

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CAMPUS BACABAL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

KAREN MICHAELLY SOUSA SANTANA

ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA: Estudo de caso em uma área do Bairro
Trizidela no município de Bacabal – MA.

Bacabal – MA

2024

KAREN MICHAELLY SOUSA SANTANA

ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA: Estudo de caso em uma área do Bairro
Trizidela no município de Bacabal – MA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil na Universidade
Estadual do Maranhão, como requisito parcial para
a obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador (a): Profa. Ma. Natália Barros Falcão
Cutrim

Bacabal–MA

2024

S194a Santana, Karen Michaelly Sousa.

Análise de drenagem urbana: Estudo de caso em uma área do Bairro Trizidela no município de Bacabal-MA/ Karen Michaelly Sousa Santana – Bacabal-MA, 2024.

00 f: il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão-UEMA / Campus Bacabal-MA, 2024.

Orientador: Prof. Esp. Me. Natália Barros Falcão Cutrim

1. Drenagem Urbana 2. Sustentabilidade 3. Urbanização

CDU: 625.731.3 (91)

Elaborada por Poliana de Oliveira J. Ferreira CRB/13-702 MA

KAREN MICHAELLY SOUSA SANTANA

ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA: Estudo de caso em uma área do Bairro
Trizidela no município de Bacabal – MA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado
em Engenharia Civil.

Aprovado em: 13/01/2025

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Esp. Me. Natália Barros Falcão Cutrim (Orientadora)
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Profa. Esp. Valéria de Freitas Lima
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Profa. Esp. Nádia Isabelly Mesquita Lobo
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Este trabalho, dedico a minha mãe, que sempre esteve ao meu lado com amor, apoio incondicional e imensa dedicação. Seu esforço diário e sacrifícios por mim e minha irmã me deram forças para seguir em frente, mesmo nas dificuldades. Cada passo que dou é uma conquista compartilhada com você, que me ensinou o verdadeiro significado de perseverança e amor. Esta conquista é tão minha quanto sua, e sou eternamente grata por tudo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer principalmente a Deus, que me guiou e me deu forças para continuar a percorrer este caminho, mesmo quando muitas vezes pensei que não conseguiria.

Também gostaria de agradecer à minha mãe, Silvana, a mulher mais forte e batalhadora que conheço, que abdicou de muito em sua vida pelas filhas. Obrigada por tudo, por estar ao meu lado, por sempre me incentivar a buscar meus objetivos todos os dias.

Agradeço também à minha tia, Graciete, que foi de suma importância, principalmente para minha entrada na Universidade. Sua trajetória e dedicação para chegar onde está me inspiram e motivam a buscar capacitação cada vez maior.

Agradeço aos meus amigos, Larissa Grazielly e Mateus Lâvor, por toda a ajuda nesta pesquisa. Vocês foram de suma importância para a produção deste trabalho. Obrigada por todo o incentivo e pelos momentos de descontração que tornaram mais tranquilos os dias difíceis.

Agradeço também aos meus professores, por todo o conhecimento e as experiências transmitidas em sala de aula, principalmente à minha orientadora, Natália Barros. Dentre todos os professores que admiro, tive a oportunidade de tê-la como orientadora. Obrigada por ter aceitado fazer parte desta trajetória comigo.

*“Confie no SENHOR de todo o seu coração
e não se apoie em seu próprio
entendimento; reconheça o SENHOR em
todos os seus caminhos, e ele endireitará
as suas veredas”*

Provérbios 3: 5-6

RESUMO

A crescimento da cidade de Bacabal, principalmente no bairro Trizidela, tem acentuado problemas críticos relacionados à drenagem urbana, como alagamentos e enchentes frequentes. Esses problemas comprometem não apenas a infraestrutura local, mas também a saúde e o bem-estar da comunidade, destacando a necessidade de soluções eficazes e sustentáveis. Esse trabalho analisa as condições atuais do sistema de drenagem da região, por meio de levantamento de dados, visita em campo e entrevista com a população local e revisão bibliográfica. A pesquisa compreende que a impermeabilização do solo, somada à ausência de planejamento urbano adequado, intensifica o escoamento superficial, elevando a recorrência e a gravidade dos alagamentos. Além disso, os relatos dos moradores evidenciam danos materiais e a saúde, reforçando a necessidade de intervenções urgentes. Como alternativa propõem-se intervir com soluções baseadas na infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis, telhados verdes e valas de infiltração. Essas medidas visam reduzir os efeitos dos alagamentos, preservar o meio ambiente, tornando a comunidade mais preparada para lidar com os efeitos das mudanças climáticas e do crescimento urbano. O estudo do bairro Trizidela reforça a importância de integrar soluções técnicas e sociais no enfrentamento dos desafios da drenagem urbana. Ao propor estratégias que alinham urbanização e sustentabilidade, o trabalho oferece uma abordagem prática e inovadora para melhorar a qualidade de vida da comunidade do bairro Trizidela, promovendo melhorias na qualidade de vida da população e contribuindo para um modelo de urbanização mais consciente e equilibrado.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Sustentabilidade; Urbanização.

ABSTRACT

The growth of the city of Bacabal, particularly in the Trizidela neighborhood, has exacerbated critical issues related to urban drainage, such as frequent flooding and inundations. These problems compromise not only local infrastructure but also the health and well-being of the community, highlighting the need for effective and sustainable solutions. This study analyzes the current conditions of the region's drainage system through data collection, field visits, interviews with local residents, and a literature review. The research identifies that soil impermeabilization, combined with a lack of adequate urban planning, intensifies surface runoff, increasing the frequency and severity of flooding. Additionally, residents' reports reveal material and health damages, reinforcing the need for urgent interventions. As an alternative, the study proposes solutions based on green infrastructure, such as permeable pavements, green roofs, and infiltration ditches. These measures aim to reduce the impacts of flooding, preserve the environment, and enhance the community's ability to cope with the effects of climate change and urban growth. The study of the Trizidela neighborhood underscores the importance of integrating technical and social solutions in addressing urban drainage challenges. By proposing strategies that align urbanization with sustainability, this work offers a practical and innovative approach to improving the quality of life in the Trizidela community, promoting better living conditions for the population, and contributing to a more conscious and balanced model of urbanization.

Keywords: Urban Drainage, Sustainability, Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do Ciclo hidrológico.....	17
Figura 2: Ciclo hidrológico devido à alta urbanização.....	18
Figura 3: Diferença entre superfícies impermeáveis e permeáveis.....	20
Figura 4: Revitalização do rio Cheonggyecheon.....	22
Figura 5: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável implementados pela ONU.....	23
Figura 6: Representação das camadas de pavimento permeável.....	28
Figura 7: Representação das camadas de telhado verde.....	30
Figura 8: Corte para representação de bacia de retenção.....	31
Figura 9: Localização da bacia de retenção localizada na Praça Charles Miler.....	32
Figura 10: Representação de corte em 3D de uma vala de infiltração.....	33
Figura 11: Relatório da CPRM sobre as áreas de risco de Bacabal – MA.....	35
Figura 12: Localização da área de estudo, situada no bairro Trizidela.....	37
Figura 13: Imagens de um dos abrigos temporários e o nível da água na enchente de 2018.....	39
Figura 14: Situação dos pontos de drenagem e sarjetas das ruas do bairro Trizidela.....	40

LISTA DE SIGLAS

CMN	Confederação Nacional dos Municípios
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
CE	Cidades Esponjas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	METODOLOGIA	15
3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	16
3.1	Ciclo Hidrológico	16
3.1.1	Escoamento Superficial	18
3.1.1.1	<i>Fatores Controladores do Escoamento Superficial</i>	19
3.2	Drenagem Urbana	20
3.2.1	Rios e a Expansão Urbana	21
3.3	Saneamento Básico	22
3.4	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	23
3.5	Drenagem Urbana Sustentável	25
3.5.1	Cidades Esponjas	25
3.6	Métodos de Drenagem Urbana Sustentável	27
3.6.1	Pavimento Permeável	27
3.6.2	Telhado Verde	29
3.6.3	Bacias de Retenção e Detenção	31
3.6.3.1	<i>Bacias de Retenção</i>	31
3.6.3.2	<i>Bacias de Detenção</i>	32
3.6.4	Valas de Infiltração	33
3.7	Análise e Discussão	34
3.7.1	Diagnóstico da Situação Atual	36
3.7.1.1	<i>Histórico de Moradia e Experiência dos Moradores</i>	37
3.7.1.2	<i>Impactos dos Alagamentos e Enchentes</i>	37

3.7.1.3	<i>Impactos na Saúde dos Moradores</i>	39
3.7.1.4	<i>Danos Estruturais e Outros Prejuízos</i>	39
3.7.1.5	<i>Percepção sobre Soluções</i>	40
3.7.2	Análise Comparativa	41
4	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O Êxodo Rural, que se intensificou entre 1970 e 1980, é um movimento que explica a migração de uma grande quantidade de pessoas de áreas rurais para cidades com o objetivo de melhorar suas condições de vida. O êxodo rural foi um resultado da industrialização crescente das cidades no século XX. As áreas metropolitanas tiveram um crescimento nunca visto antes desde a Revolução Industrial. Isso levou a um rápido aumento nas cidades e a uma alteração da paisagem urbana, pois uma infraestrutura foi desenvolvida em geral para acomodar a demanda crescente.

