



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAIS

LAYANNE DE SOUSA BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

MOSSORÓ

2022

LAYANNE DE SOUSA BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira
Agrícola e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

B238d Barbosa, Layanne de Sousa.

Diagnóstico do esgotamento sanitário no município de Mossoró/RN / Layanne de Sousa Barbosa. - 2022.

46 f. : il.

Orientador: Rafael Oliveira Batista.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2022.

1. esgotamento sanitário. 2. esgoto. 3. saneamento básico. 4. impacto ambiental. I. Batista, Rafael Oliveira, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LAYANNE DE SOUSA BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE
MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Engenheira
Agrícola e Ambiental.

Defendida em: 25 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Oliveira Batista – UFERSA
Presidente

Me. Laio Ariel Leite de Paiva. (UFERSA)
Membro Examinador

Layla Bruna Lopes Reges (UFERSA)
Membro Examinador

*Em memória de Apito, Jujuba e Titã, os felinos
mais amorosos com quem eu pude dividir
meus dias.*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos não poderiam começar de forma diferente, pois devo a minha mãe a gratidão eterna, agradeço a ela a educação que me deu e por ter me tornado o que sou hoje, agradeço também toda a ajuda para realizar os meus sonhos, fazendo o que estava ao seu alcance para concretizá-los, sou profundamente grata pela coragem que me deu para iniciar uma nova jornada longe de casa. Sem o apoio dela, nada disso seria possível.

Quero agradecer a minha sobrinha Henrole, que sempre compartilhou comigo momentos edificantes, me mantendo cada vez mais próxima de casa, apesar da distância, agradeço por fazer dos momentos difíceis histórias engraçadas. Obrigada pelos risos.

A minha irmã, Melanie, e a gata, Pudim, agradeço por terem dividido as alegrias e tristezas da vida longe de casa, apesar das brigas, sinto saudades.

Aos meus muitos outros irmãos, agradeço por me acharem inteligente.

Agradeço imensamente a Suzana, por sempre repetir “você consegue”, me incentivando e encorajando sempre que precisei, e a Teodoro por me dar tantas alegrias e carinho, durante essa jornada vocês se tornaram a minha família. Eu amo vocês.

Agradeço especialmente ao meu orientador, o professor Doutor Rafael Oliveira Batista, que apesar da intensa rotina acadêmica aceitou me orientar nesta monografia, exercendo com maestria seu papel, agradeço pelo conhecimento repassado em suas aulas, pela humildade e simplicidade, por sempre está disponível para seus alunos independente do assunto e pela confiança depositada a mim para a realização deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante o curso, agradeço pela força e troca de conhecimento, vocês seguirão comigo.

A todos os meus professores do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, meus mais sinceros agradecimentos, o conhecimento que vocês passaram foi fundamental para a minha formação acadêmica e pessoal.

[...] Eu quero agradecer a mim. Eu quero me agradecer por ter confiado em mim. Eu quero me agradecer por ter feito todo esse trabalho duro. Eu quero me agradecer por nunca desistir. Eu quero me agradecer por tentar fazer mais certo do que errado.

Snoop Dogg

RESUMO

O serviço de esgotamento sanitário é um dos componentes do saneamento básico que exprime bastante preocupação devido aos impactos que a sua inadequação pode causar nos meios ambientais, sociais e econômicos. O presente trabalho tem como objetivo apontar os impactos gerados pelo esgotamento sanitário inadequado, buscando o levantamento de dados e informações encontradas na literatura, bem como apontar medidas mitigadoras para os impactos negativos. Por isso, através de uma revisão bibliográfica, realizada mediante dados coletados em livros, revistas, teses, dissertações e artigos, bem como informações do Portal do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), Fundação Nacional de Saúde (Funasa) foi possível caracterizar o sistema de esgotamento sanitário, desde a coleta, transporte e tratamento, até a disposição final ambientalmente adequada; bem como, também, foi analisado a situação do saneamento no Brasil e no município de Mossoró/RN. Constatou-se que no Brasil, no ano de 2020, apenas 55% da população era atendida com o sistema de esgotamento sanitário, e que no município de Mossoró, apenas 56,39% da população foi contemplada. As informações obtidas mostram que um sistema de esgotamento sanitário adequado proporciona uma qualidade de vida e saúde para a população, bem como impactos positivos na economia e no meio ambiente, entretanto um sistema inadequado, ou a inexistência pode disseminar doenças como a Diarreia, Febre, Esquistossomose, Teníase, entre outras. Medidas mitigadoras são essenciais para reduzir os impactos da inadequação do sistema de esgotamento sanitário.

Palavras-chave: esgotamento sanitário; esgoto; saneamento básico; impacto ambiental.

ABSTRACT

The sanitary sewage service is one of the components of basic sanitation that expresses a lot of concern due to the impacts that its inadequacy can cause in the environmental, social and economic environments. The present work aims to point out the impacts generated by inadequate sanitary sewage, seeking to collect data and information found in the literature, as well as to point out mitigating measures for the negative impacts. Therefore, through a bibliographic review, carried out using data collected from books, magazines, theses, dissertations and articles, as well as information from the Portal of the National Sanitation Information System (SNIS), National Health Foundation (Funasa), it was possible to characterize the sanitary sewage system, from collection, transport and treatment, to the environmentally appropriate final disposal; as well as, the situation of sanitation in Brazil and in the municipality of Mossoró/RN was analyzed. It was found that in Brazil, in the year 2020, only 55% of the population was served with the sanitary sewage system, and that in the municipality of Mossoró, only 56.39% of the population was covered. The information obtained shows that an adequate sanitary sewage system provides a quality of life and health for the population, as well as positive impacts on the economy and the environment, however an inadequate system, or the lack of it, can spread diseases such as Diarrhea, Fever, Schistosomiasis, Taeniasis, among others. Mitigating measures are essential to reduce the impacts of the inadequacy of the sanitary sewage system.

Keywords: sanitary sewage; sewage; sanitation; environmental impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sólido no esgoto.....	19
Figura 2. Sistema combinado	20
Figura 3. Sistema separador absoluto.....	21
Figura 4. Fluxograma típico do tratamento preliminar.....	23
Figura 5. Fluxograma típico de um sistema de lagoa facultativa	24
Figura 6. Fluxograma típico de um sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa	25
Figura 7. Localização do município de Mossoró e municípios limítrofes.	29
Figura 8. Localização do município de Mossoró/RN.....	29
Figura 9. Distribuição espacial de taxa de esgotamento sanitário por domicílio.	31
Figura 10. Esgoto a céu aberto no bairro Aeroporto I, Mossoró/RN.	33
Figura 11. Acumulação de esgoto a céu aberto no bairro Barrocas, Mossoró/RN.	33
Figura 12. Lançamento de esgoto em via pública no bairro Santo Antônio, Mossoró/RN.....	34
Figura 13. Esgoto a céu aberto no bairro Santa Helena, Mossoró/RN.....	34
Figura 14. Localização de algumas EEE's e das ETE's.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice de atendimento total de esgoto sanitário por região	28
Gráfico 2. População atendida com o sistema de esgotamento sanitário entre os anos de 2010 e 2020	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Investimento em sistema de esgotamento sanitário no Brasil por região, no ano de 2020.	28
Tabela 2. Situação do esgotamento sanitário no município de Mossoró.	32
Tabela 3. Estações de tratamento de esgoto e tipos de tratamento	36
Tabela 4. Doenças relacionadas com a contaminação por fezes e medidas de controle	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional de Habitação
CAERN	Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Caixa de Passagem
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
MBR	Membrana Bioreactor
MO	Matéria Orgânica
ONU	Organização das Nações Unidas
PLANSAN	Plano Nacional de Saneamento
PV	Poços de Visita
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIL	Tubo de Inspeção e Limpeza
TL	Terminais de Limpeza
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

\$	Sifrão
%	Porcentagem

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
1.2 Metodologia	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Sistema de esgotamento sanitário	19
2.2 Funções do esgotamento sanitário	25
2.3 Cenários do esgotamento sanitário	27
2.3.1. No Brasil	27
2.3.2. No município de Mossoró	29
2.4 Impactos em função do esgotamento sanitário inadequado	36
2.5 Medidas mitigadoras para os impactos do esgotamento sanitário inadequado.....	39
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

No urbanismo hodierno existem muitos aspectos que prejudicam, direta ou indiretamente, boa parte da população. Entre estes aspectos encontram-se a pobreza, a criminalidade, a contaminação do solo, da água e do ar etc., além de fatores relacionados como fontes de insatisfação com a vida urbana (BAY; SILVA, 2011). A sociedade contemporânea tem como desafio enfrentar os problemas sociais, ambientais e econômicos provenientes do saneamento básico inadequado.

O saneamento pode ser entendido como sendo o conjunto de mecanismos que trabalham para promover o abastecimento de água potável, limpeza urbana, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais (BRASIL, 2020). Sendo assim, saneamento é uma junção de medidas que findam garantir a preservação do meio ambiente a fim de se prevenir patologias e promover a saúde, qualidade de vida e produtividade da população (TRATA BRASIL, 2022).

O saneamento básico é um direito previsto na Constituição Federal de 1988 a qual atribui à União a competência e diretrizes para o desenvolvimento urbano (BRASIL, 1988). Por ter impactos significantes à saúde, ao meio ambiente e à cidadania, as políticas públicas tem como propósito válido o acesso aos serviços de água e esgoto (GALVÃO, 2009). Para a Organização das Nações Unidas (ONU), o acesso a água tratada e ao saneamento básico é um direito humano fundamental para que se possa ter condições de desfrutar a vida e os demais direitos humanos conforme previsto na Resolução 64/A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010 (UN, 2010).

O acesso ao saneamento básico adequado e seu uso apropriado diminuem ou eliminam os riscos à saúde pública. O abastecimento de água tratada garante alimentos de qualidade para a população, a contaminação antrópica é interrompida por meio do sistema de esgotamento sanitário, a incidência de doenças relacionadas ao saneamento inadequado e os impactos ambientais são reduzidos com a gestão de resíduos sólidos (FUNASA, 2022).

