Quanto à gestão das duas vertentes do saneamento, drenagem urbana e manejo dos resíduos sólidos, foram entrevistados representantes dos órgãos municipais responsáveis por esses serviços. A Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN) é responsável pela drenagem urbana, enquanto a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH) é encarregada do manejo dos resíduos sólidos. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Piauí (CEP- UFPI) (CAAE: 52799421.9.0000.5214).

No mês de março de 2022, por meio de videoconferência utilizando a plataforma *Meet*, foi entrevistado o técnico representante da SEMDUH pela coleta de resíduos sólidos da cidade. O propósito dessa entrevista é conhecer como é gerenciado o manejo dos resíduos sólidos e qual a frequência da limpeza urbana segundo a administração. A entrevista visa verificar o cumprimento do planejamento e identificar as dificuldades enfrentadas para o atendimento.

A entrevista com representantes relacionados à drenagem urbana da SEMPLAN ocorreu no mês de abril de 2022, com a finalidade de compreender o funcionamento da gestão e das ações relacionadas à drenagem urbana, especialmente as de natureza sustentável.

3.2.2 Aplicação de questionário

No intuito de obter uma colaboração participativa para a implantação de elementos utilizados no sistema de drenagem urbana sustentável, bem como conhecer a percepção social em relação à drenagem urbana, ao manejo dos resíduos sólidos, e verificar uma possível relação entre a incidência de doenças de veiculação hídrica e as deficiências no sistema de drenagem, especialmente durante o período chuvoso, foram aplicados questionários (vide Apêndice A) aos discentes dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portela, localizado em Teresina. Levou-se em consideração que os alunos

residem em diversas regiões do município. As perguntas do questionário foram aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Piauí.

O questionário foi disponibilizado por meio de um formulário online, utilizando a plataforma *Google Forms*, durante os meses de janeiro a maio de 2022, para os alunos da UFPI. Os e-mails foram solicitados aos coordenadores dos cursos da instituição ou enviados diretamente pelas coordenações. O acesso foi estendido aos amigos, familiares e a quem mais se interessasse em contribuir com a pesquisa.

A escolha dos discentes para responder aos questionários deu-se pelo fato de haver alunos da UFPI residindo em todo o território do município. Isso foi combinado com a necessidade de conduzir a pesquisa de forma online, uma vez que foi realizada durante a pandemia da COVID-19. Inicialmente, a realização da pesquisa de forma presencial poderia gerar possíveis riscos de contaminação para os pesquisadores e entrevistados, uma vez que envolveria o manuseio de papéis e possível contato pessoal em meio ao crescente índice de casos da doença.

Posteriormente, com o retorno das atividades presenciais na UFPI, foi enviada uma emenda ao CEP com a proposta de realizar o questionário de forma presencial no Campus Ministro Petrônio Portella, uma vez que os riscos de contaminação já estavam baixos. Após a aprovação da emenda, o questionário também foi aplicado de forma presencial nos meses de novembro e dezembro de 2022, com todos os cuidados recomendados pelas autoridades competentes em saúde, a fim de evitar qualquer contaminação pelo COVID.

Para responder ao questionário, era necessário ler o Termo de Livre Consentimento e, caso o entrevistado concordasse, clicaria em "Concordo" e assim passaria para a próxima etapa, onde estariam as questões a serem respondidas. Caso contrário, o entrevistado tinha a opção de não aceitar o Termo, clicando em "Discordo" e encerrando sua participação.

O questionário foi composto por 4 (quatro) questões iniciais sobre o perfil do entrevistado, incluindo idade, gênero, escolaridade e bairro de residência. Em seguida, o entrevistado respondeu a 2 (duas) perguntas que representavam o grau de interesse e conhecimento sobre o tema, permitindo assim avaliar o nível de conhecimento sobre o assunto. As demais questões foram organizadas conforme a lista abaixo:

- Problemas decorrentes de chuva (questões 7 e 8): A questão 7 tinha como objetivo averiguar se os respondentes foram afetados pela chuva e em quais lugares, enquanto a questão 8 foi elaborada para examinar o ponto de vista dos entrevistados a respeito das soluções para tais problemas;

- Dificuldade de implantação de técnicas de drenagem urbana sustentável (questão 9). Essa questão tem como objetivo buscar possíveis soluções para a implantação do sistema de drenagem sustentável;

- Implantação das técnicas sustentáveis em espaços públicos coletivos (questões 10 e 16), com o objetivo de verificar a aceitação dessa técnica pela população;

- Implantação das técnicas sustentáveis em residências (questões 11 e 12), com o propósito de analisar quantos dos respondentes têm em suas casas algum tipo de dispositivo de retenção ou captação das águas pluviais e quais seriam esses dispositivos;

- Possibilidade de investimento para a implantação de soluções compensatórias (questões 13, 14 e 15). Tais questões têm por finalidade avaliar o interesse e a disponibilidade financeira da população entrevistada para implantar, em suas residências, medidas de retenção na fonte de águas pluviais, bem como identificar o conhecimento sobre o valor de tais implantações;

- Associação da limpeza urbana com o período chuvoso (questões 17 a 22), a fim de examinar a percepção da população sobre a relação da limpeza urbana com a drenagem de águas pluviais;

- Doenças associadas ao período chuvoso (questão 23). A indagação tem como objetivo analisar a relação da propagação das doenças de veiculação hídrica com as chuvas, considerando possíveis áreas com deficiências em relação aos dispositivos e à gestão de drenagem urbana;

- Perdas de bens materiais associadas a chuvas intensas (questão 24). Esta questão visa observar quantos dos respondentes já tiveram perdas de materiais por conta das fortes chuvas;

- Problemas no transporte durante o período chuvoso (questão 25). Por fim, a pergunta pretende analisar de que forma a chuva impacta no deslocamento da população.

Vale ressaltar que os respondentes contribuíram com a pesquisa de forma voluntária e anônima. Todos os dados coletados foram tratados e tabulados utilizando-se do programa Microsoft Office Excel e, posteriormente, foram avaliados com a ajuda dos filtros oferecidos pelo *software*.

O número de amostragem foi obtido através do método estatístico com a Equação 1, utilizada em trabalhos como os de Granja *et al.* (2009), Miot (2011), Fontelles *et al.* (2010) e Drumond *et al.* (2022), que determina o tamanho da amostra com base na estimativa da proporção para populações finitas.

$$n = \frac{N.Z^2.p.q}{e^2(N-1)+Z^2.p.q} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

N = número de indivíduos da amostra;

Z = valor crítico correspondente ao grau de confiança desejado;

p = proporção de indivíduos que pertencem a categoria estudada;

q = proporção de indivíduos que não pertencem a categoria estudada;

e = margem de erro ou erro máximo estimado.

Levando em consideração que a população de Teresina tem 868.523 habitantes e que os potenciais respondentes são pessoas maiores de 18 anos (representando 71,27% da população de Teresina), bem como considerando um grau de confiança de 95% (valor crítico de 1,96), um erro amostral admitido de 5%, $p=0,7127$ e $q=1-p$, o tamanho mínimo da amostra foi de 315 respostas.

3.2.3 Dados sobre doenças de veiculação hídrica

Para contribuir com a pesquisa, realizou-se um levantamento por meio da coleta de dados de saúde disponíveis online, com o objetivo de avaliar a incidência de doenças no período chuvoso, especialmente aquelas causadas pelo contato com poluição difusa. Contudo, uma vez que não foram encontradas informações suficientes nos dados abertos, procedeu-se com um pedido de autorização junto ao órgão municipal responsável pelas informações sobre a incidência de doenças de veiculação hídrica, a Fundação Municipal de Saúde (FMS). Foram solicitados dados sobre a incidência das seguintes doenças de veiculação hídrica: Leptospirose, Amebíase, DDA (Doenças Diarreicas Agudas), Esquistossomose, Shigelose, Hepatite A, Tétano acidental, Dengue, Chikungunya, Zika, Febre tifoide e paratifoide.

Foram solicitados os dados correspondentes aos últimos 10 anos, mas, em caso de ausência de informações da última década, a quantidade de anos disponível. Também foram solicitadas informações sobre mês, bairro ou zona de ocorrência, faixa etária e mortalidade das doenças citadas, bem como quaisquer informações relacionadas à quantidade, mês, bairro ou zona de ocorrência, faixa etária e mortalidade das doenças mencionadas. Para efetivar essa solicitação, foi realizada uma emenda para aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Piauí (CEP-UFPI), acrescentando a mencionada solicitação e suas informações.

3.3 Tratamento das coletas de dados

Com base nos dados coletados nos planos, foi elaborado um mapa que compara os graus de prioridade apresentados nos PDDrU e no PMSB, assim como as informações obtidas pelos questionários. Para a elaboração dos mapas, foi utilizado um software gratuito, o Quantum GIS, mais conhecido como QGIS. Os arquivos, no formato *shapefile*, usados para a elaboração dos mapas que são apresentados nos resultados, foram obtidos por meio do site da SEMPLAN (<https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-iterativos/>). Para o estudo, utilizou-se o documento mais recente encontrado no site da SEMPLAN, que traz informações sobre a divisão dos bairros, com dados referentes ao ano de 2013, e que os divide em zona Sul, Leste, Sudeste e Centro-Norte.

Os mapas foram elaborados utilizando o Sistema de Coordenadas Geográficas Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – 2000), que é o referencial do Sistema Geodésico Brasileiro e do Sistema Cartográfico Nacional, UTM zone 24S, onde se localiza a cidade de Teresina.

Também foram analisados o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) e o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) com relação ao grau de prioridade das sub-bacias sujeitas à ampliação do sistema de drenagem urbana. Através das entrevistas, foi possível estabelecer uma relação entre os graus de prioridade descritos nos documentos e o que efetivamente foi realizado nos últimos anos. Além disso, identificaram-se as dificuldades enfrentadas pela administração no que diz respeito ao planejamento e ao cumprimento do cronograma referente à limpeza urbana.

E decorrente a análise de dados colhidas no questionário pôde-se dividir as respostas em dois grupos: os bairros menos citados, aqueles mencionados até seis vezes, e os bairros mais citados, aqueles reportados sete vezes ou mais. Posteriormente, observou-se quais foram os bairros mais citados e em quais sub-bacias estavam situadas, depois, examinou-se se estas sub-bacias já tinham projetos/obras executados ou previsto para execução e em quais graus de prioridades elas se encontravam.

3.4 Modelo hidrológico

No estudo, foi utilizado o software SWMM para a modelagem hidrológica. O SWMM demanda um extenso conjunto de dados de entrada, exigindo o fornecimento dos parâmetros para a caracterização física, climatológica, hidrológica e hidráulica da bacia em estudo. O

modelo representa o sistema analisado neste trabalho por meio dos seguintes componentes: sub-bacias, pluviômetros e exutórios.

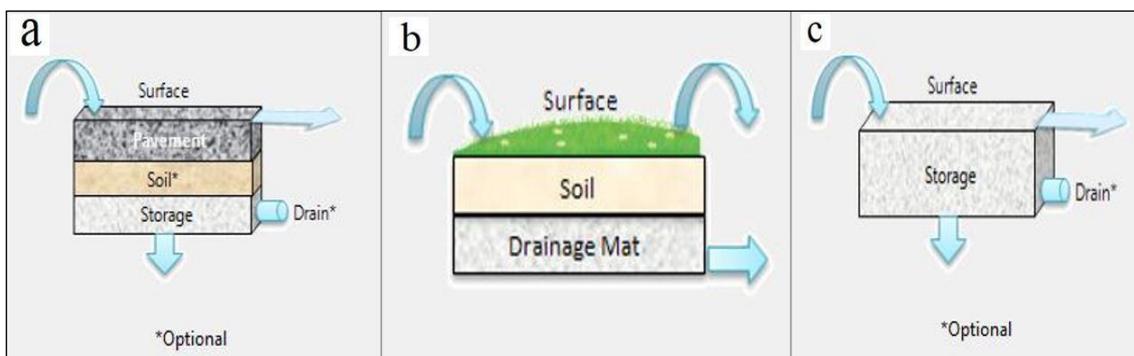
Para criar as sub-bacias foi necessário preencher, em cada uma, suas características. Os parâmetros de entrada física e hidráulica das sub-bacias, fornecidos ao SWMM para modelagem, como área, área urbanizada e valor médio do CN de cada sub-bacia, a área urbanizada e o tipo de solo, puderam ser encontrados no PDDrU (Teresina, 2012). Enquanto as informações sobre chuva de projeto (Anexo I), largura e declividade de cada sub-bacia, foram obtidos no estudo de Monteiro (2021). Os dados utilizados como parâmetros nas sub-bacias estão dispostos no Apêndice B.

Quando se trata da infiltração no SWMM, o programa disponibiliza três opções: Green-Ampt, Horton e o Curve Number. A pesquisa considerou o modelo Curve Number para a determinação de infiltração em áreas permeáveis, o mesmo utilizado no PDDrU.

No SWMM, os LIDs são representados por meio de seis camadas distintas: superfície, pavimento, solo, armazenamento, dreno profundo e drenagem. Durante a simulação desses dispositivos, ocorre o balanço hídrico, que determina a distribuição do escoamento entre as camadas, assim como a quantidade de água armazenada em cada uma delas (Rossman, 2015).

A pesquisa propôs a introdução de pavimento permeável, telhado verde e trincheira de infiltração nas sub-bacias como forma de mitigar as cheias. O programa permite aos usuários personalizar os atributos e parâmetros desses elementos conforme cada cenário específico, como mostrado na Tabela 4. A representação dos modelos depende das informações inseridas e da definição dos parâmetros para simular corretamente o comportamento hidrológico e hidráulico desses dispositivos. A seguir, a Figura 18 ilustra como o SWMM representa os modelos de pavimento permeável, telhado verde e trincheira de infiltração.

Figura 18 – Representação de um (a) pavimento permeável, (b) telhado verde e (c) trincheira de infiltração no SWMM (Adaptado do SWMM).



Fonte: Adaptado Rossman, 2015.

Os valores foram preenchidos de acordo com os limites estabelecidos no Manual do SWMM (Rossman, 2015). Valores típicos, determinados a partir do Manual do Usuário Versão 5.1 do SWMM, foram utilizados para os parâmetros de coeficiente de rugosidade de Manning, porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, condutividade, inclinação da condutividade e potência matricial. Além disso, considerando a existência de solos B e D em uma mesma sub-bacia, no preenchimento da camada solo, levou-se em consideração a média dos valores de suas características.

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para modelagem das estruturas propostas.

Camada	Parâmetros	Pavimento Permeável			Telhado Verde			Trincheira de Infiltração
		B	D	B e D	B	D	B e D	
Superfície	Altura da berma/profundidade de armazenamento (mm)	150			100			1000
	Fração do volume da vegetação	0			0			0
	Rugosidade da superfície	0,013			0,025			0
	Inclinação da superfície (%)	1			1			0
Solo		B	D	B e D	B	D	B e D	
	Espessura (mm)	500	500	500	500	500	500	-
	Porosidade	0,44	0,43	0,43	0,44	0,43	0,43	-
	Capacidade de campo	0,11	0,32	0,21	0,11	0,32	0,21	-
	Ponto de murcha	0,05	0,22	0,13	0,05	0,22	0,13	-
	Condutividade (mm/hr)	29,97	0,51	15,24	29,97	0,51	15,24	-
	Inclinação da condutividade (mm/hr)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	-
Potência matricial (mm)	60,96	240,03	150,50	60,96	240,03	150,50	-	
Dreno	Coefficiente do fluxo	0			-			0
	Expoente do fluxo	0,5			-			0,5
	Offset (mm)	6			-			6
	Nível aberto	0			-			0
	Nível fechado	0			-			0
	Curva de controle	0			-			0
Armazenamento	Espessura (mm)	200			-			900
	Relação vazio	0,75			-			0,75
	Taxa de infiltração (mm/h)	0,5			-			0,5
	Fator de entupimento	0			-			0
	Espessura (mm)	150			-			-
Pavimento	Relação vazio	0,15			-			-
	Fração da superfície impermeável	0			-			-
	Permeabilidade (mm/hr)	100			-			-
	Fator de entupimento	0			-			-
	Intervalo de regeneração (dias)	0			-			-
Drenagem	Fração de regeneração	0			-			-
	Espessura (mm)	-			50			-
	Fração vazio	-			0,5			-
	Rugosidade	-			0,1			-

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a simulação, foram adotadas 25 sub-bacias, indicadas no questionário e nas entrevistas como aquelas que possuem maiores problemas relacionados à drenagem. Em seguida, foram elaborados 5 cenários com o objetivo de implementar três técnicas compensatórias: pavimentos permeáveis, telhado verde e trincheiras de infiltração.

O primeiro cenário não considerou nenhum LID (Sem LID), o segundo cenário utilizou o pavimento permeável (PP), o terceiro cenário usou o telhado verde (TV), o quarto considerou a trincheira de infiltração (TR), e o quinto analisou a sub-bacia com a implantação dos três LIDs (PP, TV, TR). Contudo, devido ao adensamento urbano já consolidado e à presença de infraestruturas existentes, a adoção de medidas estruturais em toda a bacia hidrográfica seria impraticável. Logo, para a simulação com os LIDs, considerou-se 5%, 10% e 15% de implantação da área da sub-bacia. Sendo assim, para a modelagem, totalizaram-se 125 simulações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentadas as análises e discussões das respostas obtidas nos questionários aplicados junto aos moradores da cidade de Teresina, bem como das entrevistas realizadas com os gestores responsáveis pelo setor de drenagem urbana e manejo dos resíduos sólidos. Também são consideradas as informações do PDDrU e do PMSB de Teresina, além de uma relação com as informações obtidas junto à FMS.

Inicialmente, com o questionário online, obteve-se um total de 253 (duzentos e cinquenta e três) respostas; no entanto, 15 (quinze) respostas foram descartadas por estarem fora do perímetro urbano da cidade de Teresina. Em relação ao questionário aplicado de forma presencial, obteve-se um total de 264 (duzentos e sessenta e quatro) respostas; contudo, 36 (trinta e seis) não se enquadravam no perímetro urbano de Teresina. Logo, alcançou-se um total de 466 (quatrocentos e sessenta e seis) respostas válidas, quando o mínimo exigido era de 315 respostas.

4.1 Entrevista com gestores da drenagem urbana de Teresina.

De acordo com os entrevistados, a gestão da drenagem urbana de Teresina fica a cargo de suas secretarias municipais, a SEMDUH e a SEMPLAN. A SEMDUH é responsável pela aprovação dos projetos de qualquer empreendimento, tanto público quanto privado. Geralmente, a SEMDUH recebe os projetos da Secretaria de Meio Ambiente para analisar se os empreendimentos estão prevendo medidas que mitiguem os impactos gerados pela drenagem urbana, conforme a Lei Complementar nº 4.724 de 2015 de Teresina, quando for o caso. Assim, a gestão segue o que dispõe a citada lei, que se refere ao controle dos impactos da drenagem urbana.

Segundo a área técnica, o acompanhamento da execução das obras é feito através da Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD), que são divididas por zonas (Leste, Centro/Norte, Sul, Sudeste) da região correspondente. Nesse processo, contempla-se a licitação, contratação e fiscalização da obra. Por sua vez, a SEMDUH é responsável por acompanhar o trabalho de todas as SAADs da cidade de Teresina, podendo embargar aquelas obras que não estiverem em conformidade com os projetos aprovados.

Ainda de acordo com os dados coletados nas entrevistas, a SEMPLAN capta e monitora os recursos externos, além de fazer a liberação dos recursos para contratos de elaboração de projetos e estudos técnicos, bem como para a execução de obras. A licitação para a contratação

desses serviços é de responsabilidade das SAADs. Geralmente, os recursos são oriundos da União, passando pela Caixa Econômica Federal ou outro agente financeiro, ou até mesmo da União diretamente para o Município.

Nesse aspecto, por intermédio da SEMPLAN, o município obteve financiamento para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem, produzido em 2012, servindo de orientação para a implantação de políticas públicas na cidade. No plano diretor, foram identificadas as sub-bacias que necessitavam de maiores intervenções e, posteriormente, todas as SDUs (como eram chamadas as SAADs) se reuniram e identificaram algumas bacias como prioritárias.

Logo, em decisões administrativas, por volta de 2013, das 70 sub-bacias existentes, foram identificadas 8 (oito) sub-bacias que teriam prioridade para obras de intervenção. Os recursos para as intervenções foram obtidos a partir do orçamento geral da União, através do Ministério das Cidades, e destinados à elaboração de projetos básicos e executivos, prevendo tanto o diagnóstico da bacia quanto um estudo mais específico para cada sub-bacia.

Vale ressaltar que, inicialmente, elaboram-se os projetos e, em posse destes, é possível realizar a licitação para a execução da obra. Atualmente, foram concluídos os oito contratos referentes à elaboração de projetos das sub-bacias, sendo elas:

- ✓ PD14 e PD07, localizadas na zona Leste;
- ✓ PE31, P10, P11 e P12, localizadas na zona Sul;
- ✓ PD06 e PD02, na zona Sudeste.

De acordo com as informações levantadas, a obra da PE31 já foi licitada, mas a pendência na transferência de recursos da União impediu a autorização para iniciar a obra. Os técnicos acrescentaram que, entre 2019 e 2022, conseguiram recursos para a execução da obra referente à sub-bacia P10, no valor de aproximadamente 33 milhões de reais. Esses recursos abrangem a execução, supervisão da obra e aquisição de terreno para a construção de uma bacia de retenção com estação de bombeamento, uma vez que na área existe elevação do nível da cota do rio. Sem a execução dessa bacia de retenção, aumenta-se o risco de transbordamento da cota máxima de elevação do nível do rio, uma vez que os elementos de drenagem serão conectados ao rio.

Quanto à utilização de bacias de retenção, o projeto da sub-bacia PD12, conhecida como a galeria da zona leste, prevê uma bacia de retenção. Na sub-bacia (PE31), denominada galeria do Torquato Neto, existe a previsão de quatro bacias de retenção. Por sua vez, a bacia de São Pedro, PD02, prevê uma bacia de retenção com estação de bombeamento. Tal dispositivo tem como característica controlar o fluxo de água, permitindo a retenção temporária e a liberação gradual da água para os sistemas de drenagem, evitando picos de escoamento.

Além dessas oito sub-bacias citadas, foi informado que a documentação de mais 5 (cinco) sub-bacias está apta para a realização de licitação para a elaboração do projeto. São correspondentes às sub-bacias: P17, P18 e P19, localizadas na zona Centro/Norte; e PD16 e PD11, localizadas na zona Leste.

No Plano Diretor de Drenagem Urbana de 2012, foi indicado o grau de prioridade para a execução de obras nas sub-bacias. Posteriormente, o Plano Municipal de Saneamento Básico do município, publicado no ano de 2018, também definiu áreas com prioridade para ampliação de serviços de drenagem urbana. Em ambos, o grau de prioridade é classificado em 1, 2 e 3, sendo o 1 de maior prioridade e o 3 de menor prioridade. A Tabela 5 apresenta o grau de prioridade das sub-bacias conforme o PDDrU e o PMSB, destacadas em negrito estão aquelas citadas como prioridade pelos técnicos entrevistados.

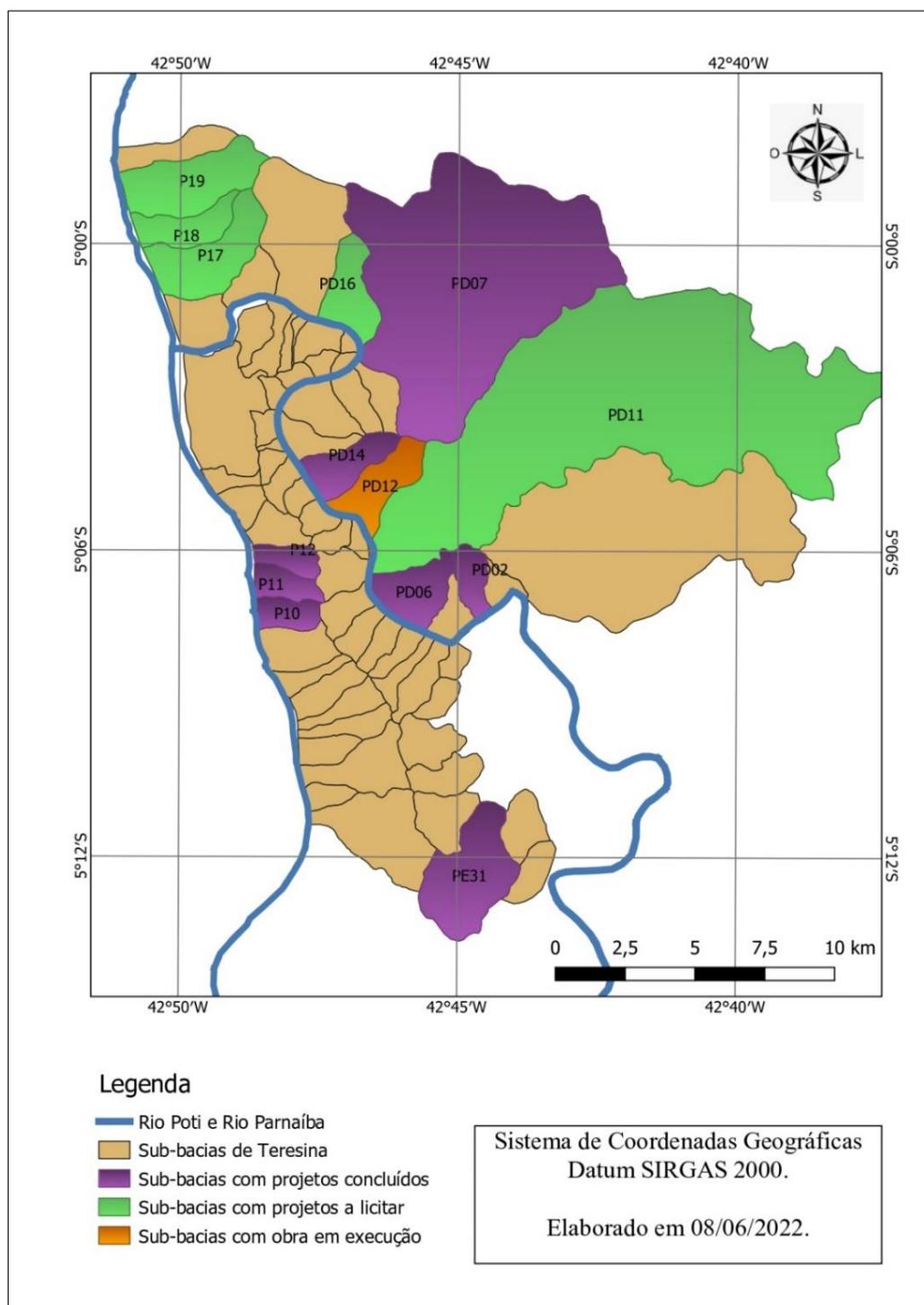
Tabela 5 – Sub-bacias e os grau de prioridade de ampliação da drenagem urbana conforme PDDrU e PMSB.

PDDrU			PMSB		
Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3	Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3
LDN; PD02 ; PD06 ; PD07 ; PD14 ; P10 ; P11 ; P12 ; PE31; MOC.	PD08; PD10; PD11 ; PD12, P5; P6; P7; P9; P13; P14; P15; PE9; PE11; PE13; PE14; PE15; PE16; PE18.	PD01; PD03; PD04; PD05; PD09; PD13; PD15; PD16; P1; P2; P3; P4; P8; P16; P17 ; P18 ; P19 ; P20; PE1; PE2; PE3; PE4; PE5; PE6; PE7; PE8; PE10; PE12; PE17; PE19; PE20; PE21; PE22; PE23; PE24; PE25; PE26; PE27; PE28; PE29; PE30; PE32.	LDN; PD02; PD06; PD07; PD14; P10; P11; P12; PE31.	MOC; PD04; PD05; PD08; PD09; PD15; P1; P2; P5; P13; P14; P16; PE2; PE3; PE4; PE8; PE9; PE10; PE11; PE12; PE13; PE14; PE19; PE20; PE21; PE22; PE23; PE28; PE29.	PD01; PD03; PD10; PD11; PD23; PD13; PD16 ; P3; P4; P6; P7; P8; P9; P15; P17; P18; P19; P20; PE1; PE5; PE6; PE7; PE15; PE16; PE17; PE18; PE24; PE25; PE26; PE27; PE30; PE32.

Fonte: Adaptado de PDDrU (2012) e PMSB (2018).

A partir das informações obtidas nas entrevistas, elaborou-se o mapa apresentado na Figura 19, onde as sub-bacias representadas na cor lilás são aquelas que já têm projetos concluídos, as sub-bacias destacadas em verde são aquelas cujos projetos serão licitados, e a sub-bacia na cor laranja já possui projeto concluído, com sua obra em execução.

Figura 19 – Sub-bacias com projetos concluídos e a licitar.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se que os planos, mesmo com um espaço temporal de 6 anos, apresentaram graus de prioridade semelhantes para as sub-bacias. Além disso, nota-se que as sub-bacias com projetos licitados pela prefeitura são de Prioridade 1 tanto no PDDrU quanto no PMSB, o que sugere que a gestão seguiu, inicialmente, o que estava descrito nos planos. Contudo, é importante destacar uma inconsistência, visto que algumas sub-bacias classificadas como prioridade 3 tiveram projetos a serem licitados antes das sub-bacias de prioridade 2. Isso pode afetar outras áreas que necessitam com mais urgência de obras para solucionar problemas de drenagem urbana.

Outro ponto a destacar é que apenas uma sub-bacia está com a obra de execução em andamento. Devido à dinâmica de urbanização, o projeto elaborado poderá tornar-se desatualizado, o que aumentaria os custos ou inviabilizaria áreas para possíveis desapropriações. Por isso, é importante o papel desses órgãos na autorização de novos empreendimentos e o destaque para o Plano Diretor como instrumento de gestão.

Na entrevista conduzida, também foi constatado que a prefeitura possui informações cadastrais escassas sobre a rede de drenagem urbana. Embora o Plano Diretor inicialmente contemplasse a realização do cadastramento completo, este foi executado somente em alguns poucos quilômetros da infraestrutura. Mesmo diante de uma rede de drenagem relativamente pequena, o cadastro atual ainda apresenta deficiências significativas.

De acordo com os entrevistados, desde a elaboração do PDDrU, foram construídas um número reduzido de galerias de grande porte; a maioria das ampliações consistiu em bueiros e passagens. Conforme as informações obtidas, em algumas situações, ocorre uma obra de intervenção na drenagem; no entanto, ela não é catalogada. Isso acarreta problemas para atualizar esse tipo de informação nos sistemas de controle do país, a exemplo do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que coleta informações para o diagnóstico nacional.

Diante disso, destaca-se que a falta de cadastramento no sistema de drenagem urbana acarreta transtornos para a própria gestão e para a operacionalização dos serviços de manejo das águas pluviais, uma vez que a não catalogação impacta no planejamento da ampliação e da manutenção desse sistema.

4.2 Entrevista com gestores do manejo de resíduos sólidos de Teresina.

A operacionalização dos serviços de limpeza urbana da cidade de Teresina é definida em Resíduos Domésticos Orgânicos (RDO), composta por coleta convencional, transporte e

destinação em aterro, e no Serviço de Conservação Urbana (SCU), composto por capina, varrição e manutenção de espaços públicos.

O contrato da coleta convencional (RDO) é gerido pela SEMDUH. Já o monitoramento dos serviços de limpeza urbana (SCU) é feito por cada zona administrativa, as SAAD (Sul, Leste, Centro/Norte e Sudeste), cada SAAD tem seus contratos para serviço de conservação (SCU). Além disso, o papel da SEMDUH é coordenar as SAADs no tocante à limpeza urbana.

Enquanto os serviços de limpeza urbana (RDO) são terceirizados, os serviços de conservação (SCU) são executados pelas SAADs e contemplam o item de limpeza do sistema de drenagem, como bueiros e galerias. Os serviços de limpeza de canais e bueiros, por serem menos complexos, são feitos com mais frequência do que os serviços nas galerias. A dificuldade na limpeza das galerias ocorre devido às grandes extensões e pequenas seções de algumas delas, sendo o solapamento, que é a erosão do solo, uma das complicações também encontradas.