É reconhecido que essa alteração beneficiou muitos, incluindo aumento da produção e eficiência, mais oportunidades de emprego e um melhor padrão de vida. No entanto, a resolução desses problemas levou a outras consequências, incluindo o êxodo rural, a superpopulação levou a problemas adicionais incluindo o aumento desenfreado na taxa de ocupação de terras, levando a vários problemas como a distribuição urbana.

A urbanização apesar dos seus benefícios, trouxe problemas devido a superlotação, como um dos mais notáveis temos o sistema de drenagem, com o aumento populacional, tem-se muitas áreas construídas e pavimentadas impedido em muitos momentos o escoamento da água. Com os obstáculos para que aconteça o escoamento das águas pluviais, a água acaba ficando retida na superfície, impactando de forma econômica, social, e também afetando a saúde de quem vive em lugares que sofre com inundação e alagamento constantemente.

Os Desastres Naturais vêm se tornando recorrentes devido as mudanças climáticas se agravando cada vez mais, resultando em enchentes e alagamentos recorrentes. De acordo com a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), em 2022 as mortes devido a desastres causados por chuvas em excesso, chegaram a 457, sendo um número muito alto levando em consideração os anos anteriores, dados como este mostram que a problemática é antiga.

Observando esses problemas ocorrendo em todo o mundo, a sociedade está buscando mudar essa realidade trazendo soluções sustentáveis eficientes que possam ajudar a corrigir os danos causados pelo homem na natureza, onde à mesma já tem respostas para solucionar esses problemas. Dentre as soluções encontradas pelo homem estão, as cidades inteligentes, Infraestrutura verde, sistemas de

drenagem sustentável, cidades esponjas, dentre outros sistemas que compartilham o objetivo comum, coabitar com uma infraestrutura urbana capaz de absorver, armazenar e reutilizar águas pluviais enriquecendo e promovendo a sustentabilidade. A implantação de pavimentos permeáveis, valas de infiltração, telhado verde, parques inundáveis são algumas das soluções adotadas que permite o manejo eficiente das águas pluviais enquanto restauram o equilíbrio do ciclo hidrológico.

No município de Bacabal, localizado no estado do Maranhão, essa realidade é vivida de forma expressiva, especialmente no bairro Trizidela, onde a proximidade com o Rio Mearim coloca a comunidade em situação de alta vulnerabilidade. A localização ribeirinha e a ocupação desordenada das margens do rio tornaram uma área das mais impactadas por enchentes e alagamentos, com registros frequentes de prejuízos e impactos a saúde pública.

O estudo de caso desse trabalho concentra-se numa área específica do bairro Trizidela onde devido a situações geográficas é uma das mais prejudicadas. As condições atuais da mudança serão evidentes, considerando a infraestrutura existente, as características geográficas e os relatos da comunidade local. Essa análise permitirá identificar os principais pontos críticos e correlacioná-los com os fatores que são indicados para o agravamento dos problemas, como a impermeabilização do solo.

Contudo, este trabalho busca preencher uma lacuna na análise das enchentes em Bacabal, trazendo algo que possa melhorar a vida da população, com soluções que possam transformar essa realidade. Ao compreender as dinâmicas, espera-se contribuir para a redução dos impactos negativos das chuvas e para a melhoria da qualidade de vida dos moradores da região.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o sistema de drenagem urbana em pontos específicos no bairro Trizidela, e estudar a viabilidade de implementar soluções sustentáveis para mitigar os problemas de escoamento e enchentes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento de dados das condições atuais de drenagem em pontos específicos no bairro Trizidela;
- Identificar os principais problemas de alagamento e escoamento superficial;
- Análise visual do local de estudo para identificar pontos críticos;
- Analisar o conceito de Sustentabilidade e realizar um comparativo entre a situação atual do bairro e as soluções apresentadas, considerando o estudo de caso;

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho visa analisar o sistema de drenagem urbana do bairro Trizidela localizado no município de Bacabal – MA, avaliando sua condição atual e comparando-a com cenários projetados que envolvem a implementação de soluções sustentáveis em infraestrutura verde. Sendo assim, a pesquisa foi estruturada em três etapas fundamentais: revisão bibliográfica, levantamento de dados em campo e análise das soluções proposta, configurando uma abordagem qualitativa e exploratória.

Inicialmente, será realizado uma revisão bibliográfica, que é essencial para fundamentar teoricamente o estudo e compreender as complexidades do tema. Serão abordados os impactos negativos das inundações urbanas, especialmente no que se refere às consequências sociais, econômica e ambientais, também será analisado a relação desse problema com a impermeabilização do solo e a falta de planejamento urbano adequado.

Posteriormente, será feito um levantamento de dados em campo, realizado na área delimitada no bairro Trizidela. Esta fase incluirá entrevistas com moradores locais, com o objetivo de compreender as percepções da comunidade sobre os problemas relacionados ao sistema de drenagem, como alagamentos e enchentes recorrentes. As entrevistas buscarão capturar as experiências vividas pelos moradores, considerando os impactos das chuvas em suas rotinas, os prejuízos materiais e emocionais, e as possíveis soluções que possam ser viáveis.

Contudo, será feito uma análise comparativa das informações coletadas nas fases anteriores, permitindo a comparação entre o cenário atual e os possíveis benefícios decorrentes da adoção da infraestrutura verde. Essa análise buscará identificar as soluções técnicas, sociais e ambientais das soluções propostas, destacando as possibilidades de mitigação dos problemas de drenagem urbana no local e promover a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida da comunidade local.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelas cidades em expansão, principalmente em regiões com rápido e desordenado crescimento urbano, é a fragilidade do sistema de escoamento de águas pluviais.

A impermeabilização do solo, a ausência de um planejamento adequado e a falta de estrutura de drenagem eficaz são responsáveis por inundações, alagamentos e enchentes, especialmente durante períodos de chuvas fortes. Questões estas, que embora ligadas à acumulação de água, variam em suas origens e extensão, prejudicando a vida dos residentes e podendo resultar em grandes impactos econômicos e sociais, além de causarem danos ao meio ambiente.

A situação de Bacabal, município localizado no estado do Maranhão, não foge a esse cenário. O bairro Trizidela, em particular, enfrenta há anos desafios relacionados às águas pluviais devido à proximidade ao Rio Mearim, sendo frequente a ocorrência de enchentes e alagamentos durante a temporada de chuvas, onde não poderia haver habitações pois com isso está desprotegendo o leito do rio. A ausência de medidas eficazes para resolver essas questões tem impactado negativamente os habitantes locais, que sofrem com problemas recorrentes.

Neste estudo, realiza-se uma análise da literatura acerca dos conceitos relacionados ao tema e das alternativas sustentáveis de escoamento de água para a região específica localizada no bairro Trizidela. Serão examinados a problemática do local, juntamente com os métodos sustentáveis que possam ser usados para mitigar esse problema e as vantagens de suas aplicações no contexto de Bacabal.

Antes de colocar em prática, será explicada a importância e as consequências das situações de enchentes, inundações e alagamentos; além disso, será abordado o conceito de drenagem urbana. Na sequência, será explorado os métodos sustentáveis que são utilizados para combater este tipo de problemática. Por último, será examinada a situação da região em estudo e será analisada a viabilidade de uma solução eficiente e sustentável para o problema.

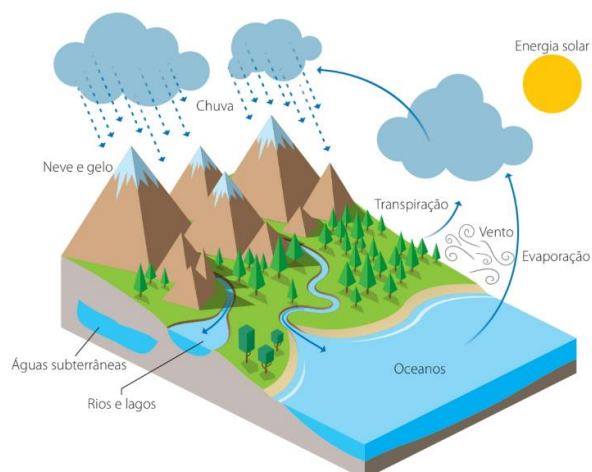
3.1 Ciclo Hidrológico

A água, “é componente fundamental de dinâmica da natureza, impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é solvente universal”. (TUNDISI, 2003, p.31). O ciclo

hidrológico constitui-se em um processo contínuo da água, onde passará por várias fases, evaporação, precipitação; infiltração e escoamento superficial; escoamento subterrâneo, e assim ela passará pelos seus três estados físicos dando continuidade a este ciclo.