Contudo, no Brasil, a desigualdade faz com que os habitantes mais carentes sejam privados desses serviços básicos. A inadequação ou a inexistência do saneamento básico ocasiona poluição urbana e dos recursos hídricos, impactando negativamente na economia, meio ambiente e bem-estar da população (MELO, 2020). A carência da coleta e tratamento dos esgotos domésticos e industriais gerados, como também a falta de tratamento desses efluentes antes da disposição final em corpos hídricos acarreta problemas graves ao meio

ambiente e à saúde pública, visto que doenças relacionadas ao saneamento inadequado surgem nessas condições (MARTINS et al., 2014).

Segundo Freitas et al. (2018), a situação do saneamento no Brasil está atrelada aos índices de saúde da população, mostrando que quanto maior for o acesso ao saneamento básico, menor é a mortalidade infantil. Ainda conforme o autor, a carência do serviço de esgotamento sanitário pode gerar aumento da incidência de infecções gastrointestinais e doenças transmitidas por vetores, consequentemente ocasionando o afastamento das pessoas de suas funções, gerando custos nos tratamentos destas enfermidades e afetando diretamente na produtividade do trabalho e desempenho dos estudantes.

O esgoto sanitário é gerado a partir do consumo da água para as mais diversas atividades humanas. A falta de tratamento e disposição adequada desses esgotos podem acarretar diversos problemas ambientais, sociais e econômicos. Portanto, através da coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada dos esgotamentos sanitários, evita-se o contato da população com as águas servidas, assim, há a melhoria da qualidade de vida da população, preservando o meio ambiente e evitando proliferação de doenças relacionadas a falta de esgotamento sanitário adequado (FUNASA, 2019).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo apontar os impactos gerados pelo esgotamento sanitário inadequado, buscando o levantamento de dados e informações encontradas na literatura, bem como apontar medidas mitigadoras para os impactos negativos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender de maneira geral os conceitos levantados pela literatura a respeito do serviço e função do esgotamento sanitário, bem como refletir sobre o processo histórico da incorporação do esgotamento ao cotidiano da população;
- Analisar a importância do esgotamento sanitário para a vida da população de maneira geral;

- Levantar impactos sociais, ambientais e econômicos gerados pela inadequação do esgotamento sanitário;
- Analisar a situação do quadro brasileiro de esgotamento sanitário, bem como observar a situação no município de Mossoró.

1.2 Metodologia

A presente pesquisa busca realizar uma abordagem acerca dos impactos gerados pela inadequação do esgotamento sanitário no município de Mossoró, por meio de uma revisão de literatura pautada em fontes como artigos, monografias, teses, dissertações, revistas, livros e arquivos digitais, dentre outros meios de pesquisa.

Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre os conceitos básicos que envolvem o esgotamento sanitário, as partes que compõem esse sistema e sua função, apontando fatos importantes da evolução dos serviços no contexto histórico do Brasil, bem como relacioná-los às situações existentes que sofrem pelos impactos causados pela inadequação do sistema de esgotamento sanitário. Informações sobre a importância, a situação do cenário nacional brasileiro e no município de Mossoró, bem como as implicações das irregularidades presentes nos serviços sanitários foram discutidas, a fim de se apresentar propostas mitigadoras para os impactos ambientais, sociais e econômicos sobre a inadequação do esgotamento sanitário.

Todos os dados coletados através da pesquisa foram expostos de forma a esclarecer o assunto aos leitores bem como deverão proporcionar o devido entendimento sobre o assunto abordado ao longo da revisão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema de esgotamento sanitário

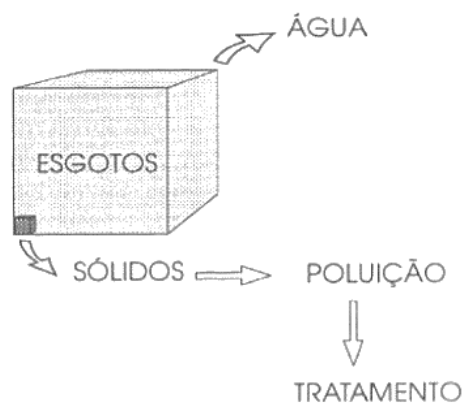
O Marco Legal do Saneamento Básico, estabelecido pela Lei Federal Nº 14.026, de 15 de julho de 2020, define esgotamento sanitário como um conjunto de atividades, manutenção e infraestrutura para coleta, transporte e destinação final ambientalmente adequada dos efluentes sanitários, sendo esta destinação final para produção de água de reúso ou para lançamento adequado na natureza (BRASIL, 2020).

Segundo definição da NBR 9648:1986 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), todo despejo líquido composto pelo esgoto doméstico, esgoto industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária, integram o esgoto sanitário. Essa mesma norma também define o esgoto doméstico como sendo despejo líquido proveniente da água usada para higiene e necessidades fisiológicas humanas e o esgoto industrial como despejo líquido consequente dos processos industriais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986a).

Os efluentes sanitários são basicamente constituídos por água, com aproximadamente 99,9% da sua composição. A parcela de 0,1% restante é composta por sólidos orgânicos e inorgânicos, que podem estar suspensos e dissolvidos na parte líquida, além de micro-organismos (Figura 1). Devido a essa fração de poluição, se faz necessário o tratamento desses efluentes (VON SPERLING, 2014).

Figura 1. Sólido no esgoto.

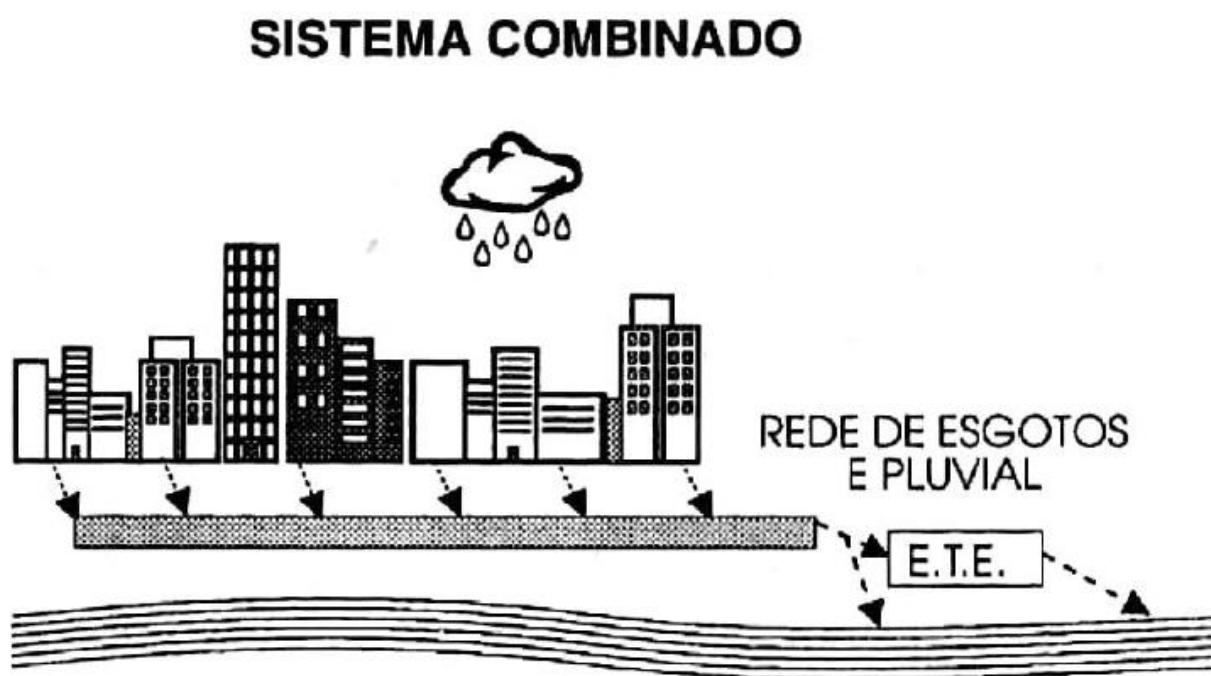
SÓLIDOS NOS ESGOTOS



Fonte: Von Sperling (2014).

Tendo em vista que a presença de contaminantes e organismos nocivos à saúde e ao meio ambiente são atributos que caracterizam as águas residuárias, a implantação de um sistema de esgotamento sanitário (SES) é fundamental para separar, transportar e tratar os efluentes antes de dispô-los adequadamente no corpo hídrico receptor (MUTTI, 2015). Ainda segundo o referido autor, para instituir um SES deve-se compreender os aspectos culturais e econômicos da região de implantação, além das especificações físicas da área. Deste modo, para soluções coletivas podem ser destacados dois SES, o sistema separador absoluto e o sistema unitário ou combinado. A caracterização do sistema unitário se dá por meio da coleta e condução dos efluentes sanitários e águas provenientes de eventos chuvosos pelo mesmo conjunto de tubulações, fazendo com que o seu dimensionamento hidráulico atenda a vazões máximas das chuvas da região além da contribuição das vazões dos esgotos gerados, e não seja superdimensionado para vazões dos efluentes sanitários em períodos de baixas precipitações, conforme representado na Figura 2.

