



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB

Bruno José Silva de Medeiros

**SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO
JOSÉ DO SABUGI-PB: UMA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Pombal-PB

2023

Bruno José Silva de Medeiros

**SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO
JOSÉ DO SABUGI-PB: UMA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Naiara Angelo Gomes

Coorientador: Prof. Dr. José Cledimário A. Leite

Pombal-PB

2023

M488s Medeiros, Bruno José Silva de.

Saneamento básico em comunidades rurais no município de São José do Sabugi
- PB: uma avaliação de impacto ambiental / Bruno José Silva de Medeiros. –
Pombal, 2023.

112 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Naiara Angelo Gomes, Prof. Dr. José Cledimário
A. Leite”.

Referências.

1. Saneamento rural. 2. Diagnóstico ambiental. 3. Índice de impacto. 4.
Medidas de controle ambiental. 4. Saúde pública. I. Gomes Naiara Angelo. II.
Leite, José Cledimário A. III. Título.

CDU 628 (043)

Bruno José Silva de Medeiros

SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SABUGI-PB: UMA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Trabalho de conclusão de curso apresentado e aprovado em 27 de junho de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Naiara Angelo Gomes
(Orientadora – CCTA/UFCG/Campus de Pombal-PB)

Documento assinado digitalmente



WALKER GOMES DE ALBUQUERQUE

Data: 05/07/2023 16:15:23-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Walker Gomes de Albuquerque
(Examinador interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)



Prof. Ma. Wanessa Alves Martins
(Examinador externo – ECIT/Monsenhor Vicente de Freitas/ Pombal-PB)

À minha família, trabalhadores(as) rurais, e a todos(as) que lutam e zelam pelo meio rural, alimentando a cultura, o progresso e a população brasileira.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me sustentado nos momentos difíceis e por todas as bênçãos incontáveis que têm me proporcionado em cada etapa da minha vida.

Aos meus pais, Maria da Glória e Francisco de Assis, e a minha irmã, Beatriz Medeiros. Vocês se sacrificaram, se dedicaram, abdicaram de tempo e de muitos afazeres pessoais para que eu tivesse a oportunidade de estudar e de ter uma boa formação. Eu devo tudo que sou a vocês, e se sinto orgulho de mim e do lugar aonde cheguei, é porque sei que vocês vieram segurando a minha mão.

A minha família, em nome da minha tia Maria da Salete, que é como uma segunda mãe para mim. Ao longo da minha vida, ela tem sido uma presença constante, me apoiando e cuidando de mim.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Naiara Angelo e Prof. Dr. José Cledimário, pelo cuidado, por toda paciência e por tornar este trabalho mais leve.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à banca examinadora por aceitar o convite e dedicar seu valioso tempo para contribuir com o meu trabalho.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus amigos de classe: Emilly Machado, Erika Caminha, Italo Dias, Altair Dantas, Naedna Medeiros, Pedro Igor, Sandriel Barbosa, Wandson Brito (*in memoriam*) que foram uma fonte inestimável de apoio e companheirismo ao longo da graduação.

Às amigas que aqui foram fortalecidas e construídas: Angélica Costa, Marina Batista, Priscila Genovez, Luzia Kelly, Éllida Dantas, Mayara Carolino, Camila Jane, Patrícia Bandeira, Alana Pinheiro e Gessica Tamyres. Minhas meninas, obrigado por fazerem parte da minha vida.

Gostaria de fazer um agradecimento especial a Secretaria de saúde e a todos os moradores rurais do município de São José do Sabugi-PB, pelo apoio e colaboração durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Pombal-PB.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental do CCTA/UFPG que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação acadêmica.

Por fim, às pessoas que sempre me incentivaram a nunca desistir e acreditar em mim mesmo.

MEDEIROS, B. J. S. **Saneamento básico em comunidades rurais no município de São José do Sabugi-PB: Uma avaliação de impacto ambiental.** 2023. 112 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

RESUMO

O saneamento básico é uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento social, melhoria da saúde pública e preservação do meio ambiente. Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar os impactos ambientais resultantes dos serviços de saneamento básico em comunidades rurais no município de São José do Sabugi, Paraíba, Brasil. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas metodológicas: levantamento das condições atuais dos serviços de saneamento básico nas comunidades rurais da área de estudo; elaboração de um diagnóstico ambiental simplificado; identificação e análise quali-quantitativa dos impactos ambientais, por meio dos métodos Ad Hoc, Check List, Matriz de Interação e Índice de impacto; proposição de medidas de controle ambiental; e elaboração de planos e programas ambientais. A execução de todas as etapas supracitadas baseou-se em pesquisas documentais e bibliográficas, consulta aos órgãos competentes, visitas in loco e registros fotográficos. De acordo com os resultados, percebeu-se uma insuficiência nos serviços de saneamento básico nas comunidades rurais da área de influência. Identificou-se um total de 103 impactos ambientais correspondente aos 04 eixos do saneamento básico, em que a limpeza e manejo de resíduos sólidos foi o eixo que evidenciou uma maior representatividade quanto ao número de alterações ambientais na área de estudo, somando 31 impactos. Portanto, espera-se que os resultados obtidos neste estudo sirvam para auxiliar a construção de planos e políticas de desenvolvimento no município de São José do Sabugi-PB, além de contribuir para o desenvolvimento de futuros trabalhos técnicos e científicos relacionados ao tema em questão.

Palavras-chave: Saneamento rural. Diagnóstico ambiental. Índice de Impacto. Medidas de controle ambiental. Saúde Pública.

MEDEIROS, B.J.S. **Basic sanitation in rural communities in the municipality of São José do Sabugi-PB: An environmental impact assessment.** 2023. 112 pages. Undergraduate thesis (Bachelor's degree in Environmental Engineering) - Federal University of Campina Grande. Pombal-PB, 2023.

ABSTRACT

Basic sanitation is an indispensable tool for social development, improvement of public health, and preservation of the environment. In this regard, the objective of this study was to assess the environmental impacts resulting from basic sanitation services in rural communities in the municipality of São José do Sabugi, Paraíba, Brazil. The following methodological steps were carried out: assessment of the current conditions of basic sanitation services in rural communities of the study area, development of a simplified environmental diagnosis, identification and qualitative and quantitative analysis of environmental impacts using the Ad Hoc, Checklist, Interaction Matrix, and Impact Index methods, proposition of environmental control measures, and development of environmental plans and programs. The execution of all the aforementioned steps was based on documentary and bibliographic research, consultation with relevant authorities, on-site visits, and photographic records. According to the results, there is an insufficiency in basic sanitation services in the rural communities of the study area. A total of 103 environmental impacts corresponding to the 04 axes of basic sanitation were identified, with solid waste management and handling being the axis that showed the highest number of environmental changes in the study area, totaling 31 impacts. Therefore, it is expected that the results obtained in this study will serve to assist in the construction of development plans and policies in the municipality of São José do Sabugi, Paraíba, as well as contribute to the development of future technical and scientific works related to the subject matter.

Keywords: Rural sanitation. Environmental diagnosis. Impact index. Environmental control measures. Public health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura geral de um sistema de abastecimento de água convencional	25
Figura 2 - Critério de classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública	29
Figura 3 - Localização do município de São José do Sabugi-PB.....	37
Figura 4 - Fluxograma com etapas metodológicas.....	38
Figura 5 - Área de influência do Estudo.....	39
Figura 6 - Fontes de abastecimento de água no meio rural: A) Açude; B) Riacho; C) Poço Artesiano; D) Poço de anel.....	45
Figura 7 - Cisternas utilizadas como alternativa para captação de água da chuva: A) Cisterna do tipo calçadão; B) cisterna de placa tradicional; C) cisterna de enxurrada com decantadores	46
Figura 8 - Reservatórios utilizados para armazenamento de água no meio rural: A) Caixas d'água de concreto; B) caixas d'água de fibra de vidro; C) carroças com tambores plásticos; D) vasilhames plásticos e potes cerâmicos	47
Figura 9 - Alternativas empregadas no tratamento de água para consumo humano: A) Hipoclorito de Sódio (NaClO); B) Filtro de barro	48
Figura 10 - Alternativas utilizados para a disposição do esgoto doméstico: A) Sumidouros de pneus de veículos; B) Sumidouros de alvenaria; C) Fossa sépticas; D) Lançamento ao ar livre	50
Figura 11 - Utilização de águas negras para irrigação de árvores frutíferas: A) Rega de plantas com águas negra a céu aberto; B) Reaproveitamento da umidade do solo de sumidouro para rega de planta.....	51
Figura 12 - Disposição de águas cinzas: A) Disposição a céu aberto; B) Acúmulo de resíduos sólidos próximo a disposição de esgoto; C) Presença de árvores frutíferas	52
Figura 13 - Alternativas para disposição de resíduos sólidos: A) Queima de resíduos; B) Resíduos em lajeiros de rocha; C) Contêiner com resíduos	54
Figura 14 - Subproduto metálico resultante da queima de resíduos.....	55
Figura 15 - Disposição de resíduos em lajeiros de rocha	56

Figura 16 - Acúmulo de resíduos no meio rural: A) Vias de acesso das comunidades rurais; B) Resíduos que serão submetidos a queima; C) Materiais recicláveis	57
Figura 17 - Drenagem de águas pluviais no meio rural: A) Em áreas pavimentadas; B) Estrutura passagem molhada; C) Ponte convencional; D) Passagem molhada; E) Vias de acesso sem pavimentação; F) Riacho	59
Figura 18 - Açude do Governo do município de São José do Sabugi -PB: A) Reserva de água; B) Residências próximo ao açude; C) Via de acesso dentro da área do açude	62
Figura 19 - Impactos ambientais no componente solo: A) Erosão do solo; B) Erosão acelerada; C) Via de acesso com processo erosivo; D) Via de acesso compactada	63
Figura 20 - Comportamento hídrico simplificado do município de Patos-PB e considerado para São José do Sabugi-PB	65
Figura 21 - Resíduos gasosos gerados pela queima das cerâmicas	67
Figura 22 - Componentes da fauna de São José do Sabugi-PB.....	69
Figura 23 - Principais espécies vegetais identificadas na área de estudo.....	71
Figura 24 - Principais atividades econômicas na área de estudo: A) Pecuária; B) Agricultura; C) Mineração; D) Cerâmicas.....	74
Figura 25 - Número de alterações para cada eixo do saneamento básico	78
Figura 26 - Número de alterações por meio afetado	78
Figura 27 - Impactos ambientais identificados para cada eixo do saneamento básico	86
Figura 28 - Total de impactos classificados por eixo de saneamento básico quanto a significância.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climatológicos do período 1981-2010 do Município de Patos, Paraíba.....	65
Tabela 2 - Resultados parciais para o cálculo do índice de impacto	93
Tabela 3 - Valores dos índices de impacto	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes ambientais diagnosticados na área de influência	40
Quadro 2 - Classificação dos impactos ambientais	41
Quadro 3 - Esquema geral da aplicação do método índice de impacto.....	42
Quadro 4 - Atividades identificadas no eixo de Abastecimento de Água.....	49
Quadro 5 - Atividades identificadas no eixo de Esgotamento Sanitário	53
Quadro 6 - Atividades identificadas no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos	58
Quadro 7 - Atividades identificadas nos serviços de Drenagem de Águas Pluviais.....	60
Quadro 8 - Principais espécies animais identificadas na área de estudo.....	68
Quadro 9 - Principais espécies vegetais identificadas na área de estudo	70
Quadro 10 - Matriz de interação para a identificação das atividades e componentes ambientais por eixo de saneamento	76
Quadro 11 – Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Abastecimento de Água.....	80
Quadro 12 - Matriz de interação de aspectos e impactos e ambientais identificados no eixo Esgotamento Sanitário	81
Quadro 13 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos.....	83
Quadro 14 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Manejo e Drenagem de Águas Pluviais.....	84
Quadro 15 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo.....	87
Abastecimento de Água.....	87
Quadro 16 – Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo	88
Esgotamento Sanitário	88
Quadro 17 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo.....	89
Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos.....	89
Quadro 18 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais.....	90

Quadro 19 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Abastecimento de Água.	95
Quadro 20 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Esgotamento Sanitário...	95
Quadro 21 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos	96
Quadro 22 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais	96
Quadro 23 - Estrutura proposta para Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB	97
Quadro 24 - Estrutura proposta para Programa Municipal de Saneamento Rural - PMSR....	98
Quadro 25 - Estrutura proposta para o Plano Municipal de Monitoramento e Controle Ambiental - PMCA.....	98
Quadro 26 - Estrutura proposta para o Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social – PEACS.....	99

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACS	Agente Comunitário de Saúde
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil
IQA	Índice de Qualidade da Água
MP	Medida Provisória
NBR	Norma Técnica Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PLANASB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNSR	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
RIMA	Relatório de Impacto ao Meio Ambiental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SUS	Sistema Único de Saúde
VPM	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	21
2.1 Geral	21
2.2 Específicos	21
3. REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1 Saneamento Básico no Brasil	22
3.1.1 <i>Abastecimento de Água</i>	24
3.1.2 <i>Esgotamento Sanitário</i>	26
3.1.3 <i>Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos</i>	27
3.1.4 <i>Manejo e Drenagem de Águas Pluviais</i>	30
3.2 Impacto Ambiental	31
3.3 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)	32
3.3.1 <i>Método Ad Hoc (Método espontâneo)</i>	32
3.3.2 <i>Método Check Lists (Listas de controle)</i>	33
3.3.3 <i>Matriz de Interação</i>	34
3.3.4 <i>Índice de Impacto</i>	34
3.4 Medidas de Controle Ambiental	35
3.5 Estado da Arte	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo	37
4.2 Etapas metodológicas da pesquisa	38
4.2.1 <i>Descrição dos Serviços de Saneamento Básico na Área de Estudo</i>	38
4.2.2 <i>Diagnóstico Ambiental Simplificado</i>	39
4.2.3 <i>Identificação dos Impactos Ambientais</i>	40
4.2.4 <i>Realização da Análise Qualiquantitativa dos Impactos Ambientais</i>	41
4.2.4.1 <i>Classificação dos Impactos Ambientais</i>	41
4.2.4.2 <i>Quantificação dos Impactos Ambientais</i>	41
4.2.5 <i>Proposição de Medidas de Controle Ambiental</i>	43

4.2.6 <i>Proposição de Planos e Programas de Monitoramento Ambiental</i>	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 Descrição das Condições Atuais dos Serviços de Saneamento Básico na Área de Estudo	44
5.1.1 <i>Abastecimento de Água</i>	44
5.1.2 <i>Esgotamento sanitário</i>	49
5.1.3 <i>Manejo de resíduos sólidos</i>	53
5.1.4 <i>Manejo e Drenagem de Águas Pluviais</i>	58
5.2 Diagnóstico Ambiental Simplificado	61
5.2.1 Descrição do meio físico	61
5.2.1.1 <i>Recursos Hídricos</i>	61
5.2.1.2 <i>Solo</i>	63
5.2.1.3 <i>Clima</i>	64
5.2.1.4 <i>Relevo</i>	66
5.2.1.5 <i>Ar atmosférico</i>	66
5.2.2 Descrição do Meio Biológico	67
5.2.2.1 <i>Fauna</i>	67
5.2.2.2 <i>Flora</i>	70
5.2.2.3 <i>Ecossistema</i>	72
5.2.3 Descrição do meio antrópico	72
5.2.3.1 <i>Uso e ocupação do Solo</i>	72
5.2.3.2 <i>Saúde Pública</i>	73
5.2.3.3 <i>Economia</i>	73
5.3 Identificação dos impactos ambientais	75
5.4 Análise quali quantitativa dos impactos ambientais	86
5.4.1 <i>Avaliação Qualitativa dos Impactos Ambientais</i>	86
5.4.2 <i>Avaliação Quantitativa dos Impactos Ambientais</i>	92
5.5 Medidas de controle ambiental	94
5.6 Planos e programas ambientais	97

6. CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS	103

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as condições de saneamento básico têm sido amplamente discutidas devido à sua importância no desenvolvimento e na melhoria da qualidade de vida em termos sociais e ambientais, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Logo, os serviços de saneamento são associados principalmente ao desenvolvimento urbano, considerando aspectos como a qualidade da água que chega nos domicílios, a rede coletora de esgotos, o manejo adequado dos resíduos sólidos que são gerados diariamente e a gestão das águas pluviais (BRASIL, 2019).

