



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

EDUARDO CÉSAR LOPES DE SOUSA

ESGOTAMENTO SANITÁRIO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Uma análise
de falhas e impactos ambientais causados no Rio Mearim em Bacabal - MA

Bacabal - MA
2025

EDUARDO CESAR LOPES DE SOUSA

ESGOTAMENTO SANITÁRIO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Uma análise
de falhas e impactos ambientais causados no Rio Mearim em Bacabal - MA

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

Orientadora: Prof^a. Esp^a. Nádia Isabelly Mesquita Lobo

Bacabal - MA
2025

Sousa, Eduardo Cesar Lopes de.

Esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos: uma análise de falhas e impactos ambientais causados no Rio Mearim em Bacabal – MA / Eduardo Cesar Lopes de Sousa. - Bacabal - MA, 2025.
59 f.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil Bacharelado) - Universidade Estadual do Maranhão, Campus Bacabal, 2025.

Orientadora: Profa. Esp. Nádia Isabelly Mesquita Lobo.

1. Esgotamento sanitário. 2. Resíduos sólidos. 3. Impactos ambientais. 4. Rio Mearim. 5. Sustentabilidade. I. Título.

CDU: 628.3/.4:504(812.1)

Elaborado por Anderson de Araújo Machado - CRB 13/746

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a força e determinação necessária para esse momento tão decisivo e de tanto desgaste e, principalmente a perseverança de não desistir no meio da caminhada.

A minha família, que sempre me deu o necessário para que eu estivesse em condições de demonstrar meu esforço e coragem durante a minha caminhada da vida, em especial aos meus irmãos, Anderson e Cristiane, que me ensinaram a ser uma pessoa calma, humilde e esforçada e a manter o foco nos objetivos certos, obrigado, vocês são os amores da minha vida. Aos meus pais que tanto me ajudaram também, Adauto e Cleonilde, cada um da forma que conseguiu e sempre acreditaram no meu potencial.

A minha Bárbara, que sempre esteve comigo, do início ao fim dessa jornada, me apoiando nos momentos de fraqueza e concedendo o ânimo necessário para que eu pudesse continuar tentando e tornou o final possível e gratificante.

Aos meus familiares e amigos do meu interior, Ludovico, que sempre estiveram comigo desde a infância, sendo um lugar de total refúgio e distração, concedendo sempre novas energias, para que eu voltasse para a cidade sempre renovado e com mais ânimo para enfrentar os novos desafios.

A minha querida orientadora, Nádia, que tenho tanta admiração, obrigado pela contribuição e conhecimento repassado, o qual levarei como inspiração por toda a minha vida.

A minha gatinha, Nina, que ficou sempre do meu lado nos momentos de estudos, me dando apoio emocional e a coragem para não desistir desta árdua jornada.

Por fim, aos meus queridos irmãos de graduação Ísis, Juliana, Lucas, Luana, Maria Clara, que se fizeram as melhores companhias no decorrer da graduação, despertando o verdadeiro sentimento de amizade.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça”

Isaías 41:10

EDUARDO CESAR LOPES DE SOUSA

ESGOTAMENTO SANITÁRIO E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Uma análise de falhas e impactos ambientais causados no Rio Mearim em Bacabal - MA

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

Orientadora: Prof^ª. Esp^ª. Nádia Isabelly Mesquita Lobo

RESUMO

Este estudo teve como objetivo descrever deficiências no sistema de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos no município de Bacabal – MA, com vista seus impactos ambientais sobre o Rio Mearim, um essencial manancial da região. A pesquisa se baseou numa revisão de literatura alinhada a um estudo de caso com foco em registros fotográficos, visitas de campo, observação em campo e a avaliação da situação estrutural e social de saneamento básico da população, especialmente nas proximidades do rio. Os resultados obtidos constataram a falta de estrutura adequada relacionada ao tratamento de esgoto e manejo correto de resíduos sólidos, dessa forma causando impactos ambientais no recurso hídrico local e impactando também na saúde da sociedade. Como embate a esse cenário, o estudo idealizou a formulação de um Manual de Boas Práticas Ambientais, direcionados à população entornadas do Rio Mearim com imagens e textos para a compreensão de atitudes sustentáveis, além de indicar a construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), com uma melhor atenção de políticas públicas diante desses problemas. O estudo finaliza evidenciando que a solução para as dificuldades comprovadas necessita de uma estratégia incorporada, que junte aplicações de investimentos técnicos, atuações de conscientização e participação da população, impulsionando dessa maneira uma forma de transformação sustentável que proteja os recursos hídricos.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário; Resíduos sólidos; Impactos ambientais; Rio Mearim; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aimed to describe deficiencies in the sewage system and solid waste management in the municipality of Bacabal – MA, considering its environmental impacts on the Mearim River, an essential water source for the region. The research was based on a literature review aligned with a case study focused on photographic records, field visits, field observation, and the assessment of the structural and social situation of basic sanitation for the population, especially near the river. The results obtained confirmed the lack of adequate infrastructure related to sewage treatment and proper solid waste management, thereby causing environmental impacts on the local water resource and also affecting public health. In response to this scenario, the study proposed the formulation of a Manual of Good Environmental Practices, directed at the communities around the Mearim River, with images and texts to foster understanding of sustainable behaviors, in addition to recommending the construction of a Sewage Treatment Plant (STP), with better attention to public policies regarding these issues. The study concludes by emphasizing that the solution to the identified challenges requires an integrated strategy that combines technical investment applications, awareness-raising actions, and community participation, thus promoting a form of sustainable transformation that protects water resources.

Keywords: Sanitation; Solid waste; Environmental impacts; Mearim River; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Efeitos danosos ao ambiente urbano e à saúde pública.....	15
Figura 2 – Unidades que compõem o sistema de esgotamento sanitário.....	19
Imagem 1 – Exemplo de despejo inadequado de esgoto doméstico em Bacabal - MA.....	21
Imagem 2 – Exemplo de despejo inadequado de esgoto doméstico em Bacabal - MA.....	21
Figura 3 – Mapa com a classificação dos Sistemas de esgotamento sanitário no país.....	21
Imagem 3 – Disposição de resíduos sólidos nas margens do Rio Mearim, no Bairro Avenida Mearim, em Bacabal - MA.....	28
Imagem 4 – Destinação de esgoto em sarjeta destruída, poluída e sem tratamento o bairro Trizidela, no Rio Mearim.....	30
Imagem 5 – Esgoto poluído encaminhado por uma vala diretamente o Rio, Bairro Trizidela.....	30
Figura 4 – Localização do município de Bacabal - MA.....	34
Figura 5 – Rio Mearim.....	34
Figura 6 – Fluxograma das etapas de trabalho.....	35
Figura 7 – Localização do município de desenvolvimento da pesquisa.....	36
Imagem 6 – Lançamento de esgoto in natura no Rio Mearim, Bairro Avenida Mearim.....	39
Imagem 7 – Lançamento de esgoto in natura no Rio Mearim, bairro Avenida Mearim.....	39
Imagem 8 – Concentração de descarte inadequado de resíduos sólidos a Rua do Cajueiro, margens do Rio Mearim.....	40
Imagem 9 – Descarte inadequado de resíduos sólidos impactando diretamente o rio.....	40
Imagem 10 – Exemplo de fossa que despeja seus dejetos diretamente no Rio, Rua do Cajueiro.....	42
Imagem 11 – Imagem aproximada da fossa irregular.....	42
Figura 8 – Lixão a céu aberto de Bacabal – MA.....	44
Figura 9 – Etapas de uma ETE.....	46
Figura 10 – Exemplo de ETE aplicada a cidade de médio porte, Timon - MA.....	47
Figura 11 – Possível área com potencial para essa construção.....	47
Imagem 12 – Descarte incorreto de lixo dos bares da Rua Jorge José de Mendonça, margens do Rio Mearim.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos.....	24
Quadro 2 – Águas doces e suas classes de qualidade.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos Municípios por Tipo de Manancial de Abastecimento	29
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Saneamento Básico
ABNT	Associação Brasileira de Normas técnicas
ABREMA	Associação Brasileira de Meio Ambiente
ANA	Agência Nacional de águas e Saneamento Básico
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ETE	Estações de Tratamento e Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	IDH Índice de Desenvolvimento Humano
INEA	INEA Instituto Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro
OMS	OMS Organização Mundial da Saúde
PNRS	PNRS Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PUD	PUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RCC	RCC Resíduos da Construção e Demolição
RSU	RSU Resíduos Sólidos Urbanos
SAAE	SAAE Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEAS	SEAS Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade
SES	SES Sistema de Esgotamento Sanitário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Saneamento Básico no Brasil.....	14
2.1.1 Legislações e diretrizes do saneamento básico.....	16
2.2 Sistema de esgotamento sanitário	19
2.2.1 Conceitos e estruturas do Sistema de Esgotamento Sanitário	19
2.2.2 Disposição Inadequada de Esgoto Sanitário e seus Impactos	20
2.3 Manejo inadequado de resíduos sólidos	23
2.3.1 Importância e desafios do manejo correto de resíduos no Brasil	23
2.3.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	24
2.3.3 Impactos causados pela gestão incorreta dos resíduos sólidos	25
2.4 Impactos ambientais aos mananciais de abastecimento	28
2.4.1 Impactos ambientais aos mananciais de abastecimento no Maranhão	28
3 METODOLOGIA	33
3.1 Área de pesquisa	33
3.2 Objeto de Estudo	344
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1 Levantamento Fotográfico e Diagnóstico Visual	38
4.2 Avaliação do Sistema de Esgotamento Sanitário	41
4.3 Avaliação da gestão inadequada de resíduos sólidos.....	433
4.4 Proposta de implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ..	455
4.5 Proposta de Programa de Educação Ambiental: manual de boas práticas	477
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS.....	511
APÊNDICE A – MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um serviço essencial para a população de um país, sendo um dos que mais impactam a saúde pública e o bem-estar da população, o que o torna indispensável para a prosperidade sustentável do país (Leoneti, 2010). No Brasil, o manejo de resíduos sólidos e o esgotamento sanitário se encontram como desafios consideráveis, como é o caso da cidade de Bacabal - MA, na qual esse sistema ainda confronta deficiências estruturais e operacionais.

Assim como várias outras cidades no Brasil, a cidade de Bacabal é abastecida por um manancial, o Rio Mearim, que é altamente impactado pelo manejo desajustado dos resíduos sólidos e dos esgotos, o que pode pactuar para uma má qualidade de água, assim comprometendo a saúde dos seus habitantes. Diante disso, apresenta-se como objeto de estudo a análise do manejo desses resíduos sólidos e seus impactos no rio em questão com base nas Diretrizes do Saneamento Básico, considerando os impactos ambientais causados, torna-se de importante investigação este recorte temático.

O sistema de esgotamento sanitário ideal é constituído por redes coletoras, estações elevatórias, interceptores, emissários e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Segundo a norma brasileira NBR ABNT 9.648/86 – Lei Estudo de Concepção de Sistema e Esgoto Sanitário o esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de despejo doméstico, água de infiltração e a contribuição parasitária”, seus principais objetivos são garantir a saúde pública, proteções ao meio ambiente e a condição de vida das populações.

De acordo com o Atlas Esgotos, organizado pela Agência Nacional de águas e Saneamento Básico (ANA), aproximadamente 45% da população no Brasil não possui o acesso correto aos serviços de esgotamento sanitário, 27% não possuem coleta nem tratamento de esgoto e apenas 18% contam com esgoto coletado, ainda que sem o tratamento adequado, assim sendo esses esgotos acabam por serem lançados nos corpos hídricos (ANA, 2017, p. 37). São números que andam em contrapartida com as diretrizes do saneamento básico, assim impactando na qualidade de vida da população, sendo que “o que caracterizam as condições em que o ser humano vive, é a compreensão de bem-estar decorrente de uma mescla de parâmetros individuais e socioambientais, modificáveis ou não” (Nahas, 2017, p. 15).