O município enfrenta diversos problemas relacionados à limpeza do sistema de drenagem, como a necessidade de melhorias no maquinário, o cadastro de galerias, e a falta de mão-de-obra em quantidade suficiente. Tudo isso compromete o setor de drenagem no saneamento básico em relação aos demais.

De acordo com a entrevista, a prefeitura tem limpado bastante esses dispositivos, mas não há tanto controle sobre a frequência dos serviços. Dessa forma, é possível observar que existem pelo menos dois problemas associados com as galerias de drenagem. O primeiro está relacionado com as pequenas extensões distribuídas na cidade, e o segundo está relacionado com a limpeza e desobstrução desses dispositivos. Recentemente, foi feito um grande movimento para limpar as galerias antes das chuvas, pois a maioria delas estava obstruída, demonstrando que não estavam sendo limpas.

Há um planejamento e uma programação para a limpeza dos dispositivos de drenagem, mas a maior dificuldade reside em mantê-los em dia. Isso ocorre devido a situações em que surgem outros serviços que se tornam urgentes, ao passo que os dispositivos de drenagem, especialmente as canalizações, estão enterrados e não visíveis, o que os faz aparentar ser menos prioritários.

Isso, na realidade, pode causar mais problemas, pois, se o sistema de drenagem não funcionar de forma adequada, o escoamento superficial irá aumentar e transportar todo tipo de material disposto na área. Assim, quando o nível das águas baixar, vários locais ficarão com uma certa concentração de lixo acumulado.

Entretanto, outra informação revela que, antes do período chuvoso em Teresina, é realizado o serviço de limpeza dos dispositivos de drenagem, principalmente nas caixas e nas

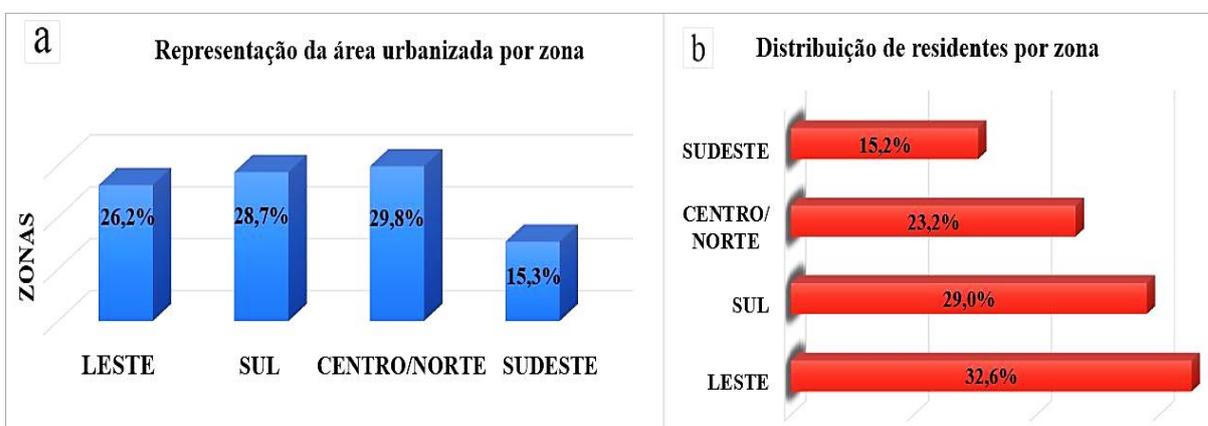
bocas de lobo. É possível observar que talvez o quantitativo de mão-de-obra para a execução dos serviços de limpeza não seja suficiente para atender todas as demandas do município. Ou ainda, pode ser necessário melhorar o maquinário para acelerar a execução das atividades.

Quanto ao serviço de capina, varrição e poda, é realizado um planejamento anual desses serviços, incluindo todas as ruas, avenidas e seus retornos. O problema é a relação entre o que foi programado e o número de trabalhadores, pois a cidade cresceu e a quantidade de colaboradores não acompanhou devido a questões orçamentárias. De acordo com as entrevistas, os serviços de coleta convencional têm boa aceitação pela população em relação à sua prestação de serviços. No entanto, na limpeza e conservação urbana, os atrasos, devido à baixa quantidade de trabalhadores, são motivo de insatisfação para a população.

4.3 Perfil sociodemográfico dos respondentes

Na Figura 20, é apresentada a distribuição geográfica das moradias. Conforme os resultados, a maior parcela dos indivíduos reside na Zona Leste, região com bairros de grande densidade populacional. Além disso, ela possui uma área comercial consolidada e é conhecida por ter problemas com a drenagem urbana. Logo em seguida, vem a Zona Sul, região com uma expressiva parte urbanizada. As demais são a Zona Centro/Norte, conhecida por receber o Programa Lagoas do Norte, um projeto que mitigou diversos problemas causados pela falta de drenagem urbana na região, e a Zona Sudeste, que foi a região menos urbanizada e menos citada.

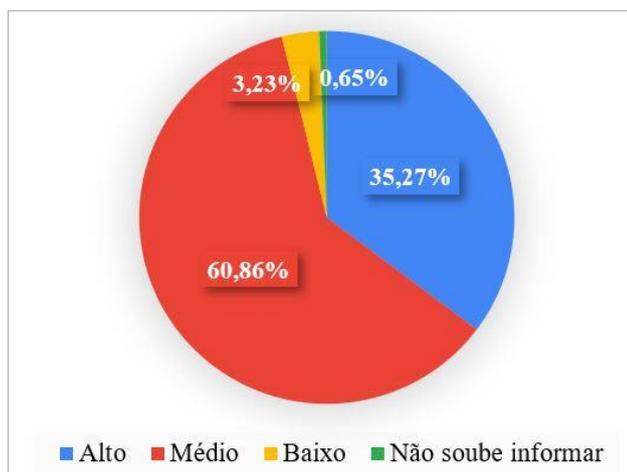
Figura 20 – a) Representação da área urbana por zona (Fonte: Teresina, 2018). b). Percentual dos residentes que responderam ao questionário por zona.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Quanto ao gênero, a maioria é do sexo feminino, representada por 54%. Predominou-se, com 73%, as pessoas com idade de 18 a 25 anos. Procurou-se analisar o grau de preocupação com o meio ambiente dos participantes, assim como, o conhecimento sobre o PDDrU. Conforme a Figura 21, a soma dos respondentes que consideraram o grau de preocupação com o meio ambiente médio e alto foi de 96,13%.

Figura 21 – Representação do grau de preocupação com o meio ambiente



Fonte: Elaborada pela autora.

Percebe-se o grande o grau de preocupação com o meio ambiente do público alvo da pesquisa. Pressupõe-se que isso seja uma consequência dos esforços para inserir a educação ambiental em todos os níveis da educação, como preconiza o Artigo 225 da Constituição Federal de 1998, quando passou a existir leis onde integram a educação ambiental com o ensino no país. Como ressalva Teixeira *et al.* (2020), o fomento à educação é fator decisivo para alcançar o desenvolvimento sustentável, integrando o meio ambiente com a garantia do direito humanos, o equilíbrio social e atitudes conscientes.

No intuito de estabelecer uma relação da educação com o desenvolvimento sustentável, a Tabela 6 apresenta a ligação entre o grau de preocupação com o meio ambiente, o conhecimento sobre o plano diretor de drenagem e o nível de escolaridade dos respondentes.

Tabela 6 – Relação do grau de preocupação com o meio ambiente, o conhecimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana e o grau de escolaridade

	GRAU DE PREOCUPAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE					
	ALTO		MÉDIO		BAIXO	
ESCOLARIDADE	CONHECE O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM					
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Ensino Médio	3%	25%	13%	55%	1%	3%
Ensino Superior	9%	28%	6%	54%	1%	2%
Especialização	14%	14%	21%	47%		4%
Mestrado	21%	43%	6%	27%		3%
Doutorado	29%	71%				

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Quando se analisa o grau de preocupação com o conhecimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana, constata-se que existe uma preocupação real em relação ao meio ambiente, contudo, essa preocupação não está acompanhada pelo conhecimento do plano diretor de drenagem urbana.

Nota-se, ainda, que é frágil o conhecimento do plano diretor, que é um dispositivo útil para informar a população sobre as características da área onde mora e das ações de planejamento prevista para sua região. Nesse sentido, existe uma necessidade de maior divulgação dos órgãos públicos através de seus canais de comunicação, programas escolares, reunião comunitárias, entre outros, para publicitar suas ações a respeito do PDDrU garantir que o número de pessoas com acesso à informação aumente e assim incentivar a participação popular.

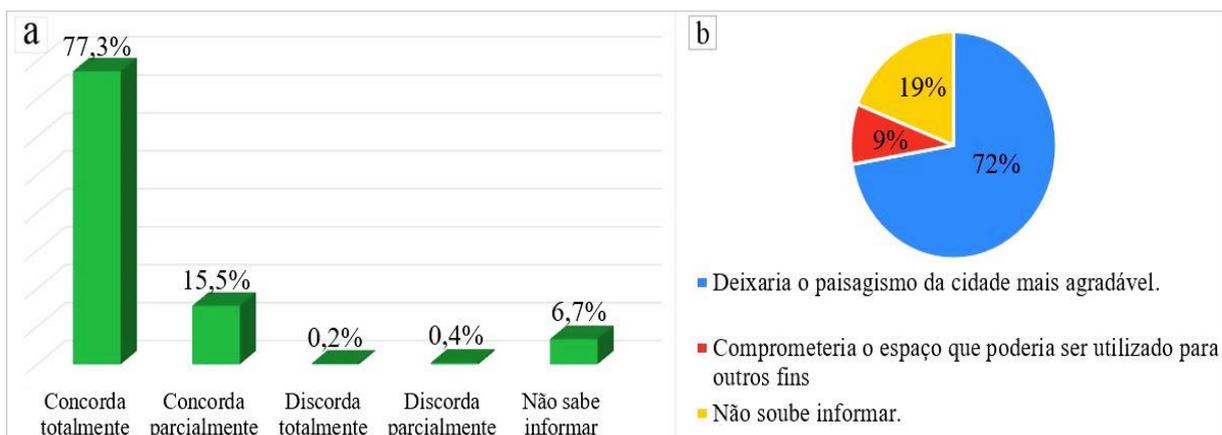
Tal assunto é reforçado no Novo Marco Legal do Saneamento sancionado pela Lei 14.026 no dia 15 de julho de 2020, através, do artigo 7. A importância em conhecer o Plano Diretor de Drenagem da cidade, auxilia as ações que devem ser executadas para uma condução correta dos recursos públicos, e assim, um funcionamento eficiente dos serviços prestados à população (Brasil, 2020a).

4.4 Percepção da população quanto ao sistema de Drenagem Urbana em Teresina

Em relação à implantação de técnicas compensatórias para as águas da chuva em espaços públicos, a grande maioria é a favor dessa ação, conforme mostra o Gráfico da Figura 22. Observa-se que 77,3%, uma parcela considerável das pessoas que responderam ao

questionário, concorda plenamente com a implantação de técnicas compensatórias, e 72% acreditam que a implementação de medidas compensatórias tornaria o paisagismo da cidade mais agradável.

Figura 22 – Aceitação dos entrevistados para a implementação de técnicas compensatórias em espaços públicos



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Esses dados representam uma aceitação positiva da população quanto à implantação da drenagem urbana sustentável em espaços públicos e indicam que a gestão deve considerar a utilização dos espaços urbanos existentes no município para a implementação dessas técnicas.

Estudos, como os realizados por Oliveira e Gonçalves (2019), apresentaram a relevância da percepção do usuário na implementação do uso de técnicas compensatórias de drenagem em áreas urbanas. Em sua pesquisa, todos os entrevistados foram favoráveis à inserção de valas de infiltração e bacias de retenção como forma de mitigar os impactos da drenagem urbana.

Em relação à percepção popular sobre as dificuldades na implantação dos sistemas de drenagem, o fator indicado por 47,31% dos entrevistados como o principal problema foi a falta de recursos públicos para a implementação, seguido por 37,20% que consideram a manutenção do sistema como o problema, 4,30% acham que a falta de campanhas informativas é um problema, e 11,19% não souberam informar.

De fato, todas as variáveis levantadas são fatores impeditivos para a implantação do sistema de drenagem urbana na cidade. As campanhas informativas são necessárias para que a população compreenda seu papel como agente atuante, evitando, por exemplo, a disposição de resíduos em locais inadequados, o que pode obstruir os componentes do sistema de drenagem. Além disso, têm um papel político importante para cobrar do poder público ações voltadas à implantação do sistema de drenagem. Por sua vez, a falta de recursos impede tanto o início de

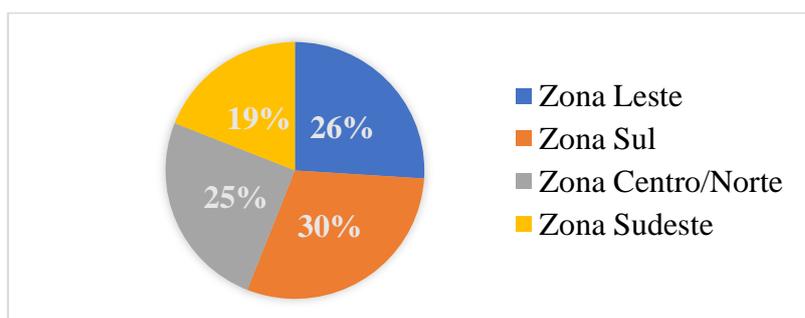
qualquer projeto quanto a execução de medidas mitigadoras de problemas ocasionados pelas águas pluviais, assim como impossibilita a manutenção de sistemas já implementados.

Com o objetivo de entender a percepção social em relação às soluções para problemas de drenagem urbana em uma localização específica, foram feitas perguntas aos entrevistados sobre como eles percebem tais problemas. A maioria, representando 46,57%, afirmou que, para resolver problemas de drenagem urbana, mesmo que sejam localizados, é necessário abranger áreas mais amplas ao redor. Por outro lado, 40,13% consideraram que não é um problema tão simples de ser resolvido, 7,94% acreditam que os problemas podem ser solucionados facilmente com alguma obra simples, e 5,36% não souberam informar.

Os resultados indicam que a maioria dos questionados tem noção de que as soluções para os problemas de drenagem urbana não são simples de serem resolvidas e que necessitam abranger espaços maiores, exigindo estudos mais abrangentes e ações pensadas de forma integrada com outras áreas da gestão pública, não se limitando a transferir tais problemas para jusante.

Considerando a presença de dispositivos que permitam o armazenamento ou infiltração da água da chuva nas próprias residências, 76,18% dos entrevistados responderam que não possuem nenhum dispositivo que permita armazenar ou infiltrar a água da chuva. A Figura 23 mostra a distribuição por zona dos 23,82% que responderam possuir algum dispositivo.

Figura 23 – Distribuição de quem possui dispositivo de drenagem sustentável por zona da cidade.



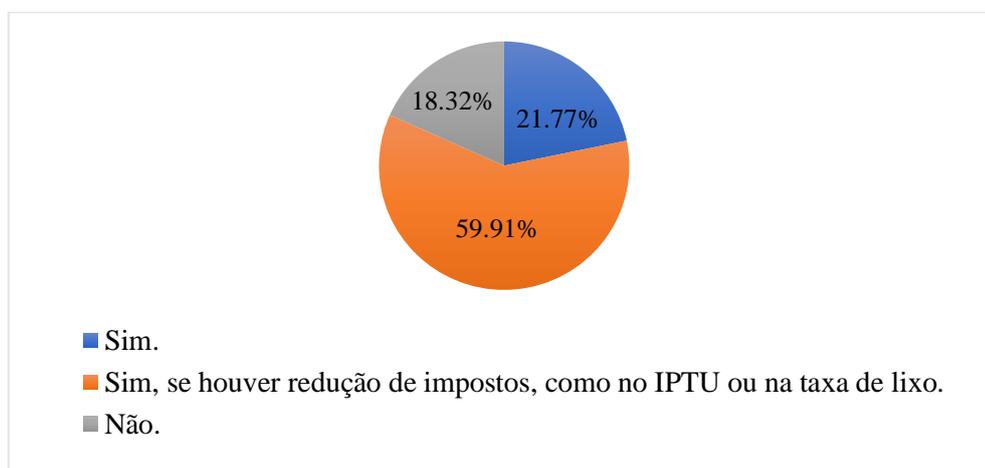
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Esperava-se que a zona leste se destacasse como a região que possuiria mais dispositivos, visto que os moradores possuem maior poder aquisitivo para a implantação desses mecanismos. Contudo, a expectativa não foi alcançada, provavelmente devido à zona leste ser a região mais verticalizada da cidade, o que reduz a quantidade de espaços que poderiam ser destinados para tais fins. Os jardins externos, por exemplo, que foram a medida mais citada para o armazenamento e infiltração das águas pluviais.

Em 2019, foi apresentada a Proposta de Emenda Constitucional (PEC) nº 13, conhecida como PEC do IPTU Verde, que visa estabelecer critérios ambientais para a cobrança do IPTU e desonerar a parcela do imóvel com vegetação nativa, como também, aplicar desconto para quem fizer coleta de águas pluviais, reuso de água servida, uso de telhado verde ou energia renovável, como incentivo à preservação ambiental e à sustentabilidade.

No final do ano de 2022, o Senado aprovou com unanimidade tal PEC, seguindo-a, então, para votação na Câmara dos Deputados Federais (Brasília, 2022). Nesse contexto, a Figura 24 reflete as respostas dos entrevistados quando questionados sobre sua disposição para contribuir financeiramente com alguma técnica de retenção na fonte em suas residências.

Figura 24 – Disposição para investir em alguma técnica de retenção na residência.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

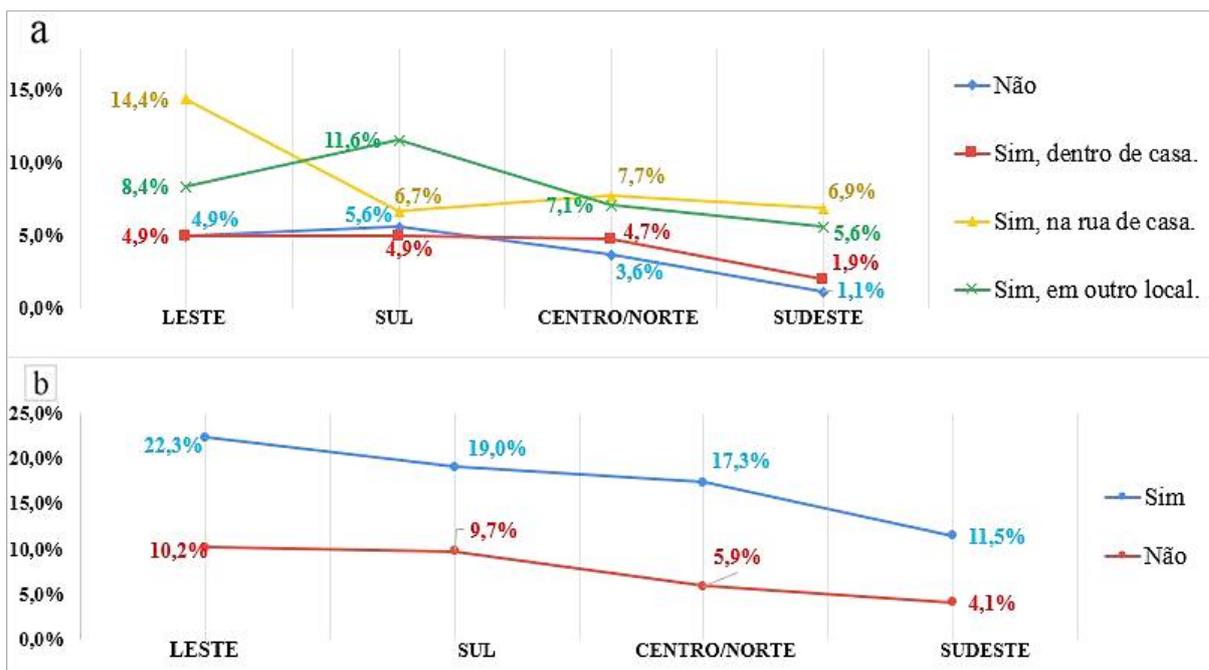
Dos 81,68% que afirmaram estar dispostos a arcar financeiramente com alguma técnica sustentável, 74,4% responderam que investiriam se houvesse uma redução em algum tipo de imposto, como, por exemplo, um desconto de 5% a 10% no IPTU, mesmo a maioria não sabendo estimar em valores quanto custariam tais investimentos. Entre aqueles que responderam estar dispostos a arcar com alguma técnica de retenção na fonte em sua residência, com ou sem a redução dos impostos, a maioria, representada por 33,05%, reside na zona Leste, o que coincide com a localização dos moradores que possuem maior renda.

4.5 Percepção da população quanto aos impactos socioambientais e econômicos.

Quando questionados se já enfrentaram problemas relacionados à chuva em Teresina, 35,7% tiveram problemas nas ruas de suas residências, 32,7% tiveram problemas provocados pelas chuvas em outros locais, enquanto 16,4% tiveram problemas dentro de suas próprias casas

e apenas 15,2% responderam não ter enfrentado problemas. A maioria significativa, representada por 70,1% dos respondentes, teve ou conhece alguém que teve perda de bens materiais devido às chuvas intensas. A seguir, a Figura 25 mostra os resultados divididos por zona da cidade.

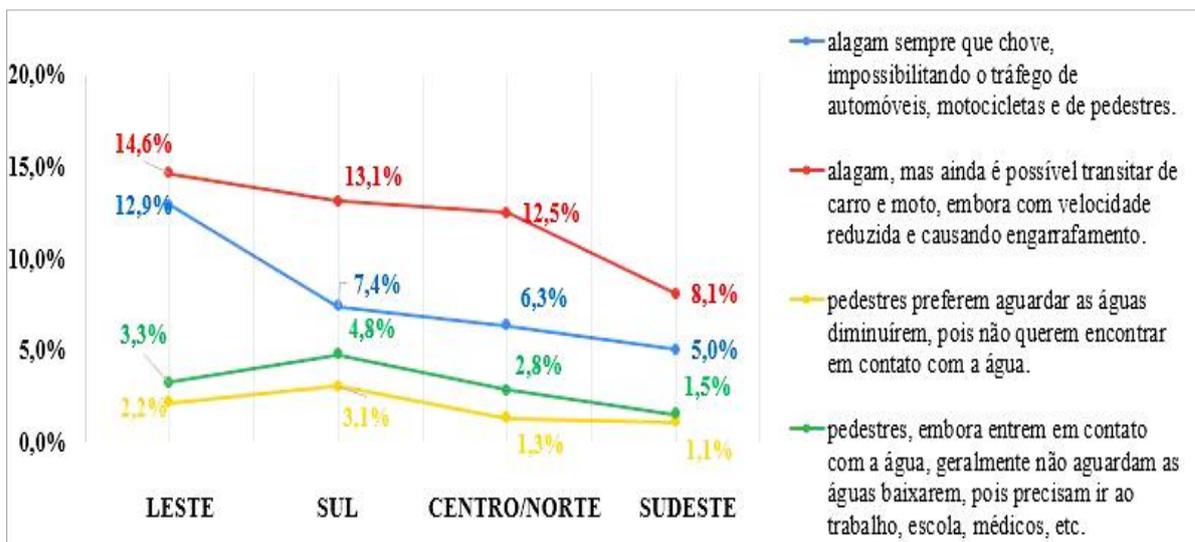
Figura 25 – a) Percentual da população afetada pelas chuvas. b) população que teve ou conhece alguém que perdeu bens materiais devido às fortes chuvas.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se que as regiões da zona Leste e da zona Sul apresentam maiores impactos sociais e econômicos causados pelas fortes chuvas. Quando se trata dos impactos das chuvas no transporte, constata-se que 31,7% dos entrevistados informaram que as ruas alagam sempre que chove, impossibilitando o tráfego de automóveis, motocicletas e pedestres; 48,3% responderam que alagam, mas ainda é possível transitar de carro e moto com uma velocidade reduzida, causando engarrafamento; 7,6% relataram que os pedestres, por não quererem ter contato com a água, preferem aguardar o nível da água baixar, enquanto outros 12,4% não aguardam e acabam entrando em contato com a água. Percebe-se, pelo gráfico da Figura 26, que a zona Leste é a que mais apresenta problemas, impossibilitando o tráfego de transporte.

Figura 26 – Relação dos problemas com o transporte e o período chuvoso



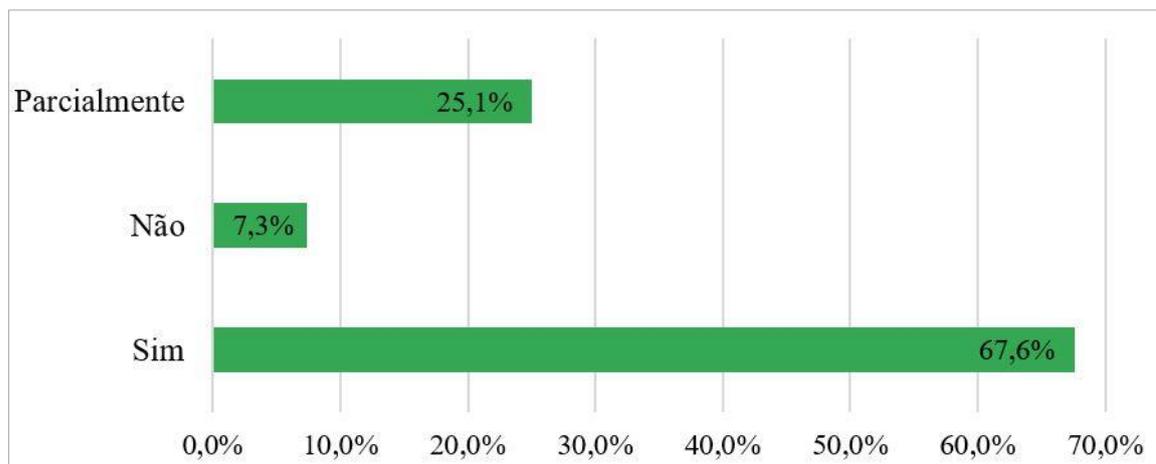
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Esses resultados corroboram a afirmação de que os problemas causados pela falta ou ineficiência do sistema de drenagem urbana afetam o aspecto social e econômico. Os dados coletados acima mostram prejuízos financeiros e obstáculos enfrentados pela população. Além disso, há o contato dos indivíduos com as águas pluviais, o que pode causar doenças transmitidas pela água.

4.6 Percepção da população quanto o manejo de resíduos sólidos.

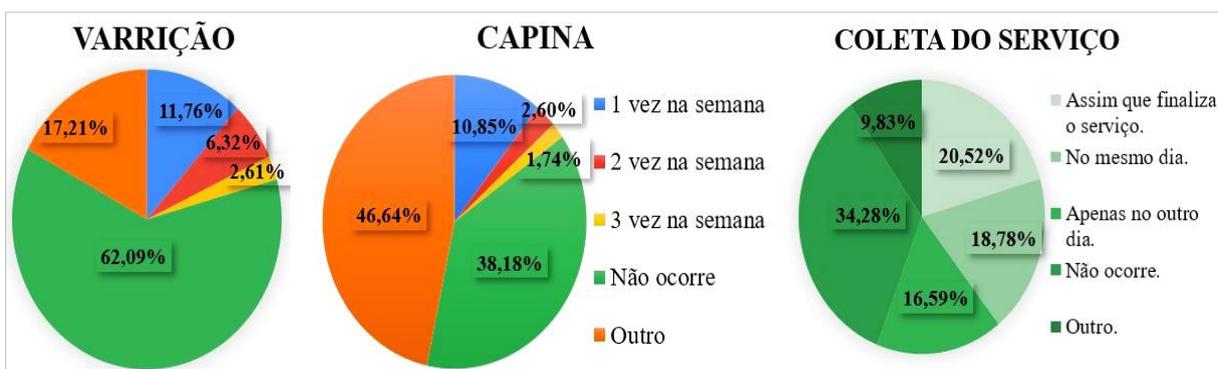
O resultado do questionário indica que 75,38% dos consultados associam a falta de limpeza urbana com problemas ocasionados no período chuvoso. Quanto a coleta convencional (RDO), a maioria dos respondentes demonstraram está satisfeito com o serviço, coincidindo com as informações colhidas na entrevista, como demonstrado na Figura 27. Enquanto, a frequência dos serviços de capina, varrição, assim como suas coletas, são mostrados na Figura 28.

Figura 27 – Satisfação dos entrevistados com a coleta convencional de lixo.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 28 – Frequência dos serviços de varrição, capina e coleta, respectivamente.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quando se trata da frequência da varrição e capina, respectivamente, 62,10% e 38% responderam que o serviço não ocorre em sua rua. Para ambos os serviços, menos de 3%, responderam que a frequência dos serviços ocorre com um índice igual ou maior que 3 vezes na semana. As respostas na opção “outro” foram bastante diversificadas, mas todas negativas quanto a frequência de ambos serviços. Quanto ao serviço de recolhimento do material, houve respostas, na opção “outro”, onde o material passa semanas para ser recolhidos e a maior porcentagem representa que o serviço de recolhimento não ocorre.

Dos bairros mais mencionados pelos entrevistados que responderam simultaneamente e de forma negativa às perguntas sobre a frequência de varrição, capina e recolhimento de lixo, o bairro Ininga foi o mais citado, com 24 menções. Em seguida, o bairro Itararé teve 15 menções, o bairro Angelim teve 9 menções e o bairro Bela Vista teve 7 menções. Já os bairros Vale quem tem, Ilhotas, Santa Maria e Macaúba receberam cada um 6 menções.

É possível afirmar uma confiabilidade frágil quanto aos serviços de capina e varrição prestados no município. A falta desse serviço atinge o funcionamento da drenagem urbana, causando entupimento do sistema e problemas como alagamento, podendo contribuir para veiculação de doenças de propagação em meio hídrico. Neves e Tucci (2008) enfatizam a necessidade de um planejamento conjunto de ações que integrem os diferentes órgãos encarregados do saneamento básico das cidades.