Os problemas existentes relacionados ao saneamento são agravados pelo crescimento urbano, principalmente pela falta de planejamento adequado. Essa percepção surgiu desde a antiguidade, quando o ser humano começou a observar que a falta e/ou insuficiência dos serviços de saneamento aumentavam o contato da população com inúmeros agentes causadores de patologias, causando impactos negativos à saúde pública, aumentando o índice de mortalidade, além de poluir e/ou contaminar os recursos naturais (BARROS, 2014).

Nesse contexto, considerando o saneamento básico como um serviço universal, fundamental para o desenvolvimento mundial nas esferas econômica, social e ecológica, são propostas na Agenda 2030, em meio aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), metas com o objetivo de garantir uma gestão sustentável da água potável e do saneamento para o benefício da coletividade. Dessa forma, os países e todas as partes interessadas devem atuar fortalecendo parcerias colaborativas, visando a implementação dessas metas.

No Brasil, considerando o âmbito da conduta governamental, importantes mudanças ocorreram nas políticas públicas para o setor de saneamento, alicerçadas no Artigo 225 da Constituição Federal de 1988, no qual é assegurado à todos os indivíduos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, tratando-se de um bem de uso comum do povo e essencial a melhores condições de vida, estabelecendo ao Poder Público e à população o compromisso de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Em relação ao saneamento rural, este aparece como um dos três componentes do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), estabelecido pela Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020, porém, existem particularidades na provisão de serviços adequados prestados às populações rurais. Essas particularidades relacionam-se condicionantes específicas, a exemplo da dispersão geográfica, áreas com difícil acesso, limitação financeira, bem como a inexistência ou não aplicabilidade de propostas voltadas ao saneamento rural (BRASIL, 2019).

Desse modo, vale ressaltar que esses obstáculos não podem justificar a insuficiente ação ou a inação do Estado. As comunidades rurais em sua maioria adotam métodos próprios para

tentar solucionar as questões relacionadas ao saneamento básico, o que pode, em sua grande parte, ser a forma menos indicada, ocasionando e/ou intensificando o surgimento de impactos ambientais negativos no meio rural e a saúde pública (OLIVEIRA, 2014).

As políticas públicas de saneamento têm indicado, como as iniciativas estão distantes de apresentarem a resolutividade aguardada para o meio rural, no que se refere à garantia universal de direitos sociais e ambientais. Dessa forma, um dos principais avanços no meio rural foi a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), que surge como auxílio e apresenta concepções de projeto de matrizes tecnológicas capazes de suprir diferentes condições e realidades do saneamento rural no País (BRASIL, 2019).

Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 15,28% dos brasileiros residem em áreas rurais, sendo a maior proporção de residentes na Região Nordeste, concentrado cerca 26,88% da população (IBGE, 2015). De acordo com o PNSR, nas áreas rurais, 24 milhões (59,5%) dos habitantes não possuem assistência adequada no abastecimento de água, 22 milhões (79,42%) não têm acesso a coleta de esgoto e 30 milhões (76,6%) não possuem coleta adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2019).

Nesse contexto, é relevante avaliar os impactos ambientais que são gerados pela falta ou insuficiência dos serviços de saneamento. Sendo assim, é importante destacar a legislação ambiental, ferramenta que têm como objetivo auxiliar e responsabilizar no desenvolvimento das ações de proteção ao meio ambiente, como a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981).

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é apresentada pela PNMA como instrumento de proteção ao meio ambiente, fundamental para a tomada de decisões relacionadas a projetos e atividades que possam causar impactos significativos ao meio ambiente. Também é abordada pela Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tratando dos procedimentos para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (BRASIL, 1986).

Diante desse contexto, nota-se a importância de uma reflexão sob as condições socioambientais relacionadas ao saneamento rural, visando a elaboração de um diagnóstico para identificação e análise dos impactos ambientais resultantes dessa atividade, considerando a ausência ou ineficácia dos serviços de saneamento adotados no meio rural, destacando as causas e as consequências, a fim de que sejam apresentadas medidas de controle ambiental que proporcionem uma melhoria na prestação de serviços e na qualidade ambiental.

Sendo assim, o presente estudo teve como área de influência o município de São José do Sabugi -PB, pode ser utilizado como subsídio para o desenvolvimento mais aprofundado de

pesquisas sobre o tema abordado, podendo contribuir com a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e outras Políticas Públicas que melhorem as condições de saneamento rural, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida nas comunidades rurais.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os impactos ambientais resultantes dos serviços de saneamento básico em comunidades rurais no município de São José do Sabugi, Paraíba, Brasil.

2.2 Específicos

- Descrever as atuais condições dos serviços de saneamento básico do meio rural do município de São José do Sabugi-PB;
- Elaborar um diagnóstico ambiental simplificado da área rural;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais nos eixos do saneamento básico para o meio rural;
- Propor medidas de controle ambiental;
- Elaborar planos e programas ambientais para a melhoria do saneamento no meio rural.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Saneamento básico no brasil

Os discursos de saúde pública e meio ambiente sempre andaram interligados ao decorrer da história das políticas públicas mundiais. Nesse sentido, o saneamento básico apresenta-se como condição indispensável para o desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida, promoção da saúde pública e preservação do meio ambiente (MENDONÇA, 2019).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), saneamento ambiental é tido como um agrupamento de ações socioeconômicas que objetivam atingir a salubridade ambiental, isso por meio das condições de abastecimento de água, coleta e disposição de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, drenagem urbana, a contenção de doenças transmissíveis, entre outros que se fundamentam na proteção e melhoria das condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2004).

O Brasil passou a investir mais em saneamento básico a partir da década de 30, dedicando-se à distribuição de água, coleta de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. Nesse mesmo período, foi criado e estruturado o Ministério da Educação e Saúde Pública, o qual auxiliou na regularização de tais ações destinadas a cessar o cenário precário que o país enfrentava (BARBOZA *et al.*, 2020).

Os problemas de saúde pública e de poluição do meio ambiente obrigaram com maior intensidade buscar soluções de saneamento visando o abastecimento de água seguro para o consumo humano, a coleta e o tratamento dos esgotos, a coleta e o tratamento dos resíduos sólidos e para a drenagem das águas pluviais (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Nas décadas de 70 e 80, a política de saneamento no Brasil foi naturalmente desenvolvida por estudos em várias áreas, centrados na investigação da principal política pública desse período: o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA). Os investimentos em saneamento melhoraram substancialmente a partir do PLANASA (COUTINHO, 2021).

No âmbito da conduta governamental, importantes mudanças ocorreram na condução das políticas públicas para o setor de saneamento. Desse modo, embora a Constituição Federal de 1988, não tenha deixado explícito as competências de cada ente federado, regressou ao cenário institucional, deixando mais confuso, apesar da efetividade encontrada na Carta Magna, onde estabelece a atribuição da União como definidora do planejamento e das diretrizes para políticas públicas de saneamento básico (CORREIA; ESPERIDIÃO; MELO, 2020).

Em 2007, foi sancionada pelo Presidente da República e aprovada pelo Congresso Nacional a Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais sobre o saneamento básico e para a polícia federal de saneamento básico, formando, assim, um instrumento de extrema importância, positivando uma relação entre Estado e indivíduo que garante e tutela direitos singulares (BRASIL, 2007).

Esse marco legislativo (Lei 11.445/2007) prevê a universalização do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto no Brasil, se responsabilizando também por instituir as diretrizes básicas para o setor ao estabelecer as jurisdições do governo federal, dos estados e dos municípios para os serviços, bem como a regulamentação e a atuação de empresas privadas (GADELHA *et al.*, 2021).

O ano de 2018 destacou-se pela tentativa primária de mudança no marco regulatório do saneamento básico com a Medida Provisória 844/2018, que se tornou popular, por seus opositores, como a “MP da Sede e da Conta Alta”. Essa medida acabou perdendo a validade em novembro do mesmo ano, porém, no seguinte ano, se fundamentou o projeto de Lei n. 4.162/2019, que objetivava atualizar o marco legal do saneamento básico, bem como realizar alterações na Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000 (FERREIRA; GOMES; DANTAS, 2021).

É importante ressaltar que o projeto de Lei n. 4.162/2019 passou por tramitação no Congresso Nacional e, posteriormente, foi convertido na Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Portanto, essa nova lei estabelece o novo marco legal do saneamento básico no Brasil, com impacto nas políticas públicas, na regulação e na prestação dos serviços relacionados ao saneamento básico em todo o país.

Popularmente conhecida como novo marco regulatório do saneamento básico, a Lei n. 14.026/2020, no tocante à regulação dos serviços de saneamento básico, atribui a Agência Nacional de Águas (ANA) as exigências para instituir normas de referências para esse fim, fixando padrões de qualidade e de eficiência no fornecimento desses serviços, bem como, tratar sobre a regulação tarifária, padronizar contratos e instituir objetivos para a universalizar os serviços de saneamento básico, dentre outras competências, passando a ser nomeada como Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (RIBEIRO; CUKIERT, 2020).

De acordo com Lei n. 14.026, o saneamento básico é constituído por: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2020). No meio rural os segmentos do saneamento consistem principalmente no abastecimento de água para consumo humano, esgotamento sanitário e no manejo e destinação dos resíduos sólidos. A drenagem de águas pluviais apresenta-se com baixa aplicabilidade nas propriedades rurais (DANTAS *et al.*, 2022).

Com base na Legislação vigente, nota-se que a implantação dos serviços de saneamento no meio rural é um assunto que desperta pouca preocupação para os responsáveis, tendo em vista que para resolução desse problema é necessário um conjunto de medidas sociais e econômicas que levam os responsáveis, pela implantação, transpor grandes obstáculos, seja nos campos tecnológico, político e gerencial, acarretando na diminuição ou a exclusão total dos serviços de saneamento básico, especialmente para as populações de áreas rurais (FUNASA, 2006).

As dificuldades em levar os serviços de saneamento para moradias na zona rural estão pautadas, principalmente, na desigualdade social, em que parte da população vive em situação de extrema pobreza; por situações climáticas, especialmente, em regiões áridas e semiáridas; pela grande quantidade de rios intermitentes ou temporários; pelo alto custo e desafio na infraestrutura; bem como pelo grande número de moradias irregulares, as quais legalmente não podem receber a prestação de serviços públicos (BRASIL, 2019).

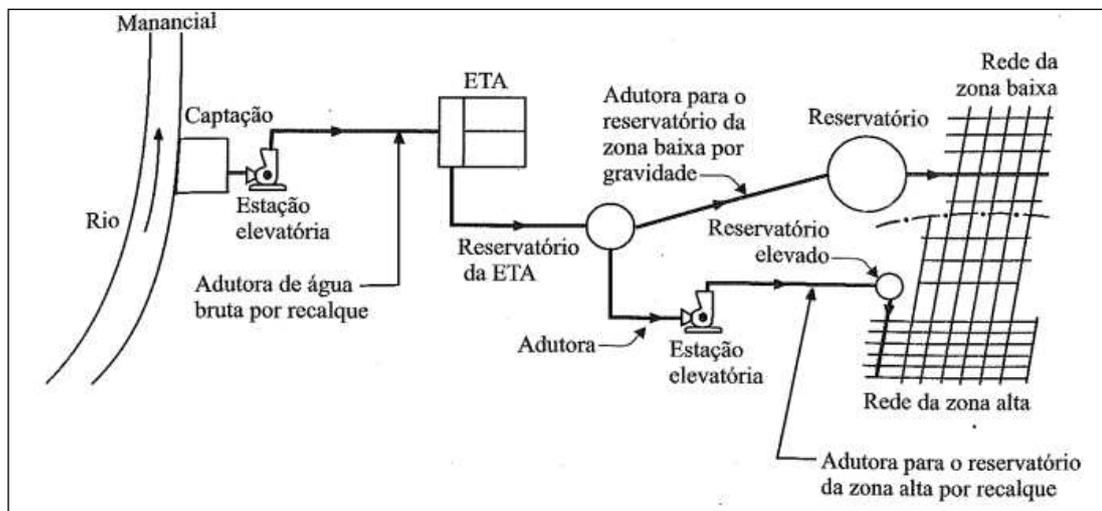
3.1.1 Abastecimento de Água

As águas naturais, sem um tratamento adequado, apresentam inúmeras impurezas, várias delas inofensivas, poucas desejáveis e algumas excepcionalmente perigosas. Entre essas impurezas nocivas encontram-se os vírus, as bactérias, os parasitas, as substâncias tóxicas e, até mesmo, os elementos radioativos (RICHTER; NETTO, 1991).

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) pode ser configurado e projetado para atender a povoados pequenos em áreas rurais ou para grandes cidades, configurado pelas características da localidade e pelo porte de suas instalações. O SAA caracteriza-se pela retirada da água bruta na natureza, adequação de sua qualidade por meio de padrões de potabilidade, transporte e fornecimento às populações em quantidade compatível com suas necessidades (BRASIL, 2004).

Para Tsutiya (2006), a concepção do SAA estende-se aos diversos constituintes do sistema. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água mais empregados no meio urbano são compostos das seguintes partes: Manancial; Captação; Estação elevatória; Adutora; Estação de tratamento de água; Reservatório e Rede de distribuição. Nesse sentido, as áreas urbanas que apresentam maior densidade populacional, estão favoráveis ao uso de sistema de abastecimento de água, enquanto na área rural, prevalecem as alternativas individuais, como cisternas, poços, minas, nascentes, dentre outras (BRAGA, 2016). Na Figura 1, pode-se observar a estrutura de um sistema de abastecimento de água.

Figura 1 - Estrutura geral de um sistema de abastecimento de água convencional



Fonte: Orsini (1996)

De acordo com Franco (2007), as doenças transmitidas pela má qualidade da água, considerando a insuficiência ou falta de tratamento adequado, apresenta-se como uma das principais questões de saúde pública nos últimos 25 anos. Além dessas disfunções, existem ainda os casos que podem transcorrer em consequência da contaminação de substâncias tóxicas ou nocivas na água (RICHTER; NETTO, 1991).

As áreas rurais, no entanto, caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como os poços artesianos, para solução de abastecimento de água que atenda a sua população e suas atividades socioeconômicas. Na maioria das vezes, a água é utilizada *in natura* e sem um manuseio adequado (SILVA, 2019).

Os sistemas mais utilizados pelas características do meio rural são: Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAC), que consiste em um modelo de abastecimento coletivo proposto para suprir a necessidade de água potável, sem rede de distribuição; e a Solução Alternativa Individual de Abastecimento de Água para Consumo Humano (SAI), que trata-se de um modelo para que domicílios residenciais com uma única família tenham acesso ao abastecimento de água para consumo humano (BRASIL, 2021).

Em virtude da utilização dessas fontes alternativas e pela falta de conhecimento acerca do índice de qualidade dessa água, é possível que essas fontes estejam em condições insalubres, podendo apresentar contaminação por meio de bactérias, vírus e outros microrganismos nocivos à saúde. Essa contaminação pode ser resultado da contaminação do lençol freático por meio da disposição inadequada de resíduos e efluentes de fossas rudimentares (SENAR, 2019).

No Brasil, de acordo com a Lei n. 8.080, de 19 de setembro de 1990, o saneamento ambiental e a qualidade da água são considerados objetivos do Sistema Único de Saúde (SUS), no qual permite a criação de estruturas organizacionais não apenas para tratar doenças e reabilitar os cidadãos, mas também para prevenir danos à saúde e promover uma melhor qualidade de vida para a população (BRASIL, 1990).

As variadas impurezas presentes na água, e que modificam o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e clara, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características são compreendidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Nesse sentido, existem legislações que visam a qualidade para as águas de abastecimento para consumo humano, conhecidas como Padrões de Potabilidade. No Brasil, a Portaria GM/MS n. 888, de 4 de maio de 2021, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

3.1.2 Esgotamento Sanitário

De acordo com a Lei n. 14.026, o esgotamento sanitário é constituído por atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2020).

Segundo a Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, apresenta os esgotos sanitários como uma “denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais e águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcelas de efluentes industriais e efluentes não domésticos” (BRASIL, 2011).