Tratando-se do manancial de abastecimento público de Bacabal - MA, o Rio Mearim, é comum observar diversos sinais de poluição ambiental ocasionados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos, além disso é possível notar que o rio em questão recebe os lançamentos finais dos esgotos sem o tratamento adequado, gerando mais impactos e se tornando um ponto

crítico da cidade, que espelha o conceito de que o desmatamento e a poluição dos mananciais se apresentam como degradação dos recursos hídricos e acaba por comprometer a qualidade de água e a possibilidade de aproveitamento da mesma para suprir as necessidades vitais não só humanas (Ramos *et al*, p. 171, 2009). Além disso, os sistemas de drenagem são ineficientes, ocasionando o acúmulo de água ou esgoto nas vias, em especial nas proximidades do manancial, que geram alagamentos nos períodos mais chuvosos.

Para tanto, neste estudo foi realizado tanto a análise das falhas no sistema de esgotamento sanitário quanto o descarte incorreto dos resíduos sólidos no Rio Mearim a fim de identificar os fatores, através dos estudos posteriores e conforme a concepção dos moradores de Bacabal – MA, que geram esses impactos ambientais no importante rio da cidade. A partir dessa identificação dos problemas, o estudo apresenta como esses problemas de engenharia afetam o manancial.

Este estudo teve como objetivo geral descrever deficiências no sistema de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos no município de Bacabal – MA, com vista seus impactos ambientais sobre o Rio Mearim, um essencial manancial da região. E como objetivos específicos: analisar os impactos do manejo de resíduos sólidos no rio Mearim e suas consequências no abastecimento público da cidade de Bacabal - MA, de acordo com as diretrizes do saneamento básico, estabelecidas pela Lei Nº 11.445/2007 – Diretrizes Nacionais para Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010); identificar os problemas no sistema de esgotamento sanitário na cidade de Bacabal – MA; apresentar como esses problemas identificados contribuem para a falta de qualidade da água do manancial e apontar possíveis soluções e resultados para um progresso na gestão desses resíduos sólidos e a defesa dos recursos hídricos, de acordo com as normas do saneamento básico.

O trabalho está estruturado em sessões, em que a primeira é a introdução do tema; a segunda abrange a revisão bibliográfica, que registra sobre o saneamento básico no Brasil, sistema de esgotamento sanitário, manejo inadequado de resíduos sólidos e impactos ambientais nos mananciais de abastecimento no Maranhão; a terceira sessão tem a metodologia aplicada ao estudo de caso; a quarta sessão demonstra os resultados e discussões efetuadas sobre a temática, e por último, a quinta sessão trás as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Saneamento Básico no Brasil

O saneamento básico realiza um papel essencial na qualidade de vida da população e na preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente, em particular se estiver estruturado da maneira correta, pois garante o acesso a água potável, o tratamento de esgoto, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem urbana eficaz, diminuindo a incidência de doenças e, com isso, deve-se impulsionar a saúde pública e colaborar para o desenvolvimento social e econômico.

Entretanto, a realidade no Brasil é assinalada por desigualdades nesses serviços, em especial em regiões de periferia e áreas rurais. A falta de um sistema de saneamento adequado implica na saúde da população, causa contaminação nos recursos hídricos e aumenta a vulnerabilidade social. Logo, investir em saneamento básico é fundamental para certificar a equidade e sustentabilidade nas cidades brasileiras.

Na segunda metade do século XX, o saneamento básico no Brasil apresentava-se de forma incipiente, em decorrência do atraso na preocupação com a expansão do setor, quando comparado aos países mais desenvolvidos (Santos; Daltro Filho, 2018, p. 243). A falta de interesses relacionado ao saneamento básico gerou impactos sociais, ambientais e econômicos, além de pactuar negativamente com os direitos básicos de saúde, moradia, segurança e trabalho da população.

O setor de saneamento básico exhibe quadros mais atrasados e trajetória mais acanhada se comparado a outras políticas públicas. [...] A continuidade dos investimentos representaria, além da melhoria do serviço, um aumento em cadeia do valor da produção da economia, geração de emprego e renda, e um retorno econômico entre 4 a 46 vezes sobre o valor investido (Heller, 2018, p. 17).

Nesse cenário de maior ocupação na zona urbana das cidades, em busca de melhores condições de vida, as condições de saneamento básico não conseguiram acomodar esse crescimento demográfico, afinal quanto mais pessoas ocupando uma área, mais impactos vão surgir. Isso fez com que fossem necessárias novas adaptações relacionadas ao saneamento básico, que não foram atendidas, assim evidenciando os impactos gerados por essa escassez de saneamento básico (Figura 1). Sendo que “as questões ambientais apenas entram em pauta após alguns eventos que colocam em evidência a “limitação do capital da natureza” e “os perigos decorrentes das agressões ao meio ambiente” (Sachs, 2009, p. 48).

Figura 1 – Efeitos danosos causados ao ambiente urbano e à saúde pública



Fonte: Fazio (2024).

Ao seguir nesse contexto, surgem planos mais idealizadores, em que se sugerem soluções para remediar os problemas futuros e que examinem as exigências da atual população buscando a preservação do meio ambiente. Então, o encontro da Rio-92 trouxe novos olhares para a questão ambiental na agenda dos ministérios, empresas e demais instituições (Moraes; Gonçalves, 2018). Dessa forma, os grandes problemas ambientais ultrapassam as fronteiras territoriais e devem ser tratados de forma global, pois afetam a vida de todos no planeta (Silva; Souza, 2007, p. 18).

A falta de evolução relacionada ao saneamento básico causa diversos problemas socioambientais e de saúde pública, um exemplo disso é a diarreia, que com mais e quatro bilhões de casos por ano, é a doença que aflige a humanidade e sua principal causa são as condições inadequadas de saneamento (Funasa, 2007, p. 10). A precariedade no acesso à rede de saneamento básico está associada à alta contaminação dos recursos hídricos, sujeitando a qualidade da água para o abastecimento público, o que também ocasiona a propagação de doenças na população pelo consumo dessa água contaminada. Esses pontos críticos sociais afetam mais certas áreas da cidade do que outras, o que evidencia a desigualdade social nos espaços urbanos.

Ao integrar o sistema urbano, a infraestrutura de saneamento básico é essencial para garantir a saúde pública, equilíbrio ambiental e desenvolvimento sustentável. Sua essência compromete a qualidade de vida e amplia a desigualdade, especialmente em áreas periféricas e de ocupação irregular (Heller; Rezende, 2009).

A qualidade de vida pode ser classificada em dois aspectos: o pessoal, que é muito relativo, pois pessoas diferentes podem pensar de formas distintas sobre um mesmo conceito; o coletivo, que está relacionado a elementos essenciais para o conforto e sobrevivência de uma sociedade (Filho *et al*, 2013). Portanto, as políticas públicas são fatores-chave para ampliação

e organização imparciais das zonas urbanas, visto que são elaboradas para o coletivo da sociedade, em busca de igualar o acesso aos bens de consumo público de qualidade para a população.

Para Peixoto (2011), ao discutir os aspectos da dimensão econômica dos serviços de saneamento básico, remete a Lei N. 11.445/2007 – Lei das Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico, em que diz: “os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante a remuneração pela cobrança dos serviços”. Todavia, esse não é o cenário vivenciado no país atualmente, no qual os serviços públicos de saneamento básico vão de encontro com as suas diretrizes. O déficit de saneamento ocorre principalmente em assentamentos humanos irregulares, como loteamentos clandestinos favelas, onde, também, não há provisão de recursos públicos, como recolhimento de lixo, educação, segurança e saúde (Cardia, 2003). Essa desigualdade territorial em serviços públicos são frutos da acelerada urbanização que sofreu o país que polarizou em certas áreas específicas melhores qualidade de vida.

A provisão de abastecimento de água e coleta de esgotos apresenta enormes dificuldades, pelas peculiaridades dos assentamentos, uma vez que não há projeto urbanístico definido, nem segurança jurídica sobre a situação fundiária (Cardia, 2003). Esse característico cenário restringe muitos moradores, principalmente os de renda baixa, a possuírem ingresso aos direitos básicos de vida. Por isso, é essencial que o saneamento básico avance junto das políticas públicas, sobretudo sobre as do contexto social, porque elas viabilizam um desenvolvimento fundamental estrutural e organizacional além do desenvolvimento e melhorias da sociedade (Silva; Silva Junior, 2021). No que diz respeito aos serviços básicos de qualidade de vida de Bacabal – MA, o saneamento não se separa desta conjunção, no qual a área mais afetada do saneamento básico é o recurso hídrico do rio Mearim e suas proximidades.

2.1.1 Legislações e diretrizes do saneamento básico

Com isso, “a legislação garante a preservação das liberdades individuais em meio a complexidade de relações presentes na sociedade, sendo ela um essencial instrumento para a organização da sociedade e proteção dos direitos individuais” (Freire, 2017, p. 36). Ou seja, ela é crucial não somente para assegurar a gestão social, mas também para garantir que todas as pessoas usufruem dos mesmos direitos e tenham seus direitos respeitados.

A Lei 11.445/2007 estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, inclusive relacionadas ao esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e a preservação dos mananciais de abastecimento, com foco em: “preservação de áreas de mananciais e de unidades de conservação necessárias à proteção de condições naturais e de produção de água” (Brasil, 2007, p. 16). Ou seja, a lei referida aponta para a questão das problemáticas com os mananciais de abastecimento e a sua preservação, que é indispensável para a questão do saneamento básico. Englobar esgotamento sanitário e manejo ambiental é de suma importância para assegurar a boa qualidade da água. Tendo em vista o que foi referido, observa-se que a proteção dos recursos hídricos deve-se tornar uma prioridade nas políticas públicas.

Outra diretriz importante e que devem ser seguidas pelos municípios são seus planos diretores, pois ele é uma ferramenta essencial do planejamento urbano, que deve orientar e buscar a evolução sustentável das cidades e instituir diretrizes que influenciam na qualidade de vida da população. A lei Nº 10.257/2001 – Lei que estabelece as Diretrizes e Políticas Urbanas informa que o plano diretor é o primordial mecanismo para o desenvolvimento urbano e deve ser obrigatório para as cidades com população superior a vinte mil habitantes. Sendo assim, as prefeituras devem executá-los no próprio município, devendo considerar todo o seu território, assim como as áreas livres e sem urbanização.

O plano diretor da cidade de Bacabal – MA é referido pela Lei Nº 1.029/2006, e traça objetivos e demandas favoráveis de desenvolvimento em fatores como: “A ocupação inadequada de áreas de preservação ambiental, como as encostas, margens dos cursos d’água e áreas de mananciais e “a inexistência de sistema de saneamento ambiental, como as redes de esgotos, estações de tratamento de resíduos, etc” (Bacabal, 2006, p. 3). No entanto, mesmo com toda a importância das diretrizes estabelecidas pelo plano diretor, na prática, essas leis não são devidamente seguidas, assim indo de encontro com os objetivos propostos. Fatores como o saneamento ambiental, infraestrutura básica e preservação de recursos naturais, ainda são obstáculos recorrentes no município e com essa falta de cumprimento das diretrizes, o município sofre com a fragilização da gestão urbana e dos impactos ambientais sobre o manancial da região.

De acordo com Freire (2017), as especificidades de cada região ou cidade tem que ser identificadas e consideradas leis específicas, sendo assim cabe aos governos estaduais o estabelecimento dessas diretrizes mais específicas e contextualizadas. Em outras palavras, as leis municipais devem por função serem específicas para a realidade daquela determinada

cidade e deve ponderar as demandas da população e assegurar que os programas de governo cumpram o atendimento ao máximo de pessoas dentro da cidade vigente.

A lei citada que estabelece as Diretrizes do Saneamento Básico passou por modificações pontuais, com o Marco Legal do Saneamento Básico lei Nº 14.026/2020, que visa aprimorar as condições estruturais do saneamento básico em todo o território brasileiro, sua extensão abrange uma junção de trabalhos e pontos cruciais para garantir a saúde dos cidadãos e o bem-estar nos ambientes dos municípios, abrangendo os sistemas operacionais essenciais como o fornecimento de água tratada, tratamento e destinação de esgotos, manejo de resíduos sólidos e controle e direcionamento das águas das chuvas nas cidades (Brasil, 2020).

Diante disso, nota-se que os estímulos para investimentos no setor estão presentes na lei e esse avanço é fundamental para diminuir o prejuízo de acesso ao saneamento básico no país, promovendo serviços que atendam a sociedade em geral e assegurando mais qualidade de vida e saúde para com a população. Para Heller (2021, p. 10) as inovações recebidas pela Lei N. 11.445/2007 despertaram um olhar mais atento para as questões do saneamento básico, assim criando um pilar para observação desses serviços no Brasil, sem as limitações que eram observadas antes da sua modernização, que, inclusive, não tinham uma garantia da Constituição Federal de 1988. A referida lei original de redigiu os principais pontos cruciais relacionados aos serviços de saneamento básico na sociedade brasileira, pautada no conceito de respeito à decisão dos titulares desses trabalhos quanto a forma de seguimento mais conveniente (Heller, 2021).