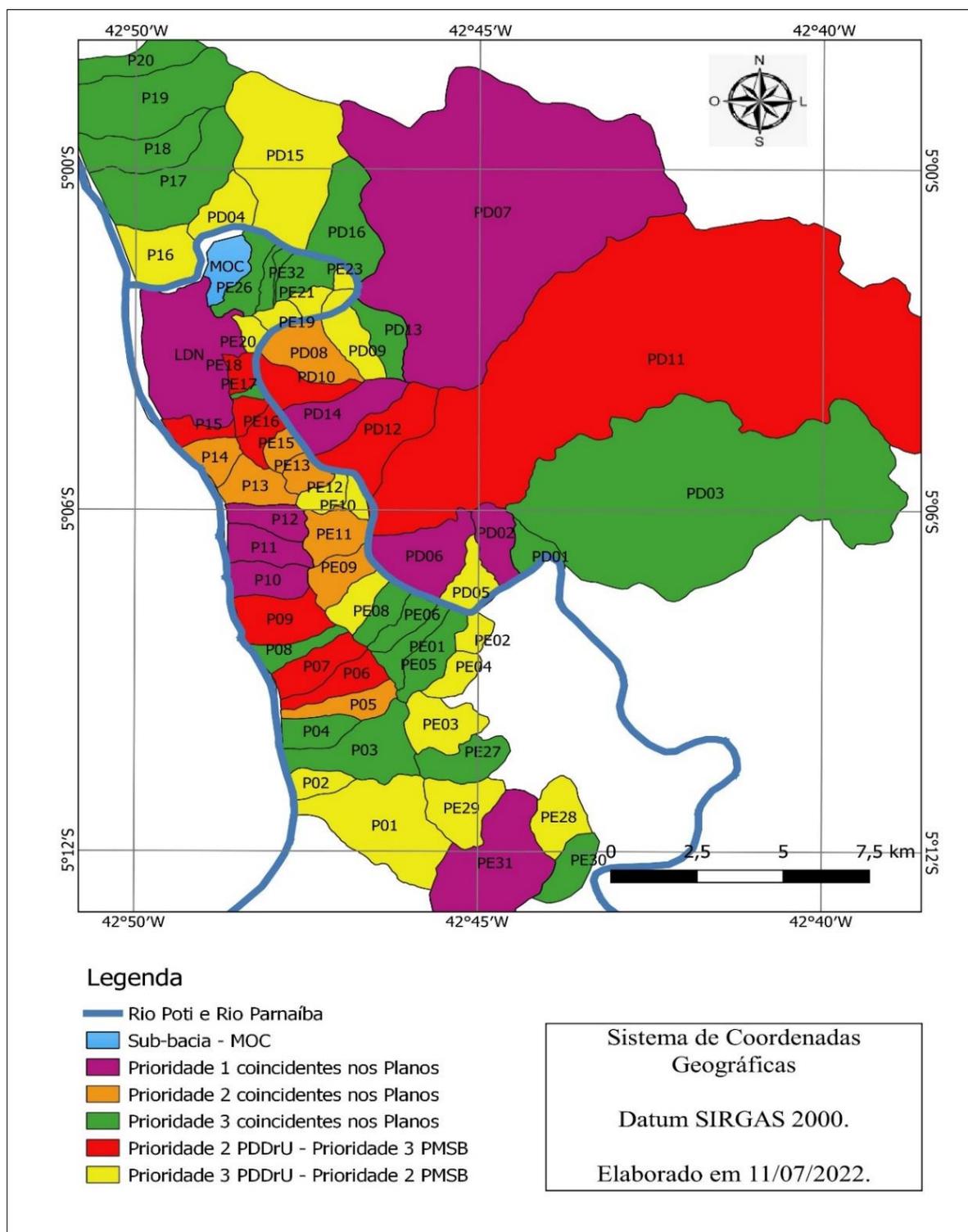
4.7 Relação entre os Planos e as respostas dos questionários

Foram levantadas quais são as sub-bacias prioritárias para melhorias do serviço de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, as quais estão divididas com grau de Prioridade 1, 2 e 3, conforme Figura 29, sendo 1 o mais alto grau de prioridade, tanto no Plano Diretor de Drenagem Urbana, publicado no ano de 2012, como no Plano Municipal de Saneamento Básico, de 2018. Nota-se uma diferença na prioridade de sub-bacias consideradas na PDDrU com relação ao PMSB, principalmente no grau de prioridade 2 e 3.

Notou-se uma diferença na quantidade de sub-bacias consideradas na PDDrU com relação ao PMSB, principalmente no grau de prioridade 2 e 3. É possível observar a mudanças de 10 sub-bacias classificadas como Prioridade 2 no PDDrU para o grau de Prioridade 3 do PMSB. Observa-se, também, a mudança de 20 sub-bacias consideradas como grau de prioridade 3 do PDDrU para o grau de prioridade 2 do PMSB, possivelmente, pela crescente urbanização e, conseqüentemente, a necessidade de melhorias no sistema de drenagem. Essas constatações estão representadas nos mapas.

Observou-se que existe uma inconsistência uma vez que a descrição do PDDrU, elaborado em 2012, considera a PD02 uma sub-bacia sem problemas de drenagem, quando cita-se: *“Não foram observados nem reportados problemas relacionados à drenagem urbana nesta sub-bacia”* (PDDrU, 2012, p. 454), e ainda sim, foi considerado como Prioridade 1. Ademais, em algumas outras sub-bacias, a exemplo as PD10, PE17, PE20, P1, P4, P5, P13, P19, segundo o PDDrU, ocorre problemas sérios de drenagem, porém não foram escolhidas como prioritárias.

Figura 29 – Sub-bacias com prioridades para projetos.



Fonte: Elabora pela autora (2022).

Vale ressaltar que as oito sub-bacias com projetos concluídos foram consideradas como grau de Prioridade 1 tanto no Plano de Drenagem Urbana como o Plano Municipal de Saneamento Básico, com exceção da sub-bacia MOC que está indicada como Prioridade 1

apenas no PDDrU. As outras 5 sub-bacias escolhidas para elaboração de projetos estão classificadas como Prioridade 2 e 3 nos respectivos planos.

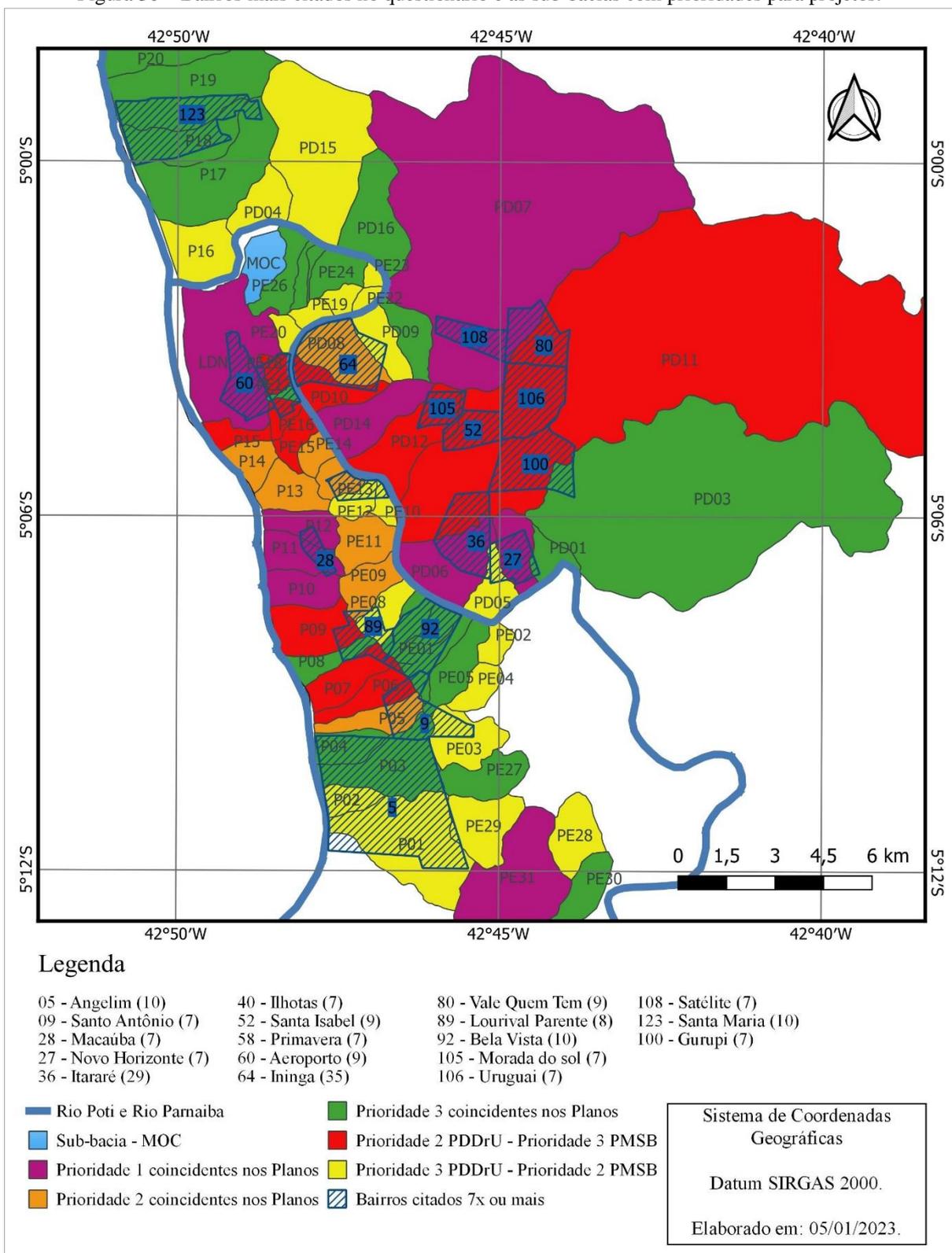
Para relacionar as sub-bacias prioritárias com os bairros que apresentam problemas de drenagem, segundo as respostas obtidas no questionário, elaborou-se os mapas apresentados a seguir. Os bairros mencionados 7 vezes ou mais que estão destacados na Figura 30 foram classificados como bairros mais citados. Por sua vez, os bairros mencionados até 6 vezes foram considerados bairros poucos citados no questionário, como se pode observar na Figura 36. Na legenda, antes do nome de cada bairro tem o código referente a representação do bairro no mapa, quanto o número posterior ao nome do bairro mostra a quantidade de vezes que foram citados. Por exemplo, “64 – Ininga (35)”, onde 64 é código do bairro no mapa, Ininga é o bairro em questão e (35) significa que o bairro Ininga foi citado 35 vezes pelos respondentes.

Esse levantamento foi apresentado juntamente com o mapa que mostra o grau de prioridades dos Planos para ampliação do sistema de drenagem, no intuito de relacionar a classificação de prioridade feita pela gestão municipal com as respostas das pessoas que participaram do questionário, podendo assim, confrontar as escolhas feitas pelo corpo técnico do município com a percepção da população.

Como se pode observar na Figura 29, os bairros Aeroporto, Itararé, Gurupi, Novo horizonte, Macaúba, Morada do sol, Santa Isabel, Satélite, Uruguai e Vale quem tem, estão localizados dentro das sub-bacias escolhidas para os projetos e daquelas consideradas como Prioridade 1 e 2, atestando o que prevê a gestão no tocante ao conhecimento da fragilidade do sistema de drenagem urbana.

Os bairros Angelim, Bela Vista, Ininga, Ilhotas, Lourival Parente, Primavera e Santo Antônio estão localizados em região considerada com grau de Prioridade 3 e 2, e em sub-bacias que não prevê projetos, havendo assim uma contradição das respostas obtidas no questionário dos bairros mais citados com o que prevê a gestão pública a respeito da mitigação dos problemas de drenagem urbana. E o bairro Santa Maria encontra-se nas sub-bacias onde estão previstos a licitação de projetos para mitigar os problemas com drenagem, entretanto esta como Prioridade 3.

Figura 30 – Bairros mais citados no questionário e as sub-bacias com prioridades para projetos.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dos bairros situados na zona Leste, zona mais citada, observa-se que os bairros Santa Isabel, Vale quem tem, Morada do sol, Uruguai e Satélite, estão localizados dentro das sub-bacias escolhidas para os projetos e daquelas consideradas como Prioridade 1 e 2. Entretanto,

o bairro Ininga, o mais citado desta zona, está na região considerada de Prioridade 3 e 2 e está localizado nas sub-bacias que não prevê projetos.

Os bairros Aeroporto, Ilhotas, Primavera e Santa Maria foram os mais citados na zona Centro/Norte. O bairro Aeroporto considerado como Prioridade 1 está localizado na sub-bacia LDN, onde esperava-se que os problemas de drenagem tivessem sido mitigados pelo Programa Lagoa do Norte. Os bairros Ilhotas e Primavera estão localizados em sub-bacias que não prevê projetos e que estão com grau de Prioridade 2 e 3. E o bairro Santa Maria encontra-se nas sub-bacias onde estão previstos a licitação de projetos para mitigar os problemas com drenagem e estão como Prioridade 3.

Na zona Sudeste, o bairro Itararé, o mais citado dentre os bairros, é considerado como Prioridade 1 e 2, pois localiza-se entre duas sub-bacias, a sub-bacia PD06 e a sub-bacia PD11, com projetos concluídos e projeto a licitar, respectivamente. Boa parte do bairro Gurupi encontra-se como Prioridade 2 e com projeto a licitar. E o bairro Novo horizonte está como Prioridade 1 e em uma sub-bacias com projetos concluídos.

Por fim, a zona Sul, tem como bairros mais citados: Angelim como Prioridade 3, Santo Antônio como Prioridade 2 e 3, a região dos bairros Lourival Parente e Bela vista variam entre Prioridade 1 a 3, e o bairro Macaúba com Prioridade 1. A maioria os bairros citados estão localizados em sub-bacias que não contempla projetos, apenas o bairro Macaúba encontra-se em sub-bacias com projetos concluídos.

Percebe-se que dos bairros mais citados no questionário por apresentaram problemas de drenagem, os bairros Santa Isabel, Vale quem tem, Morada do sol, Uruguai, Satélite, Aeroporto, Santa Maria, Itararé, Gurupi, Novo Horizonte e Macaúba estão de acordo com o que prevê a gestão no tocante ao conhecimento da fragilidade do sistema de drenagem urbana. Contudo, há uma contradição das respostas obtidas no questionário dos bairros mais citados com o que prevê a gestão pública a respeito da mitigação dos problemas de drenagem urbana nos bairros Ininga, Ilhotas, Primavera, Angelim, Bela Vista, Lourival Parente e Santo Antônio, uma vez que estes bairros estão localizados em sub-bacias classificadas como Prioridades 2 ou 3, e que não contemplam projetos para suas sub-bacias. A seguir, a Tabela 7 mostra os bairros selecionados e as sub-bacias onde cada um está localizado.

Tabela 7 – Bairros selecionados para as simulações e as sub-bacias correspondentes.

Bairros	Localização
Angelim	P1; P2; P3; P4
Bela vista	PE1; PE6; PE7
Ilhotas	PE12; PE13
Ininga	PD08; PD09; PD10
Lourival Parente	P7; P8; P9; PE7; PE8; PE9
Primavera	PE16; PE17; PE18
Santo Antônio	P3; P5; P6; PE3; PE5; PE11

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se que existe uma relação entre os bairros mais mencionados com problemas de drenagem urbana e aqueles com deficiência na frequência dos serviços de capina, varrição e recolhimento de materiais. Essa correlação pode ser um indicativo de que a falta de manutenção adequada das vias e a ineficiência na coleta de resíduos sólidos estão contribuindo para a deterioração das condições de drenagem nessas áreas.

Ademais, não é difícil encontrar reportagens que trazem notícias de problemas na cidade de Teresina causados pela chuva nestes bairros. Algumas delas corroboram com os dados obtidos no questionário. Nos últimos três anos, há reportagens sobre os prejuízos causados pela chuva no bairro Ininga, onde Oliveira (2020), G1 PI (2021) e Lima (2022) relatam ruas alagadas, perdas de bens materiais, como também sistema de drenagem aquém do necessário, falta de energia elétrica e até riscos de vida humana como mostra as figuras a seguir.

Figura 31 – Chuva deixa famílias desabrigadas.



Fonte: Oliveira (2020).

Figura 32 – Chuva em Teresina deixa alagamentos em bairros.



Fonte: TV Clube *apud* G1 PI (2021).

Figura 33 – Rua alagada após forte chuva.



Fonte: Lima (2022).

O cenário não é muito diferente nos bairros Ilhotas e Primavera. Reportagem de 2019 (Figura 34) mostra famílias afetadas em pontos dos bairros Ilhotas e Primavera, provocando perdas materiais e moradores desabrigados (Cury, 2019). Segundo o site Parlamento Piauí (2020), a chuva acarretou prejuízos a população no bairro Ilhotas havendo danos materiais, carros arrastados pelas águas e casa e prédios alagados no ano de 2020, como mostra a Figura 35. Já no ano seguinte, a chuva e os ventos fortes causaram quedas de árvores, ruas alagadas e falta de energia, como foi o caso no bairro Primavera (Fontenele, 2021).

Figura 34 – Moradores em contato com águas das chuvas.



Fonte: Cury (2019).

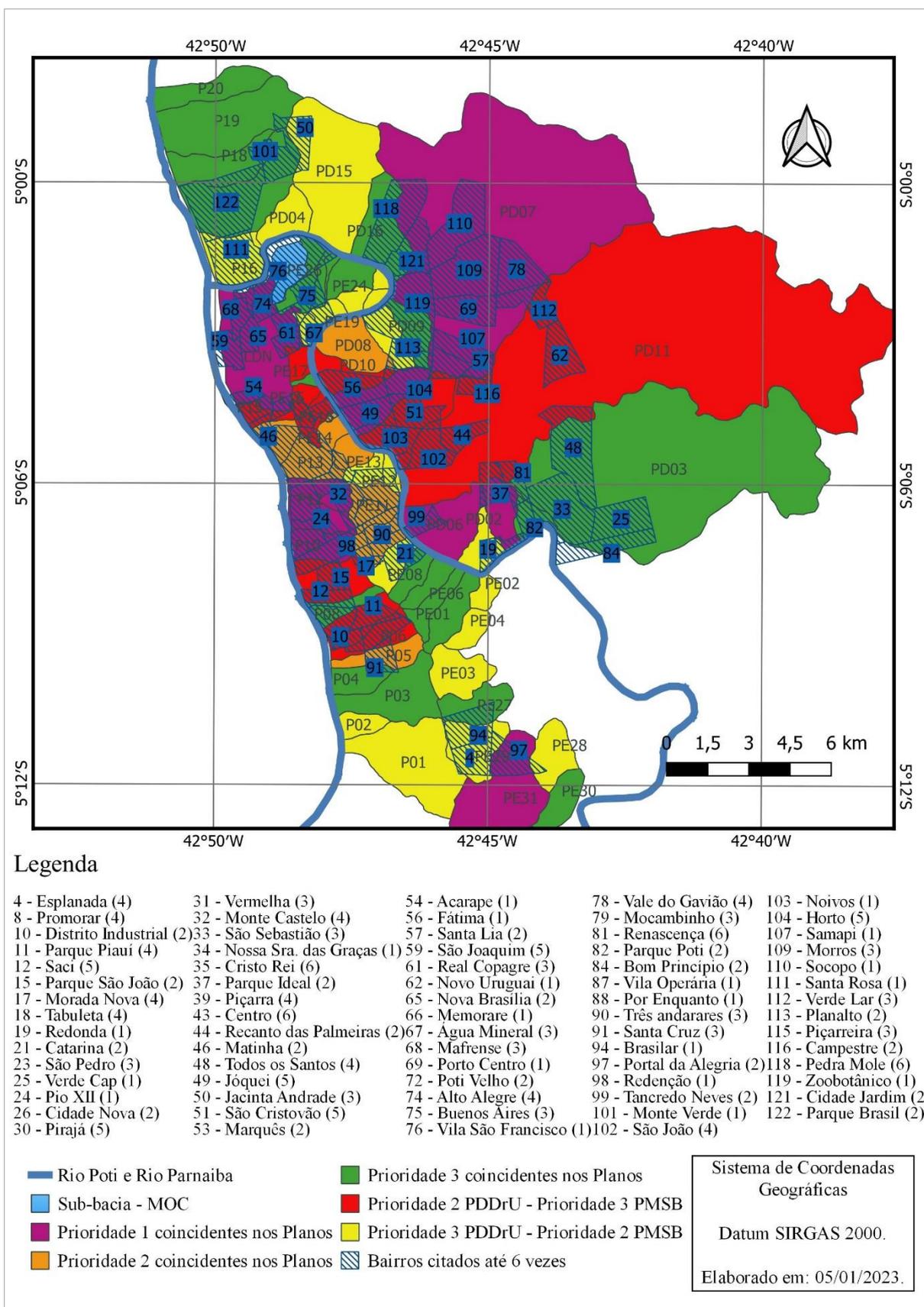
Figura 35 – Veículos arrastados pela chuva.



Fonte: Parlamento Piauí (2020).

Situações semelhantes são noticiadas nos bairros Angelim, Bela Vista, Lourival Parente e Santo Antônio. Como relata Cury (2016), no bairro Angelim, em 2016, um carro com duas pessoas foi arrastado pela correnteza e caiu em uma lagoa. Em 2009 foram relatados alagamentos no bairro Lourival Parente como noticia Felizardo (2009), e ainda em 2019, as águas das chuvas invadiram casas e causaram prejuízo em móveis e eletrodomésticos (Freitas, 2019).

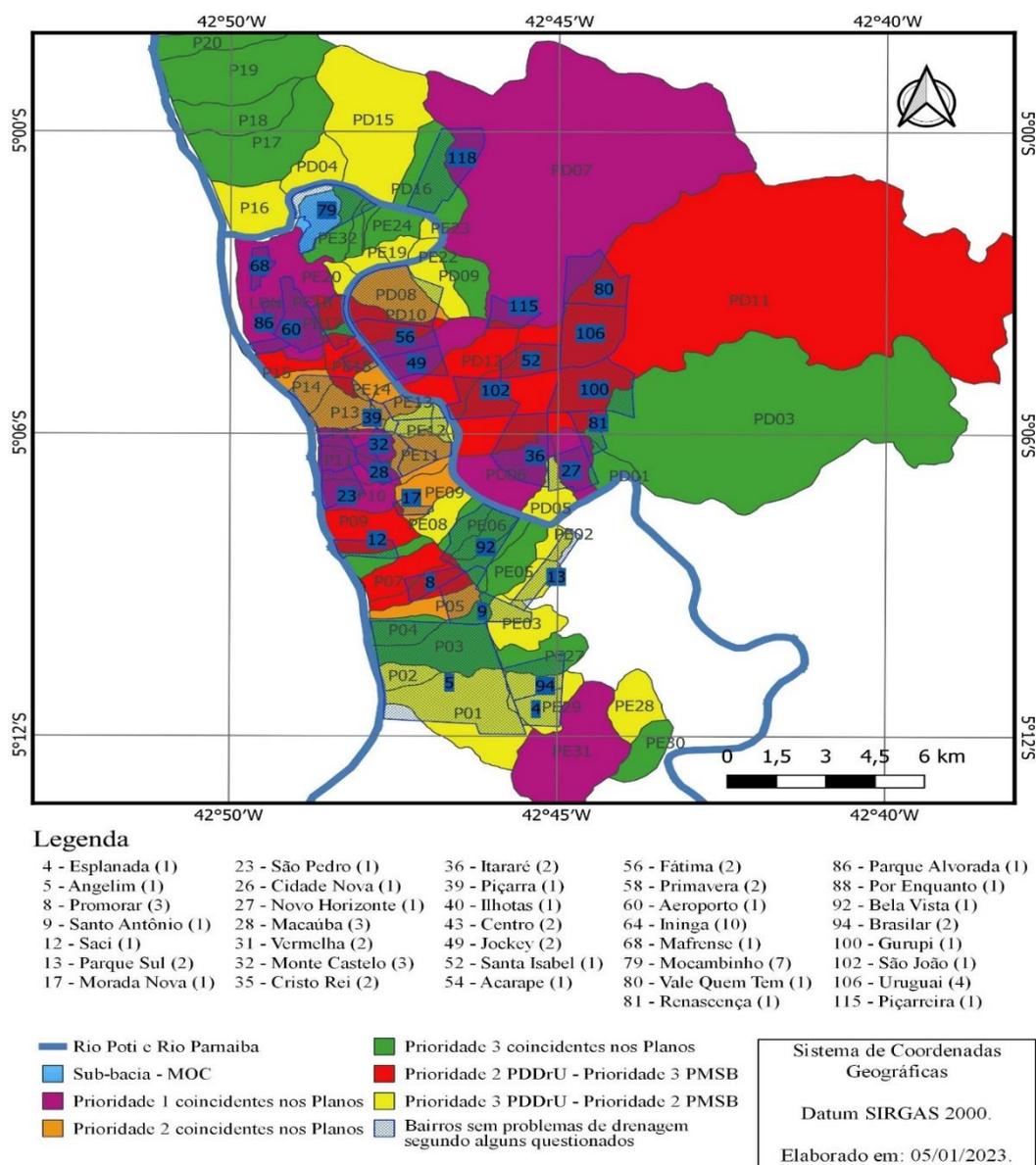
Figura 36 – Bairros menos citados no questionário e as sub-bacias com prioridades para projetos.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Representando os bairros menos citados, a Figura 36 mostra que praticamente toda área urbana da cidade de Teresina foi citada com problemas com drenagem urbana. A Figura 37 demonstra que 38 bairros de Teresina não têm problemas de drenagem urbana. Entretanto, nota-se que destes bairros que já foram citados como tendo problemas por outros respondentes, existindo uma discrepância das informações dadas pela população. Esta diferença pode estar na localização da residência dos respondentes que, provavelmente, por morarem em ruas diferentes, não compartilham da mesma realidade. Os bairros Parque Sul e Parque Alvorada foram os bairros citados tão somente como aqueles que não apresentam problemas de drenagem urbana.

Figura 37 – Bairros considerados sem problemas de drenagem e as sub-bacias com prioridades para projetos.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Essa situação ressalta a importância da gestão integrada do manejo de resíduos sólidos e da drenagem urbana, bem como a necessidade de investimentos em infraestrutura e manutenção para melhorar a resiliência da cidade diante de eventos climáticos extremos. A adoção de práticas sustentáveis de drenagem e a conscientização da população sobre a importância de descartar adequadamente o lixo também são fundamentais para mitigar os problemas causados pelas chuvas nos bairros afetados.

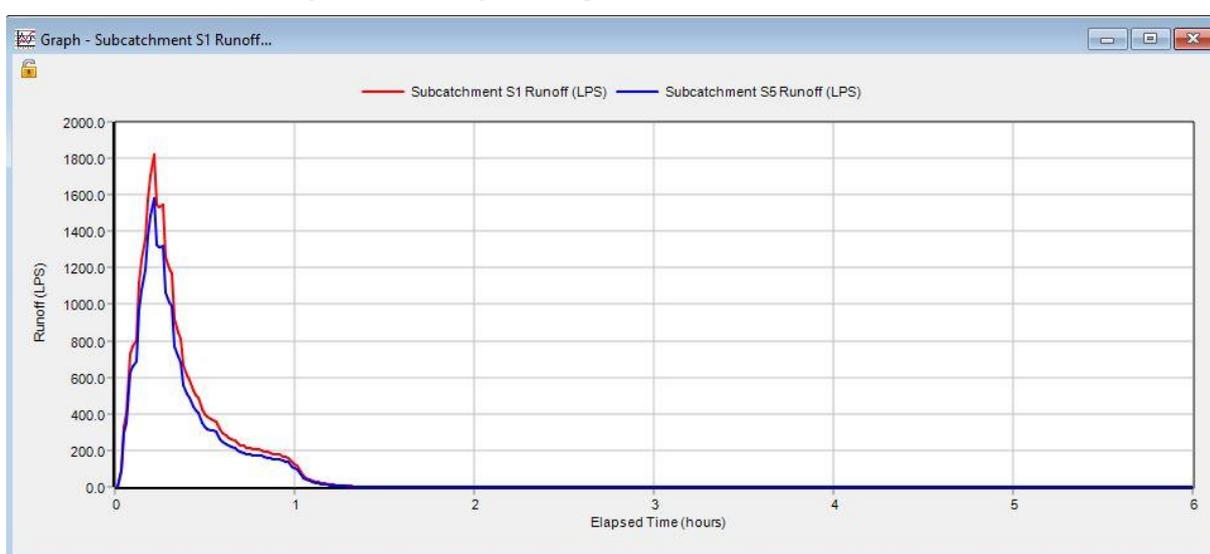
4.8 Análise dos resultados das simulações

4.8.1 Impactos das técnicas LID na redução de vazão

Independentemente da técnica LID utilizada, esta foi capaz de infiltrar e/ou armazenar completamente a água que chove sobre o elemento LID simulado, fazendo com que o uso de qualquer uma delas gerasse o mesmo escoamento superficial. Na Figura 38 são apresentados os hidrogramas gerados na situação da sub-bacia PD08 sem nenhum LID e a mesma sub-bacia com a presença de LID, onde observa-se uma redução no pico de vazão.

A redução do pico de vazão das demais sub-bacias analisadas nesse estudo estão no Apêndice C. De forma geral, pode-se constatar que a implementação dos controles LID, mesmo de forma individualizada, resulta em um amortecimento do pico de vazão nas áreas estudadas. Isso significa que as práticas de baixo impacto, quando aplicadas em escala local, têm o efeito positivo de reduzir a intensidade do fluxo máximo de água durante eventos de chuva.

Figura 38 – Hidrograma do pico de vazão na sub-bacia PD08.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com os valores de pico de vazão obtidos por meio do SWMM e através desses dados, foi possível calcular a porcentagem de redução dos picos de vazão para as sub-bacias que utilizaram 5%, 10% e 15% da área com as práticas de LID em comparação com suas respectivas sub-bacias sem a implantação do LID, como estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Redução do pico de vazão com a utilização de LID.

	PD08	PD09	PD10	P1	P2	P3	P4	P5	P6
5% da área com LID	4,38%	3,97%	4,63%	3,79%	4,45%	3,98%	4,55%	4,78%	4,99%
10% da área com LID	8,81%	8,02%	9,30%	7,65%	8,97%	8,05%	9,15%	9,59%	9,99%
15% da área com LID	13,30%	12,16%	14,01%	11,60%	13,55%	12,21%	13,80%	14,42%	14,99%
	P7	P8	P9	PE01	PE03	PE05	PE06	PE07	PE08
5% da área com LID	4,92%	4,83%	4,77%	4,31%	4,13%	3,44%	4,47%	4,80%	4,81%
10% da área com LID	9,85%	9,68%	9,57%	8,70%	8,34%	7,01%	8,99%	9,63%	9,64%
15% da área com LID	14,78%	14,55%	14,39%	13,16%	12,64%	10,70%	13,57%	14,48%	14,49%
	PE09	PE11	PE12	PE13	PE16	PE17	PE18		
5% da área com LID	4,93%	4,88%	4,94%	4,97%	5,00%	4,91%	4,82%		
10% da área com LID	9,88%	9,77%	9,88%	9,94%	10,00%	9,84%	9,66%		
15% da área com LID	14,83%	14,67%	14,84%	14,91%	15,00%	14,77%	14,52%		

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

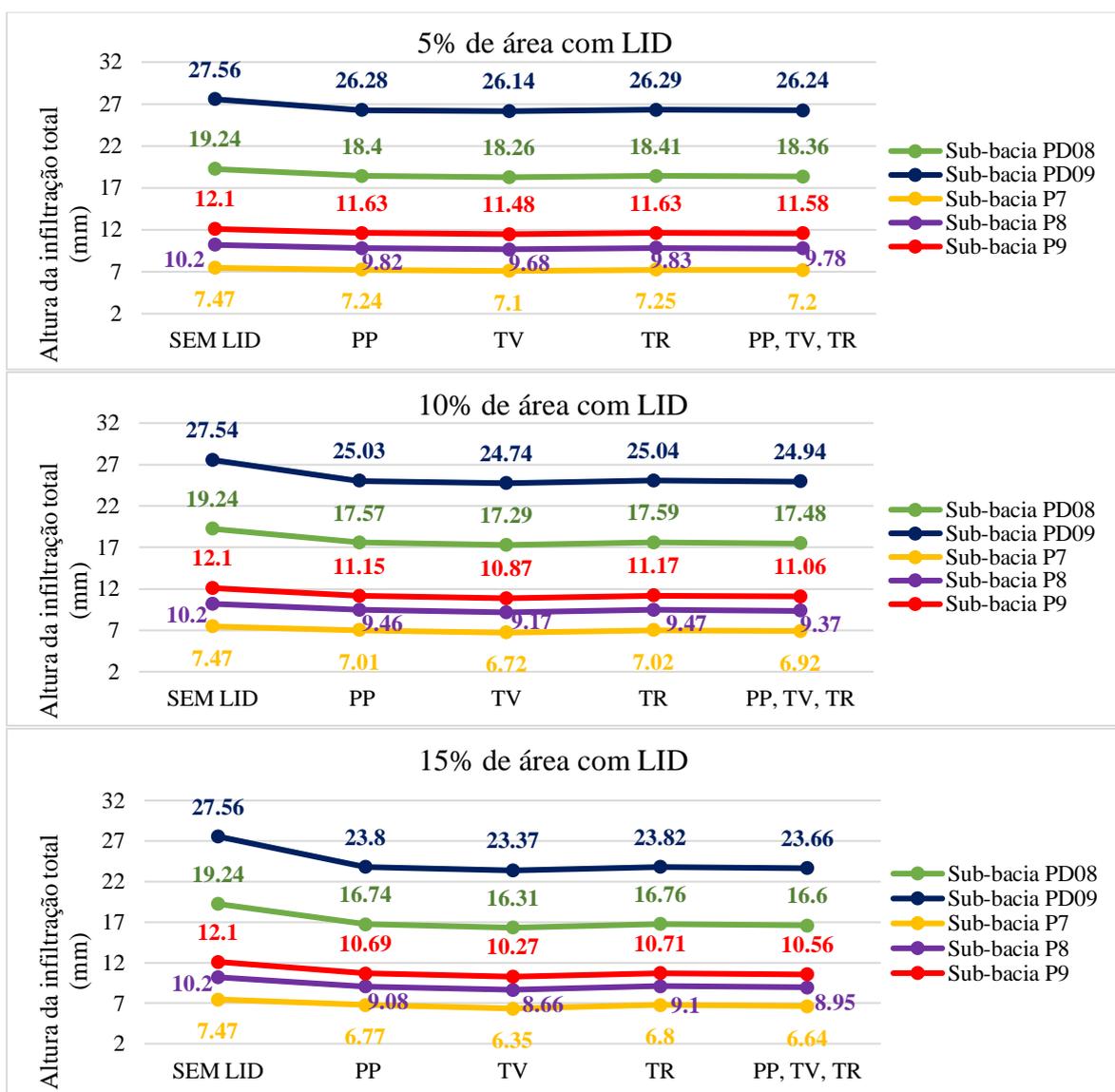
Nas simulações que utilizaram 5% da área total da sub-bacia com LID, a porcentagem de redução do pico de vazão variou entre 3,44% e 5%. Quando foram utilizados 10% da área da sub-bacia com LID, a redução do pico de vazão variou entre 7,01% e 10%. Já nas simulações com 15% da área da sub-bacia utilizando LID, a redução do pico de vazão variou entre 10,7% e 15%.