Figura 2. Sistema combinado



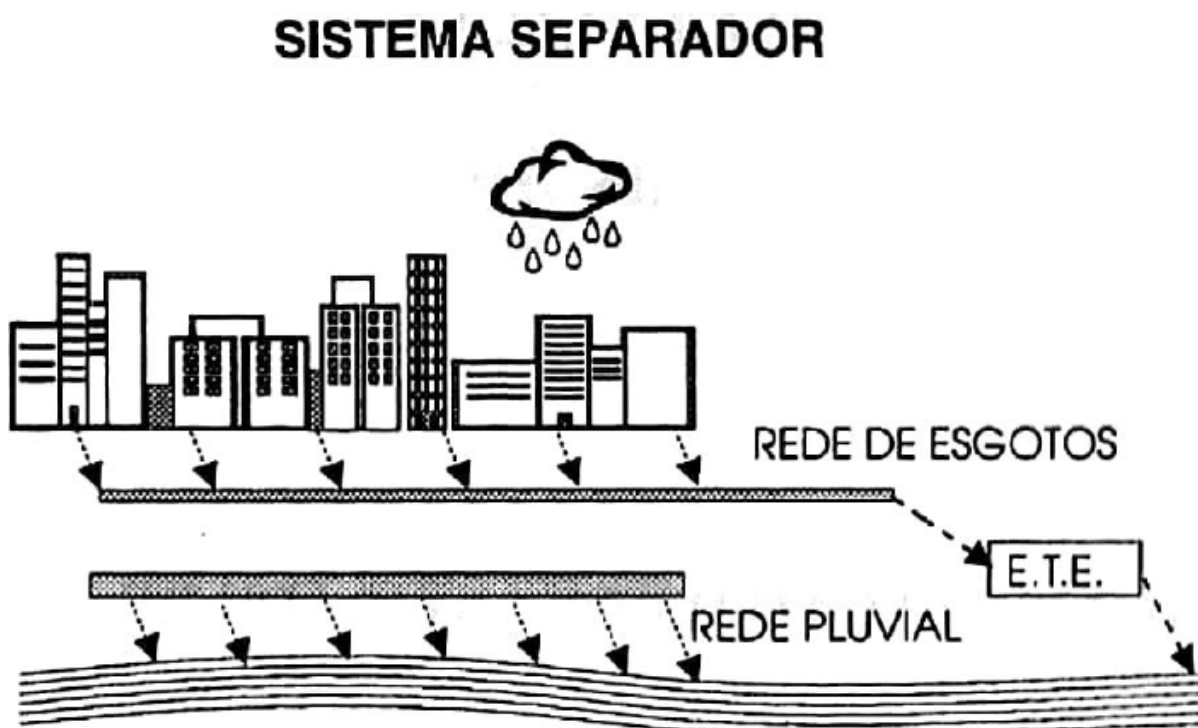
Fonte: Von Sperling (2014).

Além disso, os esgotos sanitários são diluídos nas águas das chuvas que servem de agente diluente, dessa maneira, parte do efluente é direcionado a estação de tratamento, e outra parte é disposta em corpos hídricos, sem nenhum tipo de tratamento prévio, por meio de extravasores (MUTTI, 2015).

O sistema de esgoto sanitário que predomina no Brasil é o sistema separador absoluto, que consiste na separação das águas pluviais fazendo com que estas águas não sejam parte do efluente que chega à estação de tratamento de esgoto (ETE) (VON SPERLING, 2014).

O sistema separador absoluto é constituído basicamente por redes coletoras distintas para o esgoto sanitário e para as águas pluviais. Para Nuvolari (2011) o sistema do tipo separador absoluto, comumente utilizado no Brasil, descarta a coleta de qualquer água que não seja o esgoto sanitário. Esse sistema, segundo a NBR 9648, é formado pelo conjunto de condutos, instalações e equipamentos que são responsáveis por coletar, transportar, condicionar e encaminhar unicamente o esgoto sanitário, dando a disposição final adequada de modo contínuo e seguro (ABNT, 1986a). A Figura 3 exemplifica o funcionamento do sistema separador absoluto.

Figura 3. Sistema separador absoluto



Fonte: Von Sperling (2014).

O sistema de esgotamento sanitário convencional é composto por duas etapas principais, sendo estas: a coleta dos esgotos domésticos, feita por meio de uma rede de tubulações, e o tratamento do esgoto, que através da rede coletora é destinada a uma estação de tratamento de esgotos (ETE), para que antes de serem lançados nos corpos receptores (rios, lagos) os poluentes sejam removidos da água e atinjam limites seguros (SNIS, 2020a).

A infraestrutura que compõe o sistema de esgotamento sanitário é composta pela ligação predial, rede coletora, estação elevatória, emissário por recalque ou por gravidade, interceptor, estação de tratamento de esgoto e disposição final (FUNASA, 2017). Na norma brasileira NBR 9649 (ABNT, 1986) – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, é definido as principais partes constituintes do sistema de esgoto sanitário juntamente com suas definições:

A rede coletora é o conjunto composto pela ligação predial, coletores de esgoto e seus órgãos acessórios:

- Ligação predial ou domiciliar: trecho do coletor predial localizado entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- Coletor de esgoto ou coletor público: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais;
- Coletor predial: trecho de tubulação compreendida entre a última inserção das tubulações que recebem efluentes de aparelhos sanitários e o coletor de esgoto;
- Coletor principal: coletor de esgoto com maior comprimento dentro de uma mesma bacia;
- Coletor tronco: tubulação que recebe somente contribuição de esgoto de outros coletores;
- Órgãos acessórios: dispositivos fixos como os poços de visita (PV), tubos de inspeção e limpeza (TIL), terminais de limpeza (TL) e caixas de passagem (CP).

Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), os interceptores são canalizações que têm como função essencial receber e transportar o esgoto sanitário coletado a um ponto de concentração. O emissário é a tubulação que recebe contribuições de esgoto exclusivamente na extremidade a montante, podendo ser emissário de recalque, que consiste na tubulação de descarga de uma estação elevatória, ou emissário de gravidade, que corresponde a interligação de dois pontos de concentração de efluentes dos coletores de esgoto ou interceptores (NUVOLARI, 2011). Em outras palavras, emissário é a tubulação responsável por transportar os esgotos sem contribuição ao longo do trecho, podendo ser por gravidade ou recalque (FUNASA, 2019).

Outra parte importante do sistema de esgotamento sanitário são as estações elevatórias de esgoto (EEE), que são responsáveis por bombear os esgotos que estão em uma cota mais baixa para outro local com uma elevação maior (FUNASA, 2019). Ou seja, seu objetivo é

sobrepôr elevações, quando necessário, para que o esgoto sanitário possa chegar até a estação de tratamento de esgoto.

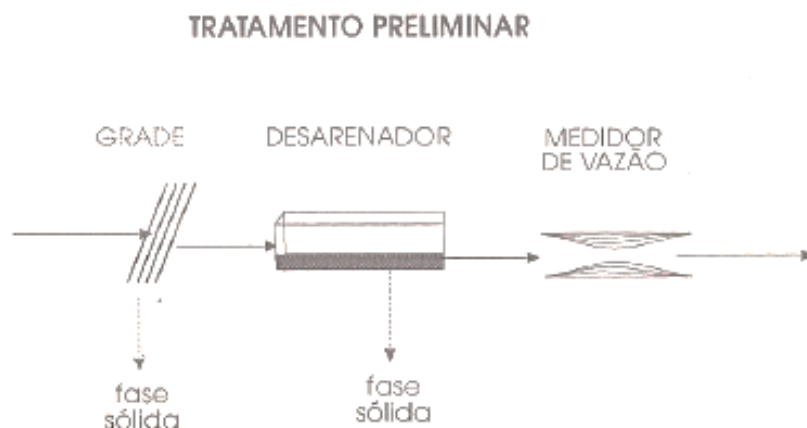
Segundo a norma brasileira NBR 12209, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estação de tratamento de esgoto sanitário, caracteriza a ETE como sendo um conjunto de técnicas associadas a unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares por onde flui o esgoto sanitário (canais, caixas, vertedores, tubulações) e sistemas de utilidades (água potável, combate a incêndios, distribuição de energia, drenagem pluvial), a qual supre necessidade indispensável para a operação da ETE, cuja finalidade é reduzir cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento (ABNT, 1992).

Para Silva et al. (2016) a responsabilidade da estação de tratamento de esgoto sanitário é reduzir a carga poluidora a níveis aceitáveis através de processos químicos, físicos e biológicos, a fim de não comprometer a capacidade de autodepuração do corpo hídrico que irá receber o efluente do esgoto tratado.

Von Sperling (2014) elucida os tipos e níveis dos tratamentos para remoção de poluentes dos esgotos:

- O tratamento preliminar (Figura 4) utiliza procedimentos mecânicos para remoção de sólidos grosseiros e areia (sedimentação) e uma unidade para medir vazão (ex: calha Parshall). Tem como finalidade proteger os dispositivos de transporte e unidades de tratamento de esgoto e corpos receptores, evitar abrasão nos equipamentos, reduzir a possibilidade de obstrução nas tubulações;

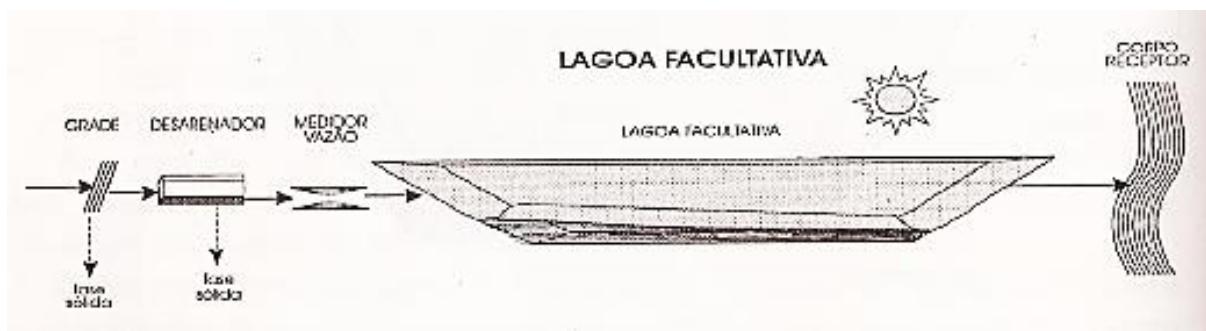
Figura 4. Fluxograma típico do tratamento preliminar



Fonte: Von Sperling (2014).