- **Evaporação**: ocorre quando a água dos reservatórios se mudam do seu estado original para o estado gasoso (vapor) devido as altas temperaturas.
- **Precipitação**: quando o vapor formado pelo processo de evaporação sobe para a atmosfera, onde irá se condensar formando as nuvens. Quando se tornam pesadas, devido as gotículas de água agrupadas, elas retornam a superfície durante as chuvas, neve ou até mesmo granizo.
- **Escoamento Superficial**: ao atingir o solo, a água pode seguir dois caminhos principais: infiltração ou escoamento superficial. O escoamento superficial é movimento da água que ocorre na superfície do solo logo após a precipitação. Parte da água infiltra no solo, contribuindo para o abastecimento dos lençóis freáticos e a formação de reservas subterrâneas. No entanto, o escoamento superficial ocorre quando o solo não é capaz de absorver toda a água disponível. Essa água excedente escoar sobre a superfície, seguindo a declividade natural do terreno até alcançar corpos d'água, como rios, lagos e oceanos.
- **Escoamento Subterrâneo**: pode ser descrito como sendo o movimento da água que acontece abaixo da superfície, nas camadas superiores do solo e nos aquíferos, ou seja, acontece após a precipitação onde a água irá infiltrar no solo reabastecendo os aquíferos.

Figura 1: Representação do ciclo hidrológico

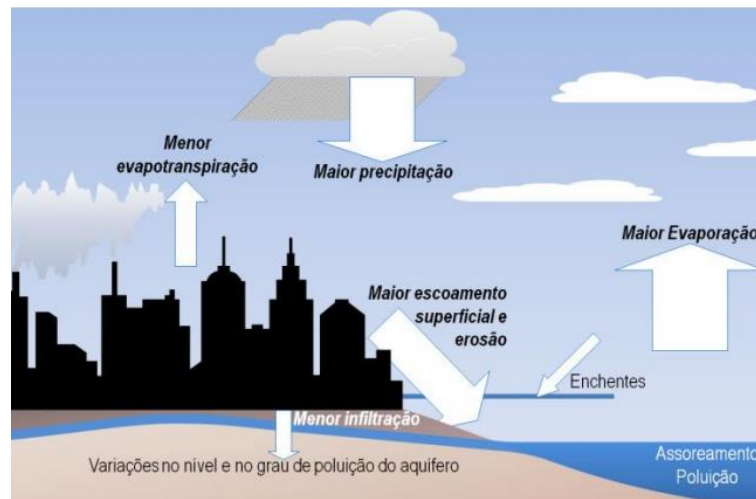


Fonte: Oliveira (2016)

Segundo Oliveira (2016) “o ciclo da água é impulsionado por alguns fatores, sendo alguns deles a energia solar, gravidade e as variações de temperatura”. Sendo assim, de suma importância para manter os recursos hídricos principais, que são os oceanos, continentes e a atmosfera, tornando-se também relevante para o equilíbrio ecológico.

Entretanto, o ciclo hidrológico descrito anteriormente sofreu alterações ao longo do tempo em decorrência da urbanização e, conseqüentemente, da impermeabilização do solo. Essas mudanças impactaram o equilíbrio natural do processo, resultando em um aumento significativo do escoamento superficial, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Ciclo hidrológico devido à alta urbanização



Fonte: Souza (2020) apud Research Gate (2012)

3.1.1 Escoamento Superficial

No contexto da engenharia civil e da gestão de recursos hídricos, o escoamento superficial é um fator fundamental que influencia a eficiência dos sistemas de drenagem urbana e a qualidade ambiental das áreas urbanas. À medida que as cidades se expandem, o aumento da impermeabilização do solo e a alteração das características naturais do terreno agravam os problemas relacionados ao escoamento superficial.

Ocorre quando a capacidade de infiltração do solo é superada pela intensidade da precipitação, atingindo o ponto de saturação máxima, a partir do qual o solo deixa de absorver água, resultando em fluxos de água que não são absorvidos.

Nas áreas urbanas, essas características adquirem uma importância ainda maior, devido à impermeabilização do solo, que intensifica o volume e a velocidade do escoamento, gerando uma série de impactos hidrológicos e ambientais.

O escoamento superficial é a fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas que, por efeito da gravidade, se desloca na superfície da terra. O estudo do escoamento superficial engloba, portanto, desde a simples gota de chuva que tomba sobre o solo, saturado ou impermeável, e escorre superficialmente, até o grande curso de água que desemboca no mar. (Garcez; Alvarez, 1988, p.211)

3.1.1.1 *Fatores Controladores do Escoamento Superficial*

O fenômeno é influenciado por uma série de fatores ambientais, incluindo as características de solo, cobertura vegetal, grau de impermeabilização, intensidade e duração das chuvas, bem como ao grau de urbanização da área. Em ambientes naturais, que possui uma grande área permeável, a maior parte das águas pluviais se infiltra no solo. No entanto, em áreas urbanas onde o asfalto, concreto e edificações reduz drasticamente a infiltração, onde associados as questões naturais podem potencializar ainda mais os desastres.

A vegetação desempenha um papel fundamental na interceptação das águas pluviais e na redução da velocidade com que essa água atinge o solo. Quando uma vegetação é removida, especialmente em áreas de expansão urbana, ocorre um aumento significativo no volume de água escoada.

A declividade do terreno é outro fator essencial. Terrenos em inclinação acentuada tendem a favorecer o escoamento, pois a água da chuva não tem tempo suficiente para infiltrar no solo.

Os sistemas de drenagem tradicionais muitas vezes se mostram inadequados para o manejo dos volumes de água que veem constantemente aumentando, ocasionando inundações, erosão do solo, alteração de corpos hídricos e contaminação dos lençóis freáticos. O escoamento superficial em áreas urbanas transporta diversas substâncias tóxicas, incluindo óleos, metais pesados e resíduos sólidos.

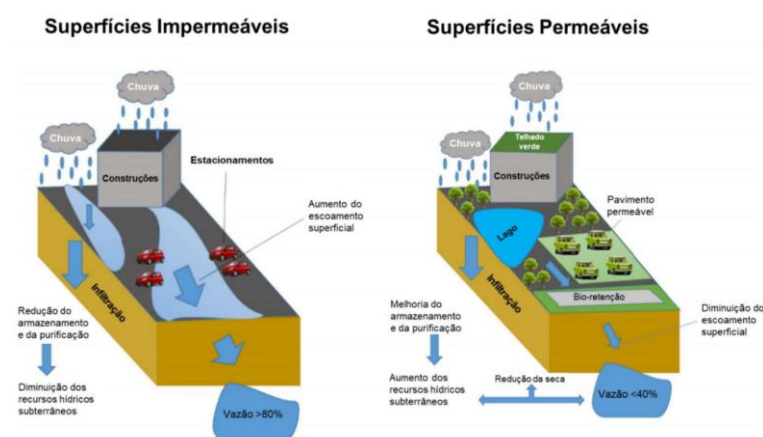
Portanto, o estudo do escoamento superficial no ambiente urbano é essencial para o planejamento sustentável das cidades como Bacabal. A compreensão do comportamento da água em diferentes superfícies e condições permite que

engenheiros, urbanistas e gestores ambientais possam elaborar estratégias que minimizem os impactos negativos da urbanização, promovendo um equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental.

3.2 Drenagem Urbana

A Drenagem Urbana é uma das principais preocupações das cidades em desenvolvimento, principalmente em regiões onde o crescimento desordenado afeta o escoamento natural das águas pluviais. Com a redução das áreas permeáveis, a drenagem eficiente torna-se um desafio, resultando em enchentes, inundações, alagamentos e a degradação ambiental.

Figura 3: Diferença entre superfícies impermeáveis e permeáveis



Fonte: Brilhante *apud* Nguyen *et al.* (2020)

Na figura 3, é apresentado claramente a diferença entre superfícies impermeáveis e permeáveis, destacando o impacto que cada uma tem no escoamento da água pluvial. Nas superfícies impermeáveis, a água não consegue infiltrar-se no solo, provocando inundações e reduzindo a recarga dos aquíferos costeiros. Já nas superfícies permeáveis, a infiltração da água no solo é favorecida, contribuindo para a recarga dos recursos hídricos densos, redução do volume de escoamento superficial e diminuição das enchentes. Essas soluções melhoram a qualidade ambiental e ajudam a mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui 203.080.756 habitantes aponta levantamento de 2022, sendo 6,45% a mais do levantamento anterior (2010). No Brasil, o crescimento desordenado das

idades e a falta de planejamento adequado têm gerado sérios problemas de drenagem urbana.

O município de Bacabal, com 103.711 habitantes (2022) ficando em 307º lugar de 5570º comparado a outros municípios do país, é um exemplo claro dessa situação, onde a drenagem ineficiente causa alagamentos constantes, que é mais perceptível no bairro Trizidela devido está situado as margens do Rio Mearim. A implementação do conceito de CE em locais como Bacabal pode representar uma mudança significativa da gestão das águas urbanas, contribuindo para a redução dos problemas de inundação e para o desenvolvimento sustentável da região.

3.2.1 Rios e a Expansão Urbana

Desde os primórdios da civilização rios têm desempenhado papel crucial no desenvolvimento das cidades. Civilizações antigas frequentemente surgiam às margens de rios devido à abundância de recursos naturais, como água, terras férteis e facilidade para transporte e comércio. Civilizações como as que se desenvolveram ao entorno do rio Nilo, Tigre e Eufrates moldaram suas culturas e economias em torno dessas bacias hidrográficas.

Durante a Revolução Industrial, os rios passaram a ter uma função econômica ainda mais intensa, servindo como vias de transporte para matéria-prima e produtos industriais. No entanto, com a industrialização, veio também a poluição, transformando muitos rios urbanos em canais de esgoto, afetando tanto o ambiente quanto a qualidade de vida. A relação entre rios e cidades sofreu alterações significativas com a urbanização moderna. A expansão desordenada de áreas urbanas resultou na impermeabilização do solo e em alterações drásticas nos cursos d'água.