Notou-se, também, que quanto maior a área urbanizada de cada sub-bacia, maior foi a redução no pico de vazão, onde aquela sub-bacia com 100% de impermeabilidade apresentou uma redução no pico de vazão igual à porcentagem utilizada de LID na respectiva sub-bacia. Como pode ser observado, na sub-bacia PE16, que possui a maior área urbanizada, foram registrados os valores mais elevados em todos os casos, enquanto na sub-bacia PE05, com menor área urbanizada, foram identificados os valores mais baixos. Esses resultados indicam que os LIDs têm um melhor desempenho na redução do pico de vazão nas áreas com regiões mais impermeabilizadas.

4.8.2 Resultados da infiltração e escoamento total

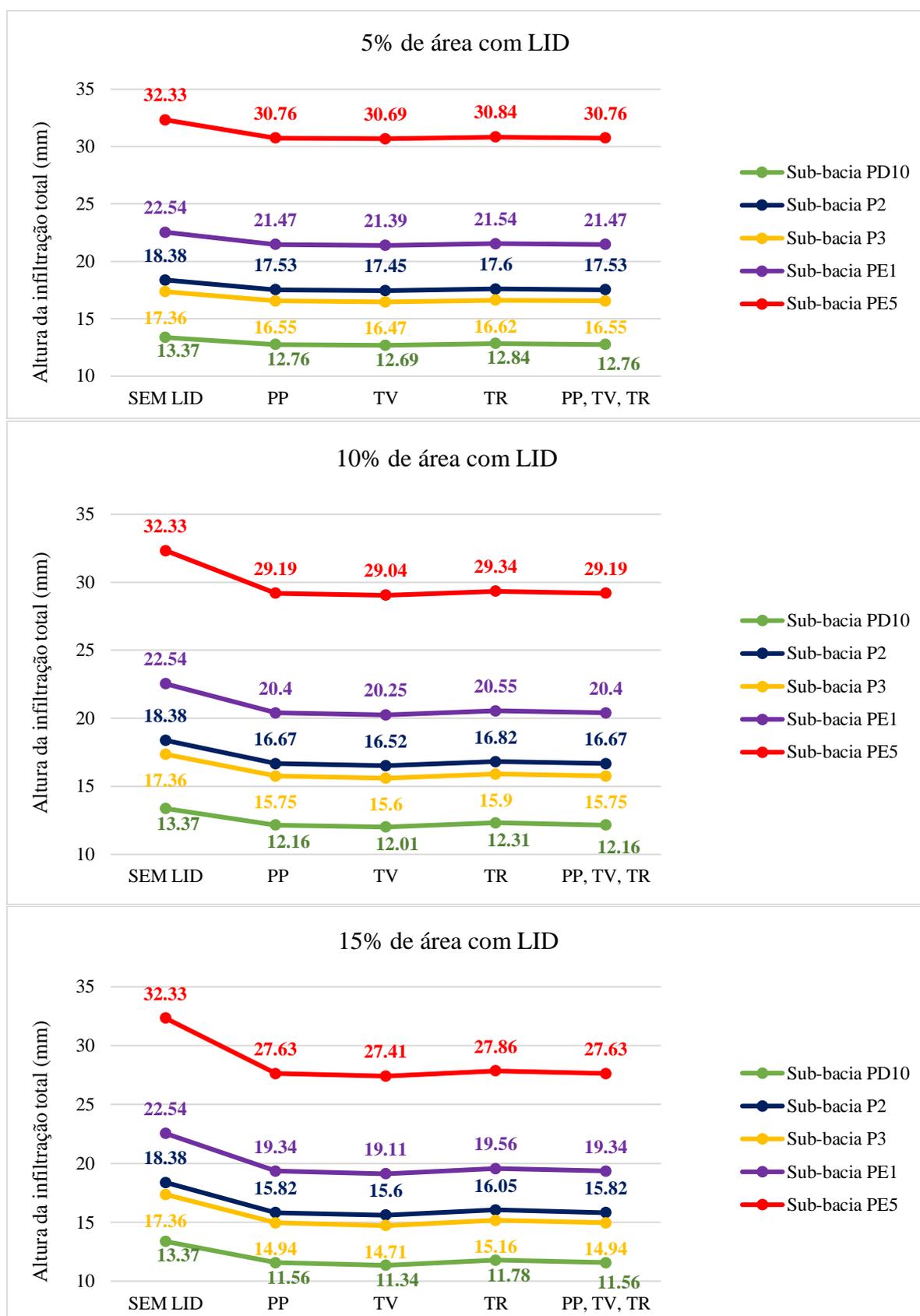
Após realizar as simulações dos cenários das sub-bacias, em relação aos parâmetros de infiltração total e escoamento total, observou-se uma pequena diminuição de seus valores nas sub-bacias com LIDs em comparação com as sub-bacias sem as técnicas compensatórias. Mesmo com pequena diferença na infiltração total entre as sub-bacias com LID, a trincheira de infiltração foi o dispositivo que apresentou maior taxa de infiltração, seguido do pavimento permeável e do telhado verde. A seguir, as próximas Figuras 39, 40, 41, 42, 43 e 44 apresentam os valores de infiltração total das sub-bacias com sem LID e sub-bacias com áreas de 5%, 10% e 15% de LID, relacionando-as com o tipo de solo.

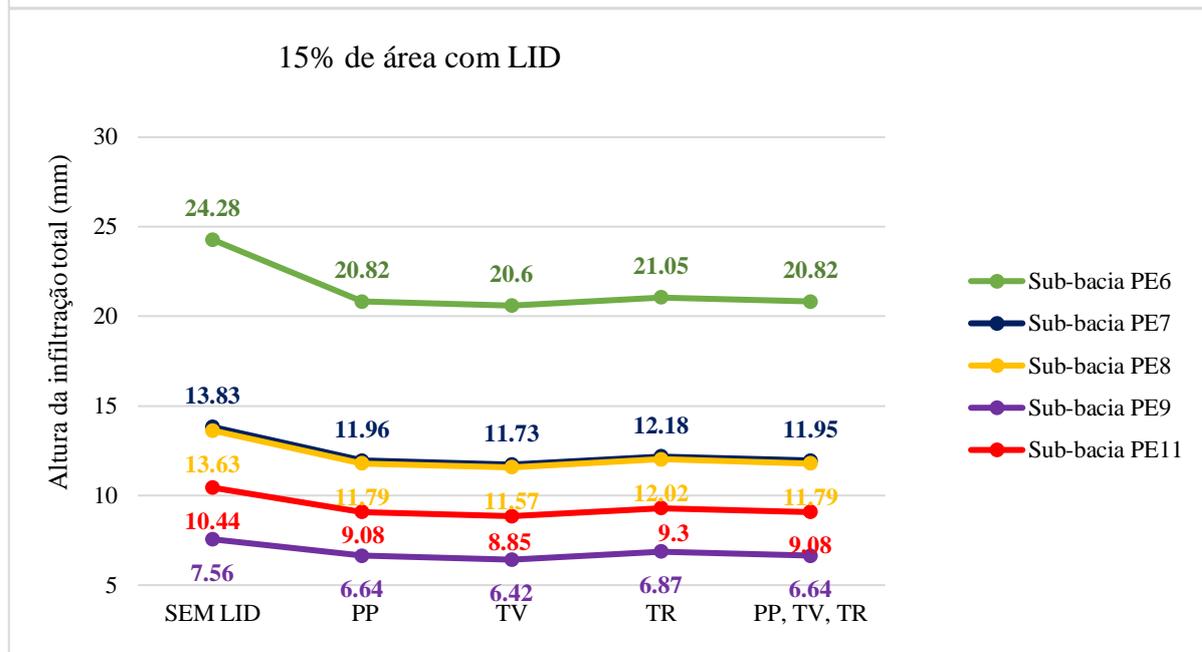
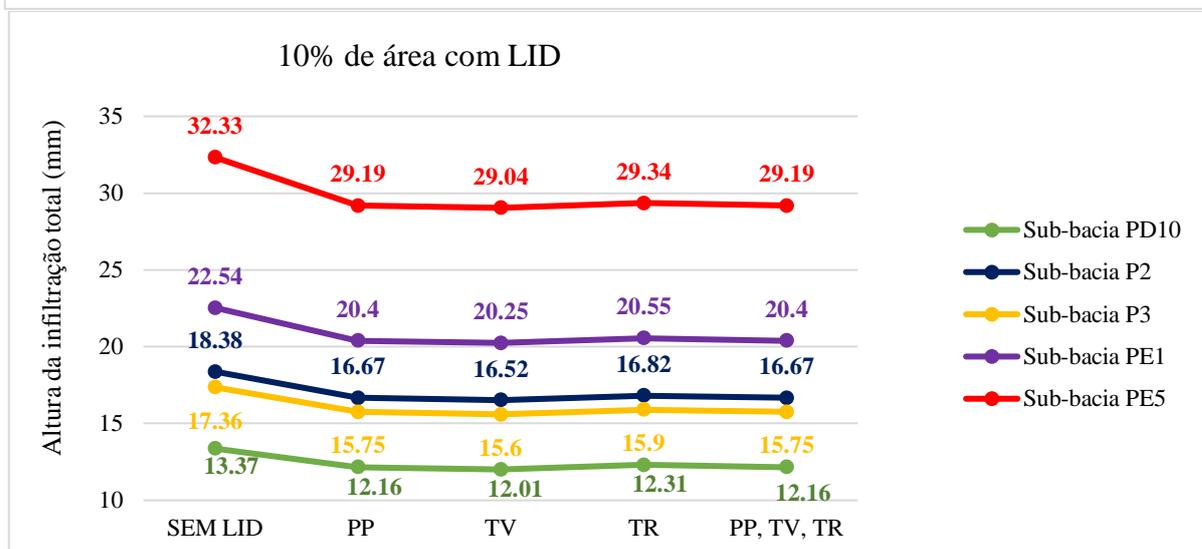
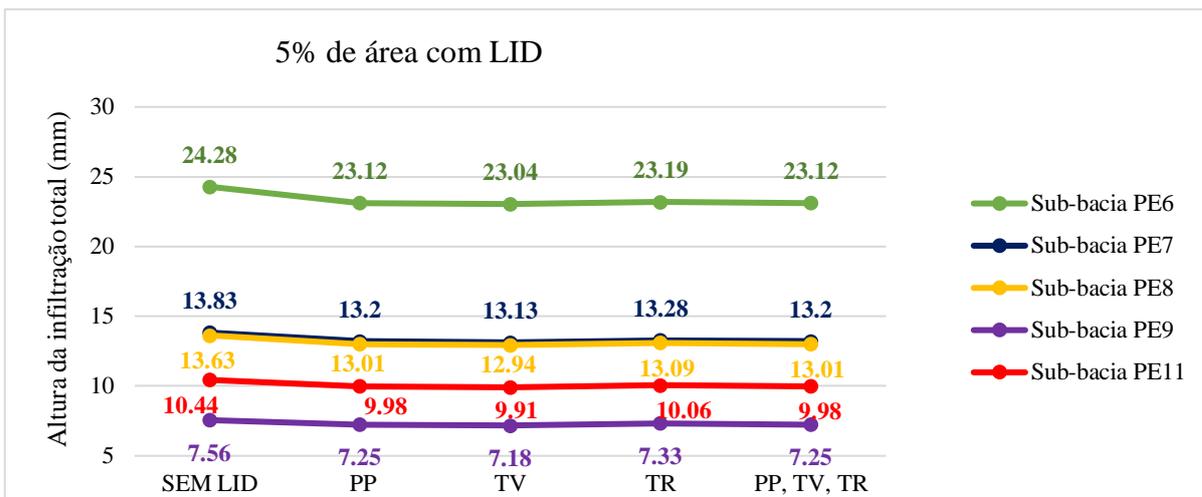
Figura 39 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo B (PD08, PD09, P7, P8, P9).

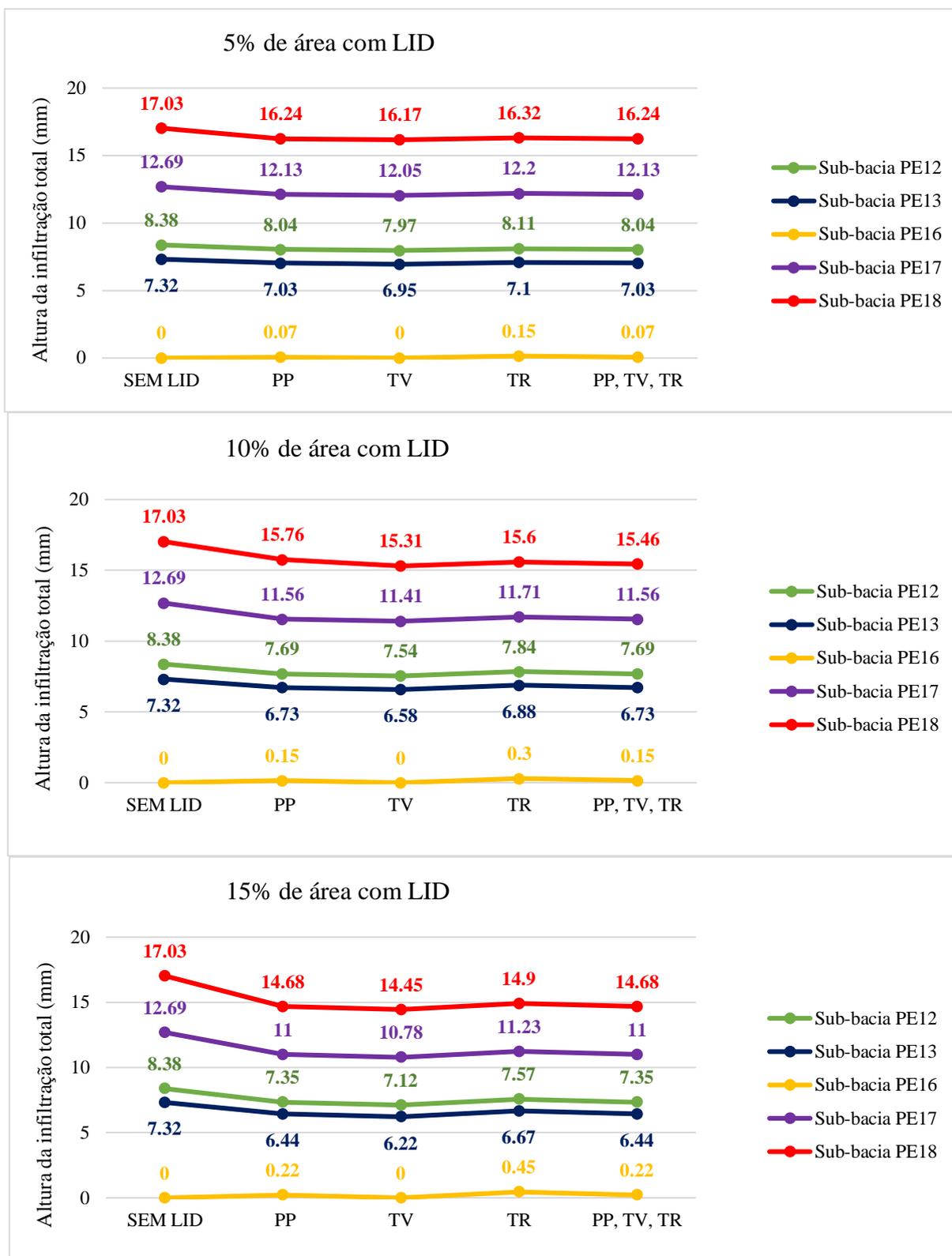


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 40 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo D (PD10, P2, P3, PE1, PE5, PE6, PE7, PE8, PE9, PE11, PE12, PE13, PE16, PE17, PE18).

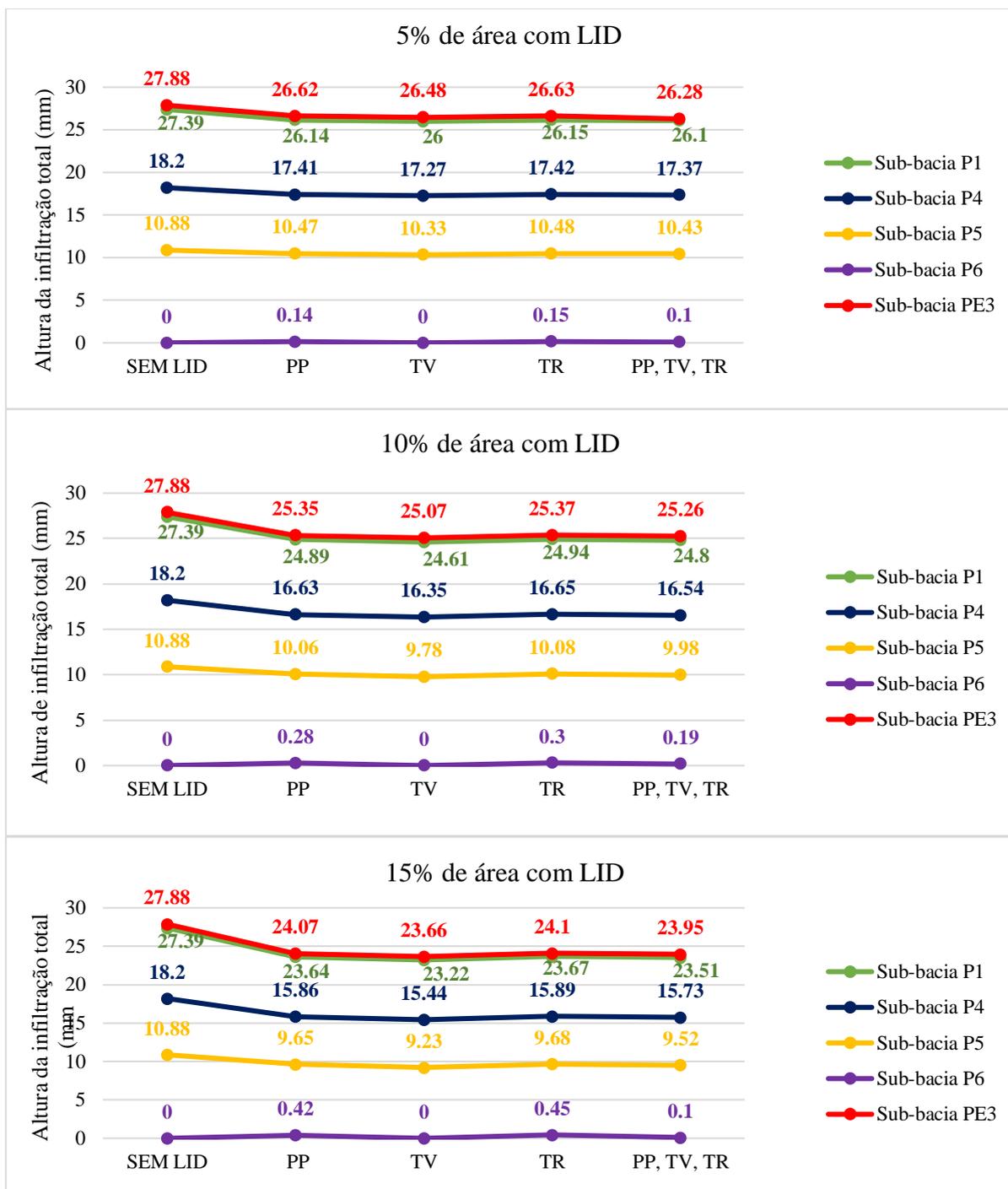






Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 41 – Parâmetros de Infiltração total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de área com LID e uso do solo tipo B e D (P1, P4, P5, P6, PE3).



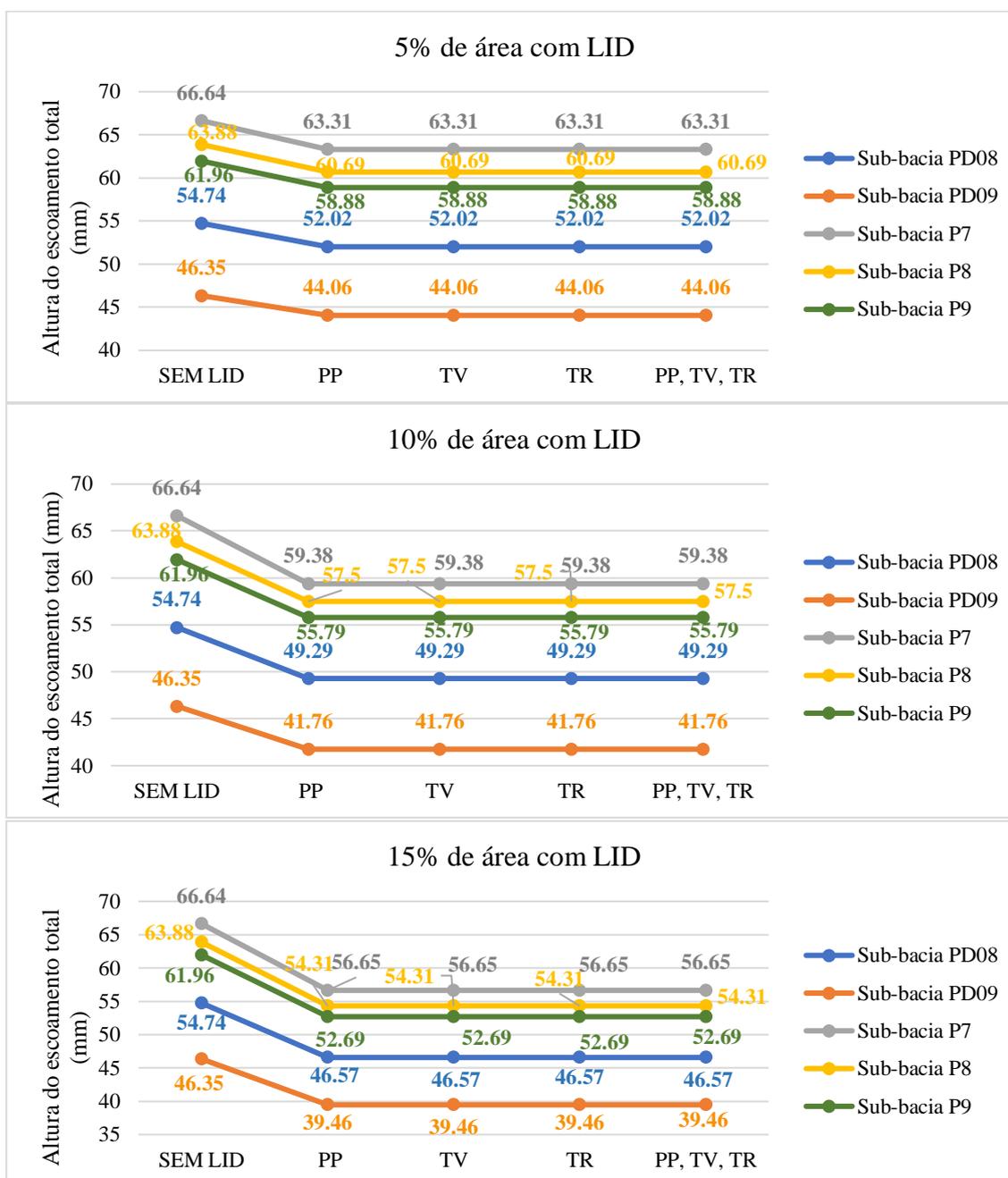
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os valores de infiltração total das sub-bacias que utilizaram simultaneamente pavimento permeável, telhado verde e trincheira resultaram na média dos valores de infiltração das sub-bacias com LID individualmente. No entanto, o valor obtido se aproximou mais ou foi igual ao valor do pavimento permeável, ou seja, a combinação desses dispositivos LID resultou em uma

infiltração total semelhante ou mais próxima da infiltração observada na sub-bacia com pavimento permeável isoladamente.

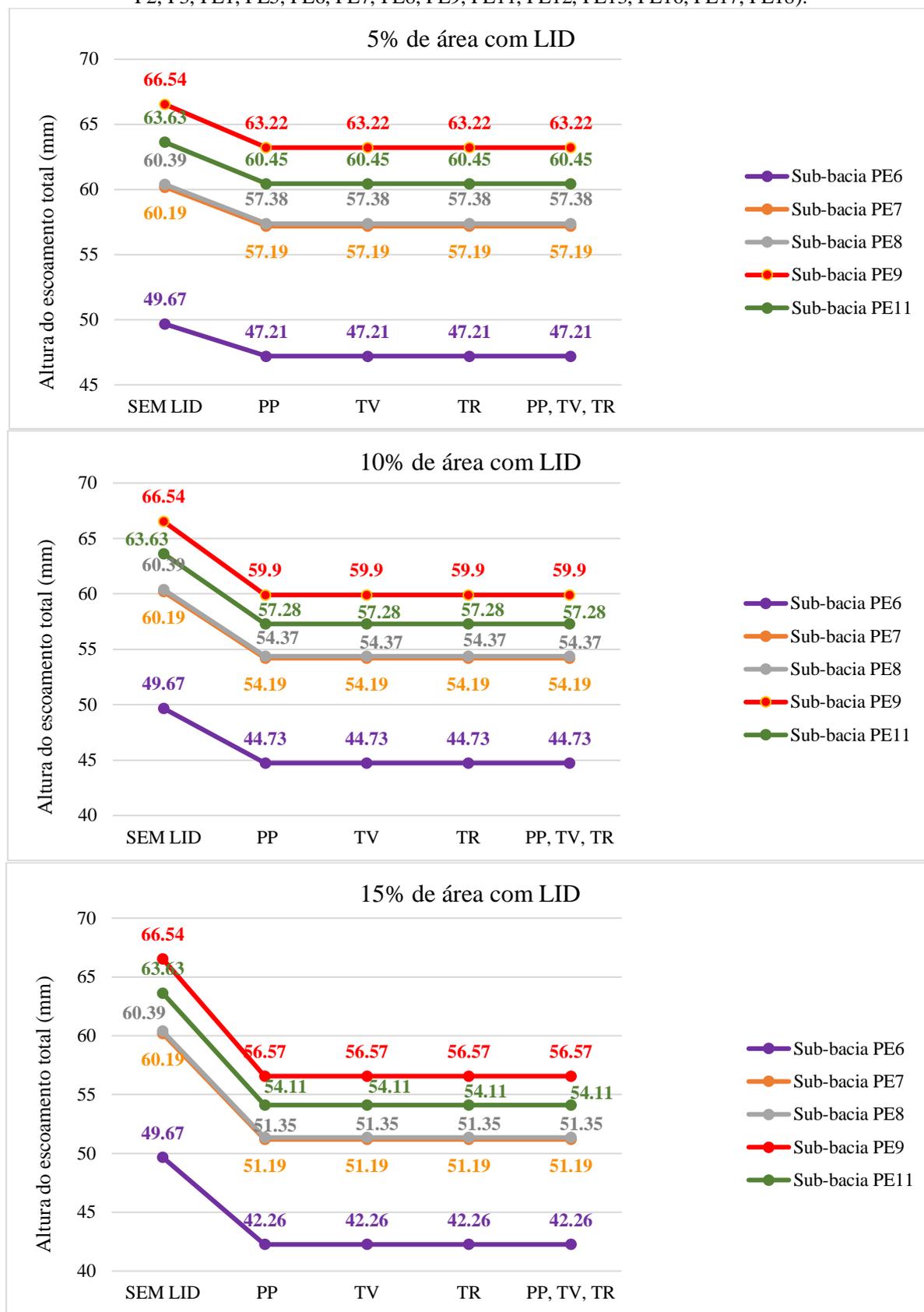
Quanto ao escoamento total, verificou-se que apesar dos dados de entradas serem diferente para cada sub-bacia LID, o escoamento total permaneceu constante para todas. Isso sugere que, a área da sub-bacia foi o único parâmetro levado em consideração quando ao escoamento total.