O efluente é denominado pela Resolução nº 430, como despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (BRASIL, 2011). A Resolução em questão desempenha um papel fundamental na padronização dos requisitos para o lançamento de efluentes domésticos e industriais. Além disso, estabelece parâmetros e diretrizes para a gestão adequada desses efluentes, garantindo que sejam lançados nos corpos receptores de forma segura e sustentável (BRASIL, 2011).

O sistema de esgotamento sanitário existe, principalmente, para dificultar a possibilidade de contato de dejetos humanos com a população, com as águas de abastecimento,

com vetores de doenças e alimentos, garantindo assim uma melhor qualidade de vida para a sociedade (RIBEIRO; ROOKE, 2010). Essas estruturas e operações são essenciais, pois asseguram atendimento à população e atua na redução de impactos ambientais negativos.

No Brasil, existem variados sistemas e tecnologias implantados para o tratamento de águas residuárias brutas, cuja sua principal função é reduzir a quantidade de matéria orgânica. Existem diversas opções de tratamento de efluentes, que podem ser adotadas tanto em nível individual como coletivo. A escolha da solução mais adequada deve levar em consideração a eficiência do sistema, se atentando as necessidades específicas e os recursos disponíveis na localidade. Nesse sentido, deve-se selecionar um método de tratamento que melhor se adapte às características da água residuária a ser tratada, garantindo, assim, um tratamento eficaz e adequado, que promove a preservação do meio ambiente e a qualidade dos recursos hídricos (TISCHER, 2017).

Nas áreas rurais, o sistema coletivo de esgoto é inexistente, porém, algumas alternativas individuais são adotadas pelos residentes para melhorar as condições sanitárias, dentre as quais destacam-se: as fossas rudimentares, as sépticas e as fossas sépticas biodigestoras. Essas alternativas apresentam diferenças no sentido da configuração e da eficiência do tratamento de poluentes e/ou contaminantes (SENAR, 2019).

3.1.3 Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos

A problemática dos resíduos sólidos tornou-se preocupante à medida que os impactos se tornaram mais perceptíveis. Instituída pela Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visa a construção de princípios, objetivos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, contemplando de forma sistêmica, uma gestão dos resíduos pautada em variáveis ambientais, sociais, culturais, econômica, tecnológica e de saúde pública (BRASIL, 2010).

Conforme o Panorama dos Resíduos Sólidos (2021/2022), realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), durante o ano de 2021 a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil atingiu um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que equivale a uma média de 224 mil toneladas diárias. Esses números refletem que cada brasileiro produziu, em média, cerca de 1,043 kg de resíduos por dia (ABRELPE, 2022). Com base no exposto, ressalta-se a importância de ações e políticas voltadas para a gestão adequada dos resíduos, visando reduzir os impactos ambientais advindos das atividades antrópicas.

De acordo com a PNRS, resíduo sólido é definido como material, substância, objeto ou bem descartado conseqüente de práticas humanas, cuja o seu destino final, se decorre nos estados sólido ou semissólido, tal como gases retidos em recipientes e líquidos da qual suas singularidades reconsiderem o lançamento desses em rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou imponham soluções técnicas ou economicamente viáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Dentre os objetivos mais relevantes estabelecidos pela PNRS, encontram-se, em seu Artigo 7º, previsões de ações que visem o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e de consumo, com ênfase a não geração, redução, reutilização, reciclagem e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, além da previsão da proteção da saúde pública e da qualidade ambiental (BRASIL, 2010).

No Brasil, a disposição final é uma das opções para a destinação adequada dos resíduos sólidos, conforme estabelecido pela PNRS. Segundo a ABRELPE (2022), cerca de 61% dos RSU gerados no Brasil não possuem uma disposição final ambientalmente adequada. Considerando a geração de RSU na região Nordeste, apenas 36,7% recebem uma disposição final adequada e 63,3% são dispostos de forma inadequada (ABRELPE, 2022).

Em comunidades rurais, é gerado uma maior quantidade de resíduos orgânicos e agrícolas devido a produção vegetal e animal, das quais constituem uma significativa quantidade de resíduos. Nesse contexto, essencialmente no meio rural, existem variadas formas de uso dos resíduos e de efluentes resultantes da produção agropecuária com destino a geração de energia térmica, elétrica e veicular (SENAR, 2019).

A PNRS, classifica os resíduos sólidos em 11 (onze) categorias quanto à sua origem e 02 (duas) quanto sua periculosidade (BRASIL,2010) conforme pode ser observado a seguir:

- Quanto à origem:

- 1) resíduos domiciliares: os gerados a partir de atividades domésticas em residências urbanas;
- 2) resíduos de limpeza urbana: os provenientes dos serviços de limpeza urbana, como varrição e limpeza de áreas públicas e vias;
- 3) resíduos sólidos urbanos: os provenientes de atividades domésticas, de serviços atrelados a limpeza urbana, como varrição, limpeza de logradouros e vias públicas etc.
- 4) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados a partir de atividades comerciais ou serviços, como por exemplo: lojas, restaurantes, padarias dentre outros, exceto os resíduos sólidos urbanos.
- 5) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nas atividades relacionadas ao tratamento de água e esgoto, manutenção dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais.

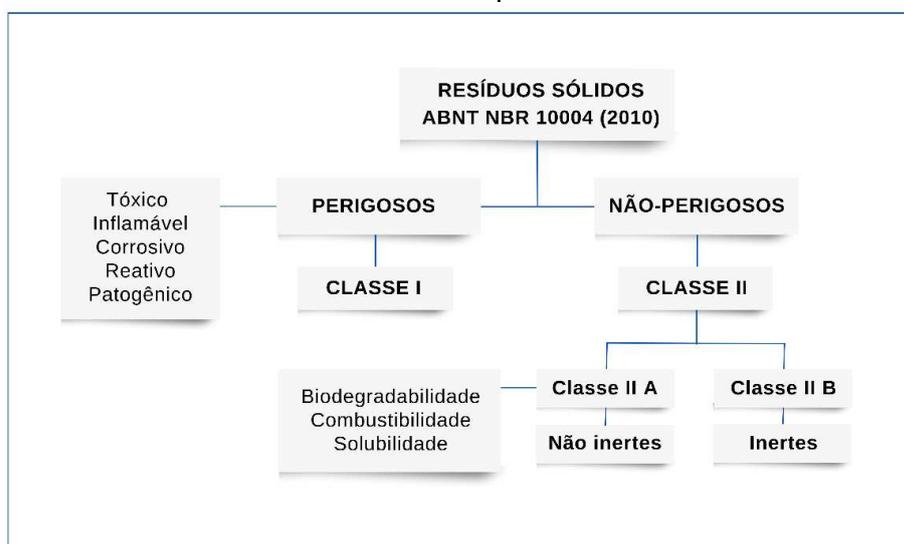
- 6) resíduos industriais: corresponde aos resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- 7) resíduos de serviços de saúde: corresponde aos resíduos dos serviços de saúde, tais como: hospitais, farmácias, laboratório de análises e clínicas médicas e veterinárias.
- 8) resíduos da construção civil: os gerados durante obras de construção civil, como por exemplo, reparos, reformas e demolições, incluindo os provenientes da preparação (escavação de terrenos).
- 9) resíduos agrossilvopastoris: corresponde aos resíduos das atividades agropecuárias e silviculturais, incluindo toda parte de insumos utilizados na realização dessas atividades.
- 10) resíduos de serviços de transportes: os resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários etc.
- 11) resíduos de mineração: resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou processamento de minérios;

- Quanto à periculosidade

- 1) Resíduos perigosos – resíduos que em suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam riscos à saúde pública e a qualidade ambiental.
- 2) Resíduos não perigosos – Os resíduos que não se enquadram na classificação de perigosos.

Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004a), para que ocorra o processo de classificação de resíduos, é fundamental a identificação do sistema ou atividade de sua origem, bem como seus constituintes, características e a comparação desses constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (ABNT, 2004a). Na Figura 2, encontra-se a classificação de resíduos sólidos, conforme o critério periculosidade ao meio ambiente e à saúde pública (ABNT, 2004).

Figura 2 - Critério de classificação de resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado ABNT (2004)

Os resíduos Classe I são categorizados como resíduos perigosos devido à sua natureza, que pode ser caracterizada por apresentar propriedades como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Os resíduos Classe II são não-perigosos e podem ser divididos em classe II A e classe II B. Os de classe II A são não-inertes, ou seja, estes possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; já os resíduos Classe II B, são os inertes, que ao serem submetidos a um contato dinâmico e estático com a água, sendo ela destilada ou deionizada, em condições naturais (temperatura ambiente), conforme estabelecido na ABNT NBR 10.006 (2004b), não devem apresentar nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, com exceção de aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

3.1.4 Manejo e Drenagem de Águas Pluviais

O homem, com o passar do tempo, procurou armazenar a água para seu benefício por meio de obras hidráulicas. Essas obras objetivam reduzir a escassez, o risco e a falta de água pela regularização das vazões, aumentando a disponibilidade ao longo do tempo (TUCCI, 2005). Ainda, para Tucci (2005), um dos principais problemas contemporâneos, senão o principal em relação aos recursos hídricos, é o impacto resultante do desenvolvimento urbano no país, tanto a nível interno dos municípios, como a nível externo, pelo aumento da poluição e inundações nas áreas dos rios a jusante das cidades.

Os sistemas de drenagem para o manejo de águas pluviais são constituídos por todas as superfícies e condutos urbanos responsáveis pelo transporte das águas pluviais até os cursos d'água (BATISTA; BOLDRIN, 2018). Esse sistema de drenagem das águas pluviais é compreendido como um conjunto de técnicas de infiltração, retenção, detenção e reuso, considerando a qualidade da água e a redução dos impactos da poluição nos corpos d'água e a recuperação das condições naturais da bacia (BRASIL, 2018).

A Lei n. 14.026/2020, que trata do novo marco legal do saneamento básico, considera que a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas é constituído por atividades, infraestrutura e instalações funcionais de drenagem de águas pluviais, considerando o transporte, detenção ou retenção para o enfraquecimento de grandes vazões, destinação e disposição final das águas drenadas, contemplando também a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020).

De acordo com a Funasa (2018), os sistemas convencionais de drenagem urbana são compostos por mecanismos de micro e macrodrenagem, como calhas, tubulações, bueiros e

canais, que são projetados para transportar rapidamente águas pluviais para áreas à jusante, não levando em consideração adequações para a transferência de risco de inundação para outras áreas ou com a mitigação das causas de inundação (BRASIL, 2018).

O manejo de águas pluviais é uma ferramenta essencial para conter diversos problemas no meio rural e urbano. Mesmo considerando essa importância, nota-se que existe uma fragilidade na infraestrutura administrativa e financeira, que atrelada ao processo crescente e desordenado de urbanização, com a falta de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, apresentam como consequências diretas as inundações e alagamentos (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002).

Os principais impactos pela falta de gerenciamento das águas pluviais sobre a população são: Prejuízos de perdas materiais e humanos; Interrupção da atividade econômica das áreas inundadas; Contaminação por doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose e a cólera; Contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros (TUCCI, 2005).

3.2 Impacto Ambiental

De acordo com a resolução CONAMA n. 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é definido como qualquer modificação das características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, ocasionada por qualquer formato de matéria ou energia decorrente das atividades antrópicas que podem afetar direta ou indiretamente: “a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

Essa concepção não aborda uma definição totalmente condizente com o tema, quando é afirmado que é “causado por qualquer forma de matéria ou energia...” esse contexto se correlaciona em sentido a apenas impactos negativos, como a poluição, desconsiderando os impactos positivos (SÁNCHEZ, 2015).

Segundo Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), impactos ambientais podem ser definidos como sendo “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, causada direta ou indiretamente pelas atividades humanas, e que possa afetar ou afete a saúde, a segurança e/ou a qualidade de vida dos recursos naturais”. Para Sánchez (2008) impacto ambiental é definido como “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”.

Nesse contexto, apresentando outra definição, pode-se dizer que impacto ambiental corresponde a qualquer alteração do meio ambiente, causado por atividades antrópicas e/ou pelos agentes naturais, podendo ser benéficas ou adversas, influenciando direta ou indiretamente a qualidade ambiental do meio (LEITE, 2022).

3.3 Avaliação de Impacto Ambiental (AIA)

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é aplicada internacionalmente desde a década de 1970. Contudo, foi legalmente instituída no Brasil por meio da Lei Federal Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe da Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA (2016), AIA é o procedimento de análise técnica que contribui para o licenciamento, por intermédio de uma análise sistemática dos impactos ambientais resultantes de ações, atividades ou empreendimento.

De acordo com Morgan (2012), um dos maiores problemas no sentido da efetividade da AIA atualmente é justamente conciliar o alto investimento em infraestrutura executado e a agilização dos procedimentos decisórios com a manutenção da qualidade ambiental.

O processo de AIA é constituído por um conjunto de etapas e procedimentos ligados e sequenciais, que visam avaliar a viabilidade ambiental de propostas, e fundamentar uma decisão a respeito (SÁNCHEZ, 2008). Os métodos de AIA podem ser utilizados como referência para estudos e pesquisas ambientais em função de determinar com mais precisão a dimensão das mudanças no meio ambiente (JESUS *et al.*, 2021).

Desse modo, no sentido de avaliar os impactos ambientais, encontram-se na literatura técnica métodos possíveis de serem utilizados, tais como: Método *Ad Hoc* (Método Espontâneo); *Check Lists* (Listagens de controle); Matrizes de interação; *Networks* (Redes de Interação); Índice de impacto; *Overlay Mapping* (Superposição de Mapas) (JESUS *et al.*, 2021).

Os métodos mais difundidos na literatura técnica e científica, aplicados para a identificação dos impactos em estudos ambientais, são:

3.3.1 Método *Ad Hoc* (Método espontâneo)

O método *Ad Hoc*, também conhecido como método espontâneo, apresenta-se geralmente como a base fundamental da avaliação como um todo, fornecendo os elementos essenciais para a análise abrangente e criteriosa. Esse método, consiste na reunião de

profissionais de diferentes áreas do conhecimento e tem como objetivo levantar os possíveis impactos ambientais de um empreendimento, uma vez que se dá pela análise empírica sobre as características gerais do projeto e seus impactos, consistindo apenas no conhecimento comum dos responsáveis pelo projeto. É usado apenas como um estudo prévio para guiar as etapas seguintes, por ser um método muito abrangente (BRAGA *et al.*, 2005; FLOGIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; LEAL *et al.*, 2022).

Esse método consegue agrupar e expor os dados de maneira organizada e de fácil entendimento, sendo sua principal vantagem quando comparado a outros modelos. Ainda apresenta baixo custo e rapidez em tempo de execução, tornando sua divulgação mais ampla e clara. Outra vantagem, é que possibilita a participação de todos os interessados no projeto, uma vez que o único requisito para a cooperação é a experiência e compreensão na área do trabalho (LEAL *et al.*, 2022).

Contudo, apesar de apresentar certas vantagens, existem algumas limitações quanto as especificações em termos quantitativos, do qual não são apresentadas e é exigido por órgãos ambientais e a legislação vigente, impedindo seu uso em relatórios finais de estudos ambientais, sendo necessário que sejam utilizados pelo menos mais um método para completar suas conclusões (LEAL *et al.*, 2022).

O método *Ad Hoc* foi utilizado por Oliveira (2014) e Araújo (2022) para identificação dos aspectos e impactos ambientais relacionados a falta e/ou insuficiência dos serviços de saneamento básico. Destaca-se que essa abordagem se deu de forma simplificada, uma vez que a aplicação do método foi realizada de forma individual, sem a participação profissionais de diferentes áreas do conhecimento.

3.3.2 Método *Check Lists* (*Listas de controle*)

A listagem é um método de avaliação que consiste na elaboração de listas nas fases do diagnóstico ambiental, nas quais são identificados e enumerados os impactos ambientais, por meio da análise dos especialistas em relação ao meio físico, biológico e socioeconômico. Essas características tornam-no ideal para análises preliminares, pois permite que sejam identificados os principais impactos do projeto (PICCOLI; PASSOS, 2018).