As alterações produzidas na lei em 2020, podem ser explicadas em duas direções principais: a limitação da diversidade de alternativas exigentes para serem adotadas pelas cidades, titulares dos serviços de saneamento básico e sua prestação e 2) o incentivo à evolução do setor privado no país, na prestação de serviços, em detrimento das empresas públicas ou de caráter público com atuação local ou regional (Heller, 2021, p. 8).

Nenhuma lei ou norma é definitiva e todos devem sempre se atualizar para propor melhores soluções, pois a evolução tecnológica permite que novas soluções sejam implementadas (Freire, 2017, p. 65). Portanto, as legislações e diretrizes do saneamento básico espelham instrumentos fundamentais para certificar a evolução sustentável, preservação do meio ambiente e produção de saúde pública e o cumprimento dessas leis ajudam diretamente na qualidade de vida das populações, então é essencial que essas normas sejam devidamente seguidas à risca e, até, futuramente modernizadas, e acordo com as exigências sociais.

2.2 Sistema de esgotamento sanitário

2.2.1 Conceitos e estruturas do Sistema de Esgotamento Sanitário

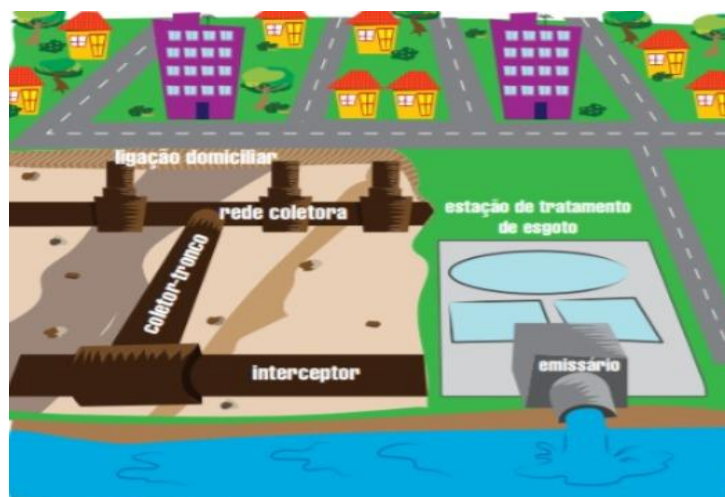
O sistema de esgotamento sanitário é constituído por um conjunto de obras e instalações destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos gerados nas áreas urbanas, sendo fundamental não apenas para a preservação ambiental, mas também para a promoção da saúde pública e desenvolvimento socioeconômico (Von Sperling, 2005).

Segundo o Manual da FUNASA (2006), os esgotos podem ser classificados em domésticos, industriais, águas pluviais e água de infiltração. Os esgotos domésticos compreendem às águas resultantes de banho, lavagem de roupa e utensílios, os industriais são relacionados aos resíduos orgânicos das industriais, principalmente de alimentos, enquanto o de águas pluviais são as águas vindas da chuva e, por fim, os esgotos de água de infiltração são as águas do subsolo que são inseridas na rede. Sendo assim, o sistema de esgotamento sanitário é responsável por pegar e conduzir os esgotos até então produzidos nas seções urbanas e encaminhar até as áreas de tratamento, assegurando que esses resíduos sejam adequadamente tratados antes que sejam jogados no meio ambiente, esse processo é fundamental para que não haja a contaminação dos recursos naturais, como por exemplo rios, além disso, para defender a saúde dos cidadãos e ajudar a respeito da evolução sustentável das cidades.

Entretanto, de acordo com dados do censo demográfico do IBGE (2022) cerca de 24,3% dos brasileiros ainda residem em condições precárias de saneamento. Desse modo, consta entre as soluções mais inadequadas comuns estão:

As fossas rudimentares ou buracos (19,4%), despejo direto em corpos d'água (2,0%), valas (1,5%) e outras formas (0,7%), além disso 0,6% a população vivia em domicílio sem banheiro ou sanitário. Quanto ao destino, na maioria das vezes são coleções de água natural – cursos de água, lagos, bueiros ou mesmo oceano- mas, também pode ser o solo convenientemente preparado para receber a descarga efluente do sistema (Martinelli, 2011, p. 38).

Figura 2 – Unidades que compõem o sistema de esgotamento sanitário



Fonte: Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2015).

Conforme essa lógica, a estrutura básica do sistema de esgotamento sanitário ideal é formada pelas etapas de ligações domiciliares, redes coletoras, interceptores, elevatórias de esgoto, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e lançamento no corpo receptor, assim como demonstra a figura 2. De acordo com a Associação Brasileira de Saneamento Básico (ABES, 2017).

A etapa de ligações domiciliares são os ramais que unem a parte interna dos imóveis à rede pública de coleta, elas têm como função fundamental encaminhar o esgoto gerado na casa até a rede coletora principal. Após isso, as redes coletoras recebem os esgotos dos domicílios pela ligação domiciliar e ele é ordenado por força da gravidade ou bombeamento, assim chegando nos interceptores que conduz para as estações elevatórias de esgoto, na qual levam os esgotos a níveis mais altos para que ele chegue a etapa de tratamento. A ETE é o local em que o esgoto passa por procedimentos físicos, químicos e biológicos, que seja feita uma “limpeza” desse esgoto (Von Sperling, 2014). Após o término desse tratamento, esse esgoto é lançado no corpo hídrico.

2.2.2 Disposição Inadequada de Esgoto Sanitário e seus Impactos

Diante do exposto, observa-se a gravidade do desafio relacionado aos esgotos sanitários no país que necessitam de evolução melhorada, tendo em vista a importância de todas as fases desse sistema, sendo elas cruciais na vivência das populações. A figura 3 apresenta um mapa com a classificação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) nas residências no país,

ao observar o Nordeste, em especial, o Maranhão, observa-se o baixo número de residências conectadas a rede de esgoto, confirmando o nível abaixo de Bacabal – MA.

Imagem 1 – Exemplo de despejo inadequado de esgoto doméstico em Bacabal – MA



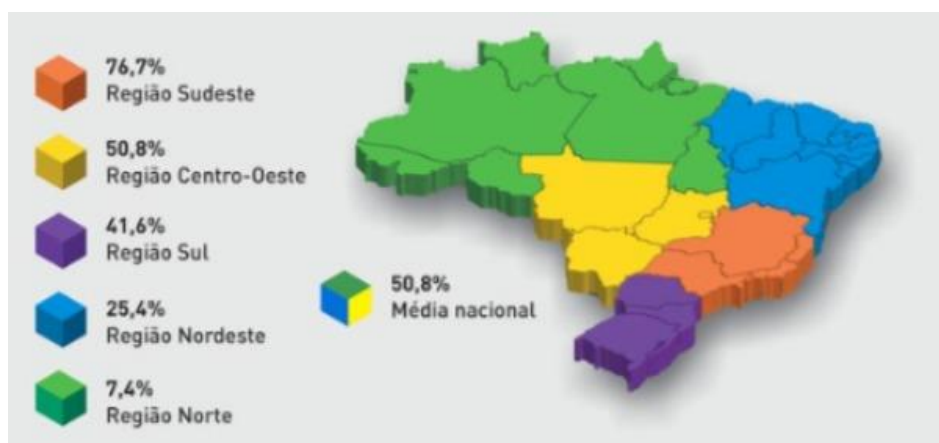
Fonte: Autor (2025).

Imagem 2 – Exemplo de despejo inadequado de esgoto doméstico em Bacabal – MA



Fonte: Autor (2025).

Figura 3 – Mapa com a classificação dos Sistemas de esgotamento sanitário no país



Fonte: IBGE (2021).

É importante mencionar que de acordo com a lei das Diretrizes do Saneamento básico, o esgotamento sanitário compreende “um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente” (Brasil, 2007, p. 2).

Sendo assim, esse conjunto de atividades é tido como uma das camadas mais relevantes da infraestrutura urbana e se executado da maneira correta, promove a melhoria na qualidade de vida das populações. Tendo em vista que o lançamento de esgoto sanitário sem tratamento pode causar doenças para a população, observa-se a importância que se tem em assegurar uma eficiência nos serviços de saneamento básico e esgotamento sanitário, para propiciar melhorias crescentes nesse setor, uma vez que a qualidade nas ações nesses sistemas implica diretamente no desenvolvimento sustentável.

Consoante a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011 – Classificação dos corpos d’água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, estabelece os padrões de qualidade que o corpo hídrico receptor deve atender para receber esse lançamento, com o objetivo de diminuir os impactos ambientais e proteger os mananciais de abastecimento, previsto na lei nº 11.445/2007.

Contudo, no Brasil, a falta dos trabalhos de coleta e tratamento de esgotos, ocasiona a contaminação da população da região que não oferece esses serviços, impactando na diminuição da eficiência em relação ao sistema de saúde pública, pelo alto número de atingidos. Além dos impactos na saúde pública, a economia também acaba sendo afetada pela ausência desses servidores em seus trabalhos, bem como a atenuação no desempenho escolar para as crianças afetadas (Trata Brasil, 2024).

De acordo com Carvalho (1981), a poluição é qualquer interferência que prejudique o processo de transmissão de energia de um ecossistema. Tendo em vista o lançamento incorreto de esgotos sanitários e que esse é um dos principais pontos para as poluições em mananciais de abastecimento, observa-se a necessidade da existência de um sistema de esgotamento sanitário nos municípios. Existem muitos problemas relacionados ao sistema de esgotamento sanitário, no entanto, devido às restrições e para um acertado direcionamento desta pesquisa, o foco de estudo principal será na última etapa do sistema de esgoto sanitário, o lançamento do esgoto, o manancial receptor e seus impactos.

2.3 Manejo inadequado de resíduos sólidos

2.3.1 Importância e desafios do manejo correto de resíduos no Brasil

A gestão integrada de resíduos sólidos é uma tarefa difícil devido a sua complexidade, pois envolve diversos tipos de profissionais, necessita de um arranjo legal-institucional compatível e, além disso, é necessário o controle social e uma contínua negociação política, com ajustes contínuos. Quando os municípios conseguem estabelecer sistemas de gestão integrada sustentável de resíduos sólidos, obtém-se, simultaneamente: a satisfação às demandas de todos os cidadãos, a promoção da preservação de recursos naturais, o aumento da eficiência e produtividade econômica e a geração de emprego e renda (Marchi, 2018, p.1).

Desse modo, cumpre notar que a gestão integrada se apresenta como um caminho estratégico para o desenvolvimento sustentável dos municípios. No entanto a realidade em grande parte das cidades brasileiras ainda é marcada por práticas precárias, a gestão inadequada de resíduos sólidos compromete o meio ambiente, a saúde pública e a qualidade de vida da população.

O manejo incorreto dos resíduos sólidos é um dos principais obstáculos enfrentados pelos municípios no Brasil, a disposição inadequada desses resíduos ocasiona em graves impactos ambientais, como a poluição de recursos hídricos. A gestão de resíduos sólidos no Brasil foi marcada pelas ações inadequadas de disposição com preponderância de lixões a céu aberto e falta do planejamento com mais integralidade.

A promulgação da lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, apresentou um feito na investida de alterar esse cenário, ao propor princípios como a responsabilidade dividida pelos ciclos de vida dos produtos e a inclusão na sociedade aos catadores de resíduos recicláveis (Ministério do Meio Ambiente, 2022). Além disso, a lei 12.305/2010 é um instrumento importante para permitir o avanço necessário no país em relação ao embate com os principais desafios ambientais, sociais e econômicos causados pelo manejo inadequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (Lucke, 2012).

O gerenciamento, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) são alguns dos maiores desafios do setor de saneamento básico da maioria das cidades ao redor do mundo, sendo que uma má gestão pode provocar impactos na qualidade de vida da população e danos ao meio ambiente (Czajcynska *et al*, 2017).