- O tratamento primário remove sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes, remover estes sólidos, que são compostos em partes por matéria orgânica, reduz a carga de DBO dirigida ao tratamento secundário. O efluente passa por tanques de decantação, permitindo que os sólidos em suspensão com maior densidade sedimentem no fundo, formando o lodo primário;
- Já o tratamento secundário, objetiva a remoção de matéria orgânica (MO) dissolvida (DBO solúvel) e em suspensão (DBO suspensa) e nutrientes, por meio de mecanismos bioquímicos. Objetiva acelerar o processo de decomposição da MO que aconteceria de forma natural nos corpos receptores. Alguns métodos para tratamento secundário são as lagoas de estabilização:
 - Lagoas facultativas: é um dos processos mais simples, dependendo apenas de fenômenos naturais, a MO em suspensão do efluente que entra na lagoa sedimenta criando lodo, esse lodo é decomposto por microrganismos anaeróbios, já a MO que não sedimenta é decomposta através de bactérias facultativas (sobrevivem com ou sem presença de oxigênio) (Figura 5). As algas presentes repõem o oxigênio consumido e consomem o dióxido de carbono produzido durante o processo de decomposição.

Figura 5. Fluxograma típico de um sistema de lagoa facultativa

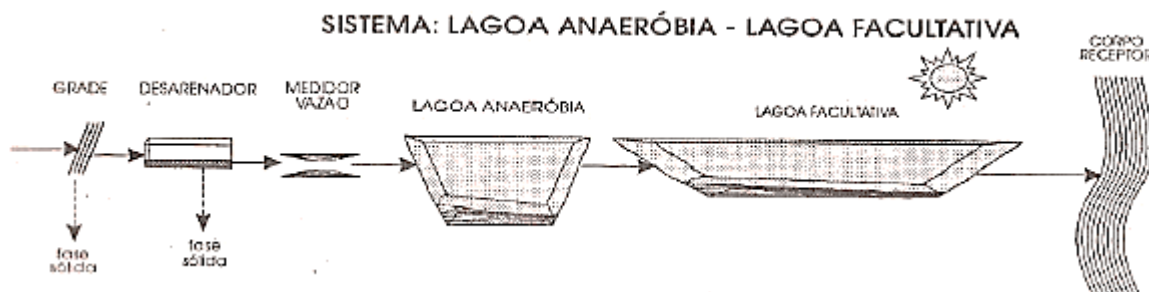


Fonte: Von Sperling (2014).

- Lagoas anaeróbias e facultativas (Figura 6): combinar os dois tipos de lagoas reduz a área requerida para a instalação de lagoas facultativas. A lagoa anaeróbia tem dimensões inferiores, com uma profundidade maior, devido a essa profundidade quase não há fotossíntese, havendo pouca ou quase nenhuma reposição de oxigênio, e o consumo é muito maior, proporcionando um

ambiente anaeróbio. A carga de DBO que chega na lagoa a jusante (lagoa facultativa) está entre 40 e 50%.

Figura 6. Fluxograma típico de um sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa



Fonte: Von Sperling (2014).

2.2 Funções do esgotamento sanitário

Para Freitas et al. (2018) e Nuvolari (2011), os principais propósitos para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário são classificados de acordo com os aspectos higiênico/sanitário, social, econômico e ambiental.

No entendimento do aspecto higiênico/sanitário e social, os autores elucidam o objetivo de prevenção, controle e erradicação de doenças de veiculação hídrica. Para a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2017), a existência do sistema de esgotamento sanitário, assim como sua melhoria e ampliação, contribui para o controle de doenças e redução da morbimortalidade decorrente de doenças de veiculação hídrica, aumentando e melhorando a qualidade de vida da população.

A implantação do SES retira o esgoto a céu aberto, dessa forma os odores desagradáveis e repugnantes cessam, trazendo uma melhoria na qualidade dos corpos hídricos favorecendo as práticas recreativas, esporte e lazer. A região sem implantação de esgotamento sanitário é prejudicada no aspecto visual e estético (NUVOLARI, 2011).

Do ponto de vista econômico a inexistência do SES, ao disseminar doenças, faz com que os trabalhadores infectados se afastem de suas atividades, impactando diretamente na sua produtividade. Assim como a produtividade das empresas será afetada com o desequilíbrio do meio ambiente (NUVOLARI, 2011). Segundo Freitas et al. (2018), a implantação da obra de

esgotamento sanitário direta ou indiretamente gera empregos, expandindo a renda e economia da região, ao ter que contratar empresas responsáveis para a realização da obra.

O esgoto quando controlado pelo saneamento evita, ou reduz, os efeitos nocivos à saúde, ao ambiente e ao desenvolvimento socioeconômico de uma população. A coleta, o tratamento e a disposição final adequada dos esgotos sanitários eliminam a contaminação e a poluição dos solos e mananciais, e também evitam contato de vetores (baratas, moscas, etc.) com as fezes contendo e prevenindo doenças, reduzindo o gasto do poder público com campanhas de vacinação (FUNASA, 2019). Ainda segundo a Funasa (2019), há um aumento na estimativa de vida da população devido a redução da mortalidade decorrente das doenças relacionadas ao esgotamento sanitário inadequado, bem como a redução de gastos com tratamentos de doenças que podem ser evitadas, além de promover o turismo e preservar os ecossistemas aquáticos devido a melhor qualidade da água.

De acordo com o Manual de Comunicação e Organização Social sobre o esgotamento sanitário elaborado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (TAVARES, 2015), democratizar os serviços de esgotamento sanitário contribui favoravelmente para a população com os seguintes benefícios:

- Saúde Pública: implica diretamente na diminuição de mortalidade infantil, redução de incidência de doenças (diarréia, vômitos, etc.) e de gastos em tratamento (remédios e médicos). Indiretamente mantém a produtividade dos trabalhadores e dos alunos devido a melhora na qualidade da saúde que influencia diretamente na frequência nos trabalhos e escolas;
- Emprego: a implantação de um SES gera empregos tanto na etapa de implantação da obra quanto na etapa de operação e manutenção; e
- Atração de novas empresas: para seguir as legislações ambientais, empresas preferem se instalar em regiões que tenham um sistema de esgotamento sanitário eficaz, pois assim conseguem fazer uso dos recursos naturais de forma adequada, evitando poluição dos recursos hídricos.

No aspecto ambiental, o tratamento e a disposição final adequada do esgoto gerado evitam que a matéria orgânica e substâncias nocivas presentes no efluente cheguem ao corpo hídrico, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido na água ocasionando a morte de peixes, escurecimento da água e exalação de odores (NUVOLARE, 2011).

2.3 Cenários do esgotamento sanitário

2.3.1. No Brasil

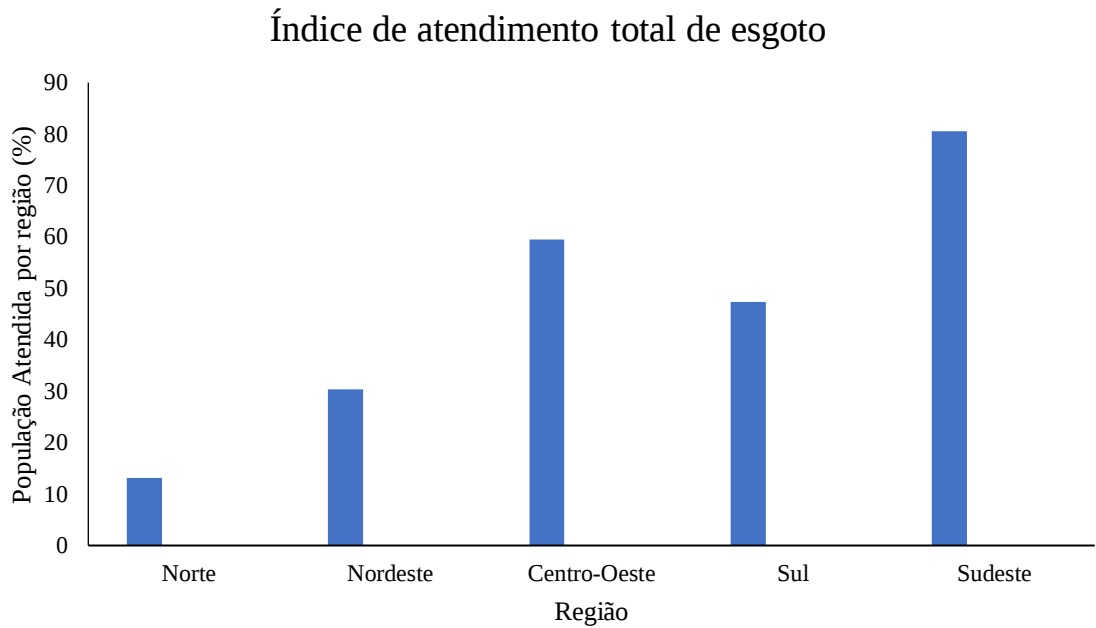
Os primeiros avanços no Brasil, no setor do saneamento básico, se dão em 1808, com a vinda da família real. Com o crescimento populacional, os dejetos, que até então eram transportados por escravos até os rios, se tornaram agravantes para a proliferação de doenças e surgimento de epidemias, como a cólera e o tifo. No decorrer da história, o brasileiro Oswaldo Gonçalves Cruz (1872-1917) desenvolveu estudos para combater as doenças transmitidas pela falta do esgotamento sanitário. Posteriormente, o Engenheiro Sanitarista Saturnino Rodrigues de Brito (1864-1929) implantou os sistemas de distribuição de água e coletas de esgoto. Desde então foram desenvolvidas e implantadas várias técnicas para solucionar problemas relacionados ao saneamento (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

A universalização do esgotamento sanitário no Brasil está longe de ser uma realidade, visto que uma parcela da população não possui acesso a este serviço. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano de 2017 (IBGE, 2017), no país, há cerca de 39,5 milhões de residências atendidas pela rede de coleta de esgoto, com uma extensão da rede coletora de aproximadamente 300,5 mil quilômetros.