De modo geral, as listagens de controle podem ser de variados tipos, tais como: simples, descritivas, comparativas, escalares, ponderáveis e questionários (BRAGA *et al.*, 2005; FLOGIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

O principal ponto positivo do método *check lists* é a organização e exposição simples dos dados. É fundamental destacar que assim como o método *Ad Hoc*, as informações apresentadas não demonstram precisão sobre as dependências diretas entre projeto-ambiente, isso faz com que sirva apenas de base estimativa em alguns projetos, invalidando sua aplicação como método de referência do projeto (PICCOLI; PASSOS, 2018).

3.3.3 Matriz de Interação

As matrizes de interação são basicamente o melhoramento das listagens de controle simples, e são consideradas como listas de controle bidimensionais (BRAGA *et al.*, 2005). Em suma, é adicionado para cada impacto avaliado uma identificação, associando uma situação de causa e efeito, facilitando a determinação dos pontos principais em que o estudo deve-se concentrar (MORAES; D'AQUINO, 2016).

A principal vantagem encontrada nesse método é a redução da subjetividade de dados, mantendo uma linguagem de fácil entendimento, no qual adiciona-se uma escala de 1 a 10 para cada relação encontrada. Destaca-se ainda a utilização desses parâmetros como um fator de extrema importância para a realização de estudos aprofundados, permitindo a identificação de soluções adequadas para cada situação, considerando critérios como importância, magnitude e severidade (MORAES; D'AQUINO, 2016).

A metodologia mais familiarizada no meio nacional e internacionalmente é a Matriz de Leopold, elaborada no ano de 1971. Essa matriz associou 88 componentes ambientais e 100 atividades antrópicas modificadoras do ambiente, o que resultou em 8800 possíveis interações (BRAGA *et al.*, 2005).

Araújo (2022) fez uso desse método para avaliar as interações relacionados aos componentes ambientais dos meios físico, biótico e antrópico com os serviços de saneamento básico na cidade de Aparecida-PB. Foram identificadas 175 interações, revelando as relações entre os eixos do saneamento e os componentes ambientais.

3.3.4 Índice de Impacto

O método em questão consiste no emprego de equações matemáticas, determinadas por especialistas e que expressam a qualidade ambiental na área de implantação de um projeto. Com a utilização desse método é possível avaliar quantitativamente os impactos ambientais de

um projeto. Os métodos mais difundidos dessa categoria são os desenvolvidos pelos Laboratórios *Battelle Columbs* (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Essa metodologia, de modo geral, compõe-se do emprego de valores e pesos aos impactos ambientais, no qual é necessário que o montante desses valores seja ponderado em uma equação (linear, logarítmica etc.), possibilitando, dessa forma, um resultado quantitativo equivalente aos impactos ambientais resultantes de um projeto ou atividade (LOPES; LEITE; PRASAD, 2000).

Apesar da literatura apontar diversos métodos que podem ser usados como ferramenta para a avaliar impactos ambientais, é importante ressaltar que cada método possui suas especificidades, com vantagens e desvantagens próprias em sua aplicação. (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004).

3.4 Medidas de Controle Ambiental

O controle ambiental é formado por medidas empregadas para prevenir, mitigar, compensar ou maximizar (quando positivos) os impactos ambientais. De modo direto, as medidas de controle ambiental representam instrumentos fundamentais para a prevenção, mitigação, compensação ou intensificação de possíveis impactos (SÁNCHEZ, 2015).

As medidas correspondentes à prevenção são indicadas para os impactos negativos com ocorrência instável ou para dificultar que um certo impacto aconteça. Quando os impactos ambientais negativos não podem ser mitigados, aplicadas medidas de compensação (GOMES, 2015). As medidas de compensação existem para balancear situações no qual não há a possibilidade de diminuição dos impactos (SÁNCHEZ, 2008)

Também se considera os impactos ambientais de valor positivo, com o objetivo de potencializar os benefícios resultantes desses impactos, por meio da implementação de medidas maximização (ARAÚJO, 2022). É importante ressaltar que, tanto as medidas mitigadoras como as de compensação, podem ser utilizadas simultaneamente, tendo como critério único, a situação em que se encontra cada projeto (SÁNCHEZ, 2015).

3.5 Estado da Arte

A gestão do saneamento básico no Brasil ainda apresenta falhas, principalmente em áreas rurais. A ausência da implantação do Plano Municipal do Saneamento Básico (PMSB) pelos municípios favorece a ocorrência de problemas relacionados ao meio ambiente e à saúde

da população. Na maioria das vezes, essas dificuldades são causadas por uma gestão inadequada dos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2019).

Trabalhos técnicos e científicos trazem relatórios que evidenciam as alterações positivas e negativas por meio da avaliação de impactos ambientais dos serviços de saneamento básico, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Esses estudos destacam a importância de realizar pesquisas mais aprofundadas e implementar medidas de saneamento para minimizar os potenciais riscos à saúde e os impactos ambientais.

O estudo de Ribeiro e Rooke (2010), aborda a temática do saneamento básico e sua influência no meio ambiente e na saúde pública. O trabalho destaca os benefícios alcançados a partir da ampliação dos serviços de saneamento, incluindo melhorias significativas no bem-estar da população. Investimentos nesses serviços resultam em uma melhoria na qualidade de vida, reduz os gastos públicos relacionados ao tratamento de doenças básicas. Em suma, a importância do saneamento básico para o desenvolvimento de cada município do país é inegável.

Oliveira (2014) em seu estudo intitulado “Avaliação das condições de saneamento rural e dos respectivos impactos ambientais no município de Pombal-PB”, identificou 12 atividades e/ou ações antrópicas, relacionados aos eixos do saneamento, e 22 impactos ambientais negativos resultantes dessas atividades. Um dos pontos mais preocupantes no estudo foi a ocorrência de doenças registradas no estudo, correlacionadas com a ausência de infraestrutura de saneamento básico nas comunidades, tais como: diarreias, dengue e doença de chagas.

Já segundo Sá (2016), no seu estudo "Avaliação dos Impactos Ambientais resultantes da gestão do saneamento básico na cidade de Pombal-PB", foram identificados 105 impactos classificados, do qual foi proposto 35 medidas mitigadoras para melhorias das condições ambientais da área de estudo.

Araújo (2022) seu trabalho “Avaliação de impactos ambientais nos serviços do saneamento básico da cidade de Aparecida-PB”, possibilitou a identificação de 161 impactos ambientais na área de estudo, sendo 119 classificados como significativos ou muito significativos. Além disso, ressalta-se que uma das principais dificuldades enfrentadas durante a realização do estudo retratada pela autora foi a falta de informações específicas relacionadas aos serviços de saneamento básico na cidade.

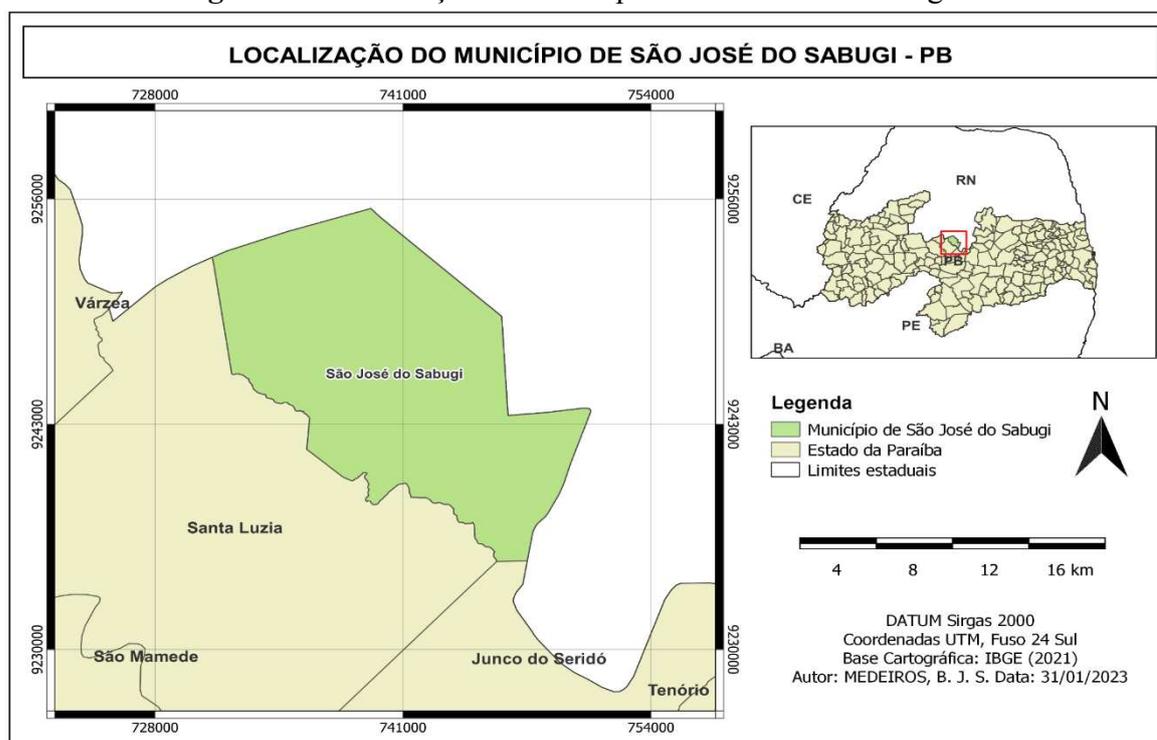
De maneira geral, observa-se uma escassez de trabalhos sobre o tema, principalmente, quando se trata de saneamento básico no meio rural, o que representa um desafio para a construção de uma base teórica consistente e relevante para o desenvolvimento do estudo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de São José do Sabugi está situado na região Centro-Norte do Estado da Paraíba (Figura 3), encontrando-se inserido na Mesoregião Borborema e Microregião Seridó Ocidental Paraibano (PGRS, 2017). É um dos 1.135 municípios que faz parte da região Semiárida, estando dentro do núcleo de desertificação do Seridó Ocidental. A sede do Município está a uma altitude de 333 metros, especificamente, nas coordenadas de 06° 46' 32" de latitude Sul e 36° 47' 56" de longitude Oeste (PGRS, 2017).

Figura 3 - Localização do município de São José do Sabugi-PB

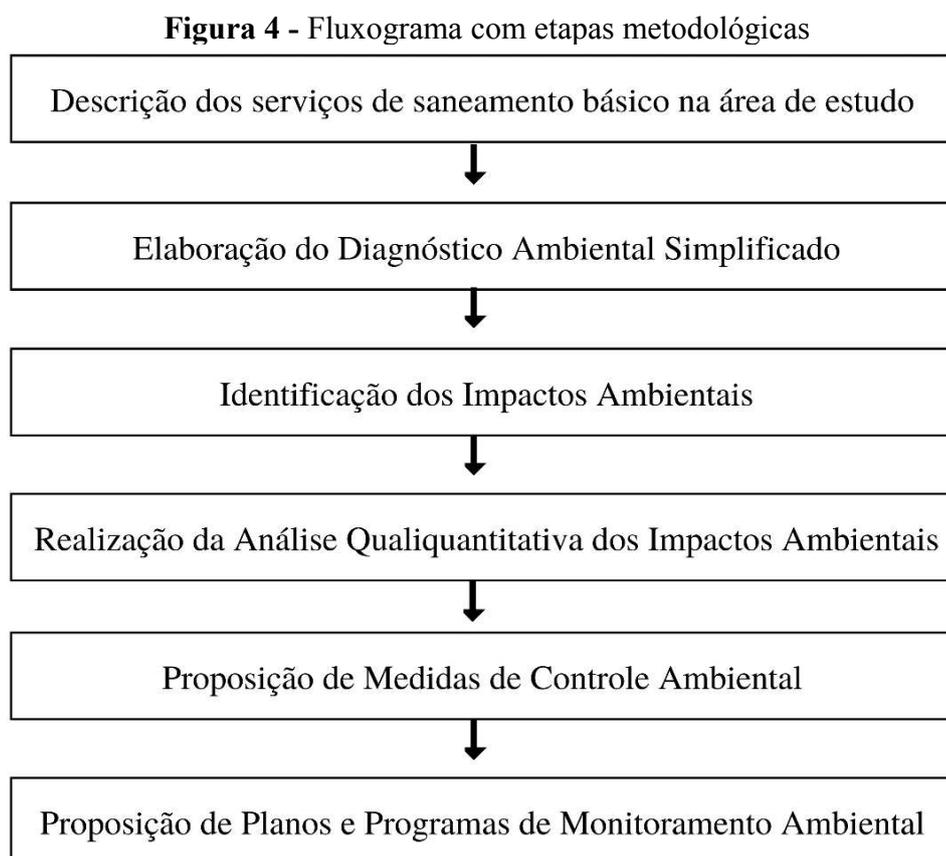


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O município é contemplado por uma área total de 216,3 km², dos quais 117,5 km² são de área rural e 57 km² de área urbana (PGRS, 2017). No ano de 2010, segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de São José do Sabugi-PB contava com uma população de 4.010 habitantes, sendo 64,31% (2.579 habitantes) residentes na área urbana e 35,69% (1.431 habitantes) na área rural. O IBGE estimou para o ano de 2020, uma população de 4.147 pessoas (IBGE, 2023).

4.2 Etapas Metodológicas da Pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido seguindo as etapas metodológicas apresentadas na Figura 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Destaca-se que o desenvolvimento deste trabalho foi realizado na zona rural do município de São José do Sabugi-PB, apresentando-se uma análise dos impactos ambientais oriundos dos serviços de saneamento básico no meio rural, abordando os eixos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais.

4.2.1 Descrição dos Serviços de Saneamento Básico na Área de Estudo

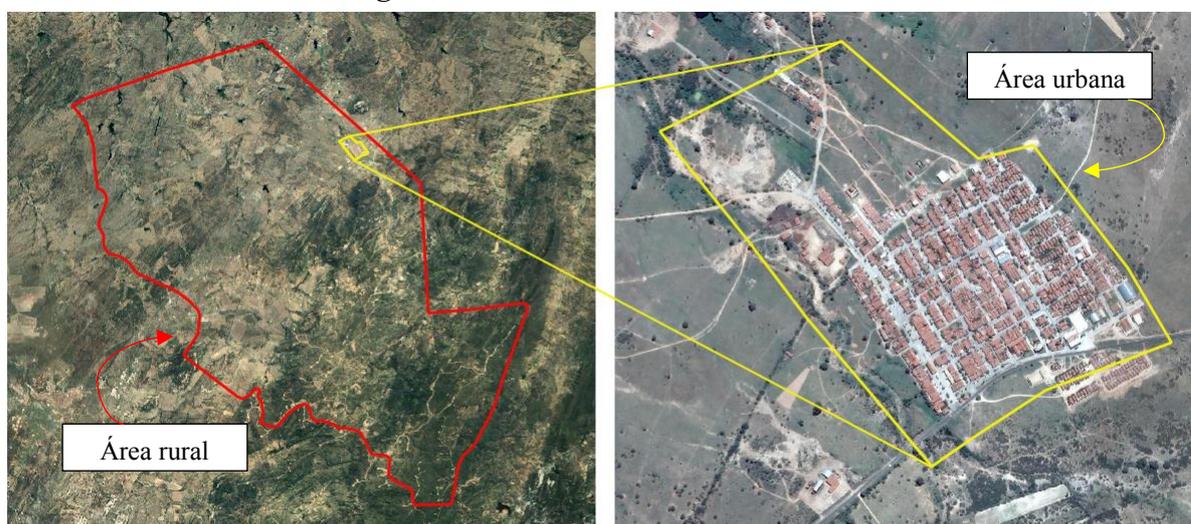
Para a coleta de dados sobre saneamento básico foram utilizadas várias fontes de informações, incluindo consultas a órgãos gestores competentes (Secretarias de Agricultura, Meio Ambiente e Saúde), visitas de campo e fotodocumentação.

Neste estudo foram detalhadas as condições atuais dos quatro eixos do saneamento básico presentes no meio rural do município de São José do Sabugi-PB. Os eixos correspondem ao abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e manejo e drenagem das águas pluviais (BRASIL, 2020).

4.2.2 Diagnóstico Ambiental Simplificado

O diagnóstico ambiental simplificado foi realizado na área de influência, ou seja, na zona rural do município em estudo, na Figura 5, observa-se a área de influência do estudo.