Ao partir desse fato, pode-se afirmar que a gestão inadequada de RSU ainda é um desafio no país, pois compromete a saúde pública, colabora com a degradação ambiental. O manejo incorreto desses resíduos, como em lixões e aterros sem tratamento, além de afetar diretamente a área de saneamento básico, pode proceder em relação a sujeira e contaminação dos recursos hídricos

Os resíduos nos estados sólido e semissólido resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estão incluídos na definição dos lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas peculiaridades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ABNT, p. 1, 2004).

2.3.2 Classificação dos resíduos sólidos

A explicitação da ABNT ressalta a ampla diversidade sobre as origens dos resíduos sólidos, demonstrando a dificuldade de seu manejo. Essa diversidade impõe soluções específicas para cada tipo de resíduo e o entendimento dessa classificação é de suma importância para a estruturação de políticas públicas mais efetivas.

Miranda e Teixeira (2004) explicam que para avaliar a sustentabilidade de uma área é necessário a organização de variadas informações que consigam espelhar o grau que se encontram e, para isso, os indicadores são essenciais materiais de avaliação, uma vez que seja possível relacioná-los aos conceitos e princípios de sustentabilidade. Sendo assim, faz-se necessário uma reunião de informações relacionadas aos resíduos sólidos, sua classificação e manejo para obter uma análise comparativa com o estudo.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos.

CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
CLASSE I Resíduos Perigosos	São aqueles que apresentam periculosidades ou, uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade ou patogenicidade.	Lixo hospitalar contaminantes, produtos químicos de indústria, óleos, cinzas de metais preciosos, pilhas, baterias e pesticidas.
CLASSE II Não-inertes	São aqueles que apresentam propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.	Resto de alimentos, papel, pilha de aço, agulhas, latas e fiação elétricas.
CLASSE III Inertes	São aqueles que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente), sendo muito desses resíduos recicláveis.	Tijolo, plástico, borracha, entulhos de demolição, pedras e areias retiradas de escavação.

Fonte: Zanta e Ferreira (2003).

De acordo com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002, os resíduos sólidos podem ser classificados em diferentes categorias, tais como resíduos perigosos, inertes e não-inertes (Quadro 1), sendo essa distinção fundamental para o manejo e destinação final adequada dos materiais (Brasil, 2002).

O entendimento dessa classificação é de suma importância, pois “a adequada classificação dos resíduos sólidos é essencial para garantir a destinação correta e reduzir impactos ambientais. Desse modo, entende-se que essa classificação permite identificar os resíduos que necessitam de tratamentos mais específicos, colaborando para a preservação do meio ambiente e da saúde pública, além disso, simplifica a organização de ações de reutilização desses resíduos, com a reciclagem ou o despejo final correto, então, ao discernir os diferentes tipos de resíduos é plausível facilitar a otimização.

2.3.3 Impactos causados pela gestão incorreta dos resíduos sólidos

Um dos fatores que mais contribuem para o crescimento desse problema são as deficiências de políticas públicas e de fiscalização da gestão de resíduos. Pereira (2019) explica que a Política Nacional de Resíduos Sólidos prioriza a não geração, a redução, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, visando a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, todos os planos de gestão de resíduos sólidos estaduais e municipais devem ter essa prioridade. Todavia, muitos municípios não conseguem cumprir essas diretrizes estabelecidas pela PNRS, a falta de infraestrutura, recursos financeiros e capacitação técnica impede a implementação efetivas dessas prioridades, sendo assim, a destinação inadequada de resíduos continua sendo uma problemática recorrente.

É importante ressaltar que apenas 58,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados foram destinados de maneira adequada ambientalmente, por consequência, 41,5 % possuíram destinação inadequada, sendo que 35,5% foram encaminhados para lixões, indo de contrapartida com as diretrizes da PNRS, que determinava o encerramento desses locais até 2024 (ABREMA, 2023).

Esse cenário espelha o enorme desafio enfrentado pelas cidades no Brasil na gestão de resíduos sólidos. A insistência nos lixões evidencia não unicamente os problemas na implementação do PNRS, bem como a carência de infraestrutura e investimentos no setor,

fazendo-se necessário uma maior observação para a questão das políticas públicas e apoio financeiro para evoluções nessa área. Como bem ilustra o Pano Nacional de Resíduos Sólidos (2010):

Resíduos sólidos: Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (PNRS, 2010, p. 2)

Além da carência de políticas para avanço no manejo de resíduos sólidos, outra causa desse manejo inadequado é a ausência de educação ambiental e baixa participação da população relacionada ao assunto. Dias (2004, p. 3) afirma que:

A educação ambiental deve ser um processo contínuo em que as pessoas e a coletividade reconheçam seu meio e obtenham conhecimentos, valores, habilidades e experiências e a firmeza os deem a aptidão, individual e coletivamente, na solução dos problemas ambientais vigentes e na proteção contra futuros.

Esse pensamento reforça a importância da educação ambiental que seja transformadora na sociedade, com a capacidade de despertar uma consciência crítica na população. Sem esse processo, torna-se difícil a promoção de mudanças eficazes no comportamento coletivo frente as questões ambientais. Na Lei 11.445/2007 informa que:

Não constitui serviço público a não ação de saneamento executada por meio de ações individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar serviços, bem como as ações de serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador (Brasil, 2007, p. 3).

Diante do exposto, nota-se que se um indivíduo faz o próprio saneamento básico independentemente, isso deixa de ser função pública, sendo assim, se uma pessoa efetua saneamento por sua própria conta, sem a necessidade de terceiros, o estado não necessita interferir, pois não é definido como serviço público. Além disso, “o lixo originário de atividades comerciais, indústrias e de serviços, cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador, pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano” (Brasil, 2007, p. 3).

À vista dessas determinações legais, é importante compreender as consequências da gestão inadequada dos resíduos sólidos. A falta de ações corretas de manejo pode causar graves

impactos ambientais, como a poluição do solo, ar e recursos hídricos, ocasionando de forma direta a saúde pública.

De acordo com os estudos de Gouveia (2012, p. 1506) a decomposição dos resíduos sólidos urbanos libera gases como o metano e dióxido de carbono, o que ajuda a poluição do ar e o aquecimento global, Outrossim, a decomposição da matéria orgânica presente no lixo causam a formação do chorume, um líquido escuro, que pode contaminar o solo e água. O autor ainda explicita que a queima de resíduos, como lixo, ao ar livre, também pode dar consequências negativas, ao emitir partículas, afetando diretamente a qualidade do ar (Gouveia, 2012).

Outra Consequência, que inclusive é o foco deste trabalho, são os impactos desse controle de resíduos sólidos a recursos hídricos. O homem tem firmado o seu domicílio e as coletividades à margem de mares, rios ou de lagos, à beira-mar ou onde os lençóis aquíferos do subsolo sejam certos e acessíveis, por instinto e por necessidade, em todos os tempos e lugares (Puppi, 1981).

Sabe-se que o Brasil possui uma abundância em rios, assim essa realidade demonstra que os mananciais brasileiros sob contínuos riscos, com essa ocupação nos seus entornos, causando prejuízos em sua qualidade e disponibilidade. A degradação desses recursos naturais impacta de forma clara o abastecimento, a biodiversidade dos recursos hídricos e a estabilidade dos ecossistemas, fazendo-se requerer atitudes de manejo sustentável e preservação dos recursos naturais. Ademais,

A partir do momento que esses resíduos são dispostos em locais inadequados, uma série de impactos negativos podem ocorrer tanto ao meio ambiente como à saúde pública, tendo como exemplos o assoreamento e contaminação de rios e córregos e atração de vetores causadores de doenças como dengue, zika, febre amarela, entre outras. A disposição inadequada de Resíduos da Construção e Demolição (RCC) também gera problemas de ordem econômica para o poder público, principalmente o municipal, que tem que destinar os gastos para a remoção desse resíduo” (Andrade, 2020, p. 69).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) possuía como estimativa mundial a ocorrência de 50 a 100 milhões de casos de dengue, sendo que no Brasil foram registrados 6,5 milhões de casos e mais de 5 mil mortes confirmadas (Rodrigues, 2024). Esses números preocupantes necessitam alarmar a gestão de resíduos sólidos no Brasil, pois esse manuseio dos resíduos pode aumentar e provocar ainda mais esses números graves.

Imagem 3 – Disposição de resíduos sólidos nas margens do Rio Mearim, no Bairro Avenida Mearim, em Bacabal - MA



Fonte: Autor (2025)

Assim, o país precisa de um melhor planejamento na disposição desses rejeitos, com o objetivo de alterar esse cenário latente. De acordo com o pensamento de Agamuthur e Khidzir (2009), assim que os resíduos são manejados de forma correta, a política de gestão de resíduos é considerada eficaz, pois a gestão de RSU é complexa, diferentemente do que se indica na imagem 3.

Deve-se considerar as questões relacionadas ao ciclo de vida do produto, sendo assim, a minimização da utilização dos recursos da natureza e a estacionada gestão de resíduos. Isso pode ser atingido com o embate ao desperdício, a motivação a diminuição e também pela coleta seletiva, de forma a atingir o objetivo de salubridade local pela eficiência na execução dos trabalhos. O ponto de vista dos autores mostra que a eficiência no manejo de resíduos está correlacionada com a iniciativa e práticas sustentáveis e que contemplem o ciclo de vida dos produtos, esse olhar é primordial para verificar as políticas públicas.

2.4 Impactos ambientais aos mananciais de abastecimento

2.4.1 Impactos ambientais aos mananciais de abastecimento no Maranhão

Com vista essa lógica, de impactos ambientais junto aos mananciais de abastecimento, “a água se caracteriza por ser um recurso mineral renovável, dotado de valor econômico e reconhecido como um bem finito e é um mineral vigente em toda a natureza, encontra-se disponível em diversas formas, sendo um recurso importante para a manutenção da vida no planeta” (Muller; Haus, 2017, p. 469).

Sendo assim, “o manancial é toda a fonte de água usada para o abastecimento público, ela pode ser superficial e subterrânea, e a segurança hídrica das populações dependem fundamentalmente da sua qualidade e proteção” (Brasil, 2011, p. 27). A norma citada fortalece a relevância do conhecimento sobre os mananciais, principalmente os superficiais, para o desempenho do seu tratamento e a garantia da qualidade da água concedida. A seleção e caracterização correta da fonte de captação são pilares muito importantes para a gestão do abastecimento público, pois o manancial é um fator essencial para a segurança de água da população.

Apesar da importância de obter informações sobre os recursos hídricos, a região Nordeste, das cinco regiões do país, é a que menos possui informações relacionadas aos recursos hídricos, como disponibilidade de dados sobre qualidade das águas superficiais, bacias hidrográficas e vazões de corpos d’água internas da região (Medeiros; Silva; Lins, 2018, p. 3).

Essa limitação de informações e dados influencia negativamente na formulação de políticas públicas eficientes, na organização da utilização racionalizada da água e a fiscalização ambiental. A falta de dados mais atuais compromete a identificação de pontos cruciais, assim como o planejamento para medidas de sustentabilidade preventivas, ocasionando maiores perigos à segurança dos mananciais da região.

Tabela 1 – Distribuição dos Municípios por Tipo de Manancial de Abastecimento.

Tipo de manancial	Número de Municípios	Percentual (%)
Manancial superficial	3.208	57,6%
Manancial subterrâneo	2.088	37,5%
Manancial superficial + subterrâneo	263	4,7%
Outros	17	0,3%
Total	5.576	100%

Fonte: ANA; ATLAS (2021).

A tabela acima evidencia que os municípios em sua maioria (57,6%) são alimentados por mananciais superficiais, demonstrando a sua essencialidade para o abastecimento público. Esse tipo de recurso hídrico, que abrange rios, lagos e represas, é altamente utilizado por conta de sua simplicidade de captação. Diante dessa importância no país, o presente trabalho foca-se no estudo de um manancial superficial, mais precisamente no rio Mearim, localizado em Bacabal – MA, a análise estudará as suas condições e os impactos sobre suas águas.

De acordo com O estudo feito pela Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) junto do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Rio de Janeiro

(2018, p. 64) “uma estratégia efetiva de proteção de mananciais pode ser concebida a partir da compreensão e delimitação das áreas de influência para o ordenamento e proteção, de modo a manter a disponibilidade de água e impedir a sua contaminação e degradação por atividades antrópicas”.