Apenas 55,0% dos habitantes brasileiros são atendidos pelo sistema de esgotamento sanitário, ou seja, pouco mais da metade da população tem acesso a este serviço. Dos 6,0 bilhões de m³ de volume de esgotos coletados no ano de 2020, apenas 4,8 bilhões de m³ foram tratados, isto significa dizer que cerca de 79,8% dos esgotos gerados receberam tratamento adequado antes de serem dispostos no corpo receptor (SNIS, 2020).

As macrorregiões Norte e Nordeste apresentam menor índice de atendimento de rede pública de esgoto, com cerca de 13,1% (2,3 milhões) e 30,3% (16,9 milhões) da população, respectivamente, enquanto as regiões Centro-Oeste (59,5%), Sudeste (80,5%) e Sul (47,4%) apresentam os maiores índices (SNIS, 2020), o Gráfico 1 representa os índices de atendimento total de esgoto sanitário por região.

Gráfico 1. Índice de atendimento total de esgoto sanitário por região



Fonte: Adaptado de SNIS (2020).

Apenas 50,8% do esgoto gerado no país recebe tratamento antes de ser lançado na natureza. O índice de tratamento de esgoto gerado em relação ao esgoto coletado na região Nordeste é de apenas de 34,1%, no estado do Rio Grande do Norte 95,4% do esgoto coletado recebe o devido tratamento (SNIS, 2020).

No ano de 2019 foram investidos cerca de R\$5,33 bilhões em esgotamento sanitário, já em 2020 o investimento nacional foi de R\$5,89 bilhões, um aumento de R\$0,56 bilhões (9,5%). As regiões sul e sudeste receberam maiores investimentos para o SES no ano de 2020, sendo o Norte a região com menor investimento no setor (SNS, 2021). A Tabela 1 apresenta o investimento no sistema de esgotamento sanitário por região no Brasil.

Tabela 1. Investimento em sistema de esgotamento sanitário no Brasil por região, no ano de 2020.

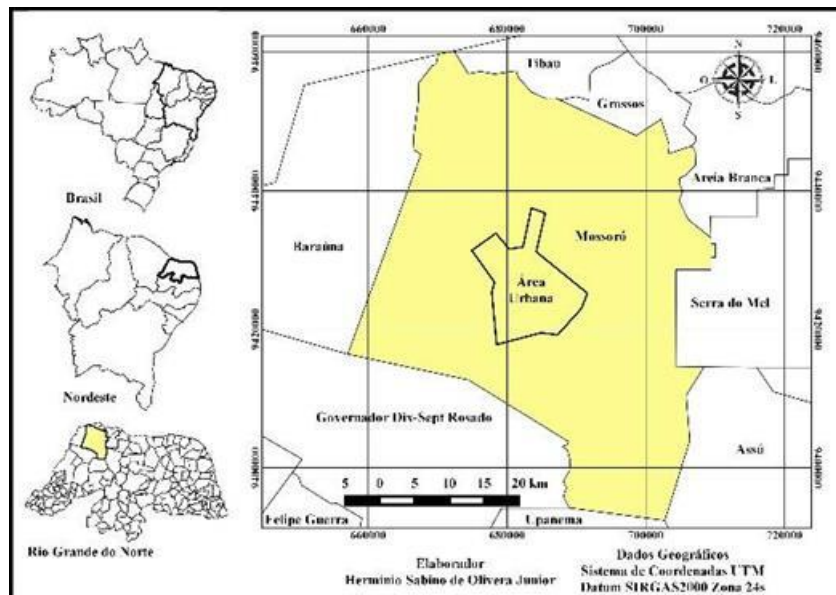
Região	Investimento em R\$ (reais) no ano de 2020
Centro-Oeste	512,6 milhões
Sudeste	3,2 bilhões
Sul	1,2 bilhões
Norte	167,7 milhões
Nordeste	873,0 milhões

Fonte: SNS 2021.

2.3.2. No município de Mossoró

Mossoró está localizado na mesorregião Oeste Potiguar e microrregião Mossoró, a cidade fica entre as capitais de Natal e Fortaleza, o acesso ao município se dá através das rodovias federais 110, 304 e 405. Os municípios limítrofes são Tibau e Grossos ao norte, Governador Dix-Sept Rosado e Upanema ao sul, Serra do Mel e Areia Branca ao leste e Baraúna ao oeste (Figuras 7 e 8) (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2022).

Figura 7. Localização do município de Mossoró e municípios limítrofes.



Fonte: Sabino et al. (2016).

Figura 8. Localização do município de Mossoró/RN.



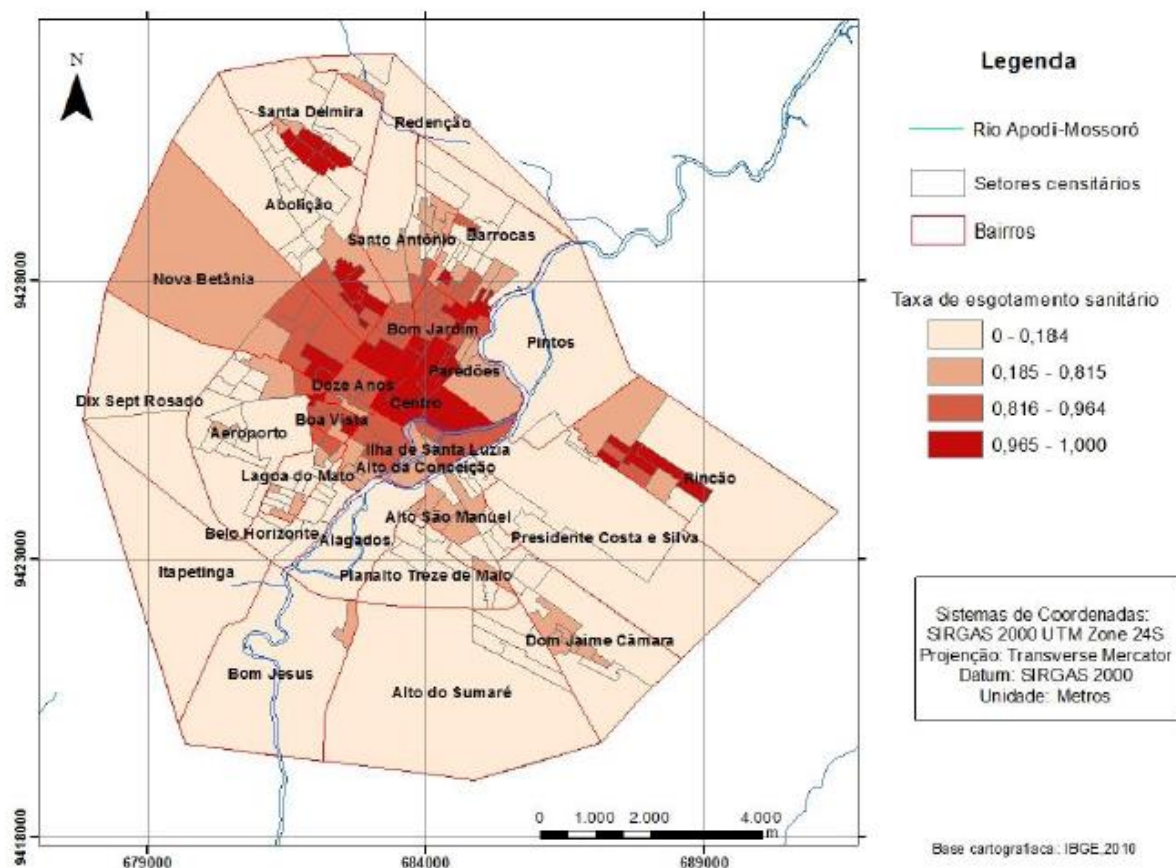
Fonte: Prefeitura de Mossoró (2010).

As primeiras obras de infraestrutura para implantação do sistema de esgotamento sanitário na cidade de Mossoró se dão em meados dos anos 1975, quando se utilizou os recursos do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), criado para incentivar a expansão dos serviços de saneamento básico, e do BNH - Banco Nacional de Habitação, beneficiando inicialmente a bacia 4 onde parte dos bairros Centro, Barrocas e Paredões foram contemplados com a obra. Até o ano de 2011, as bacias 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15 foram favorecidas com a infraestrutura do sistema de esgotamento sanitário (QUEIROZ, 2012).

Segundo o Plano de Desenvolvimento para o Sistema de Saneamento básico do município de Mossoró, elaborado no ano de 2010, apenas 32% da população da época era beneficiada com sistema de esgotamento sanitário coletivo, sendo atendidas as bacias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 9 de um total de 17 bacias (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2010).

Peixoto et al. (2018), em sua pesquisa sobre o índice de saneamento ambiental na área urbana do Município de Mossoró-RN, constatou uma polarização da oferta de serviço do esgotamento sanitário, na qual, no centro da cidade e bairros próximos obtiveram índices elevados de esgotamento sanitário, diferentemente dos índices obtidos em bairros mais distantes do centro, que apresentaram valores inferiores (Figura 9). Vale salientar que os bairros com maiores índices de esgotamento são bairros de classe média e classe média alta como o Nova Betânia e Presidente Costa e Silva, e os conjuntos habitacionais planejados em setores dos bairros Rincão e Santa Delmira.

Figura 9. Distribuição espacial de taxa de esgotamento sanitário por domicílio.