Nas últimas décadas projetos de revitalização de rios demonstraram o potencial transformador de rios urbanos. Além disso, conceitos inovadores como as Cidades Esponjas surgiram como soluções sustentáveis. Esse modelo originado na China, utiliza infraestruturas permeáveis e sistemas de retenção para melhorar a gestão híbrida urbana. A combinação de soluções que se integram perfeitamente as condições da natureza mostra como a tecnologia pode reaproximar as cidades de seus rios de forma sustentável.

Figura 4: Revitalização do rio Cheonggyecheon



Fonte: Rosa, Gaia e Sampaio (2017).

3.3 Saneamento Básico

De acordo com a lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento), que estabelece as diretrizes nacionais para o setor, o saneamento básico compreende quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo das águas pluviais. Essa legislação foi posteriormente complementada pelo Marco Legal do Saneamento, instituído pela lei nº14.026/2020, que reforçou o objetivo de universalizar esses serviços até 2033, garantindo acesso a 99% da população com água potável e coleta e tratamento de esgoto.

O saneamento básico é um elemento essencial para o desenvolvimento urbano sustentável, impactando diretamente a saúde pública e a qualidade de vida da população. No município de Bacabal, os indicadores apresentados no Censo 2022 realizado pelo IBGE (2022) revelam desafios significativos em relação à infraestrutura urbana e aos serviços de saneamento, onde apenas 30,3% dos domicílios contam com esgotamento sanitário adequado. Ainda de acordo com o IBGE, somente certa

de 7,9% das residências possuem de forma adequada os elementos que compõem e qualificam as vias públicas para atender às necessidades funcionais e estéticas de uma área urbana.

A precariedade desses serviços tem impactos diretos na saúde pública, contribuindo para a disseminação de doenças como infecções, diarreia, hepatite A e leptospirose, que poderiam ser evitadas com um planejamento adequado da infraestrutura da cidade.

No contexto urbano, essa ausência de planejamento afeta diretamente a gestão de drenagem urbana. O desenvolvimento desordenado das cidades, muitas vezes sem a infraestrutura adequada, aumenta a impermeabilização do solo, intensificando problemas como enchentes e inundações. Além disso, o descarte inadequado de resíduos em vias públicas ou cursos d'água prejudica os sistemas de drenagem, comprometendo a eficiência da infraestrutura existente.

3.4 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda global estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, um plano global que tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável de forma social, econômica e ambiental. Composta por 17 objetivos e 169 metas, a Agenda 2030 busca enfrentar desafios críticos para a humanidade em suas diversas formas (pobreza, fome, desigualdade, mudanças climáticas, degradação ambiental), com o propósito de direcionar os países a enfrentarem os maiores problemas do século XXI.

Figura 5: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável implementados pela ONU



Fonte: Nações Unidas Brasil (2015)

Dentre os 17 ODS, alguns possuem uma relação direta com a temática deste trabalho de drenagem urbana e soluções sustentáveis para manejo de águas pluviais, como o Objetivo 6 (água potável e saneamento) e o objetivo 11 (cidades e comunidades sustentáveis).

O objetivo 6 tem como intuito, assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (Nações Unidas Brasil, 2015), propondo metas como:

6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente; [...] **6.6** Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos [...] (Nações Unidas Brasil, 2015, p.25).

O ODS 11, por sua vez, destaca a importância de construir cidades inclusivas, seguras e sustentáveis.

11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países; [...] **11.5** Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade; **11.6** Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. (Nações Unidas Brasil, 2015, p. 30)

A conexão entre o uso de soluções sustentáveis e as metas dos ODS torna-se evidente na medida em que soluções de infraestrutura verde, como pavimentos permeáveis, áreas de infiltração e telhados verdes, podem não apenas aliviar o sistema de drenagem, mas também contribuir para um planejamento urbano mais sustentável. Assim, este estudo fortalece o entendimento de que o desenvolvimento sustentável requer estratégias que respeitem o ciclo hidrológico e favoreçam a sustentabilidade urbana, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades da comunidade local.

3.5 Drenagem Urbana Sustentável

O sistema de drenagem da forma tradicional tem suas raízes busca das cidades em adotar sistemas de escoamento que buscavam eliminar a água da chuva de maneira rápida e eficiente. Porém, com o aumento da urbanização e a consequente impermeabilização do solo, esses sistemas passaram a gerar problemas adicionais, como enchentes, assoreamento de rios e falta de recarga dos aquíferos. A drenagem urbana sustentável surge como uma resposta para minimizar esses impactos, incorporando técnicas de retenção e infiltração, que respeitam o ciclo hidrológico natural e promovem soluções integradas com o ambiente urbano recarregando os aquíferos e reduzindo a velocidade do escoamento superficial.

Apesar das vantagens evidentes, a implementação de sistemas de drenagem urbana sustentável enfrenta alguns desafios. O custo inicial de construção e a necessidade de manutenção constante podem ser obstáculos, especialmente em países em desenvolvimento. Além disso, a implementação de soluções sustentáveis requer educação e conscientização da população, bem como o compromisso das autoridades locais para adotar políticas públicas que incentivem a adoção dessas práticas.

Os métodos de drenagem urbana sustentável envolvem uma combinação de soluções básicas na natureza, como jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e bacias de retenção. Essas soluções visam reduzir o escoamento superficial, promovendo a infiltração de água no solo e a filtragem de substâncias poluentes. A drenagem sustentável também inclui trincheiras de infiltração e reservatórios de retenção, que auxiliam na gestão da água da chuva, reduzindo os impactos das enchentes e melhorando a recarga de aquíferos. O conceito de Cidades de Esponjas integra essas abordagens, permitindo que as cidades funcionem como esponjas, absorvendo e liberando a água de forma eficiente.

3.5.1 Cidades Esponjas

O conceito de “Cidade Esponja” (CE), emerge no contexto das políticas de planejamento urbano voltadas para a gestão sustentável das águas pluviais, particularmente em áreas urbanas suscetíveis a inundações. O conceito de Cidade Esponja surgiu na China em meados da década de 2010, como resultado de esforços

para adaptar as cidades ao aumento da frequência e intensidade das chuvas, exacerbadas pelas mudanças climáticas e pelo crescimento desordenado das áreas metropolitanas. O arquiteto paisagista chinês Kongjian Yu, criador do conceito, propôs que, ao invés de lutar contra o ciclo da água, as cidades deveriam se adaptar a ela, utilizando infraestruturas que permitissem a absorção e o armazenamento de grandes volumes de águas pluviais.

A origem do termo está completamente enraizada no desenvolvimento de estratégias urbanas que visam aumentar a capacidade das cidades de lidar com grandes volumes de água de maneira natural e sustentável. Em 2013, a China lançou a iniciativa, que foi oficialmente adotada em 2015 como uma política nacional. Este programa visa transformar cidades em espaços urbanos que funcionam como esponjas, absorvendo, armazenando, filtrando e reutilizando a água da chuva para minimizar os impactos de inundações e melhorar a resiliência urbana.

Segundo estudos, o conceito de CE é definido como um modelo de urbanização que integra soluções baseadas na natureza e infraestrutura verde para gerenciar as águas pluviais. Ao invés de depender exclusivamente de sistemas de drenagem convencionais, as cidades esponjas utilizam tecnologias como pavimentos permeáveis, telhados verdes, valas de infiltração, e parques inundáveis, que permitem que a água seja absorvida pelo solo, retardando o escoamento e reduzindo os riscos de enchentes.

Uma cidade-esponja consiste, portanto, em uma cidade capaz de integrar a gestão da água urbana em projetos, planos ou políticas públicas de planejamento urbano sustentável por meio de técnicas compensatórias, estratégias LID e da infraestrutura verde, com foco na redução do escoamento superficial, na purificação, no armazenamento e na reutilização das águas urbanas. (Brilhante, 2020, p.39)

O objetivo central da criação do conceito de CE é transformar os centros urbanos em ambientes adaptáveis, capazes de enfrentar as adversidades climáticas de forma sustentável. Além disso, essa abordagem promove a adaptação às mudanças climáticas, uma vez que aumenta a capacidade das cidades de lidar com eventos extremos, como tempestades intensas e secas prolongadas. A implementação de tais medidas contribui para a saúde pública, reduzindo os riscos associados às enchentes, e para a sustentabilidade ambiental, ao promover a conservação dos recursos hídricos.

Adotar esta abordagem em projetos urbanos, especialmente em áreas vulneráveis, pode ser uma chave para transformar esses espaços em comunidades mais seguras e sustentáveis. Ao integrar o ciclo hidrológico natural ao planejamento urbano, essas cidades não apenas irão melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, mas também irá estabelecer um modelo de desenvolvimento que equilibra o crescimento urbano com a preservação dos ecossistemas.

3.6 Métodos de Drenagem Urbana Sustentável

As cidades esponjas, como mencionado anteriormente, surgiram como uma resposta inovadora e sustentável para os problemas de drenagem em áreas densamente urbanizadas, onde os riscos de enchentes e inundações são elevados. Conforme destaca Araújo *et.al* (2000), ao contrário de métodos convencionais, que estão muitas vezes focados em soluções tradicionais, que apenas deslocam para outras áreas, este conceito propõe outra abordagem.