Tendo em vista esse pensamento, no contexto dos impactos ambientais causados nos rios pelo Brasil, nota-se que esses recursos naturais são atingidos por essas poluições, faltando assim a estratégia para a proteção dos rios contra essas contaminações. Como já foi citado neste trabalho, um dos fatores que mais contribuem para a contaminação dos recursos hídricos são os despejos inadequados de esgotos.

Imagem 4 – Destinação de esgoto em sarjeta destruída, poluída e sem tratamento do bairro Trizidela, no Rio Mearim.



Fonte: Autor (2025).

Imagem 5 – Esgoto poluído encaminhado por uma vala diretamente no Rio, bairro Trizidela.



Fonte: Autor (2025).

Nesse contexto, observa-se que a disposição de esgotos domésticos é um ponto antrópico para os rios, como demonstram as imagens 4 e 5 afetando a qualidade de suas águas e essa contaminação fere o abastecimento das populações. Pode-se afirmar, diante de todos estudos, que a degradação ambiental, seja por esgoto sanitário ou resíduos sólidos é um

agravante que coloca em risco até mesmo a saúde pública, embora para Charles *et al* (2018, p. 376):

Os problemas gerados pela disposição inadequada de resíduos sólidos são muitos e, geralmente, visíveis. Na maioria dos casos, eles se classificam como agressões ambientais e até como uma questão sanitária que coloca em risco a saúde pública. Os resíduos sólidos, em muitos países, oferecem perigos que afetam a qualidade de vida, de sua produção ao seu destino final. Um dos maiores desafios com que se enfrenta a sociedade moderna é o equacionamento da questão do lixo urbano.

Mesmo com esse cenário do problema estar no cotidiano da sociedade, os impactos ambientais gerados pelos resíduos sólidos continuam configurando as áreas do país. No contexto dissertado, sabe-se que a determinação dos fatores para a contaminação dos recursos é um crucial passo para a evolução nessa temática.

Segundo a ANA (2021), os principais contaminantes da água são: matéria orgânica que consomem oxigênio em sua degradação, microrganismos causadores de doenças, fósforo e nitrogênio, compostos de pesticidas e micropoluentes, como os microplásticos e os disruptores endócrinos. A resolução de CONAMA nº 357/2005 prevê uma gestão de classificação, na qual, cada classe possui seus prováveis destinos de utilizações e um grupo de condições e padrões de qualidade que devem ser seguidos, baseado nos parâmetros físicos, químicos e biológicos, assim como explica o Quadro 2.

Quadro 2 – Águas doces e suas classes de qualidade.

CLASSE	DESCRIÇÃO	USOS PERMITIDOS DA ÁGUA
CLASSE ESPECIAL	Águas de qualidade excepcional	Abastecimento público sem tratamento prévio, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação de ecossistemas raros e silvestres.
CLASSE 1	Alta qualidade	Abastecimento Público após tratamento simplificado, proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário (exemplo: nadadores) e irrigação de hortaliças, frutas e plantas consumidas cruas.
CLASSE 2	Boa qualidade, com uso mais abrangente	Abastecimento público após tratamento convencional, proteção da vida aquática, recreação de contato primário e pesca amadora e esportiva.
CLASSE 3	Qualidade inferior, mas ainda útil	Abastecimento público após tratamento avançado, navegação, harmonia paisagística.
CLASSE 4	Águas com uso muito restrito	Apenas navegação e paisagismo e não pode ser usada para abastecimento, irrigação ou recreação.

Fonte: Conama (2005).

O Quadro 2 demonstra o quanto é crucial a organização da classificação dos corpos hídricos em classes de qualidade, apontando seus devidos usos de acordo com o ponto de preservação e tratamento necessário. Essa gestão é importante para a classificação dos corpos

d'água, porque ela garante que as utilizações corretas estejam em conformidade com a continência de suporte ao meio ambiente. Outrossim, concede a identificação das áreas de comprometimento dos mananciais relacionados a poluição ambiental e uso incorreto. Essa abordagem é essencial no que diz respeito a análise da situação dos mananciais que são usufruídos pelo abastecimento dos municípios.

Proteção de mananciais de abastecimento público: Ato de proteger, defender conservar e/ou restaurar o meio ambiente e os recursos naturais, em áreas de mananciais, garantindo ou restabelecendo os processos hidrológicos, ecológicos e ecossistemas associados a quantidade e qualidade da água (SEA, INEA, 2018, p. 38).

Desse modo, “os mananciais de abastecimento público são os corpos hídricos que são utilizáveis para o abastecimento público, constituem parte integrante dos sistemas de abastecimento de água para o consumo, fornecendo água bruta a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos e outros usos” (SEA, INEA, 2018, p. 36).

Tendo em vista a importância dos mananciais de abastecimento público, é crucial para a organização sustentável os recursos naturais assimilar a classificação da qualidade da água, de acordo com a CONAMA, pois isso permite verificar a utilização mais correta para cada recurso hídrico, conforme o seu ponto de preservação ou contaminação. Nos mananciais de abastecimento público, essa classificação é importante para assegurar a segurança desses rios e da população em geral e, até mesmo, guiar as políticas públicas e atitudes de sustentabilidade ambiental nessas áreas afetadas.

Nota-se em face de todas as adversidades enfrentadas pelos recursos hídricos no Maranhão, de que faz-se de maneira indispensável e diretamente de proposições mais eficientes de sustentabilidade para esses recursos naturais, buscando a sua preservação e proteção.

O cumprimento da Lei que estabelece as Diretrizes do Saneamento Básico, aliado as bases conceituais da Conama para qualidade da água são importantes nessa busca pela sustentabilidade dos rios, para que seja evitado, além das suas consequências naturais de poluição ambiental e das vidas aquáticas, os seus impactos na qualidade de vida e saúde das populações, a gestão adequada é uma necessidade urgente. Fazendo jus aos conceitos de integralização das atividades e controle social de saneamento básico da lei citada, que dá o seguimento de buscar a integralização da sociedade no planejamento e avaliação dos serviços prestados voltados para a melhoria da qualidade de vida das cidades (Brasil, 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Pesquisa

O Maranhão é o segundo maior estado do Nordeste em questão de extensão territorial, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fazendo fronteira com os estados do Piauí, Tocantins e Pará, sendo banhado pelos rios Tocantins e Parnaíba (IBGE, 2022). O estado exibe clima tropical em predomínio, com as estações secas e chuvosas bem definidas. Os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) atualmente tem mostrado melhorias, porém ainda enfrentam muitos desafios, em especial em relação a saúde pública, saneamento básico e educação (PNUD, 2023).

O município de Bacabal, situado na região central do Maranhão, que fica às margens do rio Mearim, demonstra várias das características do estado do Maranhão, em que pode ser colocado em destaque as ineficiências na gestão dos resíduos sólidos e do despejo de esgoto sanitário no seu manancial de abastecimento público, aliás, que serão os focos de estudo desse trabalho, que apresentará, através do estudo de caso a realidade dos bacabalenses. Sachs (2009, p. 51), conceitua que o desenvolvimento sustentável tem como objetivo “estabelecer um aproveitamento racional e ecologicamente inteligente da natureza, corroborando em benefícios para as populações locais”.

Referente a cidade de Bacabal – MA (Figura 4), segundo dados do IBGE (2010), o território da cidade começou a ser povoado em 1876 pelo Coronel Lourenço da Silva, onde atualmente está localizada a praça Nossa Senhora da Conceição, criando o estabelecimento de uma fazenda para o cultivo de arroz, algodão e mandioca.

Figura 4 – Localização do município de Bacabal.



Fonte: Adaptação de Google Maps (2006).

3.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o Rio Mearim, localizado na cidade de Bacabal – MA, que é um dos principais cursos d’água da região com importância significativa para o estado. De acordo com dados obtidos da Defesa Civil de Bacabal - MA (2025), o manancial em questão possui um nível médio de 5,85 m e nos períodos de inverno as áreas e bairros mais afetados com as enchentes são o Centro (Avenida Mearim, Rua Jorge José de Mendonça), Trizidela I e II e presídio e, além disso, o rio tem um papel essencial no abastecimento de água da cidade, sendo crucial para o mantimento dos ecossistemas aquáticos da região.

Figura 5 – Rio Mearim



Fonte: Defesa Civil Bacabal (2025).

A pesquisa será de abordagem qualitativa e concederá o conhecimento, a partir do caráter descritivo e o diagnóstico visual, o entendimento dos moradores de Bacabal – MA

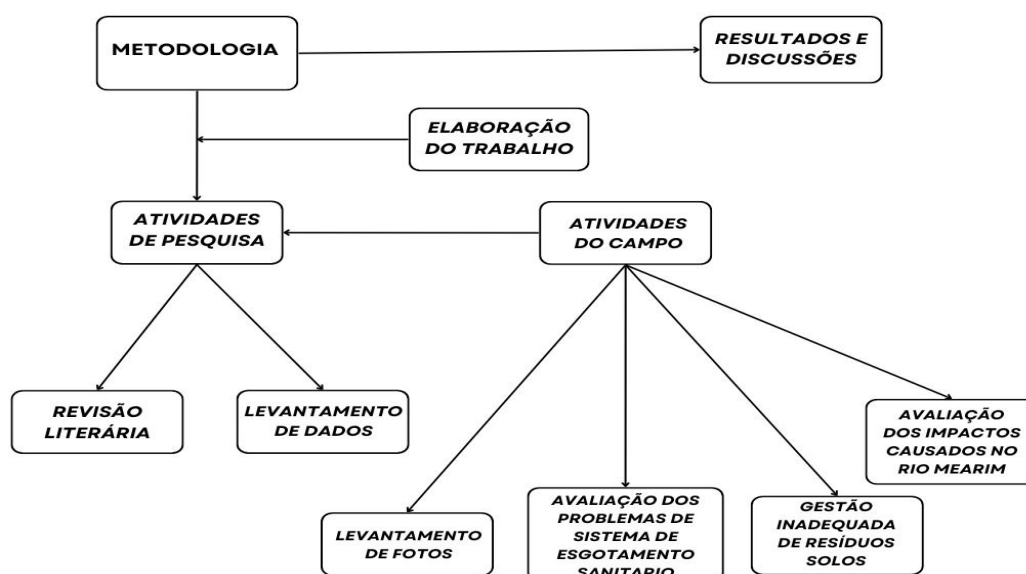
relacionado a temática e os dados coletados serão observados e analisados para o desenrolar do estudo.

Para este estudo, para tanto, decidiu-se por permear um estudo de caso como tipo de pesquisa. Esta forma de pesquisa foi optada por conta da necessidade de investigar o atual cenário dos impactos ambientais causados no rio Mearim pelo despejo inadequado de esgoto sanitário e de resíduos sólidos no precioso recurso natural do Maranhão, visto que a população enfrenta problemáticas relacionadas a qualidade da água do manancial, devido aos impactos citados.

De acordo com Gil (2008, p. 58) “o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado da tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados”. Ao evidenciar a necessidade de uma abordagem que relacione as peculiaridades do objeto analisado, percebe-se que o estudo de campo é a melhor opção para esta pesquisa.

Outrossim, as características mais simples do estudo de caso são as investigações sobre algo específico, que além de identificado, precisa ser analisado de variadas maneiras, através de métodos diversificados, como por exemplo observações feitas de forma direta, questionários, registros de fotos, vídeos ou outros documentos (Prodanov, 2013). Portanto, neste estudo, utiliza-se a observação e o relatório fotográfico como técnicas de pesquisa. A pesquisa seguiu as etapas do fluxograma apresentado abaixo, na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma das etapas de trabalho

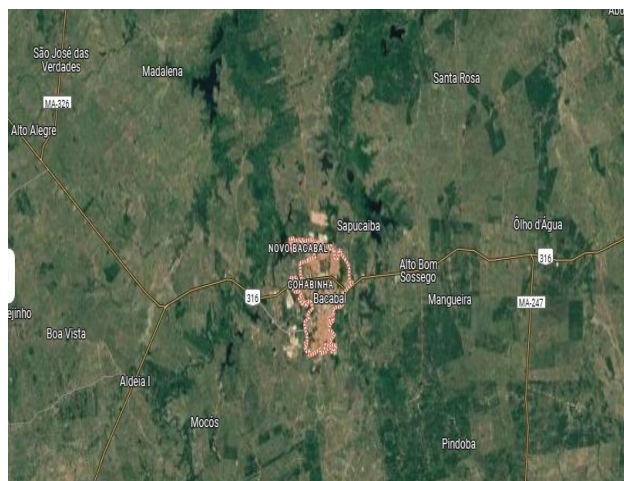


Fonte: Autor (2025).