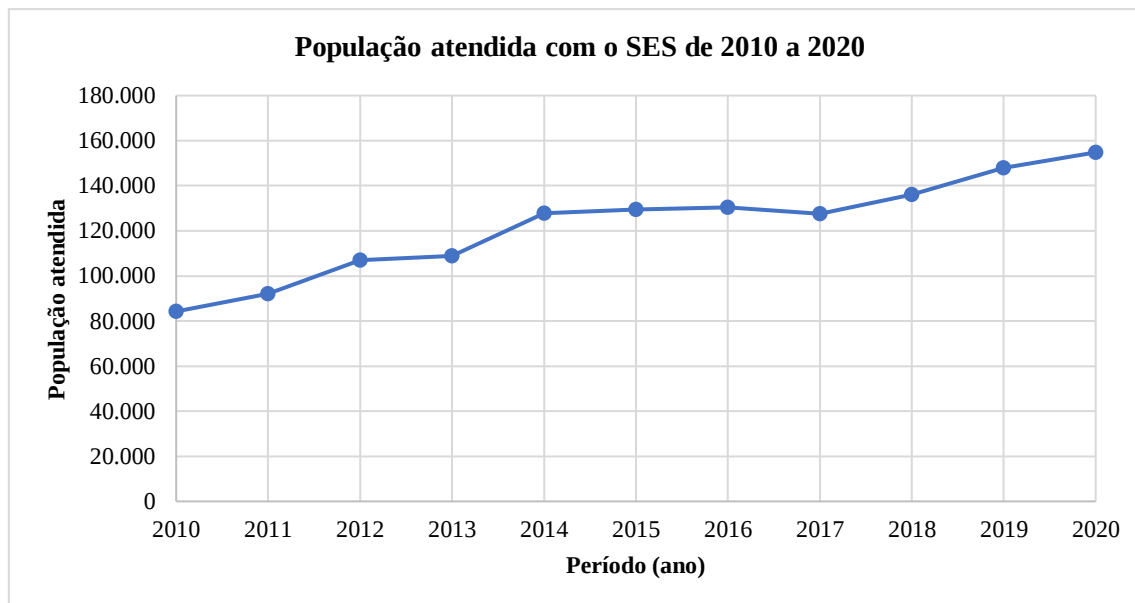


Fonte: Peixoto et al. (2018).

Segundo o último censo levantado pelo IBGE (2010), o município de Mossoró-RN possui uma população de 259.815 habitantes, com estimativa de 303.792 habitantes para o ano de 2021, com uma área territorial de 2.099,334 km². Contrapondo esses dados, o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2020b), estima uma população de 300.618 habitantes no ano de 2020.

Cerca de 154.790 da população total do município de Mossoró são atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário, em torno de 56,39% dos habitantes, tendo uma quantidade de 39.086 ligações ativas com uma extensão de rede de esgoto de 254,59 km. O volume de esgoto coletado para o ano de 2020 no município foi de 6.343,12 mil m³ tendo o percentual de 100% do seu esgoto tratado para o mesmo ano (SNIS, 2020). Houve um aumento de 45,48% na quantidade da população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário no município entre os anos de 2010 e 2020 (Gráfico 2). Na Tabela 2 é apresentado dados da evolução do sistema de esgotamento sanitário no município de Mossoró.

Gráfico 2. População atendida com o sistema de esgotamento sanitário entre os anos de 2010 e 2020



Fonte: Adaptada de SNIS (2020c).

Tabela 2. Situação do esgotamento sanitário no município de Mossoró.

Ano de Referência	Situação do esgotamento sanitário					
	População total atendida com esgotamento sanitário	Quantidade de ligações ativas de esgotos	Extensão da rede de esgotos (km)	Volume de esgotos coletado (mil m ³)	Volume de esgotos tratado (mil m ³)	Índice de coleta de esgoto (%)
2020	154.790	39.086	254,59	6.343,12	6.343,12	57,31
2019	147.844	37.228	255	6.310,28	6.310,28	56,45
2018	135.982	34.254	211,67	5.904,98	5.904,98	51,78
2017	127.564	30.789	211,67	4.961,04	4.961,04	44,16
2016	130.511	31.939	211,67	4.885,11	4.885,11	42,83
2015	129.456	31.745	211,22	4.701,19	4.701,19	42,8
2014	127.705	31.460	211,22	4.310,46	4.310,46	40,29
2013	108.848	26.600	211,22	3.949,74	3.949,74	38,09
2012	106.938	25.757	208,67	3.709,08	3.709,08	37,66
2011	91.963	22.349	208,67	3.241,49	3.241,49	30,59
2010	84.239	21.185	187,81	3.154,20	3.154,20	34,38

Fonte: Adaptada de SNIS (2020c).

No Plano Diretor do município de Mossoró (MOSSORÓ, 2006) o esgotamento sanitário é apresentado como uma das medidas para melhorar a saúde e o bem estar da população, priorizando a implantação e garantindo o abastecimento desse sistema, que pode ser feito diretamente pelo município, ou pela concessão, visto no caso de Mossoró, a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte -CAERN.

Apesar dos avanços na implantação do sistema de esgotamento sanitário, ainda é baixa a adesão desse serviço coletivo, o que pode acarretar no aumento da proliferação de doenças, vetores e poluição ambiental. Como visto anteriormente, bairros mais afastados do centro, onde tendem a concentrar a população mais vulnerável tem um índice de esgotamento sanitário inferiores aos demais, pode ser observado, pelos registros a seguir, esgotos a céu aberto em alguns bairros como Aeroporto I (Figura 10), Barrocas (Figura 11), Santo Antônio (Figura 12) e Santa Helena (Figura 13).

Figura 10. Esgoto a céu aberto no bairro Aeroporto I, Mossoró/RN.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 11. Acumulação de esgoto a céu aberto no bairro Barrocas, Mossoró/RN.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 12. Lançamento de esgoto em via pública no bairro Santo Antônio, Mossoró/RN.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 13. Esgoto a céu aberto no bairro Santa Helena, Mossoró/RN.

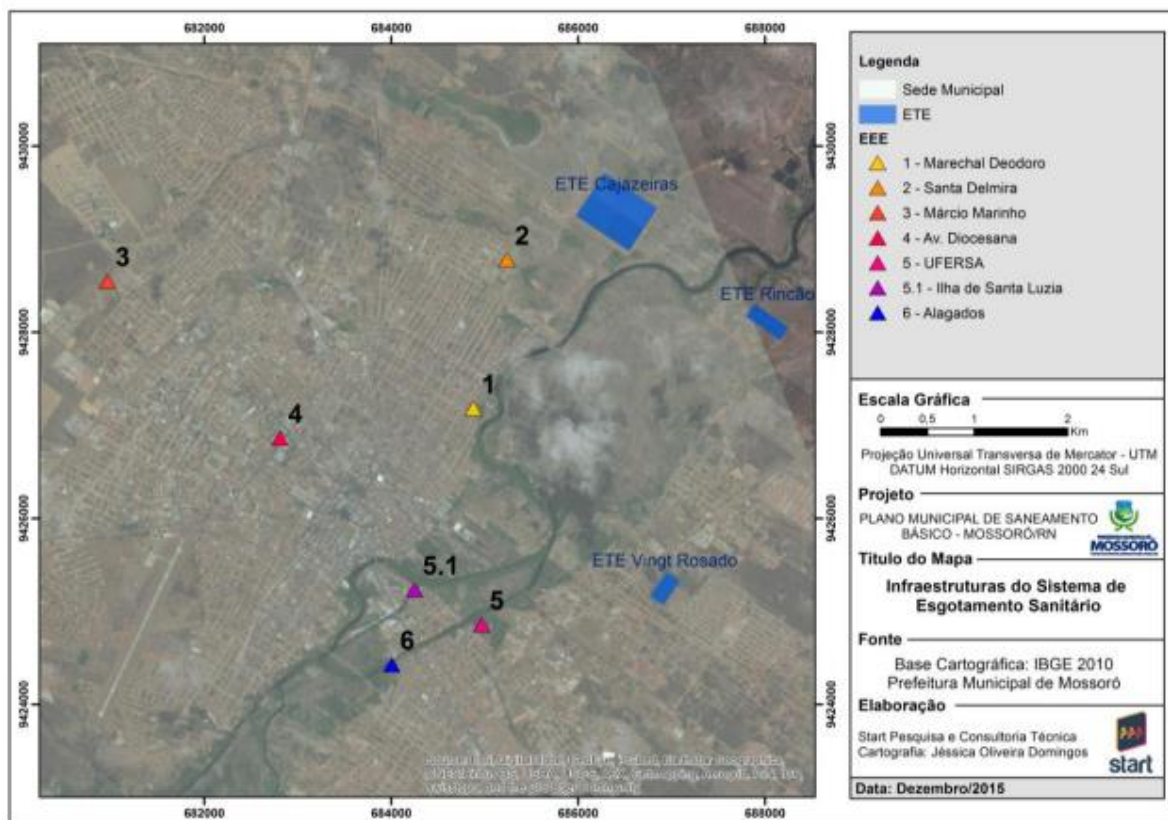


Fonte: Autoria própria (2022).

Uma das problemáticas que afetam o funcionamento adequado da rede de esgoto no município é a ligação clandestina de água pluvial no sistema de esgotamento sanitário, que por ser do tipo separador absoluto, não comporta a contribuição de outras águas que não sejam as águas servidas, ademais há infiltração de água da chuva nos poços de visita, sobrecarregando o sistema (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2016).

O município conta com dez estações elevatórias de esgoto (EEE) operadas pela Caern (Figura 14) (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2018).

Figura 14. Localização de algumas EEE's e das ETE's.



Fonte: Prefeitura de Mossoró (2016).

A EEE 1 está localizada no bairro Paredões, na Av. Marechal Deodoro, ela recebe os esgotos provenientes das EEE 2, 3, e 4, que correspondem aos bairros Centro, Barrocas, Paredões, Santo Antônio, Doze Anos, Boa Vista, Aeroporto e Santa Delmira, e destina para a ETE de Cajazeiras. As EEE 2, 3 e 4 possuem tratamentos preliminares do tipo gradeamento e caixa de areia, apenas as EEE 3 e 4 possuem medidor de vazão conhecido como calha Parshall. Já a EEE 5 situada próximo à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), tem sua contribuição vindo das EEE 5.1 e 6, constituído principalmente dos bairros Alto de São Manoel, Planalto, Ilha de Santa Luzia, Dom Jaime Câmara e encaminhado para a ETE Passagem de Pedras (Rincão). As EEE 5.1 e 6 tem como tratamento preliminar caixa de areia, apenas a última EEE possui medidor de vazão (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2016). Além destas EEE, foram entregues a EEE da bacia 7, localizada no bairro Belo Horizonte, compreendendo os bairros Alto da Conceição, Alto do Xerém, Belo Horizonte, Carnaubais e Lagoa do Mato que levam os esgotos para a ETE Passagem das Pedras (OLIVEIRA, 2018) e a EEE da bacia 1, que recebe os esgotos dos bairros Barrocas, Cidade Nova, Santo Antônio, Santa Helena, Abolição 2 e 4, Pousada dos Thermas e Três Vinténs (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2018).