Figura 5 - Área de influência do Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de *Google Earth* (2023)

Ressalta-se que o diagnóstico ambiental simplificado foi elaborado considerando apenas a área territorial do meio rural. Dessa forma, o meio urbano, conforme observado em destaque na Figura 5, não corresponde à área de estudo.

Para o desenvolvimento do referido diagnóstico ambiental, utilizaram-se pesquisas bibliográficas, visitas de campo, fotodocumentação e consultas a órgãos competentes (Secretaria de Infraestrutura, Saúde, Agricultura e Meio Ambiente) do município de São José do Sabugi-PB. Assim, o diagnóstico foi elaborado para os meios físico, biológico e antrópico, de acordo com Philippi Jr. (2005), conforme observado no Quadro 1.

A zona rural do município é subdividida em comunidades rurais, sendo: Brejinho; Boa Fé; Cabaço; Cacimbas; Camuci; Lagoa do Brejinho; Penedo; Pocinhos; Redinha; Redinha de Baixo; Riacho da Serra; Riacho Fundo; Rio do Giz; São José; Serrote; Sítio Sítio e Tapuio.

Quadro 1 - Componentes ambientais diagnosticados na área de influência

Meio	Componentes Ambientais
Físico	Recursos hídricos
	Solo
	Clima
	Relevo
	Ar atmosférico
Biológico	Fauna
	Flora
	Ecosistemas
Antrópico	Uso e ocupação do solo
	Saúde pública
	Economia

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Philippi Jr. (2005)

4.2.3 Identificação dos Impactos Ambientais

A identificação dos impactos ambientais na área de estudo teve como base os dados levantados referentes às atividades realizadas na área e do diagnóstico ambiental. A metodologia aplicada neste estudo foi apresentada em Sánchez (2008), na qual os impactos ambientais são avaliados a partir dos seguintes procedimentos:

- a) Identificação dos fatores ambientais da área de estudo (diagnóstico ambiental);
- b) Caracterização das principais ações da atividade impactante, por exemplo: remoção da vegetação, escavações, sistematização de terras etc.;
- c) Definições de hipóteses – relação causa e consequência – com relação aos prováveis impactos resultantes da atividade;
- d) Uso de ferramentas e/ou modelos de avaliação de impactos ambientais para dedução das determinadas consequências das ações sobre um ou mais fatores ambientais.

Para a identificação e avaliação dos impactos ambientais foram utilizados os métodos: *Ad Hoc* (método espontâneo), *Check Lists* (listagens de controle), Matriz de Interação e Índice de impacto. Esses métodos são utilizados e recomendados por inúmeros autores da literatura, pela inter-relação e facilidade de compreensão (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; MORAES; D'AQUINO, 2016; SÁNCHEZ, 2008; JESUS *et al.*, 2021).

Previamente, antes da determinação propriamente dita dos impactos ambientais, foi elaborada uma matriz de interação com as atividades (ações antrópicas) para cada eixo do saneamento básico *versus* os fatores ambientais atingidos, apresentados no diagnóstico

ambiental. Com base nessas interações e no diagnóstico ambiental da área foi possível catalogar os principais impactos ambientais da área de influência deste estudo (GOMES, 2015).

4.2.4 Realização da Análise Qualiquantitativa dos Impactos Ambientais

A análise qualitativa foi desenvolvida por meio da classificação dos impactos ambientais, já a análise quantitativa foi realizada com base na aplicação do método de avaliação Índice de impacto.

4.2.4.1 Classificação dos impactos ambientais

A classificação dos impactos ambientais identificados foi realizada de acordo com a categorização apresentada por Fogliatti, Filippo e Goudard (2004) e Philippi, Romero e Bruna (2004), conforme pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos impactos ambientais

Critério	Classificação	Sigla
Valor	Positivo	P
	Negativo	N
Probabilidade de Ocorrência	Determinístico	D
	Probabilístico	PR
Ordem de Ocorrência	Direto	DI
	Indireto	I
Reversibilidade	Reversível	RE
	Irreversível	IR
Potencial de Mitigação	Mitigável	M
	Não mitigável	MN
Significância do Impacto	Significativo	S
	Não significativo	NS

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Fogliatti, Filippo e Goudard (2004) e Philippi, Romero e Bruna (2004)

4.2.4.2 Quantificação dos impactos ambientais

Para a quantificação dos impactos ambientais significativos nos meios físico, biológico e antrópico resultantes das atividades realizadas nos eixos do saneamento básico no meio rural foi empregado o método do Índice de impacto. Esse método, conforme descrito por Calijuri e

Cunha (2013), envolve o uso de equações matemáticas estabelecidas por especialistas para avaliar a qualidade ambiental de uma determinada área.

A aplicação do Índice de impacto baseou-se em pesquisas bibliográficas, considerando os resultados obtidos no diagnóstico ambiental e na utilização de outros métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) (GOMES, 2015). O Quadro 3 apresenta a estrutura geral da aplicação desse método de AIA.

Quadro 3 - Esquema geral da aplicação do método índice de impacto

Atividades	Peso	Impactos Ambientais Significativos	Nota	Eixos
Atividade ₁	Peso ₁	Impacto ₁	Nota ₁	Eixo ₁
Atividade ₂	Peso ₂	Impacto ₂	Nota ₂	Eixo ₂
...
Atividade _n	Peso _n	Impacto _n	Nota _n	Eixo _n

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Lopes, Leite e Prasad (2000) e Gomes (2015)

Conforme a metodologia descrita por Tomassi (1994), citada em Lopes, Leite e Prasad (2000) e Gomes (2015), deve ser designado para cada impacto um peso variando de 1 a 5 e uma nota variando de -5 a +5 (-5 é o valor para o impacto negativo mais intensivo e +5 para o impacto positivo mais intensivo) em conformidade com a importância dos princípios de análise.

Seguindo os critérios de avaliação propostos por Oliveira (2016), os pesos e notas foram atribuídos com base em visitas *in loco* e análises dos efeitos de cada ação sobre o meio ambiente. Neste estudo, foram considerados os seguintes princípios de avaliação: potencial de degradação dos recursos naturais e potencial de impacto na saúde da população.

O Índice de impacto foi calculado para cada um dos eixos da atividade estudada e foram levados em consideração na análise somente os impactos ambientais significativos, com base na classificação apresentada anteriormente na subseção 4.2.4.1.

Após a concessão dos pesos e notas, conforme os princípios metodológicos e procedimentos citados, para o cálculo do Índice de impacto utilizou-se a Equação 1 (LOPES; LEITE; PRASAD, 2000):

Equação (01)

$$I_{im} = \frac{\Sigma(P_e * N_t)}{\Sigma P_e}$$

Em que:

I_{im} – Índice de impacto;

P_e – Peso atribuído a cada impacto;

N_t – Nota atribuída a cada impacto.

4.2.5 Proposição de Medidas de Controle Ambiental

As medidas de controle ambiental foram adotadas para os impactos classificados como significativos, devendo ser de natureza preventiva, mitigadora ou compensatória.

As medidas indicadas neste estudo basearam-se em pesquisa na literatura (ARAÚJO, 2022; GOMES, 2015; OLIVEIRA, 2014; SÁ, 2016), além de consulta em manuais de saneamento ambiental e em documentos que apresentaram atividades e/ou impactos ambientais semelhantes.

4.2.6 Proposição de Planos e Programas de Monitoramento Ambiental

Com base na identificação dos impactos ambientais e nas medidas de controle ambiental, fez-se a recomendação de planos e programas ambientais, pretendendo melhorar as condições de saneamento básico no meio rural.

A estruturação dos planos e programas ambientais fundamentou-se em pesquisas na literatura (FOGLIATTI; FILIPPO; GOUDARD, 2004; SÁNCHEZ, 2008) e em documentos que apresentaram impactos ambientais similares aos observados neste estudo (GOMES, 2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição das Condições Atuais dos Serviços de Saneamento Básico na Área de Estudo

Nas subseções 5.1.1 a 5.1.4, encontram-se os resultados obtidos nesta pesquisa referente às atuais condições dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais de todas as comunidades rurais do município de São José do Sabugi-PB. Também, são apresentadas as alternativas tecnológicas utilizadas pela população rural, bem como a listagem das atividades relacionadas a cada eixo do saneamento básico na área de estudo.

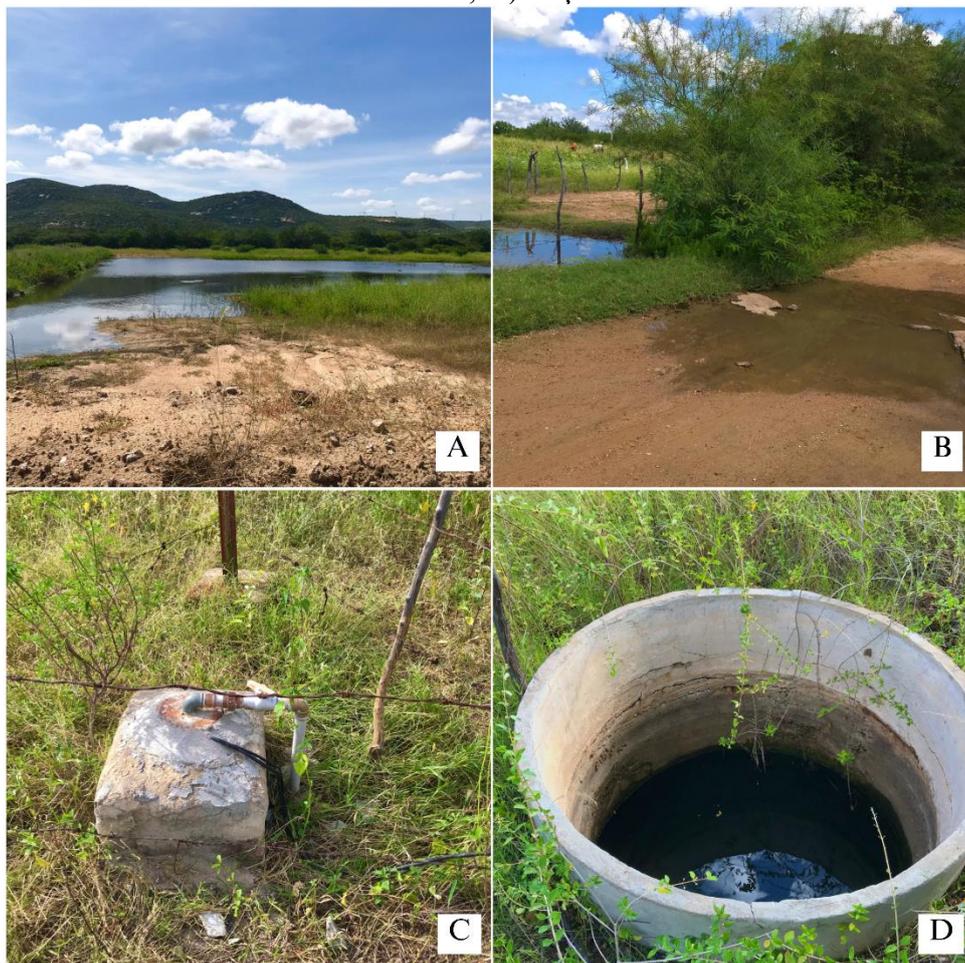
5.1.1 Abastecimento de Água

No que se refere ao abastecimento de água na zona rural do município de São José do Sabugi-PB, constatou-se fontes bem diversificadas, sendo superficiais e subterrâneas. As águas de fontes subterrâneas são caracterizadas como doces, salobras e salinas (CPRM, 2005). Vale salientar que a população rural não sofre com falta de água, porém, pela sua distribuição irregular, com 79% das chuvas concentrando-se em 04 meses (janeiro a abril), durante o período de estiagem, que abrange os meses de junho a dezembro, a oferta de água é reduzida (CPRM, 2005).

Nota-se que o município não dispõe de informações referentes ao Índice de Qualidade da Água (IQA) das fontes de abastecimento identificadas na área rural de São José do Sabugi-PB. Contatou-se ainda, que o município não dispõe de informações sobre análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que comprovem a eficiência das alternativas empregadas para o tratamento da água pela população rural, do qual devem estar em concordância com os Valores Máximos Permitidos (VPM) exigidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 que dispõe sobre os padrões de potabilidade de água para consumo (BRASIL, 2021).

De acordo com o levantamento realizado referente ao abastecimento de água das comunidades do município de São José do Sagubi-PB, as principais fontes observadas foram: açudes (Figura 6A), barragens, riachos (Figura 6B), poço artesiano (Figura 6C) e poço de anel (Figura 6D). O município também dispõe da operação carro pipa no Nordeste, uma ação do Ministério de desenvolvimento Regional que leva água para regiões afetadas pela seca.

Figura 6 - Fontes de abastecimento de água no meio rural: A) Açude; B) Riacho; C) Poço Artesiano; D) Poço de anel



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Além das fontes de abastecimento apresentadas na Figura 6, o município tem uma situação “favorável” em relação ao abastecimento de água. Essa condição pode ser atribuída à presença de programas e políticas alternativas para o armazenamento e aproveitamento da água de chuva, como por exemplo, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que permite a descentralização e democratização da água.

O P1MC possibilitou a redução de incidência de patologias em virtude do consumo de água contaminada, bem como a diminuição da sobrecarga de trabalho, priorizando otimização de tempo, quando se trata do transporte da água por uma longa distância, bem como o acesso a água de qualidade e mais segura. Além do P1MC, outros programas habilitados beneficiaram a população rural do município estudado, a exemplo da perfuração de poços do tipo artesiano, visando melhores condições de reserva hídrica para a população.

Na Figura 7, observa-se diferentes estruturas de cisternas utilizadas como alternativa para a captação de água de chuva: cisterna do tipo calçadão (Figura 7A), cisterna de placa de

cimento tradicional (Figura 7B) e cisterna de enxurrada provida de decantadores (Figura 7C). A água armazenada nas cisternas do tipo calçadão e enxurrada são destinadas principalmente para o uso na produção de alimentos (hortaliças e vegetais) e à criação de animais em pequena escala.

Figura 7 - Cisternas utilizadas como alternativa para captação de água da chuva: A) Cisterna do tipo calçadão; B) cisterna de placa tradicional; C) cisterna de enxurrada com decantadores



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

De acordo com Oliveira (2014), com base no levantamento referente as fontes de abastecimento de água em comunidades rurais do município de Pombal-PB, observou-se também a presença de fontes presentes neste estudo, como: riachos, cisternas e poços.

As fontes de abastecimento utilizadas pela população rural avaliada podem ser classificadas em coletivas ou individuais, as quais são destinadas a fornecer água e atender às demandas de abastecimento doméstico, bem como suprir as necessidades de dessedentação animal e irrigação em cultivos de pequeno porte. Dessa forma, é fundamental levar em consideração fatores como: acesso às comunidades e condições socioeconômicas de cada proprietário, para garantir o adequado uso e manejo desses recursos hídricos.

É importante destacar também que houve alguns impactos com a instalação dos parques eólicos na área de estudo, com o rompimento e problemas estruturais nas cisternas, por exemplo, inviabilizando que algumas famílias fizessem a drenagem e reserva da água da chuva.

As visitas em campo possibilitam a comprovação que boa parte da população rural faz uso de recipientes como: caixas d'água de concreto (Figura 8A), caixas d'água de fibra de vidro (Figura 8B), carroças com tambores plásticos (Figura 8C), vasilhames plásticos e potes cerâmicos (Figura 8D), para armazenar da água nas residências.