O objeto de estudo compreende o rio Mearim e os moradores da cidade de Bacabal – MA. Segundo Gil (2008, p. 100), “a observação apresenta como principal vantagem, em relação a outras técnicas, a de que os fatos são percebidos diretamente, sem qualquer intermediação. Desse modo, a subjetividade, que permeia todo o processo de investigação social, tende a ser reduzida”. Essas características tornam a observação útil principalmente em cenários em que a espontaneidade das pessoas é importante para o entendimento da problemática tratada.

A pesquisa foi direcionada a cidade de Bacabal (Figura 12), localizada no estado do Maranhão, no qual a história de seu nome está ligada a quantidade de bacaba (planta) que existiam na região e foi elevada à categoria de vila e distrito em 17 de abril de 1920, desvinculando-se de São Luís Gonzaga do Maranhão. O local de estudo foi selecionado por ser a cidade natal do pesquisador e por possuir problemas estruturais de saneamento básico, de maneira especial, nos despejos de resíduos sólidos e de esgoto sanitário de maneira inadequada no rio Mearim, implicando, assim a qualidade de vida da população, que, abrangem amigos e familiares.

Figura 7 – Localização do município de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Google Maps (2025)

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o município de Bacabal está localizado no estado do Maranhão e dispõe de uma área de 1.656,73 km² e a população de 103.711 habitantes, com uma densidade demográfica de 62 hab/km². Ademais, em relação ao saneamento básico, os números apontam indícios alarmantes, pois, de acordo com o Sistema de Informações Sobre Saneamento Básico (SNIS, 2022), somente 4,66 % da população é acolhida com serviços públicos de esgotamento sanitário, o que diz respeito a cerca de 4.830 habitantes. Por consequência, aproximadamente 98.881 moradores não

possuem acesso à coleta de esgoto, causando problemas relacionados ao despejo de esgoto, com cerca de 4.003.00 m² de esgoto na natureza sem o tratamento adequado.

Em continuação às informações, em relação ao controle de resíduos sólidos em Bacabal – MA, o município não apresenta aterro sanitário, assim os resíduos são depositados em um lixão a céu aberto, que está localizado próximo aos bairros Vila São João e Vila da Paz e possui somente a coleta de lixo, que não consegue atender a população em sua totalidade, excluindo as zonas mais afastadas da cidade, como as zonas rurais (Conceição, 2023, p. 23).

O método da observação possui um ponto que pode ser negativo que é a desconfiança das pessoas observadas, por isso o pesquisador pode se beneficiar de meios para registrar o que foi observado, esses meios podem ser gravadores e câmeras fotográficas, com o levantamento de dados por fotos (Gil, p. 103, 2008). Seguindo esse pensamento, o levantamento fotográfico é importante para as atividades de campo nesse estudo de caso, porque pode demonstrar no campo visual a real situação da área de pesquisa, fornecendo embasamento para as falhas observadas. Além disso, pode disponibilizar complemento aos dados mais técnicos, pois as imagens simplificam o estudo, a compreensão e informação dos resultados, deixando a análise mais clara e coesa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta parte, foram analisados e apresentados os resultados atingidos a partir das atividades de campo do estudo de caso, que foram: levantamento fotográfico e avaliações dos problemas do sistema de esgotamento sanitário, da gestão inadequada de resíduos sólidos e dos impactos causados ao Rio Mearim. Os dados foram estudados qualitativamente para identificar os principais problemas voltados para as atividades de campo citadas, bem como seus impactos na qualidade de vida dos moradores.

4.1 Levantamento Fotográfico e Diagnóstico Visual

O levantamento fotográfico foi executado no decorrer das visitas em campo no município do pesquisador e foi essencial para a compreensão da realidade do estado do sistema de saneamento básico, assim como os seus impactos decorrentes no meio ambiente, principalmente nas áreas próximas ao Rio Mearim. As fotos conseguidas no decurso das atividades do estudo de caso, confirmaram e concederam os registros visualmente os problemas ambientais mais decorrentes em relação ao sistema de esgotamento sanitário incorreto e o manuseio problemático dos resíduos sólidos urbanos.

Durante o estudo in loco, foi capaz de notar o lançamento doméstico de forma direta no Rio Mearim, sem que essa disposição tenha passado por nenhum tipo de tratamento para o seu despejo. Esta realidade demonstra a falta de uma rede coletora que tenha funcionalidade, assim como a clara falta de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que promova o atendimento às necessidades básicas da população local. A Imagem 7 expõe um exemplo claro desse desejo inadequado de efluentes no recurso hídrico.

Imagem 6 - Lançamento de esgoto in natura no Rio Mearim, bairro Avenida Mearim



Fonte: Autor (2025).

Imagem 7 - Lançamento de esgoto in natura no Rio Mearim, bairro Avenida Mearim



Fonte: Autor (2025).

A indicação na imagem mostra o caminho do esgoto, em especial na Imagem 8 ela indica a direção do Rio Mearim, pois esse bairro se encontra nas margens do precioso manancial. Além dos esgotos, foram observados vários pontos de concentração de descarte inadequado de resíduos sólidos nos contornos do manancial, como o apresentado nas Imagens 7 e 9. Essas atitudes intensificam as adversidades na questão dos impactos ambientais nos recursos naturais, colaborando para a má qualidade da água do rio e até mesmo as circunstâncias de vida das comunidades ribeirinhas locais.

Imagem 8 – Concentração de descarte inadequado de resíduos sólidos na Rua do Cajueiro, margens do Rio Mearim



Fonte: Autor (2025).

Imagem 9 – Descarte inadequado de resíduos sólidos impactando diretamente o rio



Fonte: Autor (2025).

Nesse sentido, com apresenta a imagem acima, nota-se que o ser humano é considerado o principal responsável pelas alterações no ambiente em que vive, sendo essas mudanças as grandes ocasionadoras de desequilíbrios ecológicos espelhados, em especial, “na degradação dos rios, pelo lançamento de esgoto, descarte de lixo, desmatamento das margens e contaminação do solo” (Oliveira, *et al*, 2015, p.1).

Essa compreensão fortifica os estudos realizados pelo pesquisador em que se observou essas atitudes negativas, que são os principais pontos de poluição nos recursos hídricos, sendo que as ações do próprio homem vão em desencontro com o que pode devolver a ele uma melhor qualidade de vida, o que reforça a necessidade da adoção de providencias buscando a promoção da preservação do rio.

Dessa forma, os registros fotográficos e diagnóstico visual executados no decorrer dessa pesquisa certificam a criticidade da situação do município com o seu meio ambiente e

demonstra os pontos críticos, assim podendo ajudar na formulação de novas ações de melhorias nessa área. Dentre as maiores necessidades da cidade, foram observadas a importância urgente de uma construção de uma ETE, implementação de programas de educação ambiental, na ação de um manual de boas práticas elaborado no presente trabalho, assim como o fortalecimento das leis de saneamento básico e de fiscalização ambiental.

4.2 Avaliação do Sistema de Esgotamento Sanitário

A análise do Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Bacabal – MA evidenciou uma situação grave, descrito pela ausência de infraestrutura apropriada para a coleta, locomoção e tratamento dos esgotos gerados. As visitas realizadas em campo e estudos feitos revelaram o problema da população em ausência de uma rede coletora, fazendo assim com que os cidadãos tenham que despejar os efluentes no caminho de valas e outras formas de direções feitas manualmente, tendo como destino final o Rio Mearim. Durante as pesquisas de campo, observou-se raros pontos de redes de esgoto, e mesmo esses existentes encontram-se quebrados e fora de conexão com estações de tratamento, ou seja, os despejos desses esgotos são direcionados ao manancial, sem o tratamento adequado.

Além dos lançamentos de agentes poluidores no rio, percebeu-se a existência de fossas sépticas muito antigas em diversas casas nos bairros as margens do Rio Mearim, construídas de maneira inadequada, dessa maneira direcionando seus efluentes no recurso hídrico, causando sua contaminação. Tundisi (2008) ressalta que a contaminação dos recursos hídricos por esgotos domésticos é um dos agentes mais relevantes para a contaminação na qualidade da água desses mananciais, afetando diretamente as variadas utilizações da água, como o abastecimento público.

Desse modo, “a segurança hídrica do abastecimento urbano de água está relacionada a gestão de riscos que está direcionada a variados fatores antrópicos que podem impactar a água disponível que é usada para o abastecimento público, em quantidade e qualidade” (De Paula, 2023, p. 2). Uma boa gestão da qualidade de água nos rios é de suma importância para assegurar a saúde das populações, o abastecimento público de forma mais garantida e a preservação as vidas aquáticas. Quando os rios sofrem poluição, acabam por envolver todas as atividades das pessoas que dependem daquela água, sendo assim, dificultando para esses indivíduos, dessa maneira, entende-se que conservar os rios limpos é essencial para o crescimento sustentável e bem-estar das populações.

Imagem 10 – Exemplo de fossa que despeja seus dejetos diretamente no Rio, Rua do Cajueiro.



Fonte: Autor (2025).

Imagem 11 – Imagem aproximada da fossa irregular



Fonte: Autor (2025).

Os municípios devem garantir aos seus moradores a disponibilização de acesso universal aos serviços de esgotamento sanitário (Brasil, 2007). No entanto, o cenário ideal não se nota na cidade de Bacabal – MA, município em que os serviços de água e esgotos são regidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), com o descumprimento desses preceitos. Esse cenário expõe o problema recorrente e gestão de impactos ambientais locais, que não atuam junto das diretrizes do saneamento básico pré-estabelecidas. O problema evidenciado no sistema de esgotamento sanitário mostra também a omissão de investimentos adequados para a evolução sustentável da cidade, fazendo-se urgentes ações que coloquem em prioridade o saneamento básico.

O diagnóstico realizado nas visitas in loco no problema de sistema de esgoto sanitário e seus impactos no manancial de abastecimento fortaleceu a necessidade de uma ETE, como uma ação primordial para a mudança desse cenário.

De acordo com Silva e Barbosa (2001, p. 20), “investir em estação de tratamento de efluentes é capaz de gerar um avanço para o desenvolvimento sustentável para o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, e ainda assim gerar novas oportunidades de negócios”.

Logo, a problemática notada requer, além das mediações estruturais, atitudes integradas que contribua com a gestão pública, como um maior seguimento das leis, revisão do plano diretor da cidade, elaboração de políticas públicas relacionadas ao saneamento básico para a movimentação dos moradores, através de programas de educação ambiental, como ainda será abordado neste trabalho.

4.3 Avaliação da gestão inadequada de resíduos sólidos

No que diz respeito a gestão dos resíduos sólidos na cidade de Bacabal – MA, foi possível notar que o descarte dos resíduos sólidos da cidade é feito em lixão a céu aberto (Figura 8), com um quase inexistente controle ambiental, além de várias áreas que são usadas de maneira inadequada para armazenar esses materiais, e as margens do Rio Mearim não são diferentes, assim como mostra a imagem 9. Esse cenário vai em contraponto com a idealidade, fazendo uma boa atuação para a degradação do rio.

O Plano Nacional e Resíduos Sólidos (PNRS, p. 130, 2022) “objetiva o estabelecimento de políticas públicas voltadas para a universalização dos serviços públicos de saneamento básico, coleta e destinação final ambientalmente adequado dos resíduos, na busca por diminuir as unidades inadequadas presentes pelo país”. Apesar disso, a realidade vivenciada no município de estudo está distante desses objetivos, pois a cidade ainda é dependente de um lixão a céu aberto, com pouco controle ambiental. A ausência de políticas públicas e de iniciativas da sociedade contribuem para o avanço desgovernado dos impactos ambientais na região.

Além disso, os impactos ambientais são ocasionados pela poluição ambiental, que é causada também em sua maioria pelas ações humanas relacionadas ao meio ambiente, que fazem parte das mudanças das propriedades físicas, químicas e biológicas dos elementos naturais, causando problemas a saúde do homem, à sociedade e aos recursos naturais

renováveis. Por esse motivo, o reconhecimento dos principais impactos é essencial, porém, também as atitudes amenizadoras passíveis de serem aplicadas (Alves; Lima, 2012).