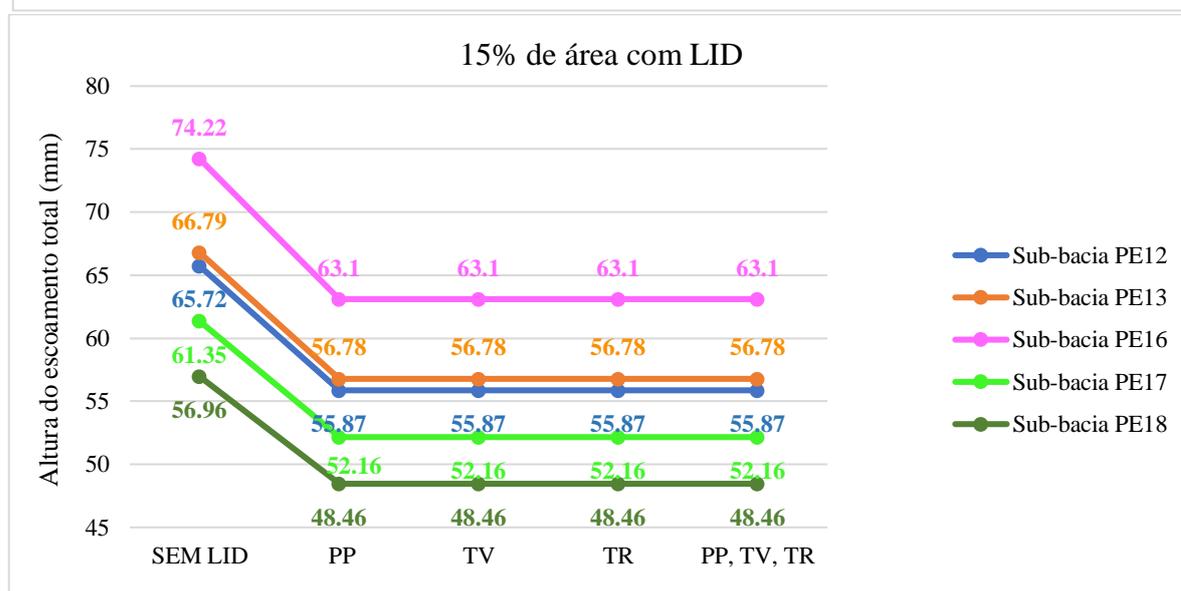
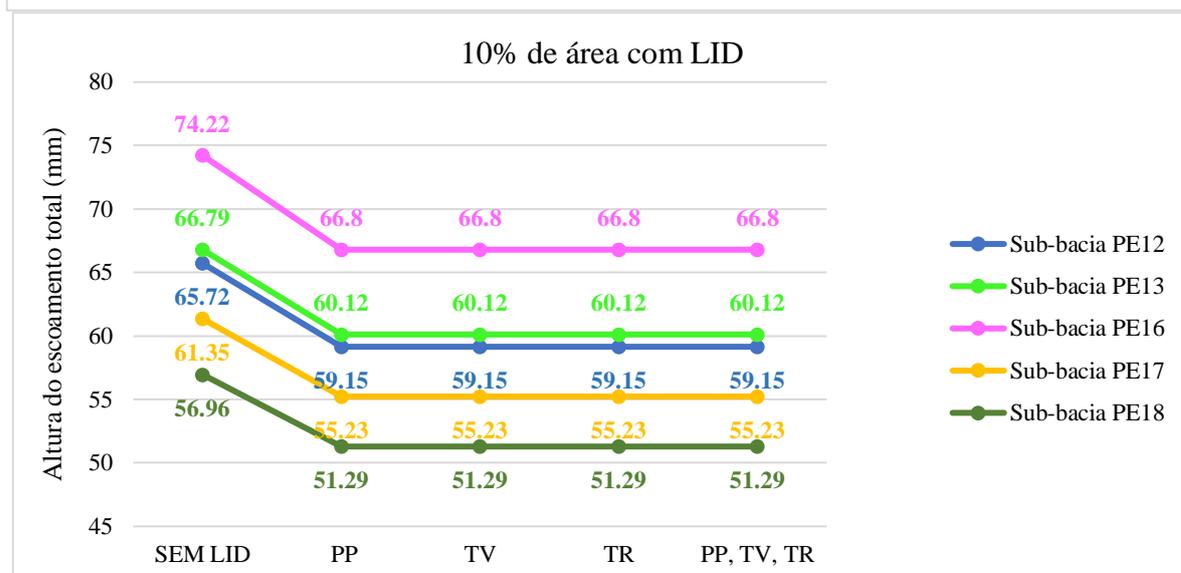
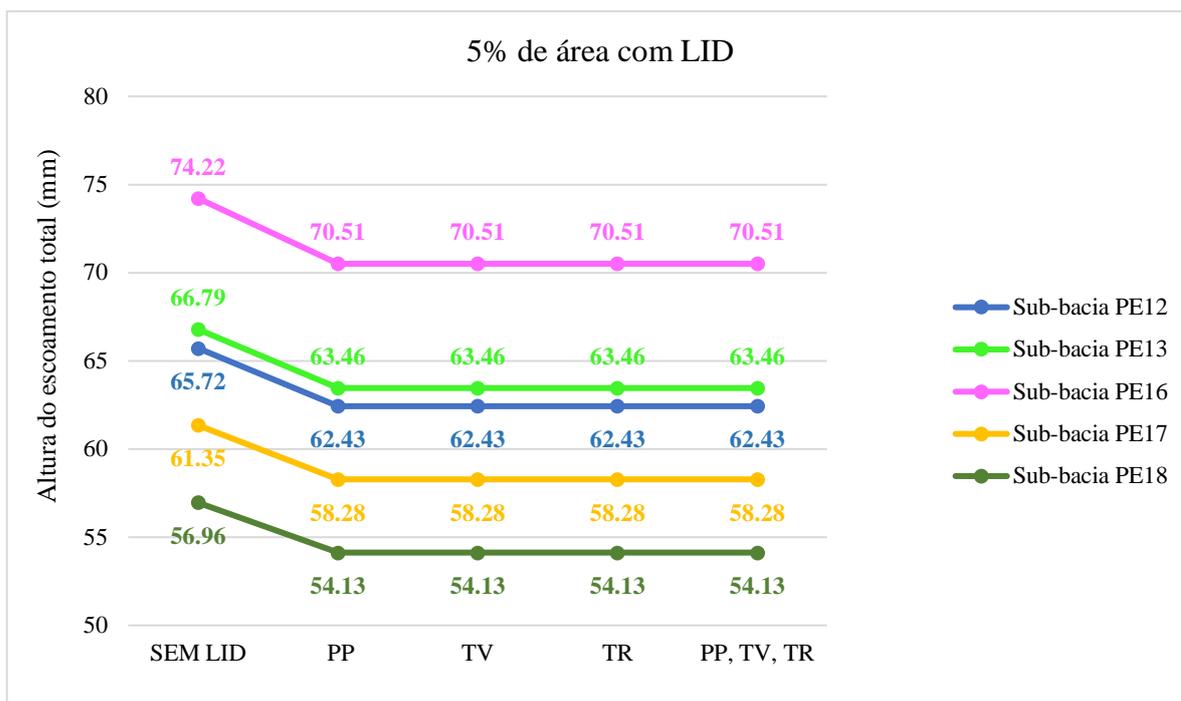
Figura 42 – Parâmetro de Escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo B (PD08, PD09, P7, P8, P9).

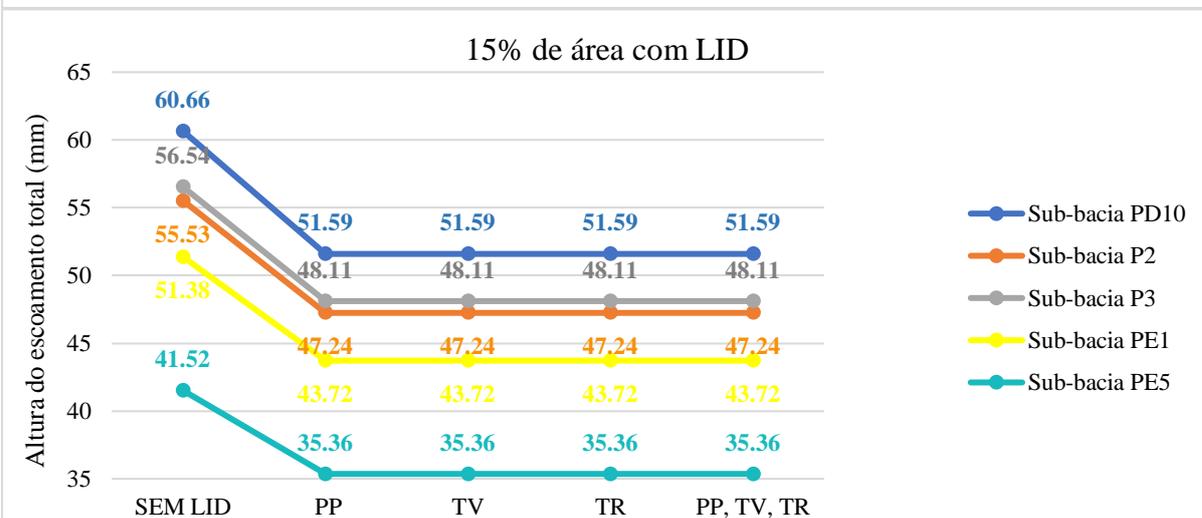
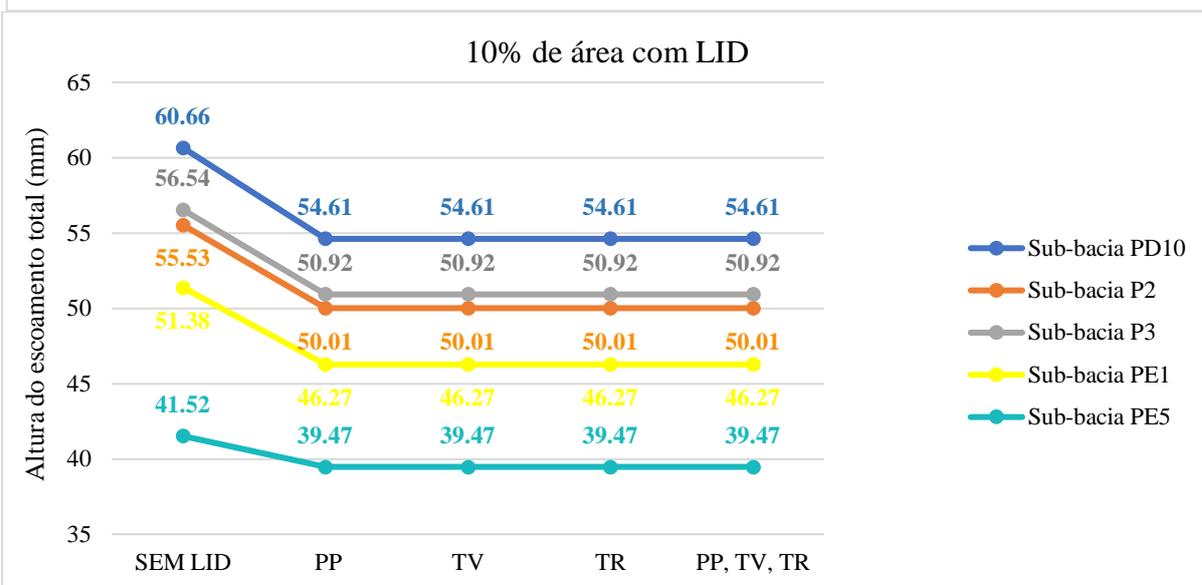
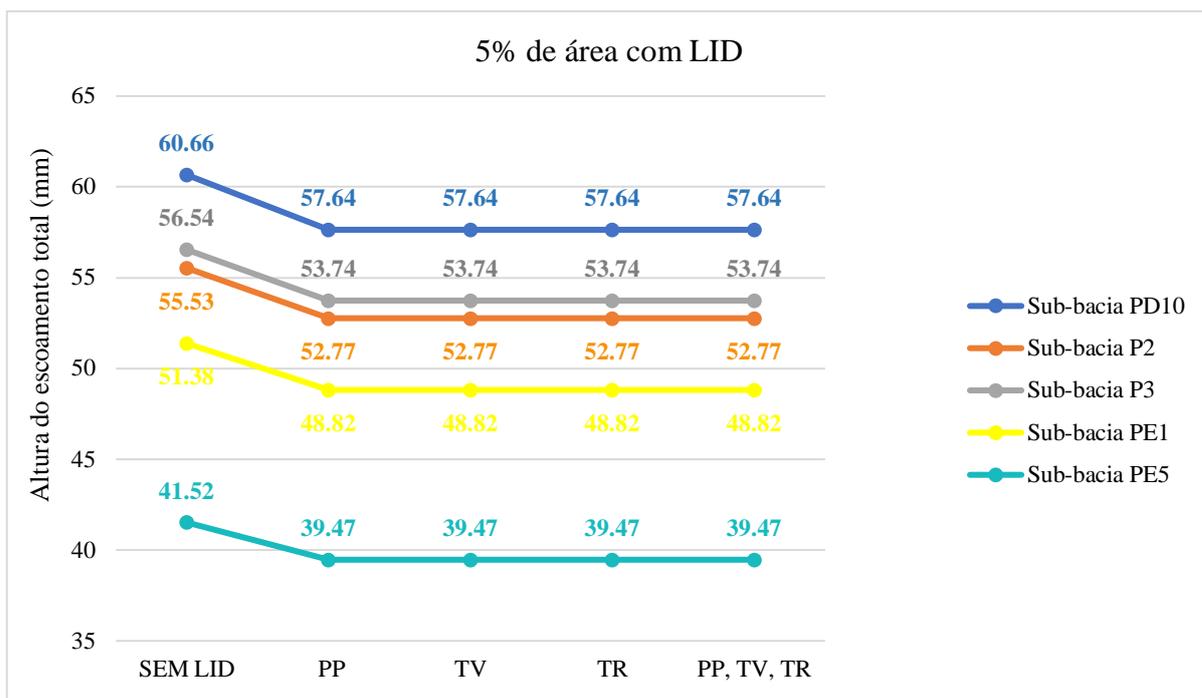


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 43 – Parâmetros de escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo D (PD10, P2, P3, PE1, PE5, PE6, PE7, PE8, PE9, PE11, PE12, PE13, PE16, PE17, PE18).

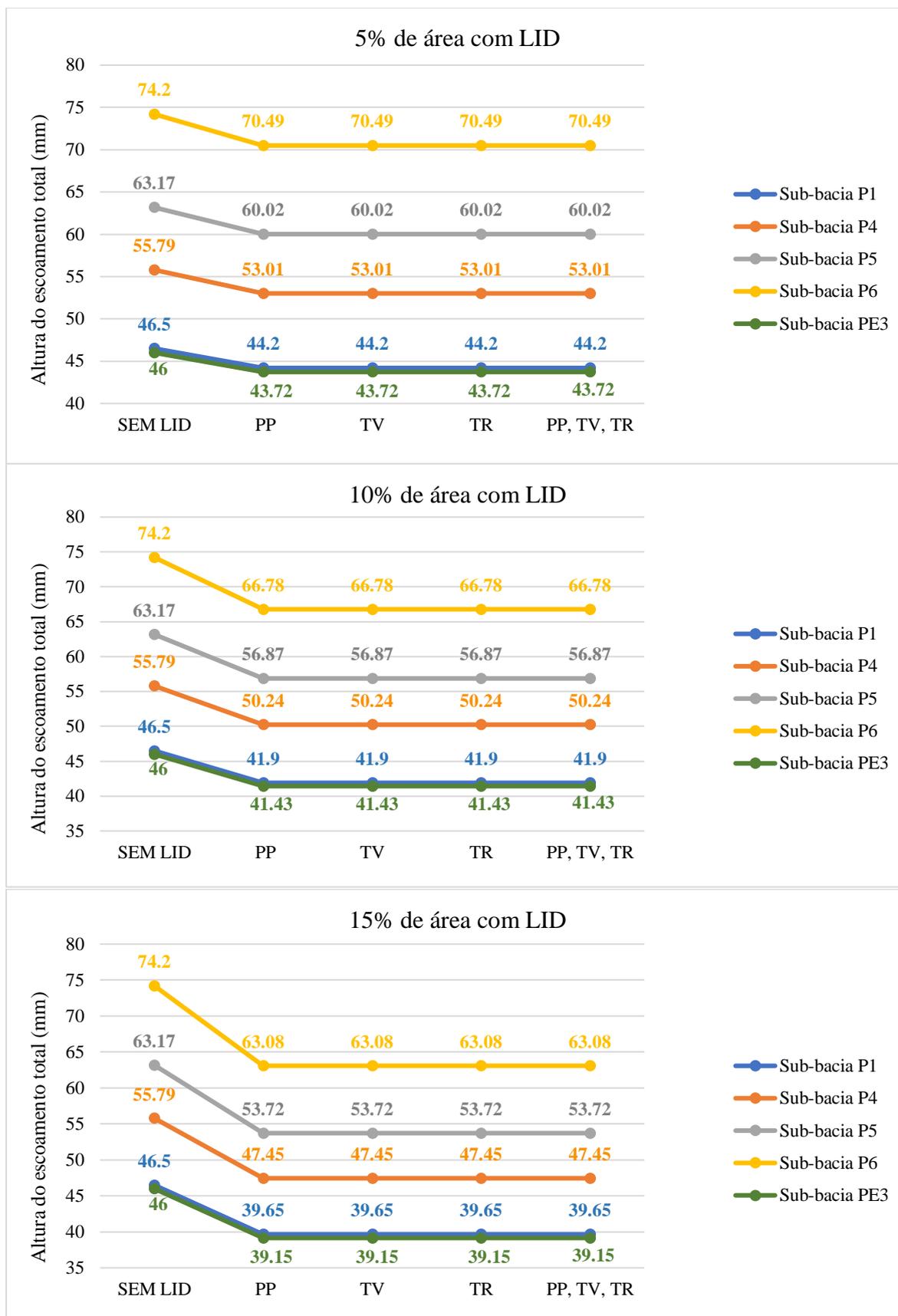






Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 44 – Parâmetros de escoamento total das Sub-bacias com 5%, 10% e 15% de LID e solo tipo B e D (P1, P4, P5, P6, PE3).



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

4.8.3 Resultados das perdas por infiltração e armazenamento das sub-bacias com LID

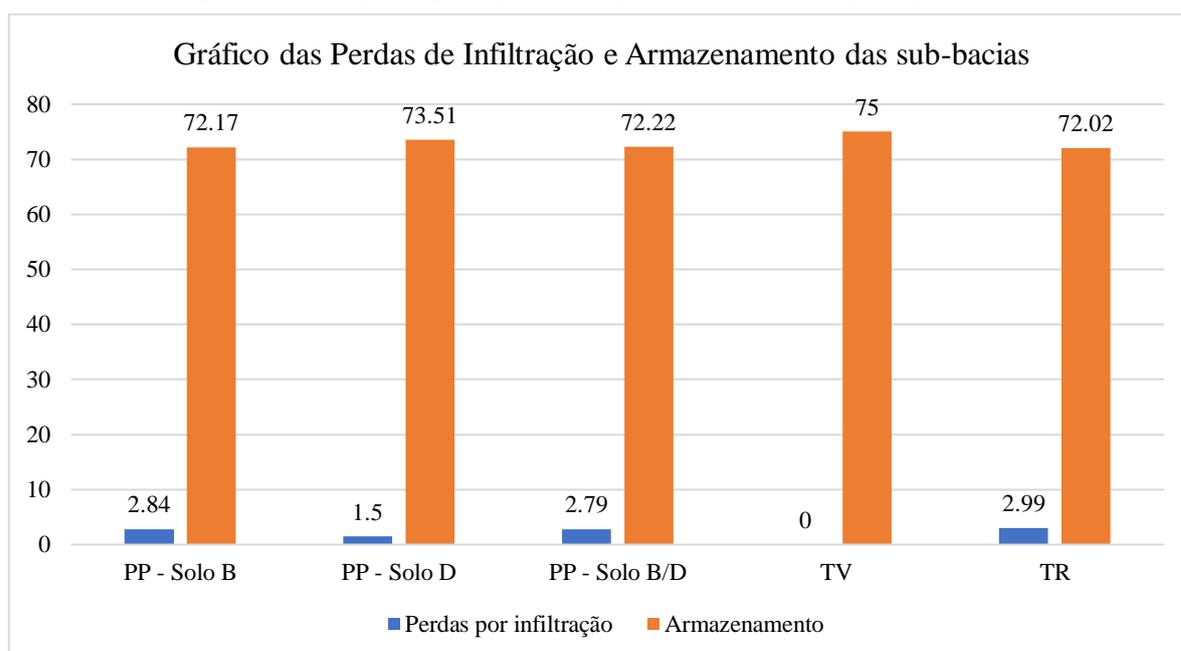
Com a análise do resultado na modelagem, observou-se que apesar da redução da vazão ter sido semelhante para todas as medidas de controle de escoamento, os resultados internos são diferentes em relação as perdas por infiltração e armazenamento das sub-bacias com LID. Observou-se ainda uma relação dos valores das perdas de infiltração e armazenamento das sub-bacias que utilizaram o pavimento permeável com o tipo de solo utilizado, como mostram a Tabela 9 e a Figura 45.

Tabela 9 – Divisão das sub-bacias por tipo de LID relacionando perda de infiltração e armazenamento.

Dispositivos	Sub-bacias
PP - Solo B	S2, S7, S47, S52, S57
PP - Solo D	S12, S22, S27, S62, S72, S77, S82, S87, S92, S97, S102, S107, S112, S117, S122
PP - Solo B/D	S17, S32, S37, S42, S67
TV	S3, S8, S23, S28, S48, S53, S58, S63
	S13, S73, S83, S88, S93, S98, S103, S108, S113, S118, S123
	S18, S33, S38, S43, S68
TR	S4, S9, S14, S19, S24, S29, S34, S39, S44, S49, S54, S59, S64, S69, S74, S79, S84, S89, S94, S99, S104, S109, S114, S 119, S24

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 45 – Relação da perda por infiltração e armazenamento por tipo de LID.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com os dados apresentados, pôde-se perceber que os valores de perda por infiltração para as sub-bacias que utilizaram pavimento permeável estavam diretamente ligados com o tipo de solo, sendo o solo B aquele que apresentou maiores perdas por infiltração, seguido das sub-bacias que possuem solo do tipo B e D, e por fim as sub-bacias com solo D. O que era de se esperar visto que o solo B tem como característica boa capacidade de infiltração.

O telhado verde, como dispositivo, não apresentou perda de infiltração, pois a falta de solo base eliminou a possibilidade de ocorrência de perdas, armazenando toda a precipitação do projeto. Enquanto, a trincheira de infiltração, foi o dispositivo que apresentou a maior taxa de perda por infiltração, mesmo sem a possibilidade de preenchimento do tipo de solo nos dados de entrada do SWMM.

Com base nas informações fornecidas acima, pode-se concluir que o pavimento permeável é considerado o dispositivo com maior flexibilidade de dados de entrada. Isso ocorre porque o pavimento permeável possui a vantagem de ser mais afetado pelas características do solo em relação à infiltração, ao contrário dos outros dispositivos, como o telhado verde ou a trincheira de infiltração.

4.9 Viabilidade de implantação de dispositivos

Com o cenário de desenvolvimento urbano, a implementação de medidas estruturais em bacia hidrográfica se torna imprescindível, contudo, há variáveis que podem restringir sua implantação, tais como o alto custo, a interferência com infraestruturas existentes, as limitações de espaço e outros desafios logísticos. No entanto, isso não significa que as técnicas LID não possam ser aproveitadas em áreas selecionadas da bacia, onde sua aplicação tenha um bom custo-benefício.

Para isso, é necessário considerar os custos de implantação, que vão desde o projeto de concepção até a mão de obra especializada. Além disso, deve-se considerar os gastos associados à manutenção periódica, como limpeza, reparos e substituições, que garantirão o funcionamento eficiente e a longevidade dessas estruturas sustentáveis, como também, as áreas disponíveis.

A impermeabilidade está diretamente ligada ao escoamento superficial da água pluvial. A ausência de um dispositivo de retenção como uma trincheira de infiltração pode produzir problemas de drenagem, favorecendo a acumulação de água em áreas das residências ou até mesmo causando inundações. A utilização das trincheiras de infiltração em espaço público também se torna uma boa alternativa para a diminuição de acúmulos de água advindo das chuvas.

Os pesquisadores Graciosa, Mendiondo e Chaudhry (2008) conduziram uma análise de custos diretos relacionados à implantação de trincheiras de infiltração, obtendo um valor estimado de aproximadamente R\$ 355,20 reais por metro cúbico. Porém, algumas habitações residenciais apresentam características que as tornam completamente impermeáveis, o que impossibilita a implantação de uma trincheira de infiltração. Sendo necessário explorar outras alternativas para gerenciar adequadamente o fluxo de água e evitar problemas ambientais e estruturais, então, os pavimentos permeáveis e o telhado verde foram destacados nesse trabalho como outras alternativas.

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento na implementação dos painéis solares como uma opção altamente procurada para a produção de energia elétrica, e essa crescente adoção tem criado uma disputa significativa pelo espaço nas coberturas com os telhados verdes.

Uma possível abordagem para resolver essa disputa é o desenvolvimento de projetos que incorporem elementos de ambos os sistemas, conhecidos como *solar green roofs*, permitem que os painéis solares sejam instalados de forma integrada aos telhados verdes. Essa integração pode ser alcançada através do uso de tecnologias inovadoras, como painéis solares convencionais, transparentes ou semitransparentes, que possibilitam a penetração da luz solar para benefício das plantas presentes nos telhados verdes (Buck, 2020; Ciriminna; Meneguzzo; Pagliaro, 2019; Fleck *et al.*, 2022). Ademais, é fundamental uma análise dos aspectos técnicos e estruturais, considerando o peso, a capacidade de carga e a resistência dos edifícios para garantir a segurança e durabilidade desses sistemas combinados.

Quanto ao custo com a implantação do telhado verde, de acordo com o estudo realizado por Frizon *et al.* (2018), o preço para a implantação dos telhados verdes foram estimados em R\$ 321,64 por metro quadrado. Embora esse valor seja mais elevado do que a instalação de um telhado apenas com laje, os benefícios de isolamento térmico e conforto proporcionados pelo telhado verde foram comprovados, tornando o investimento vantajoso.

Portanto, mesmo que o custo inicial seja maior, é importante levar em consideração os benefícios a longo prazo que um telhado verde pode trazer para o bem-estar dos ocupantes do edifício, a economia de energia e os impactos positivos no meio ambiente. Esses fatores podem compensar o investimento inicial, tornando os telhados verdes uma boa opção para projetos de construção sustentável e que mitiguem os impactos das chuvas.

Por fim, o pavimento permeável apresenta opções de implantação bastante variada, podendo abranger ornamentação de áreas externas, como jardins, pátios, calçadas, estacionamentos e espaços públicos. Esse dispositivo apresenta benefícios que vão além do

aspecto estético, promovendo a sustentabilidade ambiental e contribuindo para uma gestão eficiente das águas pluviais.

Entretanto, existe um significativo aporte financeiro para implantação de pavimento permeável. O estudo realizado por Ogawa (2019), levantou que o custo dessa técnica foi de R\$ 534,34 para cada metro cúbico de vazão pluvial amortecido, configurando uma elevação financeira de 39% em comparação ao sistema de drenagem convencional. Apesar do custo adicional, o autor afirma ser tecnicamente viável e que resultam em impactos econômicos benéficos relacionados à contenção das cheias, evitando sua transferência para jusante.

4.10 Relação das doenças de veiculação hídrica com o período chuvoso

Pela avaliação do questionário foi possível notar a baixa relação das doenças de veiculação hídrica com o período chuvoso, uma vez que 90,09% dos respondentes indicaram que não ocorreu casos em sua família, em que foi necessário procurar por atendimento médico por conta de alguma doença neste período. Provavelmente, pelo fato de as pessoas não terem conhecimento da relação da falta de funcionamento adequado da drenagem urbana com a proliferação dos vetores que causam doenças.

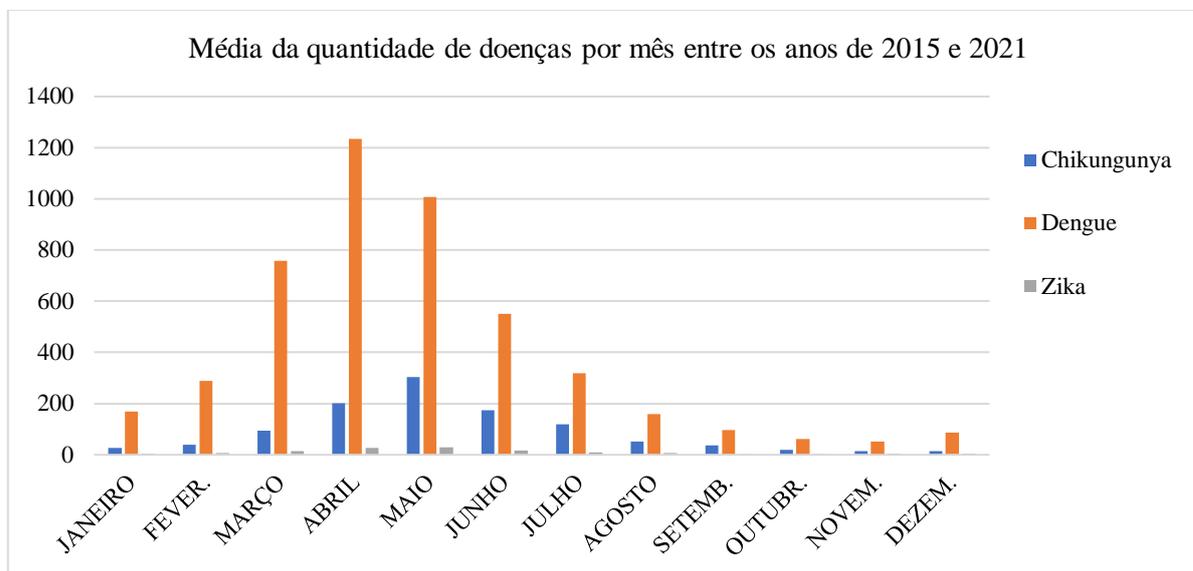
Quanto aos dados solicitados à Fundação Municipal de Saúde (FMS) de Teresina para realização do levantamento das doenças como a leptospirose, amebíase, DDA (Doenças Diarreicas Aguda), esquistossomose, shigelose, hepatite A, tétano acidental, dengue, chikungunya, zika, febre tifoide e paratifoide, a fim de estabelecer a relação entre as incidências das mesmas com o saneamento básico, mostrou outro resultado.

Dos agravos solicitados, a FMS forneceu somente informações sobre DDA, dengue, chikungunya e zika. A planilha fornecida, em formato *.xls*, trouxe como informação a faixa etária e gênero, dividindo por semana epidemiológica dos casos entre os anos de 2015 a 2021. Dos dados fornecidos nas planilhas da dengue, zika e chikungunya destacam-se, conforme solicitado, data exata da notificação, data do nascimento do paciente, podendo assim descobrir a idade, gênero e o bairro da notificação. No caso do agravo da dengue, foram entregues planilhas dos anos de 2011 a 2021, com exceção da planilha do ano de 2020 que não foi anexada com as demais, enquanto da zika os dados são correspondentes aos anos de 2015 a 2022, e da Chikungunya dos anos de 2014 a 2022.

A partir da análise dos dados coletados, foi possível observar que as doenças analisadas apresentaram sua maior incidência no primeiro semestre do ano, coincidindo com o período em

que a quantidade de precipitação é mais elevada na região do município de Teresina, como indicado na Figura 46.

Figura 46 – Média da incidência de Chikungunya, Dengue e Zika por mês entre 2015 e 2021.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para confirmar os meses com maior incidência das doenças buscou-se no Banco de Dados Meteorológicos do INMET os valores de precipitação de Teresina. A Tabela 10, apresenta a média das precipitações em milímetros durante o período compreendido entre os anos de 2000 e 2022, onde percebeu-se que o mês de março possui maior índice pluviométrico, coincidindo com o tempo necessário de proliferação do vetor causador das doenças e contágio da população.

Tabela 10 – Média de precipitação (mm) entre os anos de 2000 e 2022.

Precipitação (mm)											
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
197,22	251,54	289,56	261,76	106,04	22,90	15,45	7,73	11,02	22,43	40,27	102,00

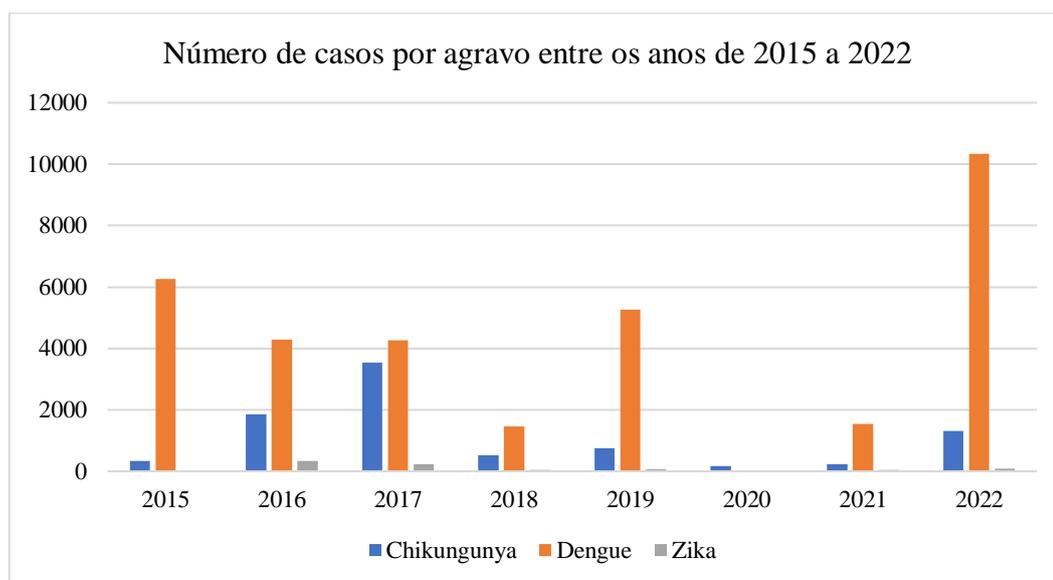
Fonte: Elaborado pela autora com os dados do BDMEP, 2023.

Também foi possível verificar que o bairro Itararé, segundo bairro mais citado, apareceu em primeiro colocado na lista dos bairros que notificaram mais casos de dengue, zika e chigunkunya.

Outra verificação é que, apesar dos questionados não associarem as doenças de veiculação hídrica com o período chuvoso, os dados fornecidos pela FMS mostram a relação

direta do período chuvoso com o aumento de casos, conforme Figura 47. A possível razão dessa contradição pode estar relacionada ao fato de os respondentes do questionário não perceberem ou não fazerem a associação da ocorrência da doença com o período chuvoso, como origem da doença, que, por vezes, está associada ao mosquito *Aedes*.