Mossoró dispõe de três estações de tratamento de esgoto (ETE), sendo estas ETE Cajazeiras; ETE Vingt-Rosado; ETE Passagem de Pedras onde o esgoto coletado no município passa por processo de tratamento para que se atinja padrões aceitáveis para disposição final ambientalmente adequada (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2016). Na Tabela 3 é informado os tipos de tratamento que cada estação de tratamento de esgoto possui.

Tabela 3. Estações de tratamento de esgoto e tipos de tratamento

ETE's do Município de Mossoró			
ETE	Tratamento Preliminar	Tratamento Biológico	Corpo Hídrico receptor
Cajazeiras	Gradeamento	Lagoa de estabilização, facultativa e de maturação	rio Apodi-Mossoró
	Desarenador/Caixa de areia calha Parshall		
Passagem de Pedras	Gradeamento	Lagoa facultativa e de maturação	rio Apodi-Mossoró
	Desarenador/Caixa de areia calha Parshall		
Vingt-Rosado	-	Lagoa facultativa e de maturação	rio Apodi-Mossoró
	-		
	-		

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Mossoró (2016).

No Plano Municipal de Saneamento Básico do município são citados alguns pontos fortes do SES de Mossoró, dentre eles estão o tratamento do esgoto coletado que chega a 100%, estações de tratamento de esgoto licenciadas pelo IDEMA, órgão ambiental responsável, existência de projetos de ampliação do SES. Por outro lado, os pontos fracos citados no plano são a cobertura do SES coletivo ser restrita, lançamentos de esgoto na rede de drenagem e lançamento de águas pluviais na rede de esgoto, lançamento das águas servidas a céu aberto e diretamente no rio (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2016).

2.4 Impactos em função do esgotamento sanitário inadequado

Na resolução de N° 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) considera impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança, e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias ambientais; a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986).

Para Presa (2011), impacto ambiental é uma alteração que o meio ambiente sofre em decorrência de atividades antrópicas, que por vezes são irreversíveis e que geram consequências negativas para o ser humano e o ambiente a qual está inserido. Já Antoni e Fofonka (2018), explicam que impactos ambientais são decorrentes da imposição do ser humano para com os recursos naturais, causando desequilíbrio ecológico.

Para Von Sperling (2014), o processo de eutrofização dos corpos d'água é uma das formas de poluição que se dá pelo crescimento excessivo de plantas aquáticas estimuladas principalmente pela grande quantidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes criam um ambiente propício para a proliferação de algas. Uma grande população de algas bloqueia a passagem de luz solar, pois criam uma camada na superfície que impedem a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores, isso ocasiona a morte das algas presente nessas camadas, com isso há o aumento da MO e consequentemente o aumento de bactérias para decompor essa MO, e em seu processo de respiração, as bactérias utilizam o oxigênio dissolvido na água ocasionando eventualmente morte de peixes, odores, distúrbios com mosquitos e insetos, alteração da cor e sabor da água, impossibilitando o uso sem o devido tratamento.

A destinação incorreta do esgoto gerado a partir da utilização da água para abastecimento pode poluir o solo e contaminar as águas subterrâneas e superficiais. E quando escoados a céu aberto é capaz de disseminar doenças relacionadas ao saneamento inadequado (BOVOLATO, 2010).

Von Sperling (2014) elucida que o fator higiênico também é um aspecto importante de poluição das águas, os agentes transmissores de doenças incorporados nos corpos d'água podem não gerar impactos à biota do corpo receptor, mas afeta os usos dado a ele (abastecimento de água potável e balneabilidade).

O contato humano direto com o solo contaminado pela disposição inadequado dos esgotos facilita o surgimento de enfermidades, ademais esgoto bruto disposto inadequadamente no solo contaminam águas superficiais e subterrâneas. A água contaminada pelo esgoto não tratado quando em contato com a pele e mucosas, ingerida ou até mesmo utilizada para irrigação e preparo de alimentos, favorece a ocorrência de doenças relacionadas à água (FUNASA, 2019).

É grande o número de doenças relacionadas com o destino inadequado dos dejetos humanos. Citam-se, entre as principais: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrogiloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase e cisticercose (FUNASA, 2019).

O saneamento básico inadequado tem potencial de propagar doenças de veiculação hídrica como a diarreia, hepatite e esquistossomose, como também possibilita a proliferação de pragas e vetores das mais distintas patologias. Por exemplo, o *Aedes aegypti*, transmissor primordial das arboviroses e febre amarela (ALMEIDA et al., 2020).

A implantação de um esgotamento sanitário eficiente evita o contato da população, das águas para abastecimento, dos alimentos e vetores com os excrementos humanos. Muitas doenças estão associadas com o destino inadequado dos dejetos humanos, as quais são apresentadas na Tabela 4 juntamente com as medidas de controle (FUNASA, 2019).

Tabela 4. Doenças relacionadas com a contaminação por fezes e medidas de controle

Modo de Transmissão	Doença	Agente Patogênico	Medida de controle
Fecal-oral (água contaminada)	Doenças Bacterianas		
	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Implantação e melhoria dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário
	Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	
	Febre paratifóide	<i>Salmonella paratyphi</i> dos tipos “A”, “B” ou “C”	
	Diarreia aguda	<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella spp</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i>	
	Doenças Virais		
	Hepatites virais A e E	Vírus da hepatite A	Melhora na qualidade de água para consumo e no saneamento básico Imunização
	Poliomelite	<i>Poliovírus</i>	
	Diarréia aguda	Norwalk, Rotavírus dos grupos A, B e C	
	Protozoonoses		
Fecal-oral (solo contaminado)	Diarréia aguda	<i>Entamoeba histolytica</i> , <i>Giardia lamblia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Balantidium coli</i>	Implantação e manutenção das instalações sanitárias
	Toxoplasmose	<i>Toxoplasma gondi</i>	
	Helmintíases		
	Geo-helmintíases - Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Implantação e ampliação do sistema de esgotamento
	Trichuríase	<i>Trichuris trichiura</i>	

			sanitário, higiene dos alimentos.
Contato da pele com água contaminada	Ancilostomíase	<i>Ancylostoma duodenale e Necator americanus</i>	
	Esquistossomose Mansoni	<i>Schistosoma mansoni</i>	
Ingestão de carne mal cozida	Teníase	<i>Taenia solium, Taenia saginata</i>	
Fecal-oral (água contaminada)	Cisticercose	<i>Taenia solium</i>	

Fonte: Adaptado de Funasa (2019).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde de 2019 (IBGE, 2020), estima-se que no Brasil cerca de 186 mil habitantes foram afastados de suas atividades habituais por motivos de saúde, sendo o principal motivo Dengue, Chikungunya e Zika vírus e pouco mais de 1,48 milhões de habitantes foram afastados de suas atividades habituais por motivos de saúde tendo como principal motivo problemas gastrointestinais. As regiões com maiores índices de afastamento por problemas gastrointestinais foram a região sudeste, com 612 mil habitantes e a região nordeste com 423 mil habitantes.

Segundo a pesquisa realizada por Teixeira et al. (2014), a qual verificaram a carência dos serviços de saneamento sobre a saúde pública, entre os anos de 2001 a 2009 os autores analisaram que 4,51% dos óbitos no país eram decorrente de doenças infecciosas e parasitárias.

Outro impacto que a ausência e a ineficiência do esgotamento sanitário podem ocasionar é a desigualdade social, advinda da falta de planejamento do poder público que aflige, em sua maior parte, a população mais carente. Habitantes de áreas irregulares, que não possuem acesso a rede de esgotamento, utilizam de ligações ilegais na rede coletora ou disposição do esgoto doméstico à céu aberto (EOS, 2017).

2.5 Medidas mitigadoras para os impactos do esgotamento sanitário inadequado

Para Ferreira e Garcia (2017), obras de saneamento com métodos eficazes devem ser realizadas para amenizar os impactos provocados pela disposição final dos efluentes de esgotos no meio ambiente. Ainda segundo os autores, o uso do cloro e ozônio como método para desinfecção, apresentam ser alternativas promissoras, pois além de gerarem menor impacto ambiental, não geram subprodutos indesejáveis, outras alternativas são a desinfecção por raios UV e luz solar.

Domicílios e estabelecimentos individuais que dispõe de rede de abastecimento de água tem como melhor opção para tratamento dos esgotos domésticos a implantação do tanque séptico seguido por formas complementares de tratamento ou disposição final de efluentes como o sumidouro, sendo adequado a implantação em locais onde o solo tem uma boa percolação e o nível do lençol freático é baixo (FUNASA, 2019).

Folgosi (2014) explica as tecnologias atuais para tratamento de esgoto como, por exemplo: filtros biológicos, lagoas anaeróbicas e aeróbicas, lodos ativados e suas variações, tratamento anaeróbio (UASB) seguida de lodos ativados, lodo ativado com remoção de nitrogênio e fósforo, tratamento por membranas (MBR).

A aeração dos esgotos tratados antes do lançamento nos corpos receptores é uma das formas para se controlar a poluição por matéria orgânica em corpos hídricos, esse aumento na concentração de oxigênio dissolvido contribui para que quando o efluente chegar ao curso d'água, esta concentração seja um pouco mais elevada (VON SPERLING, 2014).