Figura 8 – Lixão a céu aberto de Bacabal – MA



Fonte: Lacerda (2024).

Ademais, identificou-se que a ocupação em torno do manancial, com os pontos de lazer, como os bares e até mesmo os próprios moradores acabam por descartar seus resíduos gerados no entorno do rio, em especial a Rua do Cajueiro, rua Jorge José Mendonça, Trizidela e Avenida Mearim e, pelo direcionamento das sarjetas das ruas, esse lixo, em sua maioria, toma o caminho do Rio Mearim.

Essa realidade se identifica com o que explicam Castro Júnior e Machado (2009), pois com a baixa orientação dos comandantes do município em relação aos locais adequados e formas corretas de ocupação humana, as áreas de preservação, como encostas íngremes e margens de rios são degradadas, causando problemas como acúmulo de lixo, contaminação da água e poluição visual.

Segundo o estudo de Ribeiro e Walter (1998), os processos de assoreamento, poluição hídrica e erosão são beneficiados pela exclusão da vegetação das margens dos rios, comprometendo a proteção desse recurso natural. Sabe-se que as vegetações existentes nas margens dos mananciais possuem uma função essencial para a proteção dos recursos hídricos, pois elas operam como uma barreira contra a poluição. A sua existência ajuda com o mantimento estável do solo e assegura as vivências aquáticas, se essa vegetação é apagada, essa proteção acaba por ser comprometida, causando impactos nos rios.

Nessa visão, “várias cidades no Brasil acabam descartando seus resíduos sólidos diretamente nos lixões ou aterros sanitários, sem o tratamento adequado, sem reciclagem ou

reuso pelo fato do custo para esse gerenciamento de resíduos ser elevado” (Andrade, 2020, p. 17).

Essa conceituação reforça a urgência para a necessidade que a cidade possui de criar um manejo integrado desses resíduos, contemplando as ações educativas aliado ao incentivo público para a diminuição da poluição pelos resíduos sólidos urbanos. No próximo tópico será abordada a avaliação dos impactos causados no manancial de abastecimento, tanto por despejo de esgoto sanitário, quanto pela disposição dos resíduos sólidos.

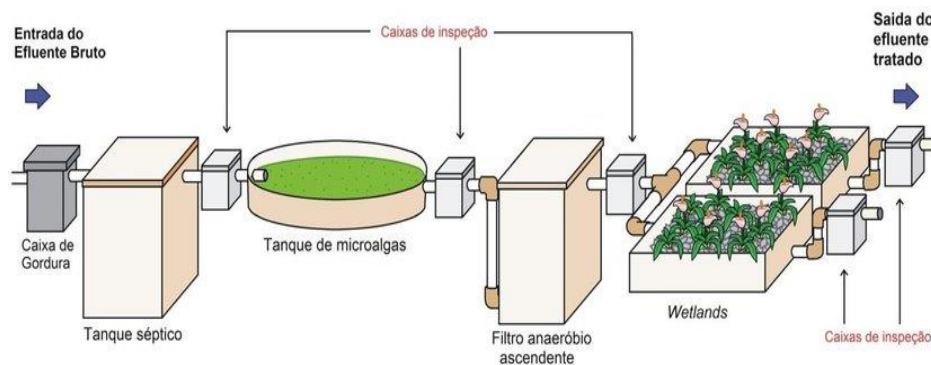
4.4 Proposta de implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Diante da situação alarmante encontrada em frente as avaliações de campo e a comprovação por meio do levantamento fotográfico, nota-se que uma implementação urgente para a amenização dos impactos ambientais no Rio Mearim é a implantação de uma ETE. Essa solução é essencial para cessar o ciclo antrópico de despejo sem tratamento no rio e nas valas a céu aberto pela cidade.

A ETE age com processos físicos e biológicos, aferindo a diminuição do teor da matéria orgânica do efluente no decorrer do andamento do tratamento e a disposição de nutrientes de boa relevância dos resíduos tratados (Souza *et al*, 2015). Além disso, segundo Sousa (2024), a implementação e ETEs em comunidade consegue atrair diversos benefícios para o meio ambiente, pois elas repartem os agentes poluentes, como os metais pesados, patógenos e os nutrientes em excesso da água, reduzindo os impactos ambientais.

Dessa forma, a construção de uma ETE na cidade de Bacabal disponibilizaria melhorias fortes na qualidade de água do Rio Mearim, além de cooperar com a saúde da população, diminuir o espalhamento de doenças contraídas através dos recursos hídricos, assim melhorando também a qualidade ambiental.

Figura 9 – Etapas de uma ETE.



Fonte: Pulschen *et al.* (2015).

Em face do levantamento fotográfico realizado, identificou-se áreas livres, localizadas próximas as margens do Rio Mearim, que poderiam ser analisadas como possíveis áreas para a construção dessa estrutura de tratamento. A Figura 10 apresenta um exemplo de ETE já funcional em outro município de médio porte, o qual é possível fazer um efeito comparativo a Bacabal – MA e que, inclusive, é próximo a Bacabal – MA, demonstrando uma referência visual de como seria a infraestrutura necessária. A ETE Flores de Timon – MA foi construída pela empresa Águas de Timon, que é a responsável pelos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto da cidade referida.

De acordo com dados da Prefeitura de Municipal Timon (2022), a ETE Flores possui uma capacidade de 45 litros de dejetos por segundo, sendo considerada uma estação de pequeno / médio porte e possui uma vasta tecnologia, além disso, segundo o diretor executivo da Águas Timon, Fernando Vieira, a estação conta com um processo de coleta de efluentes e devolução para o meio ambiente sem prejuízos, com uma projeção de que o esgoto saía de 3% para 33%, promovendo a universalização do saneamento básico e reduzindo os impactos ambientais no Rio Parnaíba.

Já a Figura 11 mostra uma das localizações possíveis para isso em Bacabal – MA (com a indicação na seta da cor branca), que se trata de uma área livre, após o final do Bairro Avenida Mearim. Tendo em vista que se trata de um local próximo da área urbana, o que diminuiria os custos, próxima ao Rio Mearim, o que facilitaria a diluição e descarte, distante das residências, o que evitaria os sons e odores e com boa altitude, que facilitaria a construção e a gravidade necessária para que o esgoto chegue a estação, assim apresentando características compatíveis com a construção de uma ETE.

Figura 10 – Exemplo de ETE aplicada na cidade de médio porte, Timon - MA



Fonte: Águas de Timon (2022).

Figura 11 – Possível área com potencial para essa construção



Fonte: Google Maps (2025).

A adoção dessa medida como solução para mitigação da problemática, aliada ao comprometimento da gestão pública, concederia que a cidade evoluísse neste quesito, atendendo as diretrizes do saneamento básico e assegurando que a população tenha acesso a atendimentos de esgotamento sanitário, mais eficazes e ambientalmente adequado. Porém, deduz-se que a construção de uma ETE não representa um recurso isolado, tendo que estar relacionada a ideias constantes de sensibilização e conscientização ambiental da população, como a próxima tratada.

4.5 Proposta de Programa de Educação Ambiental: manual de boas práticas

Diante dos impasses ambientais no município notados, sobretudo os relacionados a gestão e despejo inadequado de resíduos sólidos e esgoto sanitário, outra proposição para solucionar esses impasses, é a aplicação de um Programa de Educação Ambiental, focado em

apresentar para a sociedade informações e práticas sustentáveis, principalmente aqueles que residem nas proximidades do Rio Mearim. Esta ação será efetivada através da elaboração de um Manual de Boas Práticas Ambientais, que será entregue de forma direta para as pessoas. Este manual contemplará, de maneira acessível e ilustrada, informações e orientações sobre:

- Cuidados com a disposição inadequada de resíduos sólidos;
- Relevância da divisão dos materiais recicláveis;
- Cuidados com as fossas sépticas e esgotos domésticos;
- Preservação das margens do manancial;
- Consequências da poluição dos recursos hídricos para a saúde e para o meio ambiente;

A Imagem 12 demonstra o descarte irregular de resíduos sólidos que descem diretamente para o Rio Mearim, substanciando a importância de atitudes educativas na área. No apêndice A é representado visualmente o manual de boas práticas desenvolvido pelo pesquisador, como reforço para essa conscientização.

Imagem 12 – Descarte incorreto de lixo dos bares da Rua Jorge José de Mendonça, margens do Rio Mearim.



Fonte: Autor (2025).

Em Jacobi (2003), programas de educação ambiental que implicam de forma clara as comunidades são meios eficientes no desenvolvimento do comportamento e da transformação de sociedades mais sustentáveis. O que durante as visitas in loco, notou-se e constatou-se ações da sociedade que vão em desencontro com a qualidade ambiental. Logo, entende-se que essa atividade de conscientização é indispensável, como complemento às atuações de medidas estruturais, como a realização da construção de uma ETE. Assim, pontua-se que através das relações de medidas técnicas estruturais e educativas, será possível mitigar os impactos ambientais nas fontes de água locais, melhora a qualidade de vida das populações ribeirinhas e evoluir sustentavelmente o município de Bacabal – MA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do avanço da pesquisa dedicada às falhas no esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos e seus impactos no Rio Mearim, em Bacabal – MA, a partir de revisão bibliográfica, levantamento fotográfico e avaliação dos problemas diagnosticados, é crucial recapitular os primordiais pontos e retificar o objetivo desta pesquisa. O presente trabalho intencionou-se na comprovação e estudo dos principais pontos que geram os impactos ambientais no precioso manancial de abastecimento de Bacabal – MA, com o objetivo de ajudar futuramente na qualidade de vida da cidade.

No decorrer deste trabalho, foi factível chegar aos objetivos específicos traçados no início. A partir da revisão bibliográfica e junção de dados, foi possível verificar a ausência de infraestruturas necessárias no tratamento dos efluentes de esgoto, assim como o manejo inadequado de materiais sólidos. Esses pontos preocupantes foram observados como os principais motivadores para a poluição hídrica, assim causando a contaminação da água do rio, que por sua vez, atinge a saúde da população, entre elas os ribeirinhos que são dependentes de atividades no rio para várias necessidades, e do ecossistema aquático, além da própria degradação de um recurso natural.

Em segmento a isso, a proposta de um manual de boas práticas, assim como o demonstrado no trabalho, surge como uma forma de abordagem de suma importância para trazer o reconhecimento da problemática para a população, buscando uma educação ambiental, pois, apesar das leis vigentes sobre o saneamento básico, observou-se que a população possui pouco conhecimento sobre as diretrizes e mesmo aqueles que possuem, não tomam a dimensão que os impactos ambientais possuem.

Esse manual, de fácil entendimento e acessível, destaca a relevância dos cuidados que a população deve ter e, por meio dessas ações ou falta delas, suas consequências. Seguindo os pensamentos de diversos pesquisadores citado anteriormente, pode-se transformar uma alteração nas atitudes desses indivíduos, pois esse é poder da educação ambiental corretamente realizada.

No entanto, é fundamental reconhecer que todo estudo de campo confronta determinadas limitações. Nesse ponto, esta pesquisa não é diferente, pois também possui limitações que são importantes destacar. Em relação a elas, cita-se a restrição de gerenciamento de tempo das idas in loco, que não concedeu um estudo em tempos diferentes de estações do ano, que poderia agregar muito na medição das escalas de poluição do Rio Mearim.

Ademais, a falta de dados de obtidos em laboratório adicionais sobre a qualidade hídrica do manancial, que poderiam adicionar uma análise mais técnica relacionada aos impactos ambientais. Logo, indica-se para futuras pesquisas a procura de dados por meio da coleta física e química, podendo utilizar como parâmetro a resolução do CONAMA citada neste trabalho para a definição das classes e qualidade da água. Outrossim, indica-se a ideia da criação de ideias educativas para a população, como cursos ou oficinas, que incentivem os cidadãos a obter a compreensão relacionada ao tema e, por consequência, a participarem mais ativamente de atividades sustentáveis.

Em resumo, o estudo proporcionou a investigação da problemática do esgotamento sanitário e do manejo de resíduos sólidos em Bacabal – MA, chegando à conclusão de que, além de técnico e estrutural, essa é uma batalha social e educacional. A solução apresenta uma estratégia com vários pontos, em que as atitudes em investimentos na infraestrutura do saneamento básico sejam ligadas aos programas constantes de conscientização ambiental.