Figura 47 – Número de casos de Chikungunya, Dengue e Zika por ano.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante o período da pandemia da COVID-19, houve uma observação de uma diminuição dos casos de doenças, incluindo a dengue, no entanto, nos meses de janeiro a agosto de 2022, registrou-se um crescimento no número de casos. A sobrecarga do sistema de saúde devido ao tratamento dos pacientes afetados pela COVID-19 pode ter impactado na notificação e o devido acompanhamento de outras doenças. Como resultado, alguns diagnósticos e tratamentos podem não ter sido devidamente relatados, levando a uma aparente redução nos casos durante a pandemia.

Pesquisas recentes, como as de Santos e Joviliano (2023) e Lisboa *et al.* (2022), abordam essa relação entre a pandemia de COVID-19 e a diminuição de registros de casos de outras doenças. Esses estudos destacam a importância de ações pela saúde pública com equipe multidisciplinar e o incentivo à pesquisa científica sobre o assunto.

5. CONCLUSÃO

O estudo mostrou, por meio das entrevistas, das informações contidas no plano diretor de drenagem urbana e no plano de saneamento básico, bem como nas respostas dos questionários, que grande parte da área urbana de Teresina apresenta problemas de drenagem urbana. Contudo, a prefeitura finalizou a elaboração de projetos de algumas sub-bacias para mitigação das águas pluviais. As respostas dos questionários apresentam várias regiões variando de prioridade 1, 2 e 3 nos planos.

Observou-se que, inicialmente, a administração pública seguiu a orientação do Plano Diretor de Drenagem Urbana e do Plano Municipal de Saneamento, elaborando primeiro os projetos das sub-bacias consideradas de grau 1 em ambos os planos. Entretanto, em um segundo momento, a gestão escolheu sub-bacias de prioridade 3, precedendo a necessidade apontada nos planos de sub-bacias com prioridade 2.

Para a modelagem das sub-bacias escolhidas a partir dos questionários, foram utilizados pavimento permeável, telhado verde e trincheira de infiltração, com cenários nos quais essas técnicas ocupavam 5%, 10% e 15% da área total de cada sub-bacia. A eficiência desses dispositivos em cada cenário foi semelhante, com a redução do pico de vazão variando de acordo com a área de urbanização.

Quanto aos resíduos sólidos, os questionados responderam estar satisfeitos com a coleta dos resíduos domiciliares. No entanto, não estavam satisfeitos com a limpeza urbana. Tais informações também foram confirmadas pelo técnico da prefeitura entrevistado, havendo, portanto, uma convergência nas informações obtidas. Notou-se, também, que os questionados que responderam de forma negativa e simultânea sobre os serviços de varrição, capina e retirada desses materiais residem nos mesmos bairros que se destacaram como regiões com problemas de drenagem urbana. Com isso, considera-se que existe uma ligação entre os manejos dos resíduos sólidos e os problemas de drenagem urbana.

Embora os participantes do questionário não tenham associado as doenças de veiculação hídrica com o período chuvoso, os dados coletados pela FMS revelam que o período de incidência da dengue, zika e Chikungunya ocorre um pouco após o pico de chuvas. Esse padrão pode ser atribuído ao tempo necessário para o vetor dessas doenças se reproduzir.

campo das áreas com drenagem deficitária destacadas nesta pesquisa, pois eles desempenham um papel crucial na busca por soluções estratégicas altamente eficazes na promoção e adoção abrangente de práticas de LID. Esses dados consolidados são essenciais para traçar estratégias inovadoras que aprimorem significativamente a gestão pública,

permitindo uma melhor abordagem na execução das práticas de manejo ambiental e a promoção da implantação de políticas públicas que estimulem a inserção de dispositivos sustentáveis como medida complementar ao sistema de drenagem urbana.

Por fim, recomenda-se uma comunicação constante e multissetorial da administração pública, juntamente com a participação social, para que as informações, como limpeza urbana, incidência de doenças e problemas de drenagem urbana, estejam atualizadas. Dessa forma, a gestão poderá executar ações públicas de fortalecimento do saneamento básico.

REFERÊNCIAS

AHIABLAME, L. M.; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. **Water, Air, Soil Pollut**, [s. l.] v. 223, p. 4253-4273, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1189-2>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez17.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11270-012-1189-2>. Acesso em: 22 jul. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores. Brasília – DF. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Sanitation, Arboviruses, and Environmental Determinants of Disease impacts on urban health. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 3857-3868, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/SYkNjBXG7JMCJxCjshr7sLB/?lang=pt&format=htm>. Acesso em: 04 abr. 2022.

ALVES, E. M. **Medidas não-estruturais na prevenção de enchentes em bacias urbanas: cenários para a bacia do Gregório**, São Carlos-SP. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ALVES, R. J. L. Vírus Zika na história das doenças: da malformação na gestação às políticas públicas no campo da saúde reprodutiva da mulher. **Revista eletrônica História em Reflexão**, Dourados, v. 12, n. 23, p. 235- 254, jan/jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.30612/rehr.v12i23.6240>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/historiaemreflexao/article/view/6240>. Acesso em: 04 abr. 2022.

ARRUDA, R. DE O. M.; SOUZA, P. C. de; ROSINI, E. F.; AZEVEDO, F. D. Ocorrência de casos de doenças diarreicas agudas e sua relação com os aspectos sanitários na região do Alto Tiete, São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [s. l.], v. 15, n. 34, p. 53-61, dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/Hygeia153449903>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/49903/28512>. Acesso em: 02 abr. 2022.

AZEVEDO, F. S. A.; SILVA, G. J. A.; SILVEIRA, J. A. R.; FILHO, M. N. M. B. Simulação hidrológica de biorretenção: análise de eficiência de técnicas compensatórias para mitigar impactos da urbanização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 6, p. 1-12, nov/dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200349>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/5QvLtgSBgdshTx47YyDpDqy/?lang=pt>. Acesso em: 02 set. 2023.

AZEVEDO, R. DO S. DA S.; OLIVEIRA, C. S.; VASCONCELOS, P. F. DA C. Chikungunya risk for Brazil. **Revista Saúde Pública**, Ananindeua, v. 49, p. 1-6, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2015049006219>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rsp/a/kb49bVV6xWxJWfyszfjCCXJ/?lang=en#>. Acesso em: 07 mar. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 1 jan. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.143, de 28 de novembro de 2019. Altera o Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018, que dispõe sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Brasília: Diário Oficial, 29 de novembro de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Diário Oficial, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial, 28 de abril de 1999.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Diário Oficial, 01 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6o e 50 da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial, 11 de dezembro de 2009.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o novo marco legal do saneamento básico. Brasília: Diário Oficial, 16 de julho de 2020. Brasil, 2020a.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2022a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dengue**. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dengue>. Acesso em: 01 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças diarreicas agudas (DDA)**. 2020c. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda#:~:text=As%20doen%C3%A7as%20diarreicas%20agudas%20\(DDA\)%20podem%20ser%20causadas%20por%20diferentes,o%20est%C3%B4mago%20e%20o%20intestino](https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dda#:~:text=As%20doen%C3%A7as%20diarreicas%20agudas%20(DDA)%20podem%20ser%20causadas%20por%20diferentes,o%20est%C3%B4mago%20e%20o%20intestino). Acesso em: 03 abr. 2022.

BRASIL: **Plano Nascente Parnaíba**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba / Eduardo Jorge de Oliveira Motta e Ney E. Wanderley Gonçalves

(organizadores). Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasp) / Editora IABS, Brasília-DF, Brasil - 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.

BRASÍLIA, DF. Senado Federal. 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/12/13/senado-aprova-pec-do-iptu-verde-em-votacao-unanime>. Acesso em: 21 fev. 2023.

BRUNDAGE, S. C.; FITZPATRICK, A. C. Hepatite A. **American Family Physician**, [s. l.], v. 72, n. 13, p. 2162-2168, jun. 2006. Disponível em: <https://www.aafp.org/afp/2006/0615/p2162.html>. Acesso em: 08 abr. 2022.

BUCK, C. R. B. Avaliação de materiais urbanos na melhoria do conforto térmico no bairro de Jardim Catarina em São Gonçalo, região metropolitana do Rio de Janeiro, Niterói-RJ. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2020.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2ª edição. São Paulo. Editora Oficina de Textos, 2014.

CARNEIRO, E.; LOPES, W.; ESPINDOLA, G. Linking Urban Sprawl and Surface Urban Heat Island in the Teresina–Timon Conurbation Area in Brazil. **Land**, [s. l.], v. 10, n. 516. p. 1-16, mai. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10050516>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/5/516>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. São Paulo: CEMADEN, 2021.

CARNEIRO, K. F. da S.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, estado do Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 31–40, 2019. DOI: [10.21680/2447-3359.2019v5n2ID18388](https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n2ID18388). Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/18388>. Acesso em: 2 set. 2023.

CHAMMARTIN, F.; HÜRLIMANN, E.; RASO, G.; N'GORAN, E. K.; UTZINGER, J.; VOUNATSOU, P. Statistical methodological issues in mapping historical schistosomiasis survey data. **Acta Tropical**, [s. l.], v. 128, p. 345-352, nov. 2013 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.04.012>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0001706X1300123X>. Acesso em: 04 abr. 2022.

CHAVES, S. V. V.; ANDRADE, C. S. A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí e o perfil da população vulnerável às inundações. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 1-30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27nesp1p159>. Disponível em:

<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27nesp1p159>. Acesso em: 26. jan. 2022.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 94-108, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S307>. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sdeb/2019.v43nspe3/94-108/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

COFFMAN, L. S. **Low-Impact Development Design: a new paradigm for stormwater management mimicking and restoring the natural hydrologic regime an alternative stormwater management technology**. Water Resources and the Urban Environment, Maryland County, US (1997).

CONCEIÇÃO, F. S.; RODRIGUES, Z. M. R. Geografia da saúde: contexto dos agravos relacionados à água na bacia hidrográfica do rio boa hora, município de Urbano Santos, MA. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 13, n. 28, p. 148-155, dez. 2017. DOI: <http://doi.org/10.14393/Hygeia132612>. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/39734>. Acesso em: 20 jun. 2021.

COURY, B. F.; ANDRADE, A. F.; FIGUEIREDO, B. Q. de.; SANTOS, F. J. F.; OLIVEIRA, J. P. G. de.; SANTOS, N. P. F.; AMÂNCIO, N. de F. G. Epidemiological profile of dengue in Brazil and its correlation with the precarious conditions of basic sanitation. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 1-7, ago. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.19207. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19207>. Acesso em: 11 abr. 2022.

CREESH, N. MC.; BOOTH, M. Challenges in predicting the effects of climate change on *Schistosoma mansoni* and *Schistosoma haematobium* transmission potential. **Trends in Parasitology**, [s. l.], v. 29, p. 548-555, nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.08.007>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1471492213001438>. Acesso em: 04 abr. 2022.

CIRIMINNA D.; FERRERI G. B.; NOTO L. V.; CELAURO C. Numerical Comparison of the Hydrological Response of Different Permeable Pavements in Urban Area. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 1-14, mar/mai. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095704>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5704>. Acesso em: 15 jan. 2023.

CIRIMINNA, R.; MENEGUZZO, F.; PECORAINO, M.; PAGLIARO, M. Solar Green Roofs: A Unified Outlook 20 Years On. **Energy Technology**, [s.l.], v. 7, n. 6, p. 1-7, mar. 2019. DOI: <https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ente.201900128>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/ente.201900128#>. Acesso em: 2 jul. 2023.

CURY, J. Famílias alagadas no Ilhotas e na Primavera começam a deixar as casas. **Cidade Verde**, Teresina, 6 de abril de 2019. Disponível em:

<https://cidadeverde.com/noticias/296985/familias-alagadas-no-ilhotas-e-na-primavera-comecam-a-deixar-as-casas>. Acesso em: 17 jan. 2023.

CURY, J. Carro com duas pessoas é arrastado pela correnteza e cai em lagoa. **Cidade Verde**, Teresina, 28 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/212011/carro-com-duas-pessoas-e-arrastado-por-correnteza-e-cai-em-lagoa>. Acesso em: 17 jan. 2023.

DUARTE, J. L.; DIAZ-QUIJANO, F. A.; BATISTA, A. C.; DUARTE, A. F.; MELCHIOR, L. A. K.; GUIATI, L. L. Variabilidade climática e internações por doenças diarreicas infecciosas em um município da Amazônia Ocidental brasileira. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 8, p. 2959-2970, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018248.21232017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/kpbJysPd83VNDvwMPLR68Vn/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2022.

DRUMOND, P. P., MOURA, P. M., SILVA, T. F. G., RAMIRES, J. C., SILVA, L. R. V. Citizens's perception on stormwater management and use of on-site stormwater detention in Belo Horizonte/Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 27, n. 10, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.272220210137>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/DTYsvSZy5WRFhh6fCkhzMXH/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

ECKART, K.; PHEE Z.; BOLISSETTI, T. Performance and implementation of low impact development – A review. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 607-608, p. 413-432, dec. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969717316819?via%3Dihub>. Acesso em: 27 jul. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed. DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 05 jan. 2023.

EXPEDITO J.A. L.; FIGUEIREDO, G. M.; LEVI, J. E.; CAMPOS, S. R. S. L. C.; FELIX, A. C.; SOUZA, N. S.; FIGUEIREDO, W. M.; COSTA, A. A.; CARDOSO, M. R. A.; PANNUTI, C. S. A cohort study to assess the incidence of dengue, Brazil, 2014–2018. **Acta Tropical**, [s. l.], v. 204, p. 1-15, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105313>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0001706X19313713>. Acesso em: 04 abr. 2022.

FARRAR, J. J.; IENE, L. M.; COZINHE, T.; FAIRWEATHER, N.; BINH, N.; PARRY, J.; PARRY, C. M. Tetanus. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, [s. l.], v. 69, p. 292-301, set. 2000. DOI: <http://dx-doi.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1136/jnnp.69.3.292>. Disponível em: <https://jnnp-bmj-com.ez17.periodicos.capes.gov.br/content/69/3/292>. Acesso em: 09 mar. 2022.

FASSMAN, E. A.; BLACKBOURN, S. Urban Runoff Mitigation by a Permeable Pavement System over Impermeable Soils. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 15, n. 6, p.475-485. jun. 2010. DOI: 10.1061/_ASCE_HE.1943-5584.0000238. Disponível em: <https://ascelibrary-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0000238>. Acesso em: 10 jan. 2023.

FÁTIMA, M.; CABRAL, J. J. S. P. Impacto na Saúde por Deficiência de Drenagem Urbana no Município de Jucurutu – RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 181-191, jul./set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p181-191>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=109&SUMARIO=1631>. Acesso em: 15 jun. 2021.

FELIZARDO, N. Chuva de 10 minutos inunda rua no Lourival Parente. **Cidade Verde**, Teresina, 27 de outubro 2009. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/46934/chuva-de-10-minutos-inunda-rua-no-lourival-parente>. Acesso em: 27 jan. 2023.

FEITOSA, B. J. C. S.; GOMES, J. A. C.; L. O.; RIBEIRO, M. S.; FORTES, A. C. C. Gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Teresina-P/i por meio dos pontos de recebimento de resíduos. **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, p. 1-7, nov. 2019. Trabalho apresentado no 10º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2019, Fortaleza-CE.

FERREIRA, M. de P.; GARCIA, M. S. D. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 12, jul. 2017. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em: 23 jun. 2021.

FLECK, R.; GILL, R.; PETTIT, T. J.; TORPY, F. R.; IRGA, P. J. Bio-solar green roofs increase solar energy output: The sunny side of integrating sustainable Technologies. **Building and Environment**, [s.l.], v. 226, p. 1-10, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109703>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322009337>. Acesso em: 1 jul. 2023.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; SCOTT, A.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, London, v. 12, n. 7, p. 525-542, jul. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2014.916314>. Acesso em: 6 jun. 2021.

FONTELLES, M. J., SIMÕES, M. G., ALMEIDA, J. C., FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa: diretrizes para o cálculo do tamanho da amostra. **Revista**

Paraense de Medicina, v 24, n.2, abr./jun. 2010. Disponível em:
<http://files.bvs.br/upload/S/0101-5907/2010/v24n2/a2125.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.

FONTENELE, L. Forte chuva causa alagamento e queda de energia em diversos pontos de Teresina. **Teresina. Oitomeia**, Teresina, 20 de março de 2021. Disponível em:
<https://www.oitomeia.com.br/noticias/2021/03/28/forte-chuva-causa-alagamento-e-queda-de-energia-em-diversos-pontos-de-teresina/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FORGIARINI, F. R.; PACHALY, R. L.; FAVARETTO, J. Análises espaciais de doenças diarreicas e sua relação com o monitoramento ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 963-972, out. 2018. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522018169681>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/esa/a/bgRZQF97jyBRzRQwB8cSwMQ/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2022.

FORTE chuva em Teresina derruba árvores e deixa bairros sem luz há mais de 17h. **G1 PI**, Teresina, 1 de janeiro de 2021. Disponível em:
<https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/01/01/forte-chuva-em-teresina-derruba-arvores-e-deixa-bairros-da-zona-norte-sem-luz-ha-mais-de-12h.ghtml>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FORTE chuva trouxe prejuízos para população e instituições públicas em Teresina. **Parlamento Piauí**, Teresina, 3 de novembro 2020. Disponível em:
<https://www.parlamentopiaui.com.br/noticias/outros-poderes/forte-chuva-trouxe-prejuizos-para-populacao-e-instituicoes-publicas-em-teresina-188477.html>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FREITAS, L. Forte chuva em Teresina deixa ruas e casas alagadas em vários bairros; veja flagrantes. **Cidade Verde**, Teresina, 15 de março de 2019. Disponível em:
<https://cidadeverde.com/noticias/295467/forte-chuva-em-teresina-deixa-ruas-e-casas-alagadas-em-varios-bairros-veja-flagrantes>. Acesso em: 27 jan. 2023.

FRIZON, A. J.; LÁZARO, P. H. B.; KEMPTER, E. D.; CANTERAS, F. B. Green roofs as an alternative to sustainable buildings. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [s.l.], v. 13, n. 5, p. 620–629, 2018. DOI:
10.18378/rvads.v13i5.6197. Disponível em:
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/6197>. Acesso em: 25 jul. 2023.

GAVA, T.; FINOTTI, A. R. Resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio do meio, Florianópolis/SC. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 80-102, 2012. Disponível em:
<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/24>. Acesso em: 18 jun. 2021.

GENOVEZ, A. M.; NETO, F. L.; SARTORI, A. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n.4, p.05-18, out/dez. 2005. Disponível em:
<https://abrh.s3.sa-east->

1.amazonaws.com/Sumarios/26/6c2ebe52f7043b800f2879be8e09bd55_624e887e937b744607e1fe0d08b69e6d.pdf. Acesso em 29 jan. 2023.

GHODSI, S. H.; ZAHMATKESH, Z.; GOHARIAN, E.; KERACHIAN, R.; ZHU, Z. Optimal design of low impact development practices in response to climate change. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 580, p. 1-22, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124266>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419310017>. Acesso em: 29 mai. 2021.

GIBANI, M. M.; BRITTO, C.; POLLARD, A. J. Typhoid and paratyphoid fever: a call to action. **Current Opinion in Infectious Diseases**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 440-448, out. 2018. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000479. Disponível em: <https://ocean.ovid.ez17.periodicos.capes.gov.br/article/00001432-201810000-00010/HTML>. Acesso em: 02 abr. 2022.

GONÇALVES, Í. H. P. **Resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana na bacia do Arroio Tamandaí em Santa Maria-RS**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

GONZÁLEZ, S. C. V.; BARBOSA, Y. M.; OLIVEIRA, A. C. de.; ARAUJO, K. C. G. M. de. Environmental sanitation and schistosomiasis in a community in Northeast Brazil. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 1-9, jul. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17382. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17382>. Acesso em: 9 abr. 2022.

GRACIE, R.; XAVIER, D. R.; MEDRONHO, R. Inundações e leptospirose nos municípios brasileiros no período de 2003 a 2013: utilização de técnicas de mineração de dados. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 5, p. 1-15, 2021. DOI: 10.1590/0102-311X00100119. Disponível em: <https://www.scielo.br/jcspaqZdT3SFLnHP3Q8GhFpvn9mabstractlang=pt>. Acesso em: 09 abr. 2022.

GRACIOSA, M. C. P.; MENDIONDO, E. M.; CHAUDHRY, F. H. Metodologia para o dimensionamento de trincheira de infiltração para o controle do escoamento superficial na origem. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 2, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002519413>. Acesso em: 30 jul. 2023.

GRANJA, A. D., KOWALTOWSKI, D. C. C. K., PINA, S. A. M. G., FONTANINI, P. S. P., BARROS, L. A. F., PAOLI, D. D., JACOMIT, A. M., MAÇANS, R. M. R. A natureza do valor desejado na habitação social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/7414/5487>. Acesso em: 30 jan. 2023.

GREEN ROOF THECNOLOGY. **Green roofs types**. Disponível em: <http://www.greenrooftechnology.com/resources>. Acesso em: 15 jan. 2023.

GREGIANINI, T. S.; RANIERI, T.; FAVRETO, C.; NUNES, Z. M. A.; GIANNINI, G. L. T.; SANBERG, N. D.; ROSA, M. T. M. da; VEIGA, A. B. G. da. Emerging

arboviruses in Rio Grande do Sul, Brazil: Chikungunya and Zika outbreaks, 2014-2016. **Reviews in Medical Virology**, [s. l.], v. 27, n. 6, set. 2017. DOI: <https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1002/rmv.1943>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez17.periodicos.capes.gov.br/action/showCitFormats?doi=10.1002%2Frmv.1943>. Acesso em: 01 abr. 2022.

GUIMARÃES, R. M.; CRUZ, O. G.; PARREIRA, V. G.; MAZOTO, M. L.; VIEIRA, J. D.; ASMUS, C. I. R. F. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 19, p. 3683-3692, set. 2014. DOI: 10.1590/1413-81232014199.06432014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/Q9mtT7P5dCTcvtdhxxhG66Qp/?lang=pt>. Acesso em: 05 abr. 2022.

GURGEL, H.C.; BILLA, M.; MAZZEGA, P. Água, saúde e territórios: uma breve discussão. **Paranoá**, Brasília, n. 10, p. 15-24, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n10.2013.12120>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10632/9358>. Acesso em: 28 mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico** (2022). <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-2020-censo4.html>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso: 23 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Agenda 2030. 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 6 Mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa de Informação Básica Municipais. **Perfil dos municípios Brasileiros**. 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf>. Acesso em 10 fev. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Agenda 2030**. Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão Ministro. 2018. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/publicacoes.html>. Acesso em: 22 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 21 jul. 2023.

KANG, N.; KIM, S. J.; KIM, Y.; NOH, H.; HONG, Y. K.; KIM, H. S. Urban Drainage System Improvement for Climate Change Adaptation. **Water**, [s. l.], v. 8, n. 7, p. 1-16,

jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8070268>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/8/7/268/htm#>. Acesso em: 20 abr. 2021.

KIM, S.; LEE, K. S.; PAK, G D.; EXCLER, J. L.; SAHASTRABUDDHE, S.; MARCOS, F.; KIM, J. H.; MOGASALE, V. Spatial and Temporal Patterns of Typhoid and Paratyphoid Fever Outbreaks: A Worldwide Review, 1990–2018. **Clinical Infectious Diseases**, [s. l.], v. 69, p. 499-509, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciz705>. Disponível em: https://academic.oup.com/cid/article/69/Supplement_6/S499/5609453. Acesso em: 02 abr. 2022.

KOFF, R. S. Hepatitis A. **The Lancet**, [s. l.], v. 351, p. 1643-1649, mai. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)01304-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)01304-X). Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S014067369801304X>. Acesso em: 08 abr. 2022.

KOTSIRIS, G.; NEKTARIOS P.A.; PARASKEVOPOULOU, A. T. Lavandula angustifolia growth and physiology is affected by substrate type and depth when grown under mediterranean semi-intensive green roof conditions. **HortScience horts**. v. 47, p. 311-317, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.2.311>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/47/2/article-p311.xml>. Acesso em: 15 jan. 2023.

LEVERMORE, G.; PARKINSON, J.; LEE, K.; LAYCOCK, P.; LINDLEY, S. The increasing trend of the urban heat island intensity. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 360-368, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2212095517300111>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LICCO, E. A.; DOWELL, S. F. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 1-16, 2015. Disponível em: https://www.sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

LIMA, E. C. de; GLOWACKI, J.; BARROSO, L. F.; FONSECA, N. C.; ZANCAN, S.; SILVEIRA, A. de. Tetanus: A public health problem in Brazil despite prevention strategies and measures. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 5, e20010514877, p. 1-10, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14877>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14877/13319>. Acesso em: 09 mar. 2022.

LIMA, N. Forte chuva deixa ruas alagadas e causa transtornos em Teresina. **Cidade Verde**, Teresina, 15 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/360924/forte-chuva-deixa-ruas-alagadas-e-causa-transtornos-em-teresina>. Acesso em: 17 jan. 2023.

LISBOA, T. R., SERAFIM, I. B. M., SERAFIM, J. C. M., RAMOS, A. C.; NASCIMENTO, R. M; RONER, M. N. B. Relationship between the incidence of

arbovirus cases and the pandemic of COVID-19. **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s.l.] v. 6, n. 10, p. 31-36, 2022. <https://doi.org/10.18226/25253824.v6.n10.04>. Disponível em: <https://sou.ucs.br/revistas/index.php/ricaucs/article/view/103>. Acesso em: 01 jul. 2023

MAO, X.; JIA, H.; YU, S. L. Assessing the ecological benefits of aggregate LID-BMPs through modelling. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 353, n. 10, p. 139-149, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.10.018>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0304380016305932>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MARTIN, C; RUPERD, Y; LEGRET, M. Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 181, n. 1, p. 338-349, ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.019>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0377221706004358?via%3Dihub>. Acesso em: 23 mai. 2021.

MEBRATU, A. Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. 493-520, nov. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00019-5). Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0195925598000195>. Acesso em: 29 m ac. 2022.

MELO, T. A. T. **Jardim de Chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas. 2011.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2011.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; LASSABATERE, L. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 53-72, jul./set. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000300092>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/gghrq58K36hBFDyJ8zq5ZMv/?lang=pt>. Acesso em: 25 dez. 2022.

MENEZES, A. M. F.; ALMEIDA, K. T.; AMORIM, A. dos S. de; LOPES, C. M. R. Perfil epidemiológico da dengue no Brasil entre os anos de 2010 à 2019. **Brazilian Journals of Health Review**, São José dos Pinhais, v. 4, n. 3, p. 13047- 13058, mai. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n3-259>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/31260>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MONTEIRO, C. B. **Bases técnicas para reformulação da atual legislação referente ao volume do reservatório de detenção na cidade de Teresina/PI.** 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2021.

MCBRIDE, A. J. A.; ATHANAZIO, D. A.; REIS, M.; KO, A. Leptospirosis. **Current Opinion in Infectious Diseases**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 376-386, out. 2005. DOI: 10.1097/01.qco.0000178824.05715.2c. Disponível em: <https://ocean.ovid.ez17.periodicos.capes.gov.br/article/00001432-200510000-00003/HTML>. Acesso em: 03 abr. 2022.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, Botucatu, v. 10, n. 14, p. 275-278, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-54492011000400001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jvb/a/Dxg84WBMPnNrVcpKMXyVfHd/?lang=pt#>. Acesso em: 30 jan. 2023.

MORUZZI, R. B.; TRINDADE, S. G. Subsídios para implantação de trincheiras de infiltração na área urbana de Rio Claro-São Paulo. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 148-170, abr. /jun. 2011. Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/134746>. Acesso em: 02 set. 2023.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/index.php/pt-br/sdgs>. Acesso em: 30 jun. 2022.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 67, p. 157-168, jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516301053>. Acesso em: 19. Mar. 2022.

NASCIMENTO, I. M. E.; MEIRELLES, L. M. A. Analysis of the epidemiological profile of schistosomiasis in Northeast Brazil. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 11, p. 1-19, nov. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10022>. Acesso em: 9 abr. 2022.

NETO, E. X. R.; LIMA, A. J. Inundações em Teresina-Piauí: uma questão socio-histórica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 11, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180177>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/vqcFHZFdw6VYgmjgyf3wC/?lang=pt>. Acesso em: 20 dez. 2021.

NETO, E. X. R.; LIMA, A. J. Representações sócio-espaciais sobre áreas de intervenção de grandes projetos urbanísticos: diferentes modos de apropriação e relação de agentes sociais sobre a área do Programa Lagoas do Norte em Teresina-PI. **Geografia em questão**, Curitiba, v. 11 n.1, p. 106-130, 2018. DOI: <https://doi.org/10.48075/geoq.v11i1.17897>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/17897>. Acesso em: 11 mar. 2022.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 125-135, jul./set. 2008. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v13n3.p125-135>. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=14&SUMARIO=195>. Acesso em: 18 jun. 2021.

NUNES, J.; PIMENTA, D. N. A epidemia de zika e os limites da saúde global. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, São Paulo, v. 98, p. 22-46, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-6445021-046/98>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ln/a/gwvcht4Scg5wL3rnyLWcq7y/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2022.

OGAWA, S. C. C.P. Avaliação dos custos de implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana na comunidade Jardim Vitória, Rio de Janeiro/RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

OHAMA, V. H.; BEZERRA, A. M.; CASTRO, E. F. D.; SPROVIERI, S. R. S. Tétano acidental em adultos: uma proposta de abordagem inicial/Accidental tetanus in adults: an initial approach proposal. **Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 120-124, mai/ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.26432/1809-3019.2019.64.2.120>. Disponível em: <https://arquivosmedicos.fcmsantacasasp.edu.br/index.php/AMSCSP/article/view/527>. Acesso em: 09 mar. 2022.

OLIVEIRA, A. P.; GONÇALVES, L. M. A relevância da percepção do usuário na implantação e uso de técnicas compensatórias de drenagem nas áreas urbanas. **Cadernos Zygmunt Bauman**, v. 8, n. 18, p. 360-374, jan. 2019. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/bauman/article/view/10248>. Acesso em: 12 jun. 2023.

OLIVEIRA, C. Tragédia anunciada deixa 11 famílias desabrigadas com chuva no bairro Ininga. CIDADE VERDE. 22 de abril de 2020. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/322510/tragedia-anunciada-deixa-11-familias-desabrigadas-com-chuva-no-bairro-ininga>. Acesso em: 17 jan. 2023.

OLIVEIRA, V.; SANTOS, A. F. dos.; CAMPOS, H. Leptospirose: um estudo epidemiológico dos casos notificados no Brasil entre os anos de 2015 e 2019. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 5964-5979, mar./abr., 2022. DOI:10.34119/bjhrv5n2-173. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/46064/pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

PAESI, S.; MAGRINI, F. E. Incidência de doença diarreica aguda em Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, em uma série histórica de 10 anos. **Scientia Medica**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 1-8, jun. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.15448/1980-6108.2015.2.19901>. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/scientiamedica/article/view/19901>. Acesso em: 06 abr. 2022.

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.1590/0102-311X00017316>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/csp/a/c3DgtD4MPBmxLdpmW8NxBHk/?lang=pt>. Acesso em: 21 jun. 2021.

PERERA, T.; MCGREE, J.; EGODAWATTA, P.; JINADASA, K.B.S.N.; GOONETILLEKE, A. New conceptualisation of first flush phenomena in urban catchments. *Journal of Environmental Management*, v. 281, p. 1-4, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111820>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972031745X>. Acesso em: 2 set. 2023.

PETERSEN, L. R.; JAMIESON, D. J.; POWERS, A. M.; HONEIN, M. A. Zika Vírus. *The New England Journal of Medicine*, [s. l.], v. 374, p. 1552-1563, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMra1602113>. Disponível em: <https://www-nejm-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1056/NEJMra1602113>. Acesso em 12 abr. 2022.

PIALOUX, G; GAÜZÈRE, B.; JAURÉGUIBERRY, S.; STROBEL, M. Chikungunya, an epidemic arbovirose. *The Lancet Infectious Diseases*, [s. l.] v. 7, n. 5, p. 319-327, mai. 2007. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(07\)70107-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(07)70107-X). Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S147330990770107X>. Acesso em: 07 mar. 2022.

PIAUI. Lei nº 4.854, de 10 de julho de 1996. A Política Ambiental do Piauí. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Piauí**. Piauí, 1996.