O foco está em atuar na fonte da problemática “imitando” os processos naturais de infiltração e retenção de água, foi observado durante o estudo que os principais são: pavimento permeável, telhado verde, parques alagáveis, bacias de retenção e valetas de infiltração. Essas soluções buscam absorver gerenciar a água de forma eficiente e sustentável.

3.6.1 Pavimento Permeável

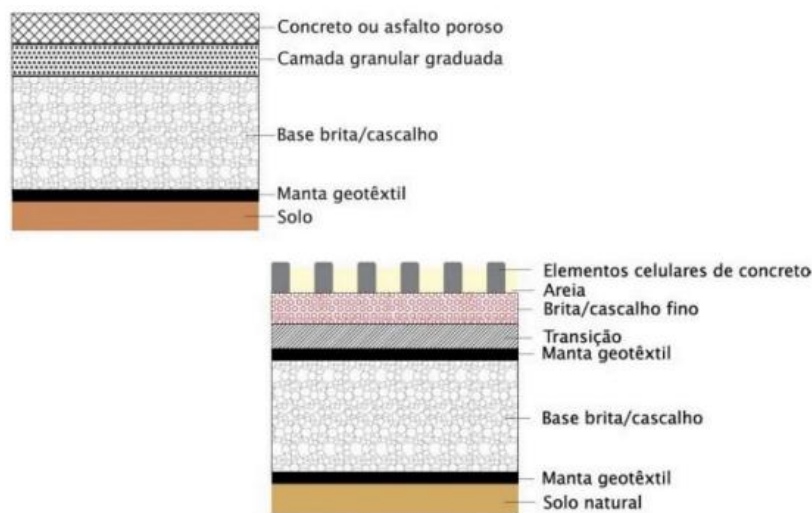
Os pavimentos permeáveis foram desenvolvidos para permitir que a água da chuva passe através de sua superfície e seja infiltrada no solo subjacente. Também ajuda a reestabelecer o ciclo hidrológico natural das cidades e a reduzir os impactos da urbanização nos recursos hídricos. A Norma Brasileira Regulamentadora, NBR 16416 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (2015) estabelece pavimento permeável sendo:

Pavimento que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura (ABNT NBR 16416, 2015, p.2).

Representam uma alternativa sustentável ao pavimento tradicional, onde o mesmo é um dos principais fatores que contribui para a impermeabilização das áreas urbanas e, conseqüentemente, para problemas como enchentes, sobrecarga em sistemas de drenagem e contaminação de corpos hídricos. São filtros naturais, removendo poluentes como partículas, óleos e outros resíduos melhorando a qualidade da água que chega aos aquíferos ou corpos d'água. Além disso os pavimentos permeáveis contribuem para a melhoria do conforto térmico nessas áreas.

O pavimento permeável possui algumas camadas (figura 6) para que possa exercer sua função de absorção da água de forma correta. A camada visível é um revestimento superficial permeável é composta por matérias que permitem a passagem da água, como concreto permeável, blocos intertravados, asfalto poroso ou pavimentos de brita. Essa camada também é responsável por suportar as cargas de tráfego, motivo pelo qual deve ser dimensionada especificamente, considerando a resistência necessária para aplicação.

Figura 6: Representação das camadas de pavimento permeável



Fonte: Canholi (2014).

Em seguida tem-se uma camada composta por agregados graúdos, que são responsáveis pelo armazenamento temporário da água que infiltra pela superfície. A base de pedras é formada por brita e cascalho com altura mínima de 25 centímetros, que tem uma boa capacidade de armazenamento de águas devido a porosidade elevada.

A manta têxtil é uma camada opcional que pode melhorar o desempenho do pavimento. Essa camada faz a separação das camadas de materiais diferentes, faz também a filtragem da água e reforça a estrutura geral do pavimento. A manta geotêxtil é particularmente útil em solos com baixa permeabilidade ou áreas onde há risco de migração de finos, que poderiam obstruir a base granular.

E por fim, à o subleito que é um solo natural sobre o qual todo o pavimento é construído. É fundamental na infiltração da água, pois é o destino final da água que percorre pelas camadas superiores. A capacidade de absorção depende das características do solo local, como sua porosidade e taxa de percolação, em algumas situações é necessário o uso de drenos subterrâneos para garantir que a água seja adequadamente removida do pavimento.

A NBR 16416/2015 estabelece que esse pavimento deve ser projetado para garantir total infiltração da água da chuva que incide sobre a superfície pavimentada e as áreas de contribuição associadas. A norma também estabelece que o projeto deve considerar o tipo de uso e o local de implantação atendendo o dimensionamento realizado na fase de projeto.

Embora ofereça muitas vantagens, sua eficiência a longo prazo está diretamente ligada à manutenção adequada, a obstrução dos poros pode reduzir significativamente o seu desempenho mecânico e hidráulico. Portanto, é recomendada a limpeza periódica das superfícies, manutenções preventivas são essenciais para garantir a durabilidade do pavimento e manter suas propriedades de infiltração.

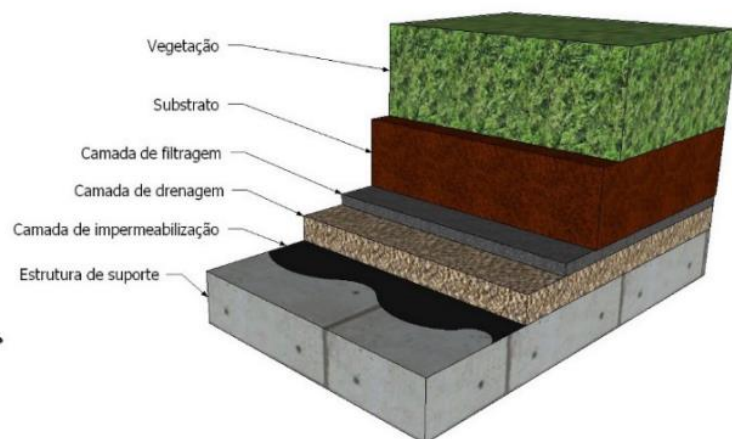
3.6.2 Telhado Verde

Outro método utilizado nas cidades esponjas são os telhados verde, que veem se consolidando como uma solução sustentável para o combate aos impactos ambientais urbanos, especialmente no que tange ao manejo de águas pluviais, redução de ilhas de calor e melhoria de qualidade do ar. O conceito de telhado verde abrange não apenas a criação de espaços verdes sobre construções, mas também a implementação de um sistema que colabore com o ciclo hidrológico natural principalmente nos grandes centros, que geralmente sofre com as consequências da crescente impermeabilização do solo.

Esse sistema consiste em implementar telhados sobre a cobertura das edificações, utilizando-se de várias camadas, cada uma exercendo suas funções para garantir o bom desempenho do sistema:

- **Camada de impermeabilização:** importante para evitar infiltrações na estrutura. Normalmente utiliza-se uma membrana impermeabilizante que impede a passagem da água garantindo a integridade da edificação.
- **Camada de drenagem:** facilita o escoamento da água em excesso para o sistema de drenagem, evitando o acúmulo de água e o alagamento da vegetação.
- **Camada de filtragem:** essa camada impede que partículas de solo sejam levadas para o sistema de drenagem, evitando a obstrução da passagem da água.
- **Substrato:** solo sobre o qual as plantas crescem, fornecendo nutrientes as mesmas garantindo também a retenção de nutrientes e a permeabilidade adequada.
- **Vegetação:** a camada superficial desse sistema é composta por plantas, que devem ser selecionadas com base nas condições climáticas da região e na capacidade de suporte da estrutura. Mas devem ser de pequeno porte com crescimento limitado e facilitando a manutenção.

Figura 7: Representação das camadas de telhado verde



Fonte: Canabrava Neto *et al.* (2021).

Apesar dos seus benefícios, a instalação desse sistema possui alguns desafios, um deles é relacionado a sobrecarga adicional que esse tipo de sistema impõe em uma estrutura. Para que possa ser utilizado esse método é crucial ser feito uma análise estrutural antes da implantação devido ao peso dessas camadas. Outro

aspecto a ser considerado é a manutenção contínua, fundamental para evitar problemas como entupimentos, proliferação de insetos devido as plantas e o excesso de peso devido a água acumulada.

3.6.3 Bacias de Retenção e Detenção

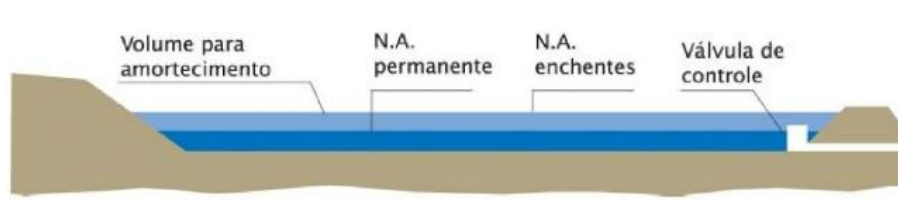
As bacias de retenção e detenção são estruturas amplamente utilizadas em projetos de drenagem urbana, visando a mitigação de impactos hídricos causados pela urbanização. Essas soluções desempenham um papel crucial no controle do escoamento superficial, contribuindo para a gestão sustentável das águas pluviais em áreas urbanizadas.