Figura 8 - Reservatórios utilizados para armazenamento de água no meio rural: A) Caixas d'água de concreto; B) caixas d'água de fibra de vidro; C) carroças com tambores plásticos; D) vasilhames plásticos e potes cerâmicos

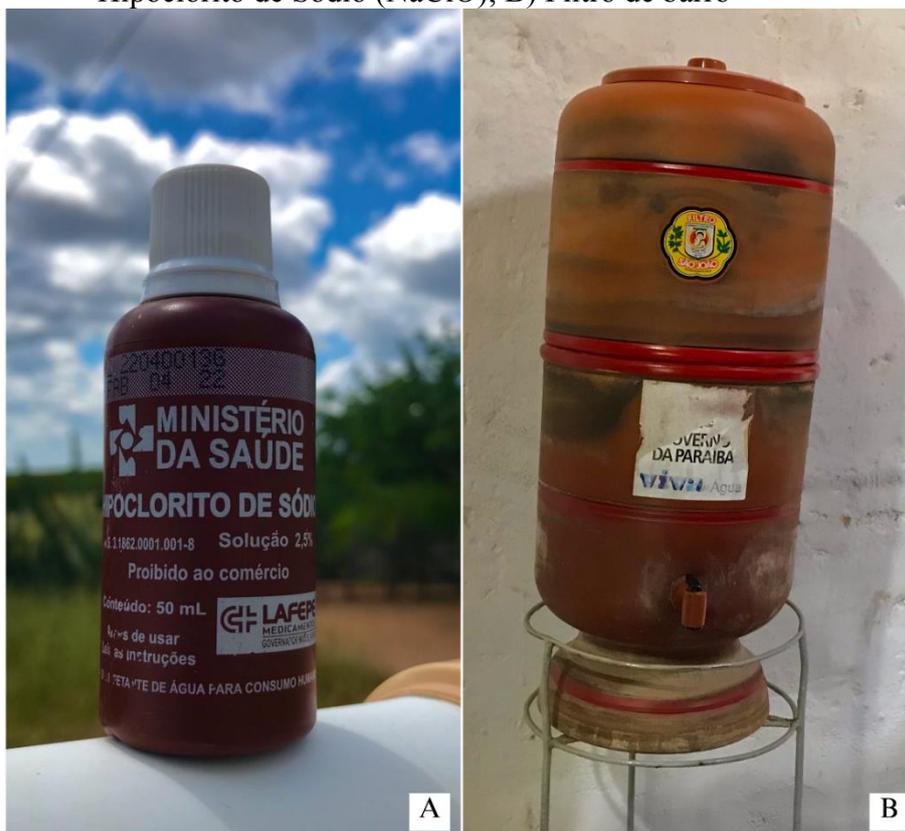


Fonte: Arquivo pessoal (2023)

É notório a preocupação da maioria dos moradores das comunidades rurais com a qualidade da água que consomem. Segundo relatos dos Agentes Comunitários de Saúde (ACS) do município de São José do Sabugi- PB, parte da população rural faz o uso do Hipoclorito de Sódio (NaClO), ilustrado na Figura 9A, que é distribuído gratuitamente como uma alternativa de desinfecção a ser utilizado no tratamento da água para consumo humano. Ainda, é relatado

pela população o uso da filtração, principalmente, por meio de filtros de barro (Figura 9B). Vale ressaltar que nem todos os moradores tem a preocupação com o tratamento da água, tendo uma certa resistência na utilização de alternativas por algumas residências das comunidades rurais.

Figura 9 - Alternativas empregadas no tratamento de água para consumo humano: A) Hipoclorito de Sódio (NaClO); B) Filtro de barro



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

É preocupante saber que existem alternativas disponíveis para tratar e melhorar a qualidade da água para consumo humano, disponibilizadas para os residentes dessas comunidades. Quando poluída e/ou contaminada, a água é um meio de dissipação de patologias entre os seres vivos, proporcionando o ambiente suscetível à proliferação de vetores que podem transmitir doenças infecciosas. Segundo a FUNASA (2018), as principais doenças que podem acometer a população ao ser ingerida água poluída e/ou contaminada, são: cólera, diarreia, disenteria bacteriana, hepatite, verminoses e giardíase.

Muitas vezes, pelo fato dos moradores rurais acharem que a água apresenta uma excelente qualidade para o consumo, não existe a preocupação de análises laboratoriais no que se refere aos parâmetros e VPM exigidos pela legislação vigente de potabilidade para o consumo humano. A falta de preocupação e aplicação de alternativas que melhorem a qualidade

da água consumida no meio doméstico, pode ser manifestada pela falta de informações e ações simplificadas, de modo que consigam compreender de forma objetiva e efetivar as ações, além de se criar uma sensibilização correlacionando o consumo de água tratada à melhorias nas condições de saúde e ambientais.

Com base no exposto, para o eixo abastecimento de água, identificou-se na zona rural do município de São José do Sabugi-PB as atividades listadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Atividades identificadas no eixo de Abastecimento de Água

Atividades
Captação de água de chuva
Transporte da água
Construção/Manutenção de cisternas
Aberturas de poços
Tratamento da água bruta
Reservação/Armazenamento da água
Limpeza dos reservatórios
Atividades domésticas inadequadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5.1.2 Esgotamento sanitário

A zona rural do município estudado não possui um sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário, mas existem alternativas individuais implantadas em algumas residências. Dessa forma, os moradores buscam minimizar os impactos negativos por meio da aplicação de alternativas individuais para a disposição correta dos efluentes domésticos. De acordo com dados do IBGE (2017), cerca de 83,4% dos domicílios do município de São José do Sabugi-PB possuem esgotamento sanitário.

Durante as visitas *in loco*, observou-se que, apesar dos avanços nas alternativas simplificadas para o tratamento de esgoto e das melhorias nas condições ambientais, ainda é comum encontrar instalações inadequadas em algumas localidades, como as valas a céu aberto. Essas valas são utilizadas tanto para a disposição das águas negras quanto das águas cinzas, o que evidenciam situações precárias relacionadas ao esgotamento sanitário na área de estudo.

As águas negras são provenientes dos vasos sanitários e consistem principalmente de fezes, urina e água, apresentando uma elevada concentração de matéria orgânica e microrganismos (BARBOZA *et al.*, 2022). As águas cinzas são provenientes de atividades domésticas, como a lavagem de roupas, louças e banho.

No meio rural do município de São José do Sabugi-PB, algumas residências usam alternativas individuais simplificadas para a disposição das águas negras, como: sumidouros de alvenaria ou pneus de veículos (Figuras 10A e 10B) e fossas do tipo negras e sépticas (Figura 10C). Quando essas alternativas não são aplicadas, o esgoto é lançado ao ar livre (Figura 10D).

Figura 10 - Alternativas utilizados para a disposição do esgoto doméstico: A) Sumidouros de pneus de veículos; B) Sumidouros de alvenaria; C) Fossa sépticas; D) Lançamento ao ar livre



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Sá (2016) realizou um estudo de caso na cidade de Pombal-PB, da qual fez-se a avaliação de impactos ambientais dos serviços de saneamento básico, e para o eixo esgotamento sanitário da área estudada nesse trabalho expôs a construção e utilização de fossas negras e sépticas.

É importante ressaltar que por falta de incentivos financeiros e programas efetivos, o dimensionamento, construção e manutenção das fossas é de inteira responsabilidade do proprietário. Em alguns casos, a limpeza e manutenção são feitas por empresas privadas especializadas. Portanto, quando não se tem acesso a esse serviço especializado, por dificuldades financeiras, e a fossa excede o seu limite de armazenamento, as soluções aplicadas consistem na construção de uma nova fossa séptica ou na disposição a céu aberto.

O lançamento de efluente sanitário a céu aberto apresenta-se como um grande risco para as pessoas que residem nessas respectivas localidades, uma vez que esses moradores ficam expostos ao esgoto doméstico, seja pelo contato direto na área, ingestão de alimentos ou água contaminada. Nesse sentido, a disposição inadequada aumenta a exposição da população rural a agentes patológicos, elevando o número de doenças na área de estudo. Além dos danos causados à saúde pública, afeta também a qualidade de componentes ambientais, por exemplo o solo.

Notoriamente, os moradores das comunidades não possuem conhecimento, nem dispõem de orientações técnicas sobre a disposição final do esgoto doméstico, pois, percebeu-se que além de construírem as fossas ou despejarem o esgoto em qualquer área, ainda utilizam desse meio para regar árvores frutíferas (Figuras 11A e 11B), podendo, dessa maneira, causar várias alterações negativas no meio ambiente e na saúde pública.

Figura 11 - Utilização de águas negras para irrigação de árvores frutíferas: A) Rega de plantas com águas negra a céu aberto; B) Reaproveitamento da umidade do solo de sumidouro para rega de planta



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Segundo a NBR 7229 (ABNT, 1992), os tanques sépticos devem apresentar um espaço horizontal mínimo de 3,0 m de árvores ou de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água e de 15,0 m para poços freáticos ou corpos de água de qualquer natureza.

Quanto as águas cinzas, estas são dispostas a céu aberto, seguindo diretamente para o solo, mas, em alguns casos, são reaproveitadas para irrigação de plantios em pequena escala que servem para o consumo animal, bem como para irrigar árvores frutíferas.

Na Figura 12, observa-se a disposição das águas cinzas na zona rural do município em estudo. Nota-se a disposição de esgoto a céu aberto (Figura 12A), acúmulo de resíduos sólidos no mesmo local de lançamento das águas cinzas (Figura 12B), o que acarreta no aumento da proliferação de vetores, e a presença de árvores frutíferas como o mamão (*Carica papaya*) próximo a disposição do esgoto (Figura 12C).

Figura 12 - Disposição de águas cinzas: A) Disposição a céu aberto; B) Acúmulo de resíduos sólidos próximo a disposição de esgoto; C) Presença de árvores frutíferas



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Algumas residências, com o intuito de evitar e/ou minimizar os odores desagradáveis do esgoto doméstico, fazem instalações com recursos próprios de condutos (canos de PVC),

objetivando dispor esse efluente para longe de suas residências. No Quadro 5, estão listadas as atividades relacionadas ao eixo de esgotamento sanitário.

Quadro 5 - Atividades identificadas no eixo de Esgotamento Sanitário

Atividades
Coleta de esgoto
Construção de fossas
Lançamento de efluentes
Utilização do esgoto <i>in natura</i>
Tratamento do esgoto
Atividades domésticas inadequadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5.1.3 Manejo de resíduos sólidos

A gestão dos resíduos sólidos das comunidades rurais do município de São José do Sabugi-PB, assim como o abastecimento de água e esgotamento sanitário, é gerenciado de forma individual por cada morador/residência. Apesar de existir o Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos (PGRS) do município em questão, não existem ações propostas efetivas para o meio rural, do qual observa-se péssimas condições sanitárias e fatores preocupantes, resultando em um conjunto de impactos negativos.

Dentre as alternativas utilizadas pelos moradores para a disposição dos resíduos gerados, destacam-se: a queima (Figura 13A), o aterramento, e a disposição em valas e lajeiros de rocha (Figura 13B). Apenas uma de todas as comunidades, que se localiza bem próximo à zona urbana, a comunidade de Camuci, é beneficiada com a coleta de resíduos pelo município, observa-se na Figura 13C um contêiner para destinação do resíduo.

Figura 13 - Alternativas para disposição de resíduos sólidos: A) Queima de resíduos; B) Resíduos em lajeiros de rocha; C) Contêiner com resíduos



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

A queima dos resíduos representa um sério problema ambiental. A PNRS, instituída pela Lei n. 12.305/2010, trata em seu art. 47 e inciso III, que a queima de rejeitos e resíduos sólidos é proibida, isso vale tanto para locais a céu aberto como para recipientes, instalações ou máquinas/equipamentos não licenciados para esse tipo de atividade. Neste mesmo artigo, parágrafo 1º, relata-se que “somente é possível a queima de resíduos ou rejeitos a céu aberto quando decretada emergência sanitária, desde que autorizada e acompanhada pelos órgãos competentes” (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, a queima dos resíduos na área de influência ocorre de forma irregular, descumprindo as exigências da legislação vigente, sem a supervisão dos órgãos competentes, arretando prejuízos aos aspectos sociais, sanitários e ecológicos do município de São José do Sabugi-PB (GOMES, 2015).

Vale ressaltar que a queima dos resíduos resulta na geração de subprodutos, a exemplo de cinzas e a não carbonização de produtos metálicos, os quais não possuem uma disposição adequada, conforme pode ser observado na Figura 14. Segundo Werther (2007) a queima dos

resíduos sólidos é uma atividade responsável pela emissão de gases tóxicos na atmosfera, incluindo dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x).

Figura 14 - Subproduto metálico resultante da queima de resíduos



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Os resíduos queimados são apenas aqueles que apresentam características suscetíveis a queima, como: papel, papelão, plástico, tecidos entre outros. Os demais resíduos, tais como: vidro, metal, e eletroeletrônicos são dispostos em valas e depois aterrados ou então em lajeiros de pedras, ilustrado na Figura 15, longe das residências, já que alguns apresentam certo grau de periculosidade, de acordo com a classificação da NBR 10004:2004 (ABNT, 2004). Parte dos resíduos orgânicos servem de alimentação para a criação de galinhas, patos, porcos e até mesmo bovinos.

Figura 15 - Disposição de resíduos em lajeiros de rocha



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

A prática de acumular resíduos para a queima próximo a residências e vias de acesso das comunidades rurais, como evidenciado na Figura 16, aponta preocupações adicionais na área de influência. Essa prática expõe os moradores a problemas adversos, como a formação e dissipação de odores, a proliferação de vetores, a poluição visual e a geração de lixiviado e gases decorrente da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos. Um dos principais gases gerados é o metano (CH_4), que possui toxicidade e contribui significativamente para o agravamento do efeito estufa (GOMES, 2015). Esses fatores aumentam a vulnerabilidade dos moradores, além de comprometer a qualidade ambiental da área.

Araújo (2022) expõe que na cidade de Aparecida-PB a população tem o hábito de queimar resíduos, ressalta que o município dispõe de coleta seletiva em toda área urbana. Segundo Oliveira (2014), em seu estudo em comunidades rurais de Pombal-PB, destaca-se que a população local tem a percepção de que a questão do acúmulo de resíduos pode ser solucionada por meio da queima dos mesmos.

Na Figura 16, observa-se o acúmulo de resíduos em vias de acesso das comunidades rurais (Figura 16A), resíduos dispostos de forma inadequada para serem submetidos a queima (Figura 16B) e o acúmulo de materiais recicláveis que posteriormente serão comercializados (Figura 16C).

Figura 16 - Acúmulo de resíduos no meio rural: A) Vias de acesso das comunidades rurais; B) Resíduos que serão submetidos a queima; C) Materiais recicláveis



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Vale destacar que o “lixão” desativado do município de São José do Sabugi-PB, localizado na zona rural, apesar de existir um Plano de Recuperação de Áreas degradadas (PRAD), nenhuma das ações propostas se efetivaram, o que além de comprometer a qualidade ambiental, pode trazer riscos à saúde das pessoas que residem nas proximidades dessa área.

Percebe-se que a população rural do município estudado desenvolve atividades e/ou ações básicas que diretamente oferece melhorias no gerenciamento dos resíduos sólidos, por exemplo, a separação dos resíduos, a reutilização de materiais e a venda de materiais recicláveis. Essas iniciativas contribuem para redução dos problemas sanitários relacionados aos resíduos e para a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade local.

Dessa maneira, torna-se fundamental estabelecer programas de apoio e incentivo que fortaleçam as práticas citadas anteriormente nas comunidades rurais. Ressalta-se que essas ações devem ser acompanhadas de perto por órgãos responsáveis e contar com a participação ativa da população local. Assim, será possível garantir resultados positivos no manejo dos

resíduos sólidos, proporcionando benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a qualidade de vida dos moradores rurais.