PIAUI. Lei nº 6.565, de julho de 2014. Política Estadual de Educação Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Piauí**. Piauí, 2014.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan./mar. 2000. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n1.p15-23>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=656>. Acesso em: 05 mai. 2021.

PRINCE GEORGE'S COUNTY. Department of Environmental Resources. Low impact development design strategies: an integrated design approach. **Low Impact Development Center**, Maryland, 1999. Disponível em: <https://www.princegeorgescountymd.gov/DocumentCenter/View/86/Low-Impact-Development-Design-Strategies-PDF>. Acesso em: 07 ago. 2021.

QUEIROZ, J. T. M. de; HELLER, L.; SILVA, R. S. da. Análise da Correlação de Ocorrência da Doença Diarreica Aguda com a Qualidade da Água para Consumo Humano no Município de Vitória-ES. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v.18, n.3, p.479-489, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902009000300012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/5zXJ7RZVBHF6v9cx6W5GFSz/?lang=pt#>. Acesso em: 01 abr. 2022.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n.4, p. 671-676, ago. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102006000500017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/DJFn4n8LS4LXDxkSNbrLTCS/?lang=pt>. Acesso em: 10 mar. 2022.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1109-1120, nov./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/qYyFKqt5z7sKVcXW7TmMSg/?lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2021.

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model. User's Manual Version 5.1.** United States Environmental Protection Agency. New York, 2015. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf. Acesso em: 09 fev. 2022.

SANTOS, M. F. R. dos; JOVILIANO, R. D. Dengue e a pandemia da COVID-19: Reflexões urgentes e dados epidemiológicos no estado de São Paulo até 2022. **Seven Editora**, [s.l.], p. 223–230, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56238/ciesaudesv1-019>. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/index.php/editora/article/view/1245>. Acesso em: 01 jul. 2023.

SANTOS, G. F. DOS; WEBER, A. L. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social Empresarial: uma análise entre a teoria e a prática. **Desenvolvimento Em Questão**, Ijuí, v. 18, n. 51, 247–267, abr/jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.51.247-267>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/8798>. Acesso em: 02 abr. 2022.

SAVI, A. C. Telhado verdes: Uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO PIAUÍ (SESAPI). Informe da 15ª Semana Epidemiológica – 2022. PIAUÍ. 2022. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/uploads/warning_document/file/880/Boletim_Epidemiol%C3%B3gico_PI_SE_15%C2%AA_2022.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

SILVA, T. S.; ALMEIDA, D. H. de. Principais parasitoses intestinais em crianças escolares: revisão integrativa. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 7, n. 2, p. 767-780. abr/jun. 2021. DOI: DOI:1048017/DJ.v7i2.2097. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2097/1648. Acesso em: 29 mar. 2022.

SILVA, A. E. P.; LATORRE, M. do R. D. de O.; NETO, F. C.; CONCEIÇÃO, G. M. de S. Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e

ambientais em Santa Catarina, Brasil. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 849-860, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022273.45982020>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/csc/a/h9Cs9fWX7NWRp7QC7sjPtsc/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n47p966>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3332/333247800019.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SILVA, N. M.; SANTOS, N.C.; MARTINS, I.C. Dengue and Zika Viruses: Epidemiological History, Potential Therapies, and Promising Vaccines. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 1-30, jul/set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5040150>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2414-6366/5/4/150/htm>. Acesso em: 11 abr. 2022.

SILVEIRA, P. O.; GUASSELLI, L. A.; OLIVEIRA, G. G. de; NASCIMENTO, V. F. Relação entre casos de hepatite A e áreas de inundação, município de Encantado, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 721-728, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020261.30592018>. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2021.v26n2/721-728/pt/>. Acesso em: 08 abr. 2022.

SIQUEIRA, M.S.; ROSA, R.D.S.; BORDIN, R.; NUGEM, R.D.C. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 795-806, out/dez. 2017. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/g7pkmSty3q5GqJXjrr4pg6L/?lang=pt#>. Acesso em: 02 abr. 2022.

SOUZA, C. S. de.; BANDEIRA, L. L. B.; MARIANO, A. K. N. O.; NUNES, M. de P. S. F.; NETO, J. D. de S. Amebíase no contexto da emergência: análise do perfil de internações e morbimortalidade nos Estados brasileiros em 5 anos. **Revista Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 66-70, abr./jun., 2019. Disponível em: <https://www.sbcm.org.br/ojs3/index.php/rsbcm/article/view/609>. Acesso em: 29 mar. 2022.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p9-18>. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=62&SUMARIO=814>. Acesso em: 02 jun. 2021.

STANLEY JR., S. L. Amoebiasis. **The Lancet**, [s. l.], v. 361, p. 1025-1034, mar. 2003. DOI: [https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0140-6736\(03\)12830-9](https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1016/S0140-6736(03)12830-9). Disponível em: <https://www-scienceirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0140673603128309>. Acesso em: 29 mar. 2022.

TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. Análise dos Desenvolvimentos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 17-28, out./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n4.p17-28>.

Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=96&SUMARIO=1377>.

Acesso em: 28 jun. 2021.

TEIXEIRA, E. S.; FERREIRA, A. M.; SOLDATELLI, B. D.; TRINDADE, F.; ZANGRANDE, H. J. B.; SANTOS, M. J.; SCHELEDER, R. B. Representações sociais sobre desenvolvimento sustentável em moradores do sudoeste do Paraná.

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Jandaia, v. 17, n. 34; p. 172-184, 2020. DOI:

https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020D13. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2020D/representacoes.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

TERCEIRO, A. D. S; ESPINDOLA, G. M. de; CARNEIRO, E. L. N. C. Paisagem urbana em Teresina: implicações da distribuição espacial da densidade populacional. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 172-190, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n1.28559>. Disponível em:

<https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/28559>. Acesso em: 02 fev. 2022.

TERESINA. Decreto nº 10.129, de 25 de novembro de 2019. Dispõe sobre a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina e sobre o Conselho Administrativo da Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina. Teresina, 2019.

TERESINA. Lei nº 3.558, de 20 de outubro de 2006. Reinstituí o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 e dá outras providências. Teresina, 2006a.

TERESINA. Lei nº 3.559, de 20 de outubro de 2006. Delimita o perímetro da zona urbana de Teresina e dá outras providências. Teresina, 2006b.

TERESINA. Lei Complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001. Autoriza o Poder Executivo a criar a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina e instituir o Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Teresina e dá outras providências. Teresina, 2001.

TERESINA. Lei Complementar nº 3.562, de 20 de outubro de 2006. Define as diretrizes para a ocupação do solo urbano e dá outras providências. Teresina, 2006c.

TERESINA. Lei complementar nº 4.724, de 3 de junho de 2015. Define as diretrizes para regulação relativa a controle dos impactos da drenagem urbana de novos empreendimentos e inundações ribeirinhas, na drenagem pluvial pública, e dá outras providências. Teresina, 2015a.

TERESINA. Lei Complementar nº 5.481, de 20 de dezembro de 2019. Dispõe sobre o Plano Diretor de Teresina, denominado “Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT”. Teresina, 2019.

TERESINA. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE TERESINA. **Manual de Drenagem**. Prefeitura Municipal de Teresina, 2012.

TERESINA. PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE TERESINA – PI. Prefeitura Municipal de Teresina, 2018a.

TERESINA. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE TERESINA – PI. Prefeitura Municipal de Teresina, 2018b.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Mapas de Teresina**. Secretaria Municipal de Planejamento, 2018c. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-interativos/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Agenda 2015**. Secretaria Municipal de Planejamento, 2002. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/agenda-2015/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Agenda 2030. A cidade Desejada**. Secretaria Municipal de Planejamento, 2015b. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2015/10/Teresina-Agenda-2030.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2022.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Panorama municipal**. Secretaria Municipal de Planejamento, 2020. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2020/07/Teresina-Panorama-Municipal-junho-2020.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Teresina 2000 à 2010. Avançando para o Futuro. Diagnóstico - Avanços - Desafios**. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 2013a. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2014/09/Teresina-Diagn%C3%B3stico-Set-2013.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Teresina**. 2013b. Disponível em: <https://pmt.pi.gov.br/teresina/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

TERESINA. PROGRAMA LAGOAS DO NORTE. Plano de Controle Ambiental. Teresina, 2017.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das águas pluviais urbanas**. Ministério das Cidades/Global Water Partnership – Brasília: UNESCO, 2005. 269 p.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Objetivos de Aprendizagem**. Brasília: UNESCO, 2017. Disponível em: <https://ods.imvf.org/wp-content/uploads/2018/12/Recursos-ods-objetivos-aprendizagem.pdf>. Acesso em: 28 de jun. 2021.

UNITED NATIONS. Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development., 2019. New York, Disponível em: <https://sdgs.un.org/publications/future-now-science-achieving-sustainable-development-gsdr-2019-24576>. Acesso em: 23 mar. 2022.

UNITED NATIONS. Progress on Integrated Water Resources Management. Global Indicator 6.5.1 Updates and Acceleration Needs. 2021. Disponível em: https://www.unwater.org/app/uploads/2021/09/SDG6_Indicator_Report_651_Progress-on-Integrated-Water-Resources-Management_2021_Executive-Summary_EN.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022

UNITED NATIONS. Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future. 1987. Disponível em: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>. Acesso em: 03 abr. 2022.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. 2016. Disponível: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Green Infrastructure Opportunities that Arise During Municipal Operations**. Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Washington, 2015. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/green_infrastructure_roadshow.pdf. Acesso em: 11 março 2022.

VIDAL, E. R. N.; FRUTUOSO, L. C. V.; DUARTE, E. C.; PEIXOTO, H. M. Epidemiological burden of Chikungunya fever in Brazil, 2016 and 2017. **Tropical Medicine e International Health**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 174-184, dec. 2021. DOI: <https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1111/tmi.13711>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1111/tmi.13711>. Acesso em: 07 Mar. 2022.

VIEIRA, J. de S. R. Cidades Sustentáveis. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 04, n. 02, p. 1-38, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/rdc.2012.9710>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/9710>. Acesso em: 18 fev. 2022.

VINETZ, J. M. Leptospirosis. **Current Opinion in Infectious Diseases**, [s. l.], v. 14, p. 527-538, out. 2001. Disponível em: <https://ocean.ez17.periodicos.capes.gov.br/article/00001432-200110000-00005/HTML>. Acesso em: 03 abr. 2022.

WANG, Y.; AKBARI, H. Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 26, p. 438-446, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.015>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2210670716300683>. Acesso em: 10 mar. 2022.

WEAVER, S. C; LECUIT, M. Chikungunya Virus and the Global Spread of a Mosquito-Borne Disease. **The New England Journal and Medicine**, [s. l.], v. 372, p. 1231-1239, mar. 2015. DOI: DOI: 10.1056/NEJMra1406035. Disponível em: [https://www-nejm-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1056/NEJMra1406035](https://www.nejm.org.ez17.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1056/NEJMra1406035). Acesso em: 07 mar. 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. The Global Risks Report 2022, 17th Edition. 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022/digest>. Acesso em: 25 mar. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. The health and environment linkages initiative. The urban environment. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/heli/risks/urban/urbanenv/en/>. Acesso em 28 mar. 2022.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO

1. Idade: () 18-25 () 26-35 () 36-45 () 46-55 () mais de 55
2. Gênero: () F () M () Outro
3. Bairro em que reside:

4. Escolaridade:
() Sem escolaridade
() Ensino fundamental
() Ensino médio
() Ensino superior
() Especialização
() Mestrado
() Doutorado
5. Como você considera seu grau de preocupação com o meio ambiente?
() Alto.
() Médio.
() Baixo.
() Não soube informar.
6. Você conhece ou já ouviu falar sobre o Plano Diretor de Drenagem de Teresina?
() Sim.
() Não.
7. Você já foi afetado por problemas relacionados à chuva?
() Não
() Sim, dentro de casa.
() Sim, na rua de casa.
() Sim, em outro local.
8. Você considera que um problema de drenagem urbana pontual que:
() Pode ser resolvido facilmente com alguma obra simples.
() Não é tão simples de ser resolvido.
() Precisa abranger maiores áreas ao redor .
() Não soube informar.
9. Na sua opinião, o que mais dificulta a implantação do sistema de drenagem urbana sustentável na sua região?
() Campanhas informativas.
() Falta de recursos públicos para implantação.
() Manutenção do sistema.
() Não soube informar.
10. Deve-se implantar técnicas compensatórias para águas da chuva em espaços públicos coletivos?
() Concordo totalmente.

- Concordo parcialmente.
- Discordo totalmente.
- Discordo parcialmente.
- Não soube informar.

11. Sua residência possui dispositivo como captação e retenção, jardim externo ou outra medida que permita armazenar ou infiltrar a água da chuva?

- Não.
- Sim.

12. Se na questão anterior você marcou “Sim”, qual seria a medida implantada?

13. Você estaria disposto a arcar com alguma técnica de retenção na fonte de sua residência, no intuito de diminuir as águas pluviais despejadas no sistema de drenagem urbana?

- Sim.
- Sim, se houve redução de impostos, como no IPTU ou na taxa de lixo.
- Não.

14. Se o investimento proporcionasse alguma porcentagem de desconto no seu IPTU (exemplo: no ano de 2020 você implantou um sistema de captação que custou X reais e isso lhe proporcionasse um desconto no IPTU de 5% a 10% no ano de 2021 e 2022), você estaria disposto a pagar?

- Não.
- Sim.

15. Se na questão anterior você marcou “Sim”, você saberia estimar valores em reais? Quanto?

16. Você acredita que as técnicas de medidas compensatórias implantadas em espaços públicos:

- Deixaria o paisagismo da cidade mais agradável.
- Comprometeria o espaço que poderia ser utilizado para outros fins como ciclofaixas, pistas para caminhada, quadras cobertas, etc.
- Não soube informar.

17. Você associa a falta da limpeza urbana com os problemas ocasionados no período chuvoso?

- Sim.
- Não.
- Nunca observei esse aspecto.
- Não soube informar.

18. Com que frequência é feita a coleta de lixo da sua rua?

- 1 vez por semana.
- 2 vezes por semana.
- 3 vezes por semana
- 4 vezes por semana.
- 5 vezes por semana ou mais.

Não ocorre.

19. Você está satisfeito com o serviço de coleta de lixo da sua rua?

Sim.

Não.

Parcialmente.

20. Com que frequência é feita a varrição de sua rua?

1 vez por semana.

2 vezes por semana.

3 vezes por semana ou mais.

Não ocorre.

Outro. _____

21. Com que frequência é feita a capina de sua rua?

1 vez por semana.

2 vezes por semana.

3 vezes por semana ou mais.

Não ocorre.

Outro. _____

22. O material capinado é recolhido:

Assim que finaliza o serviço.

No mesmo dia.

Apenas no outro dia.

Não ocorre.

Outro. _____

23. No período chuvoso, já ocorreu caso na sua família de precisar procurar atendimento médico por conta de alguma doença relacionada aos alagamentos?

Sim.

Não.

24. Você já teve ou conhece alguém que teve perda de bens materiais por conta de chuva intensa?

Sim.

Não.

25. Há problemas com o transporte durante o período chuvoso, nas ruas da sua região:

alagam sempre que chove, impossibilitando o tráfego de automóveis, motocicletas e de pedestres.

alagam, mas ainda é possível transitar de carro e moto, embora com velocidade reduzida e causando engarrafamento.

pedestres preferem aguardar as águas diminuírem, pois não querem encontrar em contato com a água.

pedestres, embora entrem em contato com a água, geralmente não aguardam as águas baixarem, pois precisam ir ao trabalho, escola, médicos, etc.

APÊNDICE B – CARACTERÍSTICAS DAS SUB-BACIAS

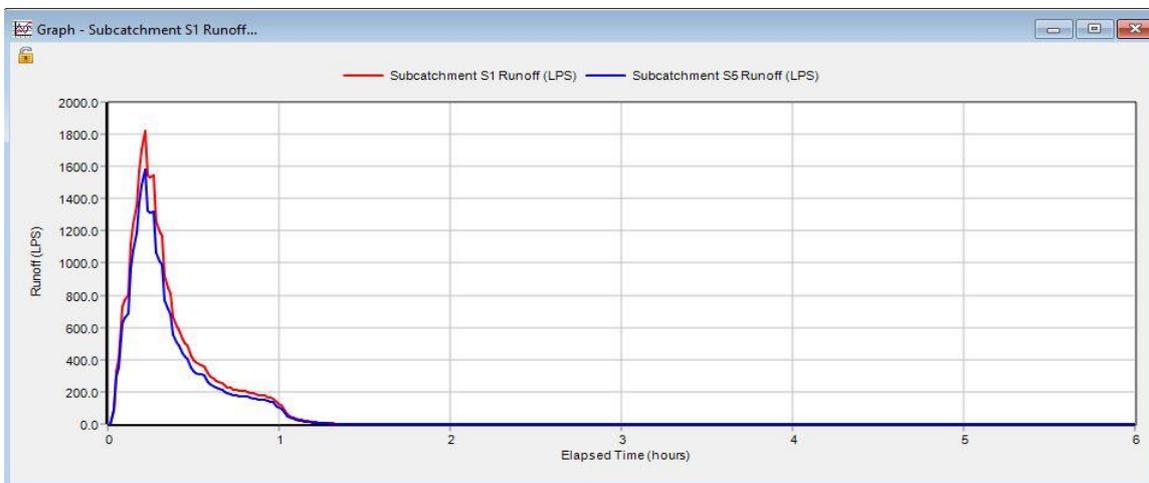
Sub-bacias		Tipo de solo	Área (m ²)	Área impermeabilizada (%)	Declividade (%)	Largura (m)	CN
PD 08	S1	B	37800	42,6%	3,90%	1177	81,4
	S2 - PP						
	S3 - TV						
	S4 - TR						
	S5 - (PP, TV, TR)						
PD 09	S6	B	23000	24,1%	4,84%	813,4	79,1
	S7 - PP						
	S8 - TV						
	S9 - TR						
	S10 - (PP, TV, TR)						
PD 10	S11	D	23900	52,5%	3,55%	819,5	85,5
	S12 - PP						
	S13 - TV						
	S14 - TR						
	S15 - (PP, TV, TR)						
P1	S16	B e D	90800	26,2%	5,96%	1868	78,6
	S17 - PP						
	S18 - TV						
	S19 - TR						
	S20 - (PP, TV, TR)						
P2	S21	D	14100	24,0%	5,19%	690,8	88,0
	S22 - PP						
	S23 - TV						
	S24 - TR						
	S25 - (PP, TV, TR)						
P3	S26	D	53300	25,0%	5,89%	1280	88,8
	S27 - PP						
	S28 - TV						
	S29 - TR						
	S30 - (PP, TV, TR)						
P4	S31	B e D	19500	41,9%	4,88%	783,8	83,0
	S32 - PP						
	S33 - TV						
	S34 - TR						
	S35 - (PP, TV, TR)						
P5	S36	B e D	21000	58,8%	6,49%	606,6	86,5
	S37 - PP						
	S38 - TV						
	S39 - TR						

	S40 - (PP, TV, TR)						
P6	S41	B e D	22300	100,0%	5,31%	682,6	88,6
	S42 - PP						
	S43 - TV						
	S44 - TR						
	S45 - (PP, TV, TR)						
P7	S46	B	26300	74,1%	4,14%	902,1	84,7
	S47 - PP						
	S48 - TV						
	S49 - TR						
	S50 - (PP, TV, TR)						
P8	S51	B	15300	65,1%	4,91%	475,6	84,5
	S52 - PP						
	S53 - TV						
	S54 - TR						
	S55 - (PP, TV, TR)						
P9	S56	B	37700	61,8%	4,36%	1213	82,7
	S57 - PP						
	S58 - TV						
	S59 - TR						
	S60 - (PP, TV, TR)						
PE1	S61	D	16300	23,9%	9,00%	580,9	84,3
	S62 - PP						
	S63 - TV						
	S64 - TR						
	S65 - (PP, TV, TR)						
PE3	S66	B e D	32900	17,7%	7,13%	1441	81,2
	S67 - PP						
	S68 - TV						
	S69 - TR						
	S70 - (PP, TV, TR)						
PE5	S71	D	2600	8,1%	8,81%	762,8	80,1
	S72 - PP						
	S73 - TV						
	S74 - TR						
	S75 - (PP, TV, TR)						
PE6	S76	D	14600	32,0%	8,72%	588,3	79,4
	S77 - PP						
	S78 - TV						
	S99 - TR						
	S80 - (PP, TV, TR)						
PE7	S81	D	15700	46,6%	7,97%	697,6	86,8
	S82 - PP						
	S83 - TV						
	S84 - TR						

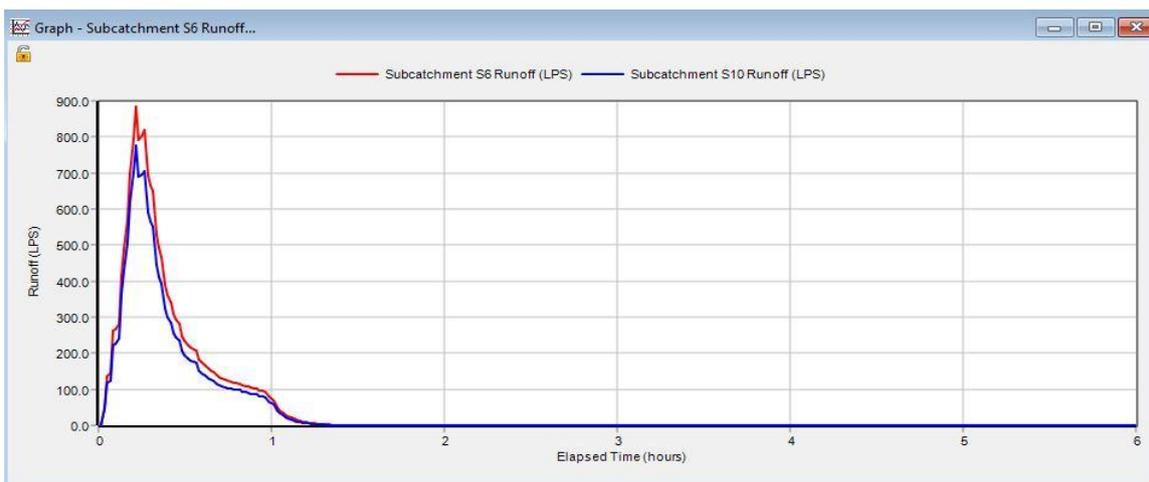
	S85 - (PP, TV, TR)						
PE8	S86	D	18100	46,1%	8,45%	793,7	87,2
	S87 - PP						
	S88 - TV						
	S89 - TR						
	S90 - (PP, TV, TR)						
PE9	S91	D	22100	68,7%	6,25%	875,5	87,9
	S92 - PP						
	S93 - TV						
	S94 - TR						
	S95 - (PP, TV, TR)						
PE1 1	S96	D	25600	58,7%	5,22%	1203	87,2
	S97 - PP						
	S98 - TV						
	S99 - TR						
	S100 - (PP, TV, TR)						
PE1 2	S101	D	11700	67,3%	4,06%	675,6	86,9
	S102 - PP						
	S103 - TV						
	S104 - TR						
	S105 - (PP, TV, TR)						
PE1 3	S106	D	13500	67,0%	6,26%	881,4	89,1
	S107 - PP						
	S108 - TV						
	S109 - TR						
	S110 - (PP, TV, TR)						
PE1 6	S111	D	8900	100,0%	3,95%	534,5	88,2
	S112 - PP						
	S113 - TV						
	S114 - TR						
	S115 - (PP, TV, TR)						
PE1 7	S116	D	3100	47,7%	5,22%	271,9	87,8
	S117 - PP						
	S118 - TV						
	S119 - TR						
	S120 - (PP, TV, TR)						
PE1 8	S121	D	10400	37,3%	8,22%	657,7	85,9
	S122 - PP						
	S123 - TV						
	S124 - TR						
	S125 - (PP, TV, TR)						

APÊNDICE C

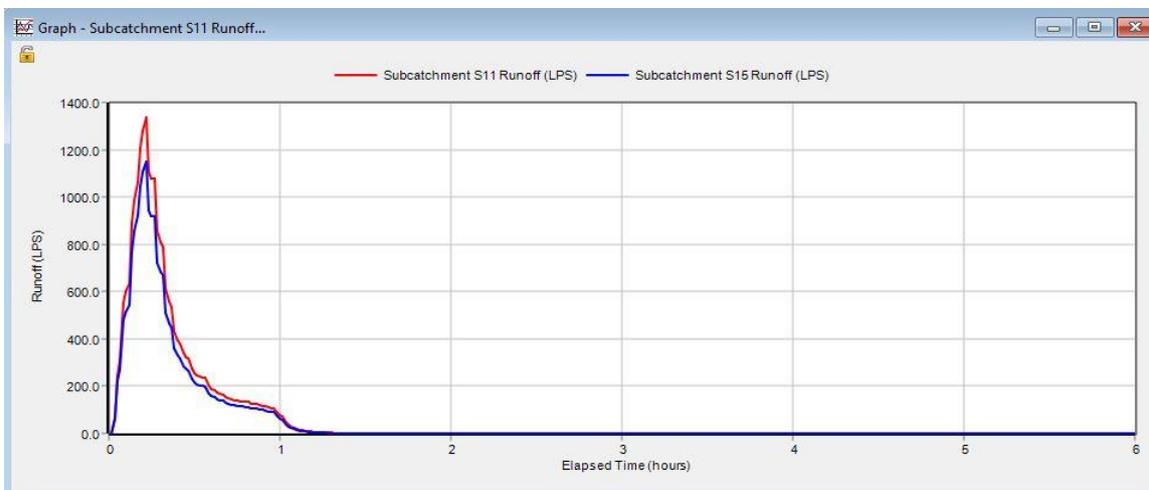
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PD08



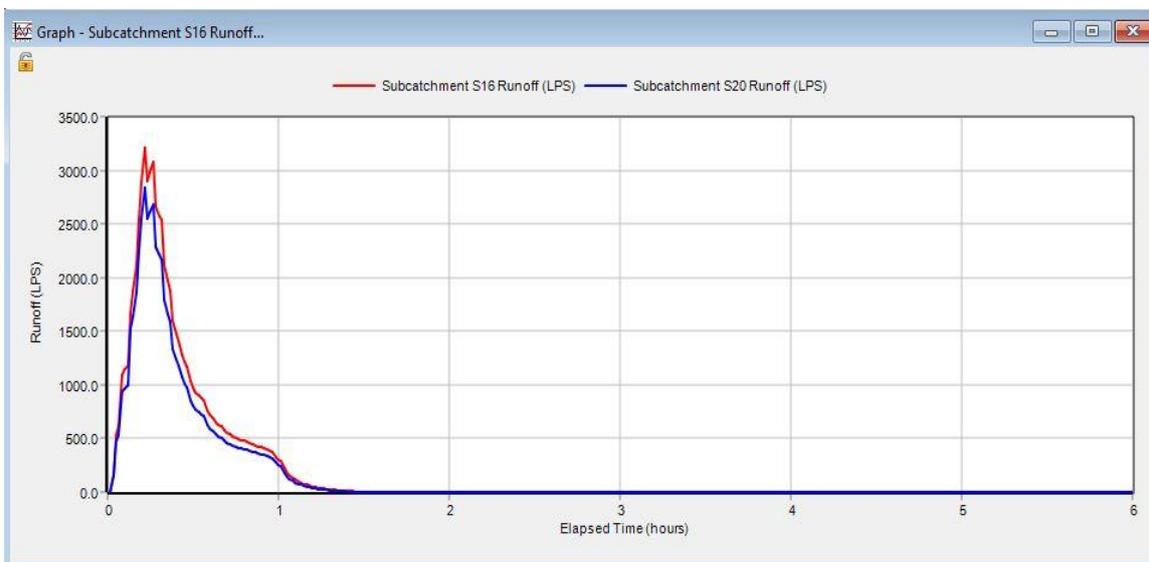
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PD09



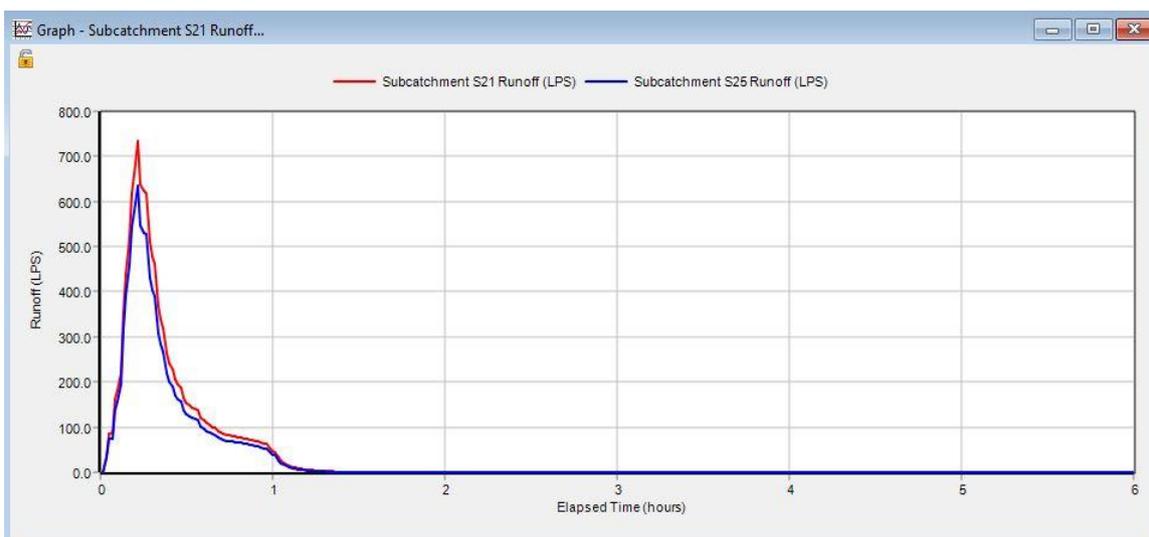
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PD10



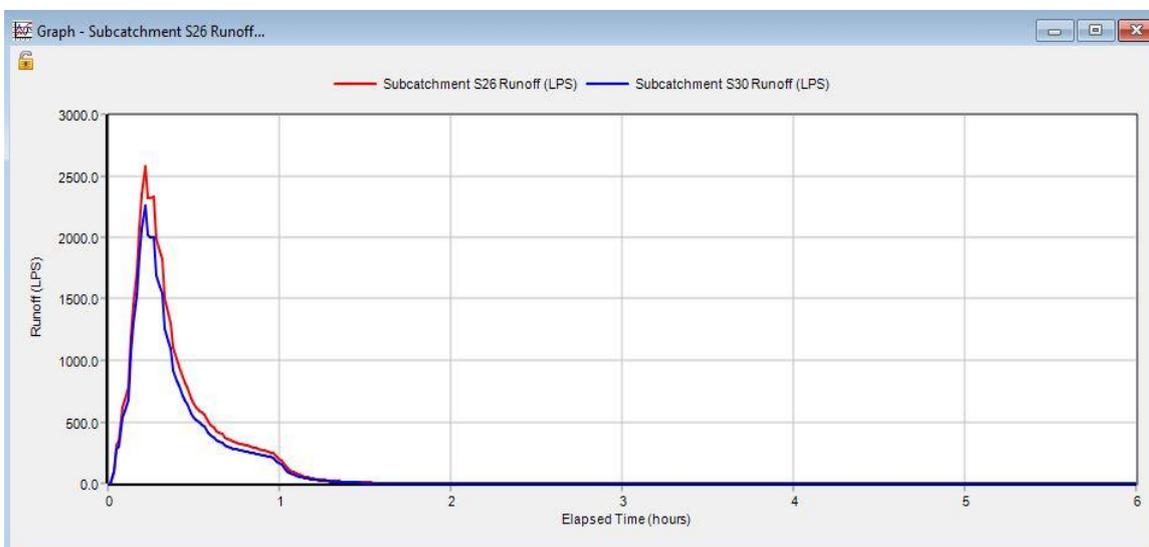
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P1