3.6.3.1 *Bacias de Retenção*

Uma bacia de retenção é um reservatório projetado para armazenar as águas pluviais. O nível d'água eleva-se temporariamente acima dos níveis normais durante ou imediatamente após as cheias (CANHOLI, 2014, p.7). Está mantêm uma lâmina d'água constante simulando condições naturais e contribuindo para qualidade ambiental.

Sua principal função é reter a água de forma prolongada, permitindo a infiltração no solo e a evapotranspiração. Diferentemente das bacias de detenção, que liberam o fluxo retido rapidamente, as de retenção atuam no equilíbrio hidrológico ao longo do tempo.

Figura 8: Corte para representação de bacia de retenção



Fonte: Canholi (2014).

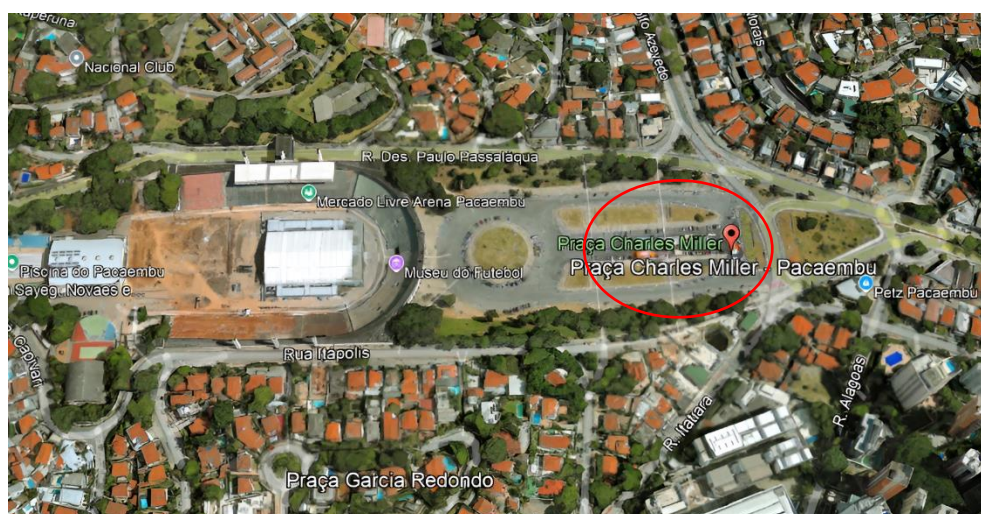
3.6.3.2 Bacias de Detenção

As bacias de retenção se tornam também uma solução eficaz para minimizar os impactos negativos da urbanização. Elas são projetadas para reter as águas pluviais temporariamente liberando-a de forma controlada no sistema de drenagem. Este método permite que o pico de vazão seja reduzido, evitando sobrecargas nos cursos d'água e prevenindo danos em áreas urbanas.

Para a aplicação dessas estruturas deve-se ter um planejamento criterioso, que leve em consideração as características do local, os padrões climáticos e as demandas específicas de cada área. Além disso, a manutenção regular é essencial para garantir seu funcionamento, evitando problemas como o acúmulo de sedimentos ou o comprometimento das estruturas de saída de água.

Além disso, em áreas densamente urbanizadas onde a disponibilidade de espaço é limitada, podem ser utilizados bacias de retenção cobertas sendo elas subterrâneas ou parcialmente cobertas. Um exemplo notável no Brasil é o reservatório de retenção localizado na Praça Charles Miller, na cidade de São Paulo. Segundo Costa, *et. al.* (2020), o reservatório tem capacidade de armazenar 74.000m³ de água. Contribuindo para reduzir o pico de vazão durante eventos de chuvas intensas, controlando o volume de água que chega ao Córrego do Pacaembu.

Figura 9: Localização da bacia de retenção localizada na Praça Charles Miler



Fonte: Adaptado pelo autor do Google Earth (2024).

As bacias cobertas, como a da Praça Charles Miller, são normalmente construídas de matérias como concreto armado, permitindo que o espaço acima seja utilizado para outras finalidades, como estacionamentos, áreas de lazer ou mesmo vias de trânsito. As bacias de retenção cobertas se destacam por sua durabilidade e pela capacidade de integrar sistemas complementares, como o aproveitamento de águas pluviais para atividades como irrigação.

Embora sejam amplamente reconhecidas como uma solução eficiente, é fundamental destacar que elas devem ser parte de um conjunto integrado de medidas de manejo sustentável da água. A medida que as cidades enfrentam pressões crescentes devido à urbanização e às alterações climáticas, o uso de bacias de retenção destaca-se como um componente importante para um desenvolvimento mais sustentável.

3.6.4 Valas de Infiltração

Outro método utilizado, são as valas de infiltração que consiste em estruturas lineares escavadas no solo e preenchidas com materiais permeáveis, como a brita, que permite o armazenamento temporário da água da chuva e sua infiltração gradual do terreno. Estas valas são projetadas para captar e reter o escoamento superficial, promovendo a recarga dos aquíferos e diminuindo os volumes de água que chegam aos sistemas de drenagem ocasionais.

Figura 10: Representação de corte em 3D de uma vala de infiltração



Fonte: Galdino (2022).

O dimensionamento e a eficiência das valas dependem de fatores como as características do solo, a oferta local, a capacidade de armazenamento do material de

preenchimento e dentre outros. Além dos benefícios hidráulicos, também possuem um impacto ambiental positivo. Ao permitir que a água seja filtrada pelo solo antes de alcançar os lençóis freáticos, essas estruturas ajudam a remover impurezas como metais pesados nutrientes e partículas suspensas.

Apesar das vantagens, é necessário considerar desafios associados. A melhoria e manutenção das valas de infiltração. A sedimentação e o acúmulo de detritos podem reduzir a eficiência do sistema ao longo do tempo, exigindo manutenções periódicas. Além disso, se não for planejado da forma adequada pode levar à sobrecarga da estrutura ou à contaminação do solo e das águas subterrâneas, caso a área de instalação esteja à presença de substâncias químicas nocivas.

Contudo, elas são uma solução sustentável e prática para os problemas recorrentes de drenagem. Sua capacidade de mitigar enchentes, melhorar a qualidade da água faz com que seja uma alternativa viável para o manejo das águas pluviais. Somente com uma abordagem multidisciplinar será possível maximizar os benefícios dessa técnica e mitigar os impactos da urbanização.

3.7 Análise e Discussão

A cidade de Bacabal está localizada no estado do Maranhão, situada na microrregião Centro-leste, a cerca de 240km de São Luis. Com uma população estimada pelo IBGE (2022) em 103.711 habitantes. O município tem experimentado crescimento urbano considerável nas últimas décadas, o que tem gerado desafios para sua infraestrutura, especialmente no que diz respeito ao sistema de drenagem. A cidade se caracteriza por ser tropical, com uma estação chuvosa significativa que acontece entre os meses de outubro a junho, o que agrava os problemas de alagamento, especialmente nas áreas mais densamente povoadas. A urbanização acelerada, associada à ausência de planejamento adequado, tem exacerbado os impactos negativos da drenagem, com alagamentos e falta de infraestrutura adequada para o escoamento adequado das águas pluviais.

O bairro Trizidela situado as margens do Rio Mearim, é uma das áreas mais afetadas pelas deficiências no sistema de drenagem urbana de Bacabal. A localização ribeirinha agrava os problemas de alagamento, principalmente durante o período chuvoso, quando o rio transborda, contribuindo para o acúmulo de águas nas ruas e residências. Segundo relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

(CPRM), Serviço Geológico do Brasil, grande parte do bairro está em uma área de alto risco de inundações devido ao histórico de enchentes do Rio Mearim. Também pode-se observar (figura 11) que o sentido da drenagem está direcionando para a região de estudo.

Nesse estudo será analisada uma área específica do bairro Trizidela, que abrange as ruas próximas ao Rio Mearim, para investigar a relação entre a localização geográfica, as características do sistema de drenagem e os impactos das inundações. Será analisado também, possíveis soluções sustentáveis para os problemas relacionados a drenagem, com destaque na infraestrutura verde. O objetivo é analisar a drenagem do bairro, mas também, compreender como essas medidas podem mitigar os problemas de alagamento e, simultaneamente, promover a sustentabilidade e a resiliência urbana frente às condições ambientais e sociais do bairro, situado às margens do Rio Mearim.

Figura 11: Relatório da CPRM sobre as áreas de risco de Bacabal – MA.



Fonte: CPRM (2012).

De acordo com Costa *et al.* (2024), entre 2009 e 2023, os meses de fevereiro, março e abril registraram os maiores volumes acumulados de chuva. Esses períodos

coincidem com a elevação das águas do Rio Mearim, resultando em inundações que deslocam milhares de pessoas. Em 2009, por exemplo, houve um dos maiores desastres registrados, com o nível do rio atingindo 887 cm, cerca de 5 metros acima do normal. Este evento deixou mais de 15 mil pessoas desalojadas ou desabrigadas.