Em relação ao serviço de manejo de resíduos sólidos, foram identificadas 09 (nove) atividades, conforme apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Atividades identificadas no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos

Atividades
Segregação dos resíduos
Acondicionamento
Coleta dos resíduos
Lixão (desativado)
Transporte dos resíduos coletados
Queima de resíduos
Aterramento de resíduos
Venda de resíduos
Atividades domésticas inadequadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5.1.4 Manejo e Drenagem de Águas Pluviais

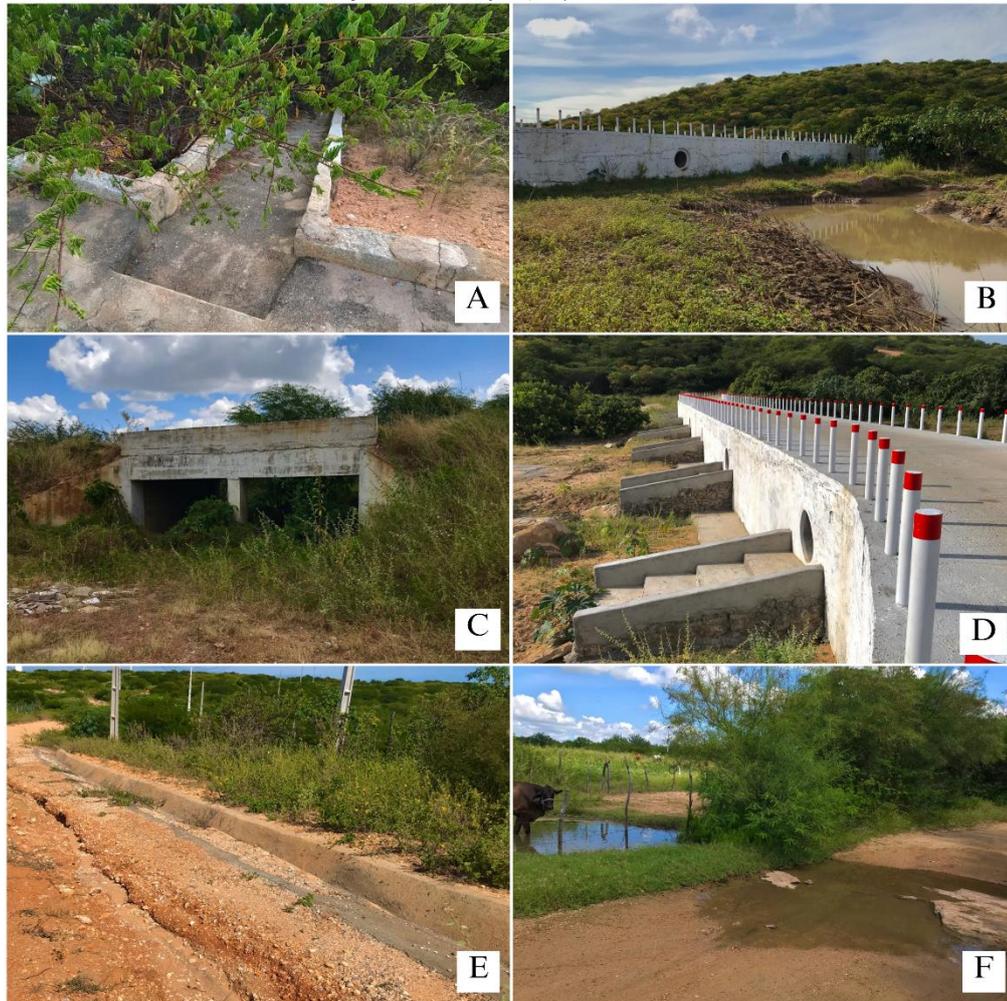
Os serviços de drenagem caracterizam-se, de modo geral, por sistemas de microdrenagem e macrodrenagem, que são empregados no gerenciamento das águas pluviais (TUCCI, 2003). Cada sistema possui características específicas que visam lidar com os desafios relacionados ao escoamento das águas pluviais.

Embora sejam menos comuns em comunidades rurais, os sistemas de drenagem pluvial desempenham um papel relevante nesse meio, uma vez que ajudam a minimizar problemas como a redução do risco de enchentes e alagamentos e a erosão do solo decorrentes do escoamento inadequado das águas de chuva (SILVA *et al.*, 2016).

No meio rural do município de São José do Sabugi- PB, pouco se aplica a drenagem de águas pluviais, aparecendo de forma efetiva apenas em pequenas áreas pavimentadas em algumas comunidades (Figuras 17A), em que são instaladas pontes tradicionais e do tipo passagens molhadas (Figuras 17B, 17C e 17D) para não impedir o tráfego em períodos chuvosos devido as características do revelo de algumas áreas mais isoladas, drenagem em vias de acesso não pavimentadas (FIGURA 17E).

O sistema de drenagem corresponde também aos rios, riachos (Figura 17F), açudes, barragens, barreiros, que além de drenar, armazenam a água para consumo humano e dessedentação animal.

Figura 17 - Drenagem de águas pluviais no meio rural: A) Em áreas pavimentadas; B) Estrutura passagem molhada; C) Ponte convencional; D) Passagem molhada; E) Vias de acesso sem pavimentação; F) Riacho



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Problemas ligados à drenagem de águas pluviais relacionam-se diretamente com o ciclo hidrológico, por exemplo, dependendo da ocupação e uso de algumas áreas rurais ocorre a redução da infiltração da água no solo, que pode ser decorrente da compactação do solo, pavimentação e retirada da cobertura vegetal, resultando no aumento do escoamento superficial. A situação torna-se mais grave quando não há nenhuma alternativa viável para drenar essa água, o que é especialmente observado em áreas rurais com alta densidade populacional.

Adicionalmente, questões relacionadas à drenagem, como alagamentos, enchentes e inundações, estão diretamente relacionadas à má gestão dos resíduos sólidos, que podem

obstruir os canais de escoamento. Isso acarreta diversos transtornos para os moradores, aumentando os riscos à saúde da população e expondo-os ao contato com água poluída e/ou contaminada. Além disso, é importante considerar que as inundações podem impossibilitar a locomoção dos moradores das comunidades rurais.

Em suma, é necessário buscar soluções adequadas e contextualizadas, levando em conta as características específicas de cada localidade, e conseqüentemente, implementar medidas que realmente abordem os desafios de forma efetiva e promovam melhorias significativas nas condições de drenagem e manejo dos resíduos sólidos.

Devido à falta de planejamento na construção de residências ou pela justificativa da facilidade em obter água, percebeu-se que algumas residências rurais ficam localizadas bem próximas a riachos e córregos. De modo geral, é indispensável a estruturação e ampliação de soluções adequadas de redes de drenagem no meio rural, formuladas de acordo com as características específicas de cada localidade.

No estudo desenvolvido Oliveira (2014), relacionado ao saneamento básico de comunidades rurais do município de Pombal-PB, o eixo drenagem de águas pluviais não é abordado. Porém, vale ressaltar que a drenagem de águas pluviais no meio rural desempenha um papel crucial para o gerenciamento adequado do escoamento das águas da chuva, minimizando os problemas como a degradação do solo e alterações na qualidade da água, além de apresentar melhorias de acesso e mobilidade e a redução dos riscos à saúde pública.

De acordo com as visitas em campo, verificou-se as seguintes atividades para o eixo drenagem de águas pluviais, conforme listadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Atividades identificadas nos serviços de Drenagem de Águas Pluviais

Atividades
Construção de sistemas de drenagem
Captação de água pluvial
Manutenção do sistema de drenagem
Contratação de mão de obra
Limpeza do sistema de drenagem
Atividades domésticas inadequadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5.2 Diagnóstico Ambiental Simplificado

5.2.1 Descrição do Meio Físico

5.2.1.1 Recursos Hídricos

O município de São José do Sabugi-PB está localizado nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio Seridó. Os seus principais contribuintes são os rios São José e Sanatana, além dos riachos da Serra, Verde, Santa Maria, Mofumbo, Boqueirãozinho, Poço de Pedra, Cabaça e Papa Mel. Todos os cursos d'água itinerários citados se caracterizam por um regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

Em relação as águas subterrâneas do município de São José do Sabugi-PB, de acordo com o levantamento ocorrido no ano de 2005, registrou-se a existência de 79 (setenta e nove) pontos d'água, sendo 3 (3,79%) fontes naturais, 16 (20,25%) poços escavados e 60 (75,95 %) poços tubulares (CPRM, 2005).

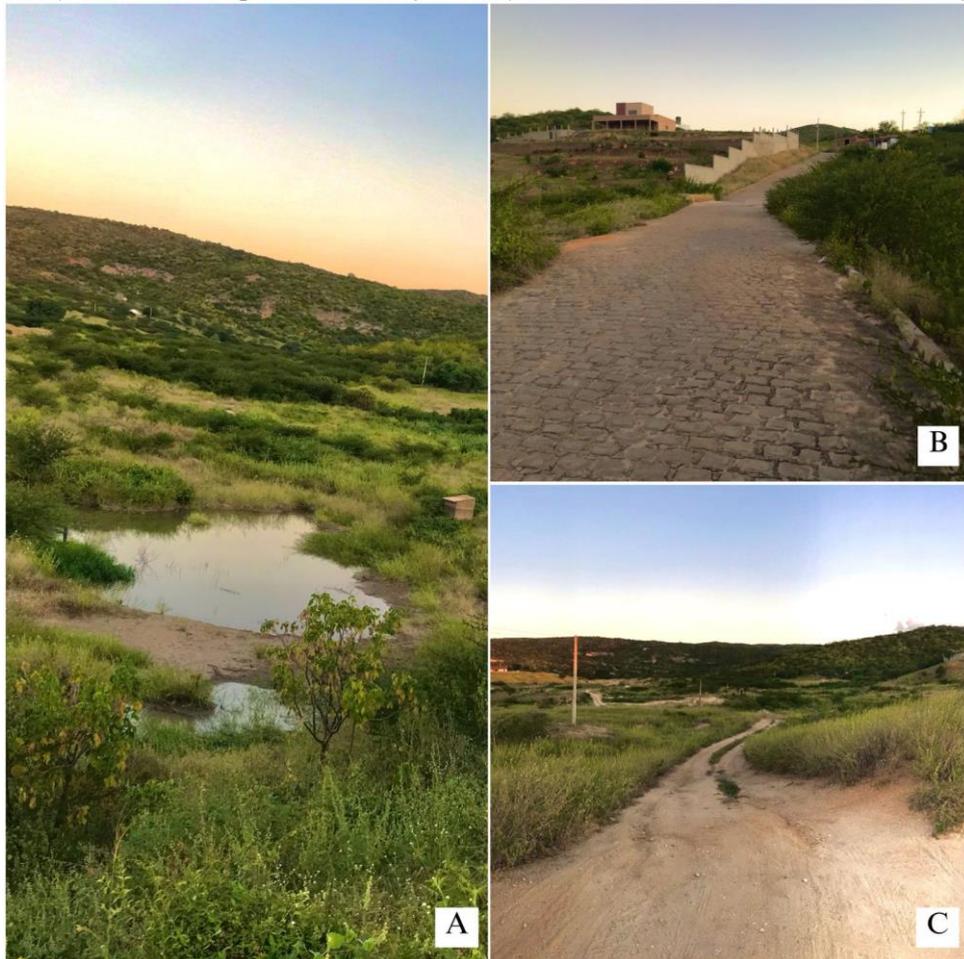
Por meio de uma listagem de reservatórios existentes no município de São José do Sabugi-PB, elaborada no ano de 2017 pela Secretária de Agricultura do Município, foi constatado a existência de 01 (um) açude pertencente ao estado, localizado na comunidade São José, com capacidade de 1,5 milhões de m³; 01 (um) açude situado na comunidade riacho fundo, com capacidade de 2 milhões m³; 01 (uma) barragem no sítio água azul, com capacidade de 5 milhões m³; 30 (trinta) açudes de pequeno porte; 120 (cento e vinte) barreiros e barragens; 04 (quatro) barragens subterrâneas de lona; e 04 (quatro) barragens subterrâneas de pedra, totalizando 161 reservatórios (PGRS, 2017).

Em relação ao tipo de abastecimento a que se destina a água, os pontos catalogados foram classificados em: comunitários, quando se destinam ao atendimento coletivo (várias famílias); e privados, quando atendem apenas ao seu proprietário (CPRM, 2005). Ainda, de acordo com a CPRM (2005), existem 52 pontos de água destinados ao atendimento comunitário, 5 pontos destinados ao atendimento particular e 22 pontos cuja finalidade de abastecimento ainda não foi definida.

Na Figura 18, pode-se observar a real situação de um importante corpo hídrico do município, o Açude do Governo. Percebe-se que o reservatório em questão se encontra com um pequeno poço superficial de água (Figura 18A). Além disso, nota-se que com o aumento da

população próximo a área do açude, e ações como a construção de residências, abertura de vias de acesso e o aumento das práticas agricultáveis, desenvolvidas ao redor têm interferido diretamente e de forma negativa nesse corpo, conforme apresentados na figura 18C e 18D, o que contribui, por exemplo, para a aceleração da erosão do solo, poluição e contaminação da água.

Figura 18 - Açude do Governo do município de São José do Sabugi -PB: A) Reserva de água; B) Residências próximo ao açude; C) Via de acesso dentro da área do açude



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Em resumo, os recursos hídricos desempenham grande contribuição para o meio rural, sendo necessárias medidas de preservação, uso consciente e gestão sustentável para garantir o acesso à água de qualidade e atender às necessidades das comunidades rurais. A educação ambiental e a implementação de programas de conservação e manejo adequado dos recursos hídricos é indispensável para garantir a disponibilidade contínua desse recurso vital.

5.2.1.2 Solo

Os solos na zona rural do município de São José do Sabugi-PB sofrem com processos de compactação, ficando susceptíveis a erosão acelerada (Figuras 19A e 19B). Já quando o esgoto é lançado de forma inadequada no solo, seja por vazamentos de sistemas de esgoto, descarte irregular de resíduos ou falta de tratamento adequado, ocorre a poluição e/ou contaminação do solo. A compactação do solo se dá em algumas comunidades (Redinha, Brejinho e Lagoa do Brejinho) principalmente em vias de acesso, pelo uso de maquinários de grande porte. A compactação juntamente com a erosão são acelerados devido ao surgimento de empreendimentos, por exemplo, complexos eólicos (Figuras 19C e 19D), do qual destacam-se pelos aspectos econômicos positivos para o desenvolvimento da região.

Figura 19 - Impactos ambientais no componente solo: A) Erosão do solo; B) Erosão acelerada; C) Via de acesso com processo erosivo; D) Via de acesso compactada



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Os solos são variados e foram enquadrados em Litólicos eutrófilos, Bruno não cálcico, podzólicos e aluvisolos eutróficos (BARACUHY *et al.*, 2006), sendo indicados para a preservação da flora e fauna, agricultura e pecuária extensiva.

No município de São José do Sabugi-PB, é possível encontrar solos ricos em minerais. Durante a pesquisa realizada, constatou-se que a extração de minérios era uma prática comum algumas décadas atrás, com destaque para a scheelita, em função do seu alto valor comercial. Ao longo do tempo, as atividades de extração de sheelita diminuíram em intensidade, entretanto, verifica-se um retorno gradual das atividades voltadas para a extração de outros materiais, como a brita, que é utilizada na construção civil.

5.2.1.3 Clima

O município de São José do Sabugi - PB está localizado no Polígono das Secas, inserindo-se no Bioma Caatinga. O Polígono das Secas caracteriza-se pelo regime pluviométrico irregular de chuvas, no tempo e no espaço. Em virtude disso, é construído um entrave no desenvolvimento socioeconômico, pela escassez de água e, até mesmo, à subsistência da sociedade local (CPRM, 2005).

De acordo com a CPRM (2005), a região possui um clima caracterizado como semiárido quente, no qual as chuvas ocorrem em um único período do ano, com duração variando de 3 a 5 meses. A média anual de precipitação varia entre 239 e 479 mm. Além disso, foram observadas mudanças no fluxo de calor e radiação no solo, sendo influenciadas pela estação chuvosa e pela recuperação da cobertura vegetal (CPRM, 2005).

A umidade relativa do ar apresenta uma média anual de 50% e a taxa de evaporação varia entre 1500 e 2000 mm por ano. Essas condições climáticas contribuem para uma significativa perda de água em reservatórios (CPRM, 2005). Observa-se na Tabela 1, informações climatológicas do período 1981-2010 do Município de Patos, Paraíba. Sendo assim, foi calculada a média anual mensal dos dados climatológicos com base na série histórica no período de 1981-2010 (INMET, 2023).

A Estação da cidade de Patos-PB é a que mais se aproxima do contexto climatológico do município, uma vez que São José do Sabugi-PB não dispõe de Estação Meteorológica e está situado na microrregião de Patos-PB (IBGE, 2023).