Desta forma, a execução das ideias apresentadas neste estudo, demonstram uma direção importante para a proteção dos recursos hídricos, especialmente o Rio Mearim, que é tão relevante, não só para a cidade, mas a todo o estado do Maranhão, ao comprovar a importância que se tem em tratar os efluentes e gerir de maneira correta os materiais sólidos até a sua disposição no manancial, assim buscando atingir as metas benéficas de evolução sustentável para a cidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12211. **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. NBR 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

AGAMUTHU, P.; KHIDZIR, K. M.; FAUSIAH, S. H. Drivers of sustainable waste management in Asia. **Waste Management and Research**, n. 27, p. 625-633, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS/ SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ANA). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília: ANA, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Qualidade da Água**. Disponível em: <https://qualidadedaagua.ana.gov.br/>. Acesso em: 02 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Qualidade da Água Superficial no Brasil**. Disponível em: <https://qualidadedaagua.ana.gov.br/index.html>. Acesso em: 18 maio 2025.

ANDRADE, F. D. **Gestão e Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA (ABES). **Ranking ABES da Universalização do Saneamento**. [S.l.]: ABES, 2017. Publicado em março de 2018. Disponível em: https://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Ranking-ABES-da-universalizacao-do-saneamento-_17.09.17-3.pdf. Acesso em: 08 maio 2025.

BACABAL (Município). **Defesa Civil**. Informações institucionais. Bacabal-MA, 2025.

BACABAL (Município). **Lei nº 1.029**, de 10 de outubro de 2006. Dispõe sobre a política e diretrizes de desenvolvimento urbano do município, institui o Plano Diretor do Município de Bacabal e dá outras providências. Bacabal, MA: Prefeitura Municipal de Bacabal, 2006. Disponível em: Gov.Br Acesso em: 06 maio 2025.

BOLETIM DO SANEAMENTO. **Pesquisa IBGE dá um panorama sobre esgotamento sanitário nas residências**. 2022. Disponível em: <https://boletimdosaneamento.com.br/pesquisa-ibge-da-um-panorama-sobre-esgotamento-sanitario-nas-residencias/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n.º 348, de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2004.
BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

Brasília, DF: Diário Oficial da União, 11 jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 02 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, e a Lei nº 10.742, de 6 de outubro de 2003, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jan. 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 13 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 14 jun. 2025.

CARDIA, R. H. P. Ocupação territorial e meio ambiente. **Revistas de Direitos Difusos**. São Paulo, v. 22, p. 3045-3054, nov./dez. 2003.

CARVALHO, P. P. L.; IARIA, T. S.; CHAGAS, D. S. Bactérias Indicadoras de Poluição Fecal em Águas de irrigação de hortas que abastecem o município de natal — estado do rio grande do norte (Brasil). **Rev. Saúde pública**, São Paulo, v. 15, p. 629-642, 1981.

CHARLES, R.; OLIVEIRA, D. C.; SPANGHERO, P. As principais consequências dos resíduos sólidos sobre o meio ambiente e a saúde da população de Carabet- Haiti. **Revista Geográfica de América Central Nº 61E**. v. 3, Especial CLAG, p. 367-382, jul./dez., 2018.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Manual de Comunicação e Organização Social: Esgotamento Sanitário**. Coord. Geral: Cintia Philippi Salles; Coord. Técnica: Rovenia Serralha Teodoro. Brasília: Codevasf, 2015.

CONCEIÇÃO, G. S. **Análise da gestão dos resíduos sólidos urbanos de bacabal (MA)**: os desafios ao cumprimento da lei federal nº 12.305/2010. Monografia (Licenciatura em Educação do Campo - Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Maranhão, Bacabal - MA, 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 24 de outubro de 2002. Estabelece critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 out. 2002. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/resolucoes/2002/RES3072002.pdf>. Acesso em: 21 maio 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005.

CZAJCZYNSKA, D. *et al.* Potential of pyrolysis processes in the waste management sector. **Thermal Science and Engineering Progress**, v. 3, p.171-197, 2017

DALTRO FILHO, J. *et al.* O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1. p. 241-251. 2018.

DIAS, G. F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 2004.

FREIRE, R. A. **Infraestrutura urbana**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017

FUNASA. **Manual do Saneamento**. Brasília: Assessoria de Comunicação em Educação em Saúde, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2008.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012.

GOOGLE MAPS. **Google Maps**. 2024. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 05 jun. 2025.

HELLER, L.; REZENDE, S.; QUEIROZ, C. L. **Água, Saneamento e Saúde no Brasil**: interseções e desacordos, Minas Gerais, v. 66 n. 2, p. 57-80, jul./dez. 2009.

HELLER, L. *et al.* **Saneamento Básico como Política Pública**: um olhar a partir dos desafios do SUS. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz, 2018.

HELLER, L. **Olhares sobre a realização dos direitos humanos à água e ao saneamento**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2021.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **Municípios e Saneamento**: Bacabal (MA). Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ma/bacabal>. Acesso em: 05 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Bacabal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/bacabal.html>. Acesso em: 05 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem. Rio de Janeiro, RJ, fev. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 20 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões**. Uberlândia Cabral. Junho de 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>. Acesso em: 14 maio 2025.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro**: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. Coord. geral: Silvia Marie Ikemoto; coord. executiva: Patrícia Rosa Martines Napoleão. Rio de Janeiro: INEA, 2018. 464 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (INDH). **Saneamento Básico e o apagamento de população vulnerável**. Disponível em: <https://www.indsh.org.br/artigo-saneamento-basico-e-o-apagamento-de-populacao-vulneravel/>. Acesso em: 10 maio 2025.

JACCOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, mar. 2003.

LACERDA, J. L. **Destinação dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Bacabal-MA**: Expectativa vs realidade. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Maranhão, Bacabal-MA, 2024.

LEE, I.; HWANGB, H.; LEEC, J.; YUB, N.; YUNB, J.; KIMA, H. Modeling approach evaluation of environmental impacts on river water quality: A case study with Galing River, Kuantan, Pahang, Malaysia. **Ecological Modelling**, v.353, p.167-173, 2017.

LEONETI, A; PRADO, E; OLIVEIRA, S. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revistas de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 452 n. 2, p. 331-48, mar./abr. 2011.

LUCKE, A. S. **O Resíduo Sólido como fonte renovável para geração de energia elétrica**: aspectos econômicos e sócio-ambientais. Tese de Doutorado (Engenharia Civil, arquitetura e urbanismo) – Unicamp, 2012.

MARCHI, F. D. **Resíduos Sólidos**: conceitos e perspectivas de atuação: Curitiba Appris, 2013.

MARTINELLI, A.; NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto Sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso de água. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2011.

MEDEIROS, V. M; SILVA, E., C; L. M. P. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longa, Brasil. **Rev. Ambient. Água** v. 13 n. 2, e 2054 - Taubaté 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras->

atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

MIRANDA, A. B.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 269-279, 2004.

MORAIS, B. L.; GONÇALVES, S. J. As conferências ambientais como precursoras de uma política externa baseada na preservação ambiental e desenvolvimento sustentável: uma análise do Brasil. Fórum Estadual de Relações Internacionais de São Paulo, 2018, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Integri, 2018.

MÜLLER, M. M.; HAUS, T. L. **Avaliação de aspectos e impactos ambientais em um trecho do Rio Avariú, localizado no município de São José dos Pinhais-PR**. In: FAE Centro Universitário. Memorial TCC – Caderno da Graduação – 2017. Curitiba: FAE, 2017. p. 468–480.

NAHAS, M. **Atividade física & saúde e qualidade de vida**. Florianópolis: UFSC, 2017.

OLIVEIRA, M. J. *et al.* Degradação ambiental do Rio Gavião. In: **Congresso brasileiro de gestão ambiental – VI**, 2015, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015.

PEIXOTO, J. B. Aspectos econômicos dos serviços públicos de saneamento básico: caderno temático nº 5. In: REZENDE, S.C. (Org.). **Cadernos temáticos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. (Panorama do Saneamento Básico no Brasil, v. 7). No prelo.

PEREIRA, V. E. **Resíduos sólidos**. Ed. Senac, São Paulo, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TIMON – MA. **Timon inaugura Estação de Tratamento de Esgoto e caminha para ser a cidade mais saneada do Maranhão**. 2022. Disponível em: <https://timon.ma.gov.br/site/?p=325487>. Acesso em: 05 jun. 2025.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUPPI, U. O Trágico: experiência e conceito. **Trans/form/ação**, São Paulo, v. 4, n. 44 p. 41-50, 1981.

PULSCHEN, A. A.; GOMES, M. P. M.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Tratamento biológico de efluentes sanitários em ETE mista. In: **Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais**, 3., 2013, São Pedro. Anais... São Paulo: SIGERA, 2013

RAMOS, A; SPARENBERGER, R. A política nacional de Recursos Hídricos e o efeito bumerang da sociedade de Risco. **Revista da Faculdade de Direito**, UFG, v. 33, n. 2, p. 169-183, jul./dez. 2009.

RODRIGUES, E. A. S. Educação Ambiental a partir da agenda 2030: experiências no ensino de geografia na educação básica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação REASE**, São Paulo, v. 10, n. 10, p. 1-13, out. 2024

SACHS, I. **Desenvolvimento sustentável: da utopia à ação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 2009.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Cortez, 2007.

SILVA, A. J.; SILVA JÚNIOR, F. J. Planejamento Urbano: um debate que não esgota as questões sociais e ambientais. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 2, n. 2, p. 230 – 244, jan./jun. 2021.

SINIMBÚ, F. **Mais de 41% dos resíduos sólidos urbanos tiveram destinação inadequada em 2023**. Agência Brasil. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2024-12/mais-de-41-dos-residuos-urbanos-tiveram-destinacao-inadequada-em-2023-0>. Acesso em: 23 maio 2025.

SOUSA, C. A. S. **Contaminação por nitrato nos mananciais subterrâneos em Natal/RN: uma análise das comunidades políticas de atores relevantes**. Monografia Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024.

TRATA BRASIL, SANEAMENTO E SAÚDE. **Futuro em risco: efeitos da falta de saneamento na vida de grávidas, crianças e adolescentes**. São Paulo, 2024.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.

VIEIRA FILHO, D. S. *et al.* **Infraestrutura urbana: infraestrutura e o crescimento populacional no Brasil**. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 2, p. 19-25, 2013.

VON SPERLING, M.; OLIVEIRA, C. S. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. **Artigo técnico**, Universidade Federal de Minas Gerais, v.10. n. 4, p. 347-357, out./dez. 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4. Ed, v. 1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: BORGES, A. C. *et al* (Org). **Resíduos sólidos urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. 1 ed. São Carlos SP: Rima Artes e Textos, v.1, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS

PRESERVANDO O RIO MEARIM
E NOSSA COMUNIDADE



PORQUE CUIDAR DO RIO MEARIM?

O Rio Mearim é o principal manancial de abastecimento de água da cidade de Bacabal - MA, e sua preservação é fundamental para garantir a qualidade hídrica e a saúde de todos, conforme a análise dos impactos do esgotamento sanitário e resíduos sólidos.



Lançar esgoto doméstico diretamente no Rio Mearim, sem tratamento, causando a contaminação do manancial e riscos à saúde pública.

Realizar o manejo correto do lixo doméstico, garantindo o descarte em locais apropriados.

• Promover a separação de resíduos

recicláveis e orgânicos, apoiando a coleta seletiva e a redução de lixo irregular.

• Participar de programas de educação ambiental que incentivem a compreensão e a prática de atitudes sustentáveis.

Apoiar investimentos em infraestrutura de saneamento básico, incluindo a construção e operação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

Denunciar atos que prejudicam a natureza e a qualidade da água do Rio

Mearim aos órgãos competentes.

Adotar hábitos de consumo

consciente e evitar o desperdício de água, reconhecendo seu valor para a comunidade.

O QUE NÃO FAZER?



o Descartar resíduos sólidos de forma inadequada, contribuindo para a poluição do solo e dos recursos



Realizar a queima de lixo, liberando substâncias tóxicas e impactando a qualidade do ar e da água.

SE TODOS CUIDAM O RIO AGRADECE!

Água limpa. Meio ambiente preservado. Mais saúde para todos!
Uma batalha técnica, estrutural, social e educacional em Bacabal - MA.