A intensificação dos impactos causados pelas chuvas em Bacabal está diretamente relacionada à impermeabilização do solo e à ocupação desordenada de áreas suscetíveis a inundações, como as planícies de inundação. Bairros como Trizidela e Presídio, localizados próximos às margens do Rio Mearim, destacam-se como os mais atingidos. Nessas situações, as enchentes são acompanhadas por desafios como infraestrutura inadequada, carência de serviços médicos e falta de auxílio financeiro, agravando as dificuldades enfrentadas pelos moradores dessas regiões.

A análise dos dados ressalta a importância de medidas preventivas, como a adoção de um planejamento urbano mais sustentável e a formulação de políticas públicas voltadas à gestão de desastres. Essas iniciativas são fundamentais para reduzir os danos provocados pelas chuvas intensas e garantir maior proteção à população de Bacabal, principalmente nos períodos em que fenômenos climáticos globais exercem forte influência.

3.7.1 Diagnóstico da Situação Atual

A análise do sistema de drenagem do bairro Trizidela, em Bacabal – MA, foi realizada em algumas etapas, com o objetivo de compreender a dinâmica dos alagamentos frequentes na área e seus impactos na comunidade local. Entre elas, foi realizado por meio de uma visita técnica ao local de estudo, com reconhecimento visual das condições locais, aplicação de questionário aos moradores e revisão bibliográfica.

A área de estudo foi delimitada numa parcela específica do bairro (figura 12), que ilustra a região de foco. A área encontra-se próxima à margem do Rio Mearim, apresentando características urbanas de ocupação densa, com infraestrutura precária e ruas que frequentemente são impactadas pelas cheias. Esta proximidade com o rio torna uma localidade altamente suscetível a enchentes, durante o período chuvoso.

Figura 12: Localização da área de estudo, situada no bairro Trizidela.



Fonte: Google Earth (2024).

3.7.1.1 *Histórico de Moradia e Experiência dos Moradores*

Foram entrevistados 13 moradores da região delimitada, como o objetivo de obter informações qualitativas sobre os impactos das enchentes e as dificuldades enfrentadas. A pesquisa revelou que os moradores possuem tempos de residência variados, indo de 1 a 50 anos. Essa diversidade é significativa para compreender a percepção sobre os impactos das enchentes, que segundo os entrevistados, ocorrem frequentemente, com uma média de uma a duas vezes por ano. Um dos moradores destacou a enchente de 2009 foi a maior que já presenciou, reforçando a recorrência do problema.

3.7.1.2 *Impactos dos Alagamentos e Enchentes*

Os alagamentos no bairro causam danos severos às residências, principalmente com a invasão de água em imóveis, foi relatado casos que a água

chegou a cerca de 60 cm de altura. Entre os principais relatados estão a perda de móveis, a dificuldade de evacuar dos locais de risco com todos os seus bens, modificando significativamente a rotina dos moradores, no qual muitos precisam se abrigar em abrigos provisórios. A situação levou uma das moradoras a tomar a decisão de optar por alguns móveis fixos, feitos de tijolo para minimizar as perdas em futuras enchentes.

Além dos prejuízos materiais, há o impacto emocional e psicológico que as enchentes causam. A constante ameaça de inundações gera ansiedade e insegurança entre os moradores, que vive apreensivos durante os períodos de cheias. Em entrevista realizada pela TV Mirante no jornal JMTV 2º Edição em 2018, foram destacadas as condições precárias dos abrigos temporários, onde muitos moradores se refugiavam durante as enchentes. A situação ainda foi mais alarmante no ano em questão, quando o nível da água atingiu quase 7 metros, exacerbando ainda mais o drama vivido pela comunidade. Esse cenário revela a extrema vulnerabilidade da região, não só em termos materiais, mas também no que diz respeito à saúde mental e emocional dos moradores.

Figura 13: Imagens de um dos abrigos temporários e o nível da água na enchente de 2018.



Fonte: Adaptado pelo autor do jornal JMTV 2º Edição (2018).

3.7.1.3 *Impactos na Saúde dos Moradores*

Os alagamentos têm implicações significativas para a saúde pública. Embora nem os relatos tenham relatado problemas diretamente relacionados às enchentes, foram observadas complicações específicas, como infecções, virose, febre e até mesmo exposição a bactérias devido ao contato com a água contaminada. Além disso a falta de um sistema adequado de esgoto agrava ainda mais a situação, criando focos adicionais de doenças. A presença de esgoto a céu aberto e o descarte inadequado de lixo obstruindo os locais de drenagem, tornam o ambiente ainda mais insalubre e perigoso para a saúde dos moradores.

Figura 14: Situação dos pontos de drenagem e sarjetas das ruas do bairro Trizidela.



Fonte: Autora (2024).

As condições insalubres geradas pelos alagamentos, como o acúmulo de água parada, são propícias para a aparição de doenças. Moradores contando que parentes e vizinhos enfrentam problemas que agravam o quadro de vulnerabilidade social no bairro. Esses problemas poderiam ser mitigados com ações básicas de saneamento e campanhas de conscientização.

3.7.1.4 *Danos Estruturais e Outros Prejuízos*

Os danos nas casas causados pelas enchentes são uma constante na realidade dos moradores do bairro Trizidela. Entre os problemas relatados estão rachaduras nas paredes, manchas de umidade, deslocamento de revestimentos e comprometimento de pisos. Esses danos não geram apenas custos de reparo elevados, mas também representam riscos à segurança dos moradores, pois podem comprometer a estabilidade das construções.

Além disso, há um impacto significativo na infraestrutura do bairro como em todo, incluindo vias públicas que se tornam intransitáveis durante os alagamentos e a manipulação de áreas de convivência. Esse cenário reforça a necessidade urgente de intervenções que melhorem a drenagem urbana e minimizem os efeitos das chuvas intensas.

3.7.1.5 *Percepção sobre Soluções*

A maioria dos entrevistados expressou ceticismo quanto à possibilidade de resolver os problemas de alagamento no bairro. Entre os que acreditam em soluções viáveis, destacam-se a necessidade de melhorias no saneamento básico, como a limpeza de bueiros e a instalação de sistemas de drenagem mais eficientes. Outros, no entanto, manifestam-se desânimo, apontando que a ocupação irregular do bairro e a falta de planejamento urbano tornaram a solução do problema complexo.

Todos os entrevistados foram unânimes em afirmar que o poder público não tomou medidas significativas para resolver os problemas de drenagem no bairro. A falta de manutenção na infraestrutura existente e a ausência de investimentos em soluções foram criticadas pelos moradores, que sentem que suas demandas não são priorizadas pelas autoridades.

Embora tenha sido proposto em anos anteriores a realocação a alguns moradores para outras áreas, muitos optaram por permanecer no bairro devido alguns fatores, como à proximidade com o centro da cidade, à infraestrutura existente e aos laços emocionais com a comunidade.

Análise da área de estudo, evidência a complexidade dos desafios enfrentados pela comunidade devido às frequentes enchentes e à precariedade do sistema de drenagem urbana. A localização ribeirinha, somada ao crescimento desordenado e à ausência de planejamento, agravou os problemas de alagamentos,

trazendo impactos severos à vida dos moradores, como prejuízos materiais, danos estruturais, questões de saúde pública e impactos psicológicos. A falta de ações afetivas por parte do poder público e a percepção de abono pela população reforçam a necessidade urgente de intervenções planejadas de forma sustentável.

3.7.2 Análise Comparativa

A configuração do sistema de drenagem existente não consegue acompanhar o volume crescente de águas, resultado de diversos fatores já relatadas. Este cenário reflete a necessidade urgente de repensar as soluções aplicadas à drenagem, considerando alternativas que minimizem os impactos ambientais e melhorem a qualidade de vida dos moradores.

Para projetar cenários alternativos, foram considerados soluções baseadas em infraestrutura verde, com jardins de chuva, pavimentos permeáveis, valas de infiltração e sistemas de captação de águas pluviais. Essas soluções tem o potencial de reduzir significativamente a quantidade de água que precisa ser escoada para os sistemas tradicionais de drenagem, além de promover a recarga dos aquíferos locais e diminuir os impactos da poluição híbrida.

A comparação entre a situação atual e as projeções com infraestrutura verdes revela vantagens claras para a adoção de práticas sustentáveis. No cenário atual, com a infraestrutura convencional, os alagamentos são comuns, dentre os fatores estão à falta de permeabilidade do solo e ao sistema de drenagem insuficiente. Com a implementação de soluções verdes, espera-se uma redução significativa desses alagamentos. Por exemplo, a adoção de pavimentos permeáveis em ruas e calçadas poderia aumentar a capacidade de absorção do solo, enquanto a instalação de valas de infiltração e outros em conjunto ajudando a retardar o escoamento superficial, promovendo uma drenagem mais eficiente.

Embora a implementação inicial das infraestruturas verdes exija investimentos, a longo prazo esses sistemas oferecem menores custos de manutenção e têm uma vida útil mais duradora, o que torna a solução mais viável economicamente. A adaptação do bairro e essas novas tecnologias também contribui para o aumento da qualidade ambiental, com melhorias da biodiversidade local, redução da poluição do ar e aumento da capacidade de resiliência urbana frente a eventos climáticos externos.