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) dispõe de diretrizes para a gestão do esgotamento sanitário, visando soluções para o transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, adoção de tecnologias de esgotamento sanitário, incentivar o reúso da água originada a partir do processo de tratamento dos esgotos, fornecer educação ambiental e sanitária sobre a utilização correta do sistema de esgotamento e como evitar contaminação nos solos e águas (MOSSORÓ, 2019).

Estratégias podem ser tomadas pelos gestores de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2019), onde é possível averiguar medidas como universalização do acesso ao esgotamento sanitário, promovendo a melhoria do sistema e manutenção adequada, modernização do tratamento de esgoto, inovação tecnológica, promover o reúso dos esgotos tratados.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um sistema de esgotamento sanitário inadequado pode gerar diversos problemas, principalmente relacionado a saúde pública, uma vez que a falta ou ineficiência desse serviço acarreta a proliferação de doenças. É notório que os investimentos nos últimos anos no setor de esgotamento sanitário impactam nos números de incidências de doenças relacionadas ao saneamento inadequado, reduzindo números de óbitos e internações referentes a essas doenças.

Um dos principais problemas referentes ao sistema de esgotamento sanitário do município de Mossoró, é a falta de cobertura da população por esse sistema, tendo em vista que apenas 56,39% da população mossoroense é beneficiada por esse serviço. Há ainda grande necessidade de investir na expansão e melhoramento da rede de esgotamento sanitário e implantação de políticas públicas que incluam famílias marginalizadas, para que haja universalização efetiva do serviço de esgotamento sanitário.

Por fim, o sistema de esgotamento sanitário não é apenas um serviço de infraestrutura para a disposição ambientalmente adequada dos esgotos, para controle de doenças, é também um conjunto de ações que visam melhorar a qualidade de vida e bem estar da população.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F.. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 3857-3868, 2020.

ANTONI, R. ; FOFONKA, L.. **Impactos Ambientais negativos na sociedade contemporânea**. 2018. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1557>>. Acesso em: 16 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

BOVOLATO, L. E.. Saneamento básico e saúde. **Escritas: Revista do Curso de História de Araguaína**, v. 2, p. 1-15, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Orientação Técnica Para Elaboração e Apresentação de Propostas e Projetos Para Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Portaria Funasa nº526, de 6 de abril de 2017. FUNASA, 2017.

_____. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Funasa, 5ª ed. Brasília, 2019.

_____. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf>. Acesso em: 13 de ago. de 2022.

_____. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Marco Legal do Saneamento Básico**. Brasília, 2020.

_____. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB** – Documento em revisão submetido à apreciação dos conselhos nacionais de saúde, recursos hídricos e meio ambiente. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao_Conselhos_Resolucao_Alta__Capa_Atualizada.pdf>. Acesso em 10 out. 2022.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA –Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 001, DE 23 DE JANEIRO DE 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: DOU, p. 1-4, 1986.

BAY, A. M. C.; SILVA, V. P. da. **Percepção Ambiental De Moradores Do Bairro De Liberdade De Parnamirim/RN Sobre A Implantação Do Esgotamento Sanitário**. HOLOS, [S. l.], v. 3, p. 97–112, 2011. DOI: 10.15628/holos.2011.381. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/381>. Acesso em: 21 jul. 2022.

EOS. **5 Consequências Da Falta De Saneamento Básico**. 2017. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/5-consequencias-da-falta-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

FERREIRA, M. P.; GARCIA, M. S. D.. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 12, July 2017. ISSN2525-698X. Disponível em: <<http://periodicos.pucpr.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>>. Acesso em: 13 ago. 2022.

FOLGOSI, V. **A Tecnologia disponível e Evolução do Saneamento Básico no Brasil**. São Paulo: FGV, 2014. Disponível em: < <https://silo.tips/download/a-tecnologia-disponivel-e-evoluao-do-saneamento-basico-no-brasil#modals>>. Acesso em: 14 de jul. de 2022.

FREITAS, F. G; MAGNABOSCO, A. L.. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento**. Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2018.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Saneamento para promoção da saúde**. FUNASA, 2022. Disponível em: < <http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20pot%C3%A1vel,prolifera%C3%A7%C3%A3o%20de%20vetores%20de%20doen%C3%A7as>>. Acesso em: 12 de out. de 2022.

GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 25, n. 6, p. 548–56, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saúde: 2019: informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde: Brasil, grandes regiões e unidades da federação / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 85p.

_____. **Censo Demográfico**, IBGE, 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques> >. Acesso em: 31 out. 2022.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. IBGE, 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em: 25 de ago. de 2022.

MARTINS, J. C. V.; DA COSTA, A. G. L.; DE OLIVEIRA, A. M. Saneamento no bairro rincão em Mossoró-RN: implicações socioambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizontel. **Anais Eletrônicos...** Belo Horizonte:

IBEAS, 2014. Disponível em: < <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IX-015.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2022.

MELO, J. E. P.. **Levantamento dos impactos inerentes à inadequação do saneamento básico**. Mossoró: 2020. 53f. Monografia (Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

MOSSORÓ. Prefeitura Municipal de Mossoró. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Mossoró, 2019.

MOSSORÓ. **Lei complementar Nº 012/2006**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Mossoró e dá outras providências. Mossoró, 2006.

MUTTI, P. R.. **Avaliação dos princípios da adoção de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto ou unitário em áreas urbanas de clima tropical**. 2015. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em:<<https://www.drhima.poli.ufrrj.br/images/documentos/tcc/2015/pedro-rodrigues-2015.pdf>>. Acesso em: 23 Out. 2022.

NUVOLARI, A.; **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e reusoagrícola** / Vários Autores, coordenação Ariovaldo Nuvolari. 2º ed.rev.atualizada e ampl. SãoPaulo: Bluecher, 2011.

OLIVEIRA, A.. 2018. Serviço de tratamento de esgoto é liberado para cinco bairros de Mossoró. **Mossoró Notícia**, Mossoró 27 de out. 2018. Disponível em:<<https://mossoronoticias.com.br/cotidiano/servico-de-tratamento-de-esgoto-e-liberado-para-cinco-bairros-de-mossoro>>. Acesso em: 28 out. 2022.

PEIXOTO, F. S.; FELIX NETO, J. M.; GOMES, I. N.; DIAS, G. H.. Índice de saneamento ambiental na área urbana do Município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, p. 2130-2139, 2018.

PREFEITURA DE MOSSORÓ. **Estação elevatória da Bacia 1 garantirá saneamento básico em mais 4 bairros de Mossoró ainda em 2018**. Mossoró, 2018. Disponível em:<

<https://www.prefeiturademossoro.com.br/noticia/estacao-elevatoria-da-bacia-1-garantira-saneamento-basico-em-mais-4-bairros-de-mossoro-ainda-em-2018>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PREFEITURA DE MOSSORÓ. **Geografia**. 2022. Disponível em: <<https://www.prefeiturademossoro.com.br/paginas/geografia>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

PREFEITURA DE MOSSORÓ, **Plano de Desenvolvimento para o Sistema de Saneamento Básico do Município de Mossoró**: produto II – relatório técnico I – diagnóstico da situação atual do saneamento básico do Município. Fundação Getúlio Vargas: Rio de Janeiro. 2010.

PREFEITURA DE MOSSORÓ, **Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró/RN: Produto C** – Diagnóstico técnico-participativo. Start pesquisa e consultoria técnica Ltda. Mossoró, 2016.

PRESA, D. L.. **Impacto Ambiental: Agentes Causadores e suas Consequências**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/38595/R%20-%20E%20-%20DIOGO%20LUIZ%20PRESA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 out. 2022.

QUEIROZ, R. J. G.. **Política urbana e desigualdades socioespaciais em Mossoró – RN: uma investigação acerca das políticas de implantação da rede de esgotamento sanitário**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Ceará, Mestrado em Geografia, 2012.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

SABINO, H.; SILVA, P.; SILVA, C.. Monitoramento e mapeamento das águas subterrâneas de abastecimento urbano do município de Mossoró-RN **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 09, p. 1825-1835, 2016.

SILVA, I. M.; PONTES, M. L. de F. C.; LEITE, J. P. R; SANTOS, K. D.. Caracterização do efluente da estação de tratamento de esgoto – Unidade Mangabeira – João Pessoa/PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2016, Campina Grande. **Anais eletrônicos** [...] Campina Grande: IBEAS, 2016. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-047.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2022.

SNIS. **Componentes do SNIS**, 2020a. Disponível em: <<http://snis.gov.br/componentes/menu-snis-componente-agua-e-esgotos#:~:text=Um%20sistema%20de%20esgotamento%20sanitário,após%20seu%20lançamento%20na%20natureza>>. Acesso em: 12 de ago. de 2022.

SNIS. **Esgotamento Sanitário – 2020**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 12 de ago. de 2022.

SNIS. **Diagnóstico Temático: Serviço de Água e Esgoto – 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf>. Acesso em: 16 de ago. de 2022.

SNIS. **Painel de Saneamento – 2020b**. Disponível em: <http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/>. Acesso em: 13 de jul. de 2022.

SNIS, **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2020c** –. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasil. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 28 set. 2022.

TAVARES, A. L.; DA SILVA, A. F. G.; DE SIQUEIRA, A. G.; SOUZA, A. F. S.. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Manual de Comunicação e Organização Social: Esgotamento Sanitário**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes/manuais/manual-de-comunicacao-e-organizacao-social-esgotamento-sanitario.pdf>

Teixeira, J. C.; Oliveira, G. S.; Viali, A. M.; Muniz, S. S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100010>

TRATA BRASIL. **O que é Saneamento?**. 2022. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

UNITED NATIONS, General Assembly, Resolution 64/292 (A/RES/64/292) on “The human right to water and sanitation” . UN, 2010. Disponível em: <http://daccessods.un.org/access.nsf/Get?Open&DS=A/RES/64/292&Lang=E>. ACESSO EM: 11 set. 2022.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol.1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. Ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2014. 472p.