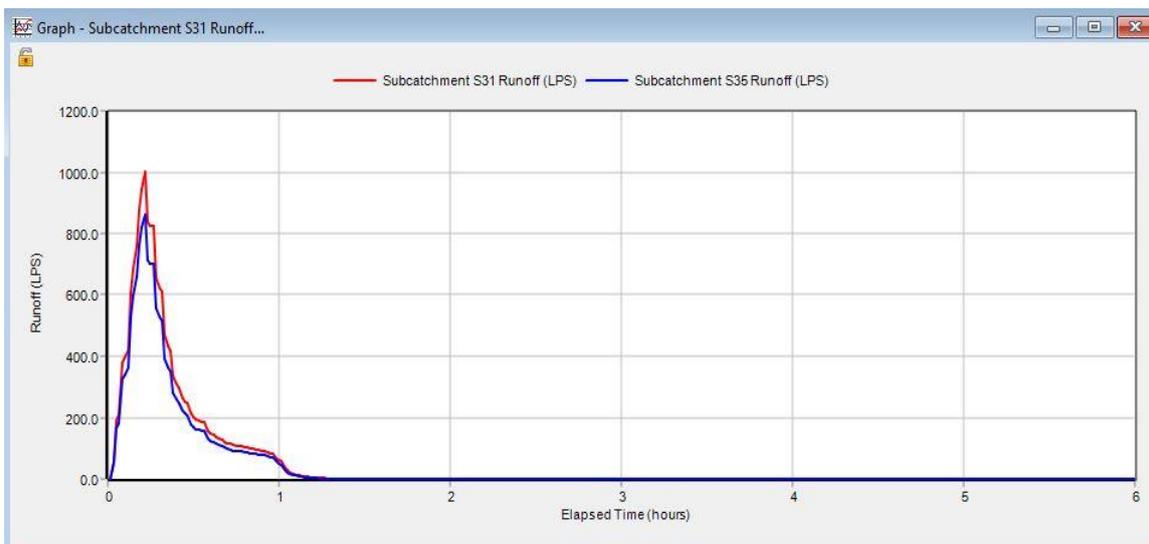
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P2



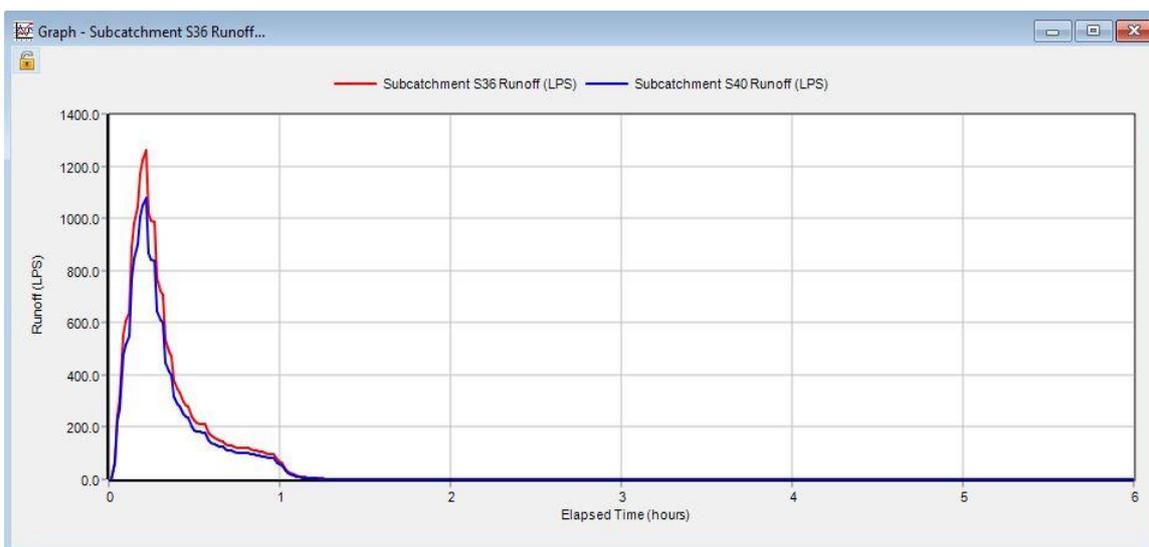
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P3



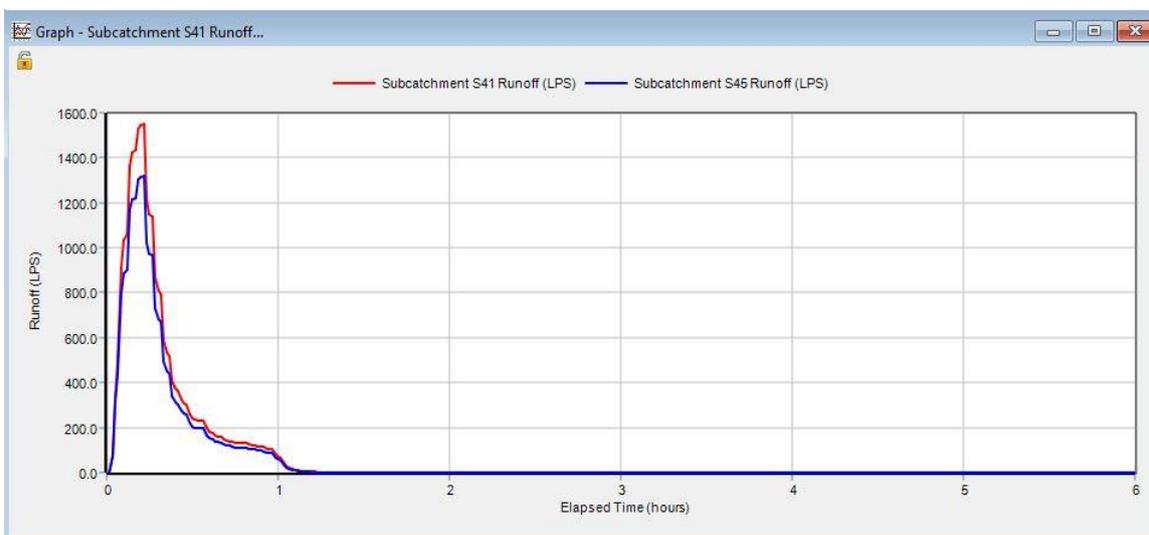
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P4



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P5



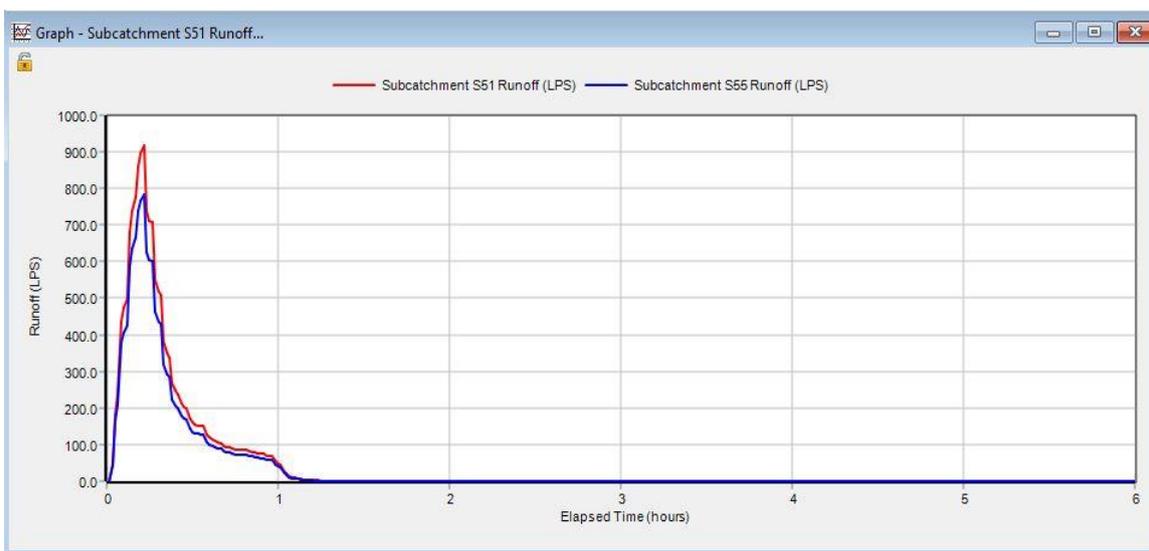
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P6



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P7



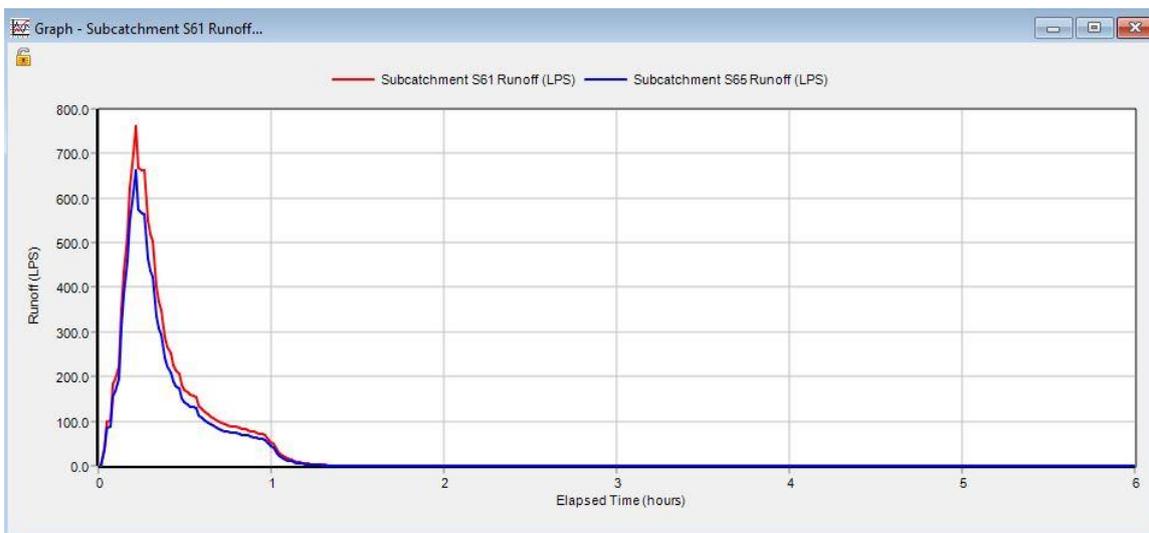
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P8



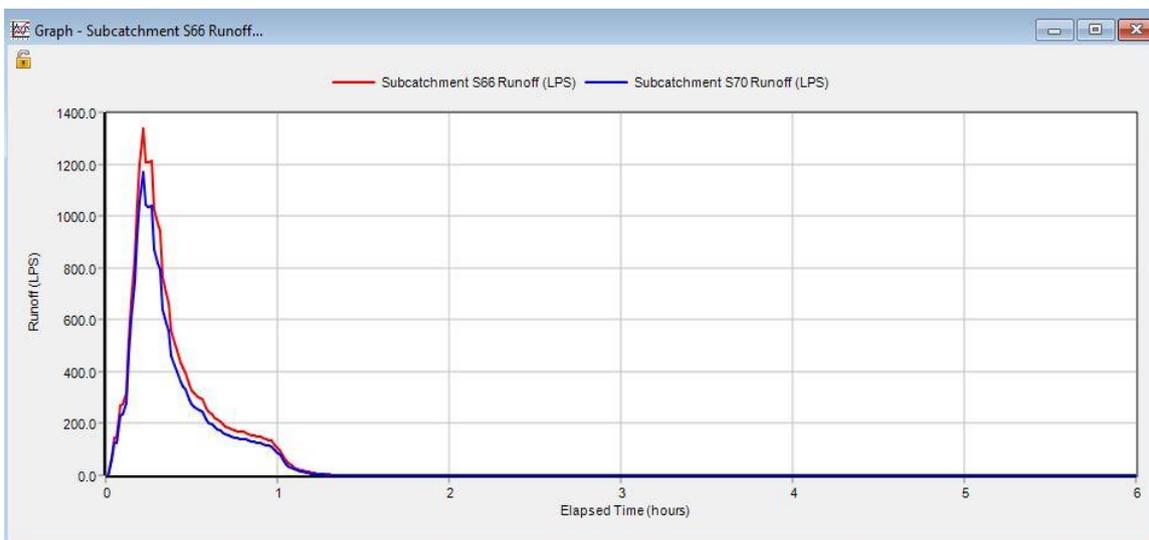
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA P9



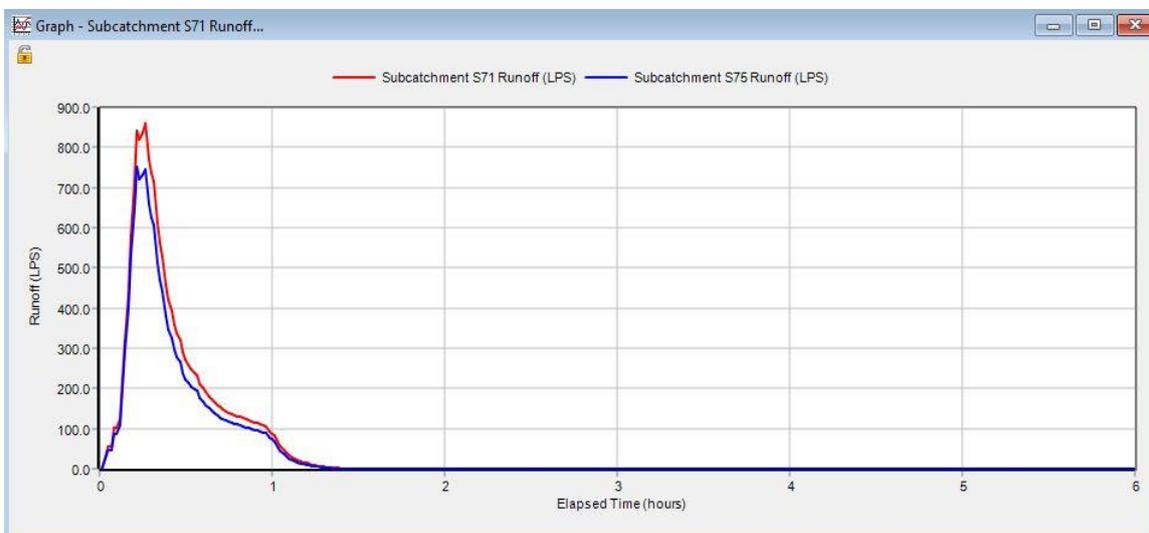
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE01



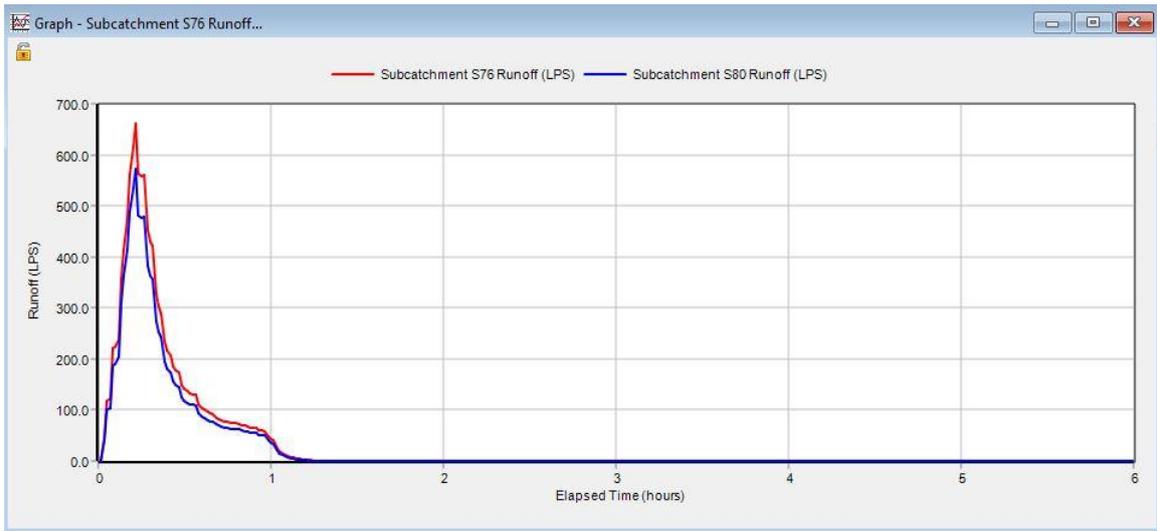
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE03



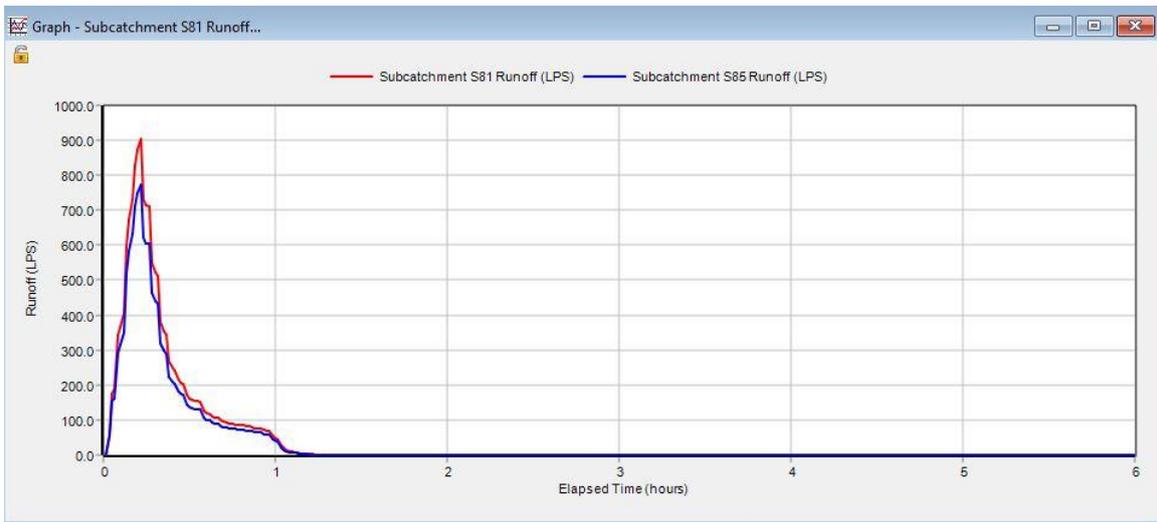
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE05



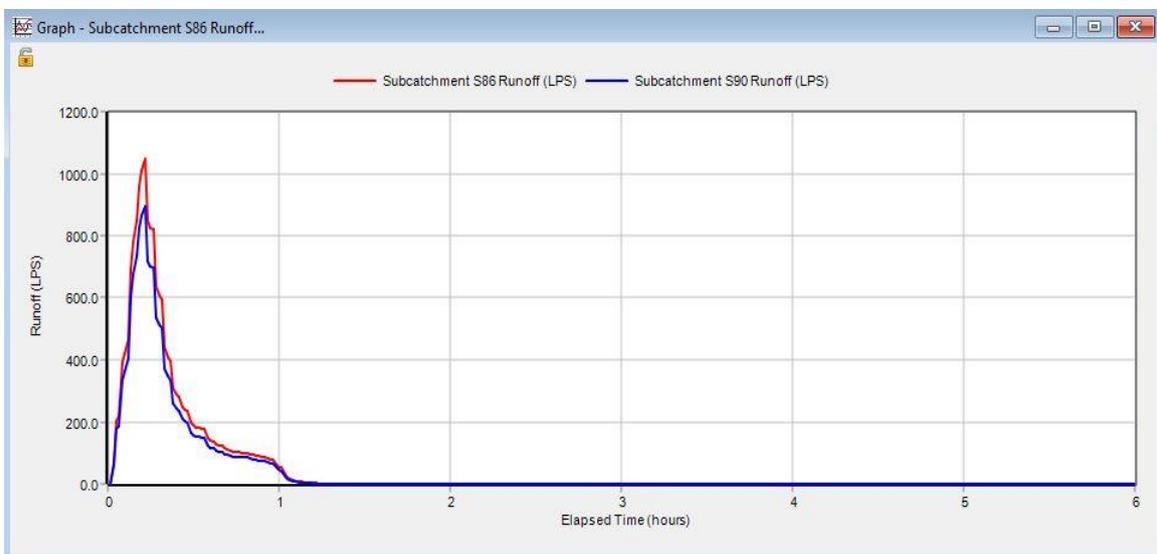
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE06



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE07



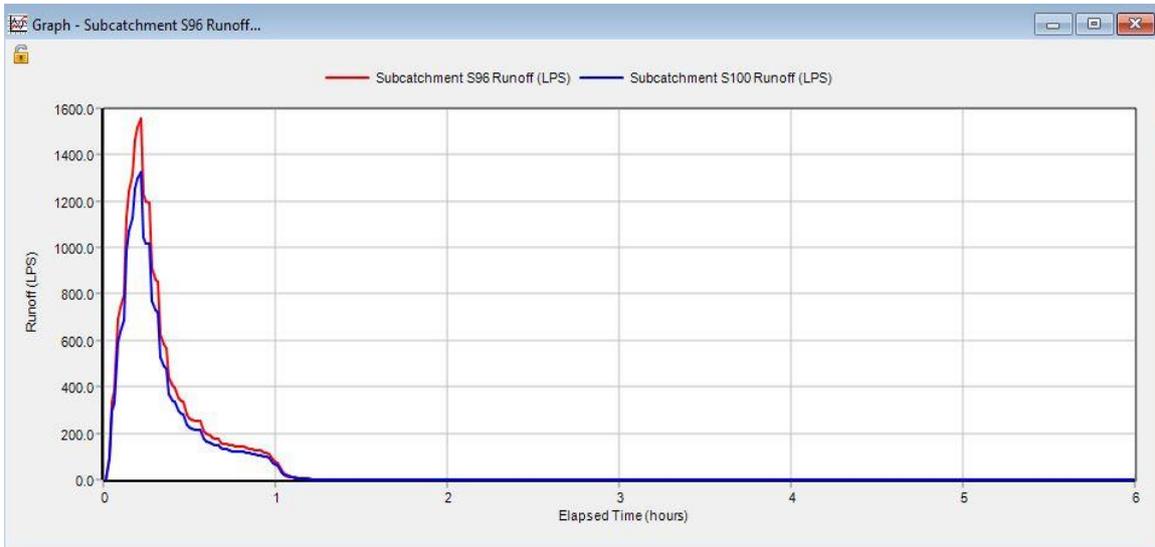
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE08



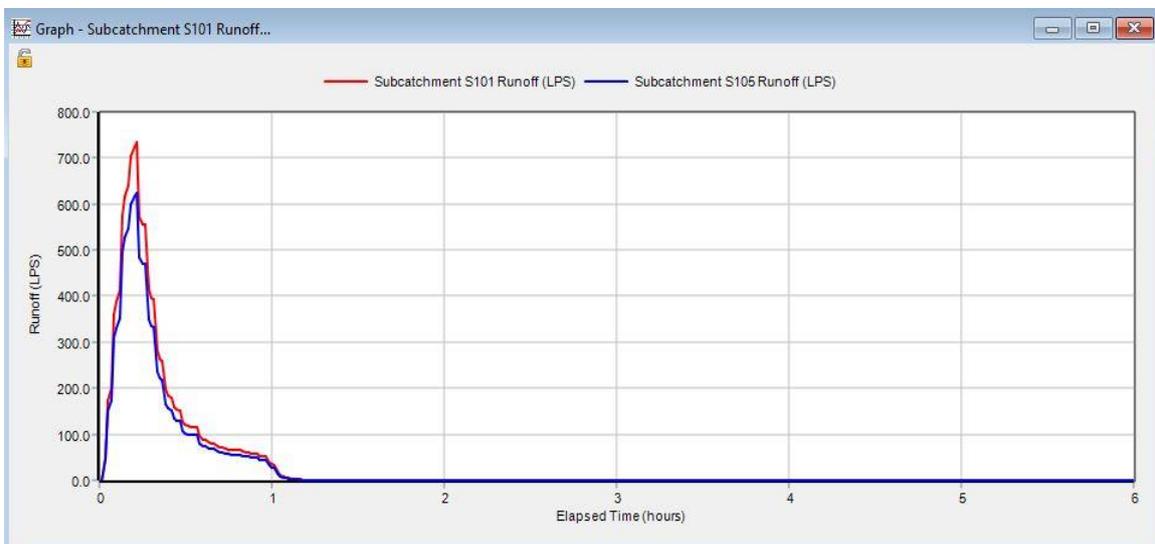
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE09



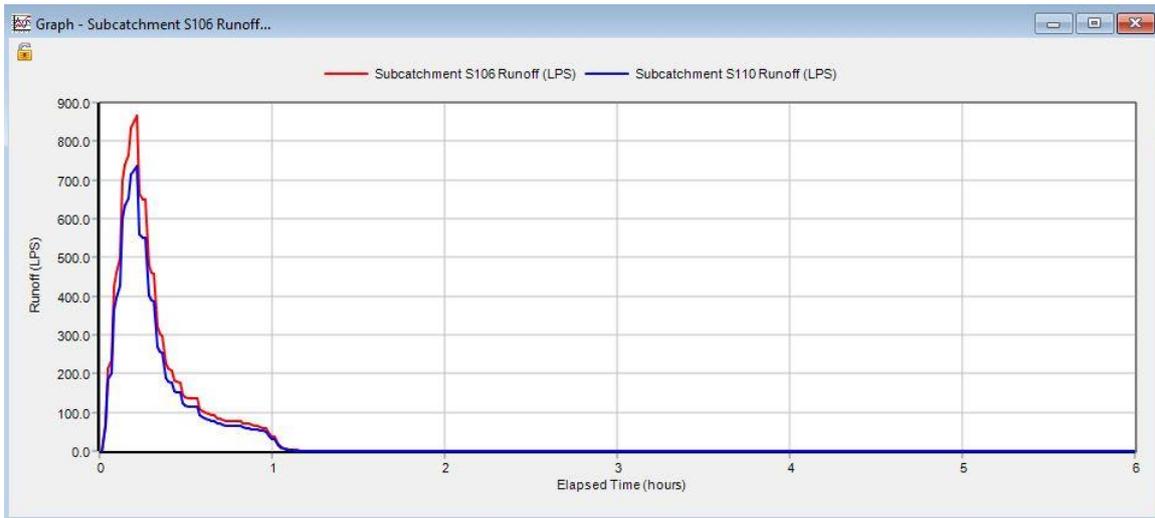
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE11



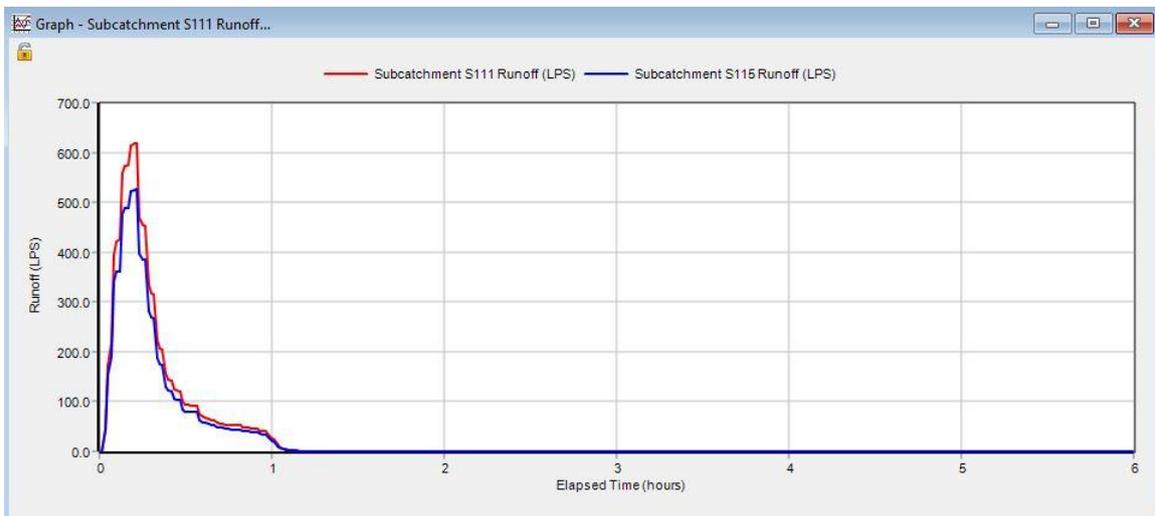
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE12



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE13



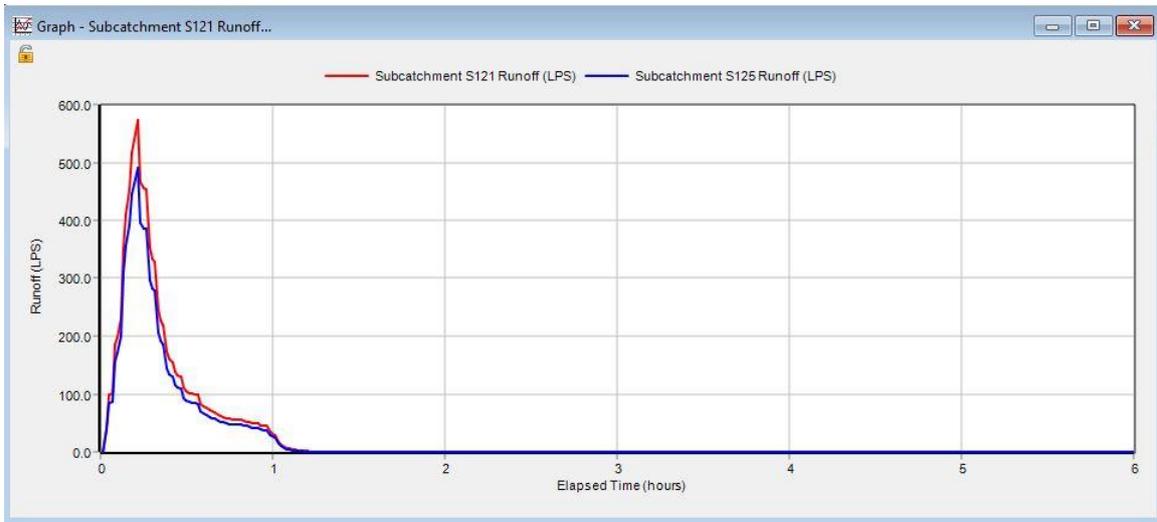
HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE16



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE17



HIDROGRAMA DE ESCOAMENTO DA SUB-BACIA PE18



ANEXO A – CHUVA DE PROJETO UTILIZADA NO SWMM (TR – 10 ANOS)

Tempo (min)	Chuva (mm)	Acumulada (mm)	Tempo (min)	Chuva (mm)	Acumulada (mm)
00:01	1,57	1,57	00:31	0,62	64,82
00:02	1,57	3,14	00:32	0,62	65,44
00:03	1,57	4,71	00:33	0,62	66,06
00:04	2,87	7,58	00:34	0,45	66,51
00:05	2,87	10,45	00:35	0,45	66,96
00:06	2,87	13,32	00:36	0,45	67,41
00:07	3,87	17,19	00:37	0,42	67,83
00:08	3,87	21,06	00:38	0,42	68,25
00:09	3,87	24,93	00:39	0,42	68,67
00:10	4,17	29,1	00:40	0,37	69,04
00:11	4,17	33,27	00:41	0,37	69,41
00:12	4,17	37,44	00:42	0,37	69,78
00:13	3,05	40,49	00:43	0,35	70,13
00:14	3,05	43,54	00:44	0,35	70,48
00:15	3,05	46,59	00:45	0,35	70,83
00:16	2,12	48,71	00:46	0,35	71,18
00:17	2,12	50,83	00:47	0,35	71,53
00:18	2,12	52,95	00:48	0,35	71,88
00:19	1,37	54,32	00:49	0,32	72,2
00:20	1,37	55,69	00:50	0,32	72,52
00:21	1,37	57,06	00:51	0,32	72,84
00:22	0,95	58,01	00:52	0,3	73,14
00:23	0,95	58,96	00:53	0,3	73,44
00:24	0,95	59,91	00:54	0,3	73,74
00:25	0,81	60,72	00:55	0,27	74,01
00:26	0,81	61,53	00:56	0,27	74,28
00:27	0,81	62,34	00:57	0,27	74,55
00:28	0,62	62,96	00:58	0,15	74,7
00:29	0,62	63,58	00:59	0,15	74,85
00:30	0,62	64,2	01:00	0,15	75