Portanto, a comparação entre os cenários evidência não apenas a necessidade urgente de reformular a drenagem urbana no bairro, mas também a viabilidade das infraestruturas verdes como soluções eficazes, sustentáveis e econômicas para resolver os problemas de drenagem e promover o desenvolvimento urbano responsável. A adoção dessas soluções pode servir de modelo para outras áreas urbanas em Bacabal e em regiões com problemas semelhantes, ampliando a aplicação de práticas de drenagem sustentável para enfrentar os desafios da urbanização crescente.

4 CONCLUSÃO

Este estudo buscou compreender as dinâmicas complexas associadas ao sistema de drenagem urbana do bairro Trizidela, em Bacabal - MA, evidenciando como os desafios relacionados à ocupação desordenada, à impermeabilização do solo e à insuficiência de infraestrutura afetando a qualidade de vida dos moradores. Por meio de uma análise abrangente, que incluiu revisão bibliográfica, coleta de dados em campo e entrevistas com os residentes, foi possível delinear um diagnóstico detalhado dos impactos socioeconômicos, ambientais e de saúde pública decorrentes dos alagamentos ocasionais.

Os resultados reforçam a urgência de intervenções que priorizem soluções sustentáveis, como a implementação de infraestruturas verdes e o manejo integrado das águas pluviais. Estratégias como pavimentos permeáveis, telhados verdes e valas de infiltração apresentam-se não apenas como alternativas viáveis para mitigar os problemas de drenagem, mas também como reflexões para a promoção de uma urbanização mais equilibrada.

A pesquisa destaca, ainda, a importância de uma atuação conjunta entre o poder público, a comunidade e os profissionais da área, com vistas à elaboração de políticas públicas efetivas e ao engajamento coletivo para superar os desafios existentes. É imperativo que o planejamento urbano de Bacabal considere os aprendizados deste estudo, adotando uma perspectiva que integre desenvolvimento e sustentabilidade.

Por fim, este trabalho busca ser mais do que um registro acadêmico; pretende ser uma contribuição para a transformação social e ambiental do bairro Trizidela. Que suas reflexões e propostas inspirem ações futuras, promovendo uma convivência harmoniosa entre a infraestrutura urbana e os recursos naturais, e garantindo melhores condições de vida para as gerações atuais e futuras.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Expandir a área de estudo e desenvolver um plano de implementação para as soluções abordadas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **PR-2**: Conceitos e Requisitos para Pavimentos Intertravado Permeável. São Paulo, 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. ABNT, 2015. 25 p.

BARBOSA JUNIOR, Rui Ferreira; SANTOS, Moacir José dos. A Urbanização das Cidades. In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO, 2014. v. 29, p. 1-12.

BRASIL. Funasa. Fundação Nacional de Saúde (org.). **DRENAGEM e MANEJO das ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**. 2016. 23 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Drenagem**. In: BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília. 2004. Cap. 5. p. 287-293. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/capitulo_5.pdf. Acesso em: 21 jul. 2024.

BRASIL. Constituição (2007). Lei nº 11445/2007, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece Diretrizes Nacionais Para o Saneamento Básico**. Brasília, Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 08 dez. 2024.

BRASIL. CPRM SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. (org.). Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes. 2012. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19863>. Acesso em: 19 dez. 2024.

BRILHANTE, Anna Kryslene Viana Chianca. **Transição para cidade-Esponja: desafios e oportunidades para a cidade de João Pessoa-PB**. 2020. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

CANABRAVA NETO, Ethel Geraldo et al. TELHADO VERDE: alternativa sustentável para a drenagem do escoamento superficial. *Mix Sustentável*, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 125-136, 19 abr. 2021. **Mix Sustentavel**. <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.mix2021.v7.n2.125-136>.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CASTRO, Andréa Souza. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano**. 2011. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 94-108, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-11042019s307>.

COSTA, Fernando Gonçalves et al. **CIDADES ESPONJAS: soluções para a drenagem de águas pluviais**. 149 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico da Puc Minas, Belo Horizonte, 2020.

DIAS, Bruna Luz; LIMA, Márcia Azevedo de. ESPONJA URBANA: o caso do canal de extravasamento em São Leopoldo/RS. **Encontro Latino Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, p. 456-462, 2021.

EARTH, Google. Mapeamento das ruas de Bacabal. 2024. Disponível em: . Acesso em: https://earth.google.com/web/search/bacabal/@-4.22567421,-44.77069167,18.33692115a,296.01189901d,56.86800545y,0.00000001h,29.13315205t,-0r/data=CiwiJgokCTzt2NEALA3AEYM3plagiQ_AGQ-Ld-s-W0bAlQxIKe4GrkbAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA. 10 dez. 2024.

FERREIRA, Ximena Cardozo. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL COMO MEIO DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES. **Revista do Ministério Público do RS**, Porto Alegre - RS, n. 90, p. 257-273, jul./dez. 2021. Disponível em <https://www.revistadomprs.org.br/index.php/amprs/article/download/253/137>. Acesso em: 21 jul. 2024.

FOGEIRO, Jéssica Simões. Cidades Esponjas - Aplicação do Conceito e Métodos no Bairro Marechal Gomes da Costa, Porto. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura Paisagista, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2019.

FORESTON, Ana Luiza de Oliveira; ARAÚJO, Jaqueline Costa de; OLIVEIRA, João Paulo Leonardo de. CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: PROJETOS INOVADORES DE ESPAÇOS MAIS HUMANOS, INCLUSIVOS, SEGUROS E RESILIENTES. *Fafibe On-Line*, Frutal-MG, p. 71-85, 2020.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (FCTH). PROJETO TÉCNICO: reservatórios de retenção. *Soluções Para Cidades*, . 13 p.

GALDINO, Luciana Mattos dos Anjos. **Drenagem urbana na área da Praça da Cruz Vermelha: um estudo de caso da aplicação do conceito de cidades esponjas para atenuação de alagamentos**. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1988. 305 p.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ (org.). **MANUAL DE DRENAGEM URBANA**: região metropolitana de Curitiba- PR. Curitiba, 2002. 150 p.

IBGE. **Panorama da cidade de Bacabal-MA**. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/bacabal/panorama>. Acesso em 07 de dezembro de 2024.

INFOSANBAS (org.). **Bacabal - MA**. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/bacabal-ma/>. Acesso em: 08 dez. 2024.

JMTV: 2º Edição. Bacabal, 14 abr. 2018. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/6663248/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MENEZES, Lucas Amorim Amaral et al. Cidades esponjas e suas técnicas compensatórias: uma revisão sistemática de literatura. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 10, p. 1-14, 24 jul. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32606>.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

SOUZA, Talita Silvia de. **Estudo de tecnologias em Sponge City para drenagem da água pluvial – aplicação no Rio Arrudas em BH**. 2020. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados Ao Ambiente Construído, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.

NETTO, José Martiniano de Azevedo. Manual de Hidráulica. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 632 p.

OLIVEIRA, Diogo Barreto de (org.). **Hidrologia**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

PREFEITURA DE BACABAL. Dados do município. Disponível em: <https://www.bacabal.ma.gov.br/dados-do-municipio>. Acesso em: 19 dez. 2024.

RODRIGUES, Maria Santiellas Costa et al. A utilização de Soluções Baseadas na Natureza no combate às Inundações Urbanas: tendências, atores e medidas adotadas. **Scientific Journal Anap**, v. 19, n. 3, 2023.

ROSA, Thais; GAIA, Gabriela; SAMPAIO, Sanane. **Projeto Urbanístico: o rio cheonggyecheon**. Universidade Federal da Bahia, 2017. 13 slides, color. Disponível em: <https://atelie5faufba2017.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/revitalizac3a7c3a3o-do-rio-cheonggyecheon.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2024.

TAVARES, Ronaldo Rodrigues Starling et al (org.). **Drenagem, pavimentação e urbanização de vias**. Brasília: Confea; Crea-Df; Abepv, 2014. 240 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29-42, 27 abr. 2016.

TUCCI, Carlos Eduardo Morell. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Rega: Revista de Gestión del Agua de America Latina. Santiago**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência e Cultura*, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FISCAL APLICADA, 10., 2024, Bacabal. **IMPACTOS HIDROMETEOROLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM, MARANHÃO (MA): UMA ANÁLISE A PARTIR DA CIDADE DE BACABAL**. .: Realize, 2024. 10 p. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_COMPLETO_EV206_MD1_ID2257_TB778_10092024212146.pdf. Acesso em: 20 dez. 2024.

**ANEXO A – QUESTIONÁRIO SOBRE IMPACTOS DAS ENCHENTES E A
PERCEPÇÃO DOS MORADORES DO BAIRRO TRIZIDELA**

1. A quantos anos você mora nesse bairro?
2. Você já presenciou enchentes nesse bairro? Quantas vezes?
3. Quais problemas que você já enfrentou por causa dos alagamentos?
4. O que você faz para tentar evitar os impactos das enchentes na sua casa?
5. Você ou alguém que você conheça e mora nessa região teve problemas de saúde devido aos alagamentos?
6. Quais são os prejuízos mais comuns que as enchentes causam na sua residência ou na vizinhança?
7. Na sua opinião, o que poderia melhorar no bairro para evitar alagamentos?
8. O poder público já fez algo para resolver os problemas de drenagem no bairro?
9. Já foi oferecido pelo poder público, a você ou alguém conhecido do bairro, de fazer o realocamento para uma outra área da cidade?