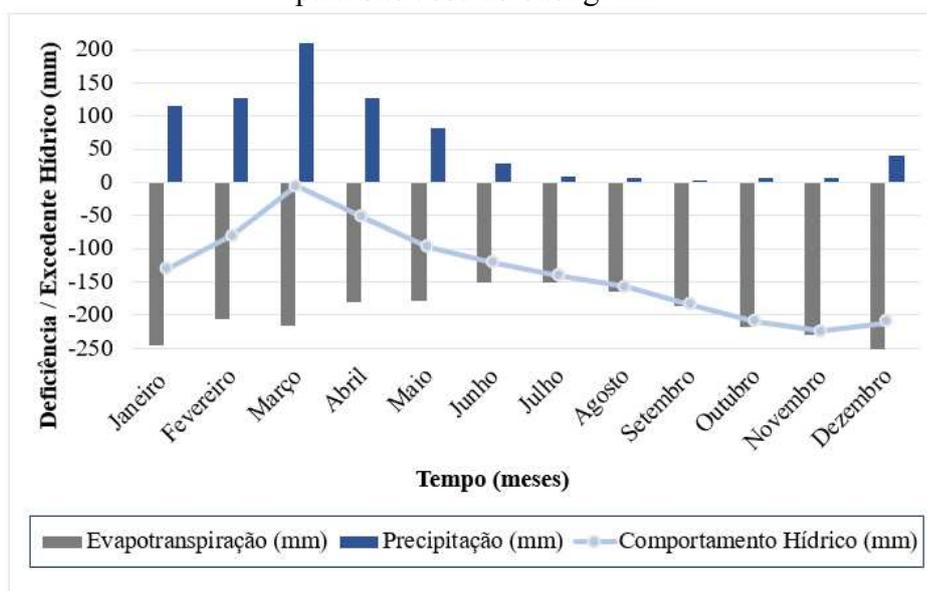
Tabela 1 - Dados climatológicos do período 1981-2010 do Município de Patos, Paraíba

Normal Climatológica do Brasil 1981-2010			
Estação de Patos (82971)			
Meses	Evapotranspiração (mm)	Precipitação (mm)	Comportamento Hídrico (mm)
Janeiro	-246,5	115,7	-130,8
Fevereiro	-207	127,5	-79,5
Março	-215,3	209,5	-5,8
Abril	-179,6	127,4	-52,2
Mai	-179,4	81,6	-97,8
Junho	-150,7	28,7	-122
Julho	-150,2	9,8	-140,4
Agosto	-164,6	7,8	-156,8
Setembro	-186,1	1,3	-184,8
Outubro	-218,2	7,2	-211
Novembro	-230,5	7,1	-223,4
Dezembro	-252	40,8	-211,2

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de INMET (2023)

A distribuição irregular das chuvas deve ser considerada como um critério importante para o planejamento do uso do solo, com o objetivo de adotar medidas preventivas para reduzir a vulnerabilidade, especialmente, nas atividades de produção agropecuária (PGRS, 2017).

Com base na figura 20, observa-se que a evapotranspiração é superior à precipitação em todos os meses, representando um déficit hídrico. O período mais desafiador e com menor quantidade de chuvas ocorre entre os meses de julho a novembro.

Figura 20 - Comportamento hídrico simplificado do município de Patos-PB e considerado para São José do Sabugi-PB

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de INMET (2023)

5.2.1.4 Relevo

O município de São José do Sabugi-PB apresenta uma topografia ondulada à fortemente ondulada nas parcelas ao sudoeste, no qual verifica-se a Serra do Cabaço; ao sudeste, na Serra dos Quintos, apresentando cotas mais altas, podendo chegar até 660 metros; e a leste, tem-se a Serra do Brejinho. Já nas porções noroeste e oeste, o relevo é caracterizado por ser de ondulado a suavemente ondulado, resultando numa declividade média a baixa (CPRM, 2005). Essas características topográficas influenciam diretamente a paisagem e o uso do solo na região, sendo importantes para o planejamento e desenvolvimento de atividades agrícolas, pecuárias e de conservação ambiental.

As áreas mais preservadas no município em questão estão localizadas em áreas de maior altitude e declividade, sendo constatada a existência de savana estépica arborizada e parques, e algumas regiões com vegetação espaçada e fitoecológicas, nas quais é encontrada a presença de elementos arbóreos com até 5 metros de altura, com densidade variável (PGRS, 2017).

5.2.1.5 Ar atmosférico

Quanto ao componente ar atmosférico, algumas atividades ou ações afetam e modificam a sua qualidade de forma direta e indireta, ou seja, essas modificações podem implicar sérios problemas ambientais. Dentre os aspectos que afetam a qualidade do ar, 04 (quatro) apresentam-se com maior relevância, sendo: a queima de cerâmicas (atividade econômica frequente no município), queima de vegetação/resíduos, lançamento de esgotos a céu aberto e um maior fluxo de transportes na região. Pode-se verificar resíduos gasosos gerados pelas cerâmicas na Figura 18A e 18B.

Figura 21 - Resíduos gasosos gerados pela queima das cerâmicas



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Destaca-se o registro da queima de tijolos em olarias (cerâmicas), ocorrendo com maior frequência, pelo menos duas vezes na semana. Além disso, enfatiza-se também as queimadas realizadas pela população, com o objetivo de limpeza de restos vegetais nos terrenos para facilitar as atividades agropecuárias, ações que geram gases poluentes que podem alterar o bem-estar social e ambiental.

5.2.2 Descrição do Meio Biológico

5.2.2.1 Fauna

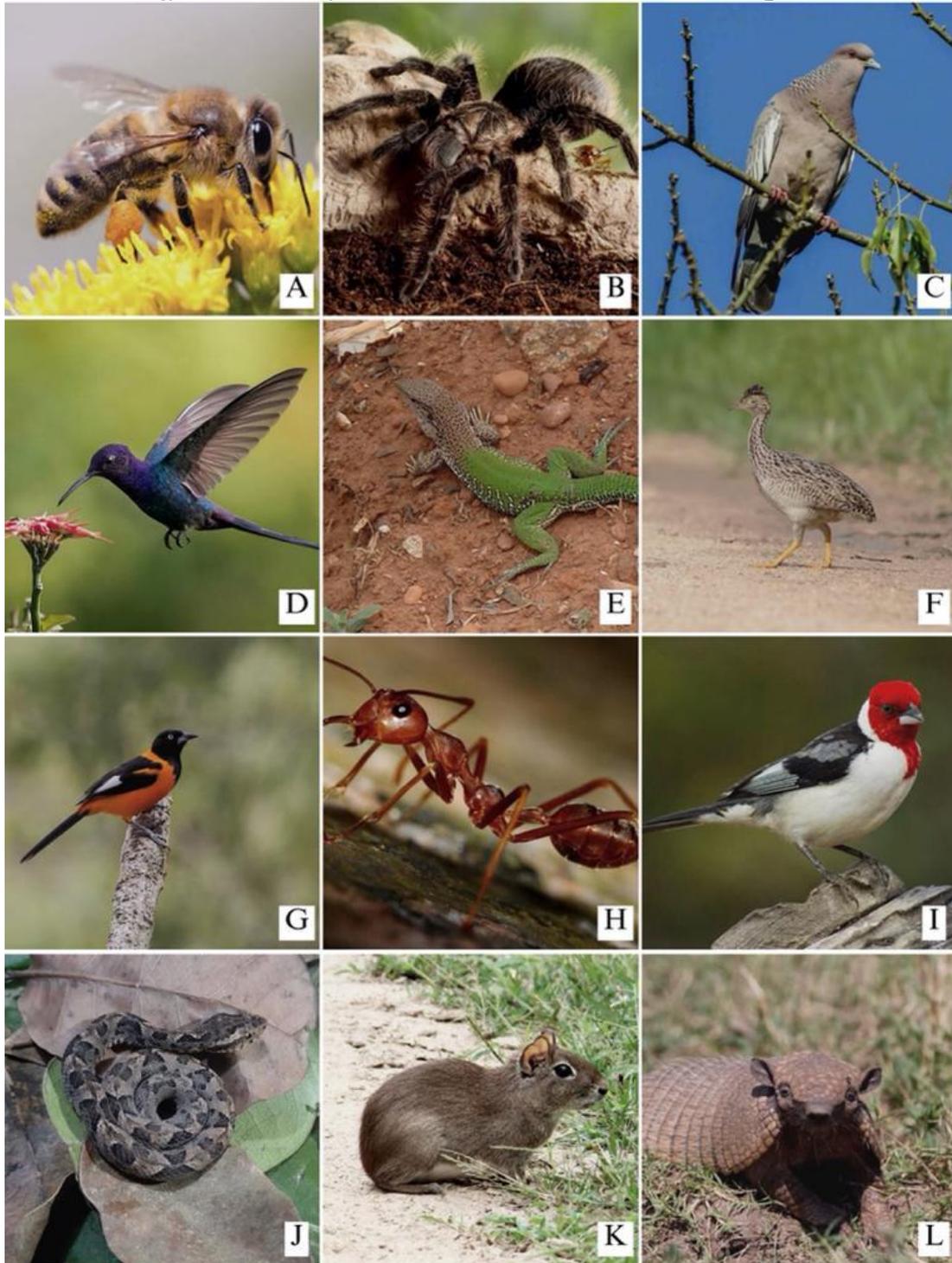
As principais espécies da fauna local identificadas na zona rural do município de São José do Sabugi-PB são animais típicos do bioma Caatinga, o qual abriga inúmeras espécies da fauna brasileira, como: mamíferos, répteis, aves e anfíbios. As principais espécies encontradas na área de estudo encontram-se apresentadas no Quadro 8 e na Figura 22.

Quadro 8 - Principais espécies animais identificadas na área de estudo (Continua)

Nº	Nome Popular	Nome Científico	Figura
01	Abelha Arapuá	<i>Trigona spinipes</i>	
02	Abelha italiana	<i>Apis mellifera ligustica</i>	19A
03	Aranha Caranguejeira	<i>Theraphosidae</i>	19B
04	Asa Branca	<i>Patagioenas picazuru</i>	19C
05	Beija-flor	<i>Trochilus</i>	19D
06	Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i>	
07	Gado Bovino	<i>Bos taurus</i>	
08	Burro	<i>Equus asinus</i>	
09	Cancão	<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	
10	Cão	<i>Canis lupus familiaris</i>	
11	Calango	<i>Ameivula ocellifera</i>	19E
12	Camaleão	<i>Iguana iguana</i>	
13	Caprinos	<i>Caprinae</i>	
14	Carcara	<i>Caracara plancus brasiliensis</i>	
15	Cobra-cascavel	<i>Crotalus durissus</i>	
16	Cobra-Verde	<i>Philodryas olfersii</i>	
17	Codorniz	<i>Nothura boraquira</i>	19F
18	Concriz	<i>Icterus jamacaii</i>	19G
19	Corre-campo	<i>Thamnodynastes pallidus</i>	
20	Equinos	<i>Equidae</i>	
21	Formiga de roça	<i>Atta bisphaerica</i>	19H
22	Galinha	<i>Gallus gallus domesticus</i>	
23	Galo de Campina	<i>Paroaria dominicana</i>	19I
24	Gavião	<i>Milvago Chi-machima</i>	
25	Jararaca	<i>Crotalus durissus</i>	19J
26	Lagartixa	<i>Hemidactylus mabouia</i>	
27	Ovelha	<i>Ovis aries</i>	
28	Pato	<i>Anatidae</i>	
29	Periquito-da-caatinga	<i>Eupsittula cactorum</i>	
30	Preá	<i>Galea spixi spixi</i>	19K
31	Raposa	<i>Lycalopex vetulus</i>	
32	Rolinha-caldo-de-feijão	<i>Columbina talpacoti</i>	
33	Rolinha-cascavel	<i>Columbina squammata</i>	
34	Sapo-cururu	<i>Rhinella jimi</i>	
35	Suínos	<i>Sus scrofa domesticus</i>	
36	Tacaca	<i>Conepatus semistriatus</i>	
37	Tatu-peba	<i>Euphractus sexcinctus</i>	19L
38	Teiú	<i>Tupinambis teguixin</i>	
39	Urubu	<i>Coragyps atratus</i>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 22 - Componentes da fauna de São José do Sabugi-PB



Fonte: Google imagens (2023)

Segundo os residentes da área de estudo, algumas espécies animais estão desaparecendo, a exemplo do: Guaxinim (*Procyon lotor*), Ciriema (*Cariamidae*), Gato-do-mato (*Leopardus tigrinus*) e tatu-bola (*Tolypeutes*). Esse desaparecimento pode estar relacionado a execução de

algumas atividades antrópicas, como o desmatamento, a caça e a poluição, que tornam o ambiente inadequado para sobrevivência da fauna nativa, deixando essas espécies ameaçadas.

5.2.2.2 Flora

A cobertura vegetal da zona rural do município de São José do Sabugi -PB é constituída basicamente por espécies do bioma Caatinga, classificando-se como savana estépica (CPRM, 2005). Apesar das espécies vegetais serem características da Caatinga, a área de influência é evidente a presença de espécies exóticas, por exemplo: Algaroba (*Prosopis Juliflora*), Nim Indiano (*Azadirachta indica*) e a Mamona (*Ricinus communis L.*). No Quadro 9 e na Figura 23, pode-se observar uma listagem com as principais espécies vegetais encontradas e identificadas na área de estudo.

Quadro 9 - Principais espécies vegetais identificadas na área de estudo (Continua)

Nº	Nome Popular	Nome Científico	Figura
01	Alfazema-brava	<i>Hyptis suaveolens Poit</i>	20A
02	Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>	
03	Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva Allemão</i>	
04	Ameixa-da-caatinga	<i>Ximenia Americana L</i>	
05	Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>	20B
06	Catingueira	<i>Cenostigma pyramidale</i>	20C
07	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i>	
08	Coroa de frade	<i>Melocactus bahiensis</i>	20D
09	Faveleira	<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	20E
10	Facheiro-amarelo	<i>Pilosocereus pentaedrophorus</i>	
11	Feijão-bravo	<i>Capparis hastata</i>	
12	Imburana	<i>Commiphora leptophloeos</i>	
13	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i>	20F
14	Jurema Preta	<i>Mimosa hostilis</i>	20G
15	Jurema Branca	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	
16	Mamona	<i>Ricinus communis L.</i>	20H
17	Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>	20I
18	Marmeleiro-do-mato	<i>Croton sonderianus</i>	
19	Mofumbo	<i>Combretum Leprosum</i>	
20	Mulungu	<i>Erythrina velutina</i>	
21	Nim indiano	<i>Azadirachta indica</i>	
22	Palmatória	<i>Tacinga palmadora</i>	20J
23	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	
24	Pinhão-bravo	<i>Jatropha mollissima</i>	20K
25	Rosa Cera	<i>Schumbergera truncata</i>	
26	Trapiá	<i>Crateva tapia L</i>	
27	Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i>	

Quadro 9 - Principais espécies vegetais identificadas na área de estudo (Conclusão)

28	Velame	<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart.	
29	Xique-xique	<i>Pilosocereus gounelleii</i>	20L

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 23 - Principais espécies vegetais identificadas na área de estudo

Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Em algumas áreas da zona rural do município de São José do Sabugi- PB acontece a utilização de recursos florestais de forma indiscriminada, pela supressão vegetal em virtude extração da lenha para produção de carvão, queima das cerâmicas, panificadoras e pequenas

olarias. É visível, também, a retirada da mata ciliar das margens dos rios e riachos, além da extração irregular de plantas medicinais, a aroeira, por exemplo. O desmatamento desordenado e a perda da cobertura vegetal podem colocar em risco o equilíbrio ambiental, comprometendo não apenas os fatores bióticos, mas os físicos e antrópicos.

5.2.2.3 *Ecosistema*

No geral, as atividades antrópicas realizadas na área de estudo deste trabalho são as principais causas das alterações negativas nos ecossistemas. Dentre as atividades desenvolvidas, citam-se: supressão vegetal, queimadas, agricultura, pecuária, cerâmicas, mineração e instalação de complexos eólicos. Essas atividades alteram a qualidade ambiental e muitas vezes causam impactos permanentes, causando o esgotamento dos recursos naturais.

5.2.3 *Descrição do Meio Antrópico*

5.2.3.1 *Uso e Ocupação do Solo*

Na zona rural do município de São José do Sabugi- PB, de maneira geral, o uso e a ocupação do solo é feito por residências, comércios, vegetação nativa (Savana-Estéptica Arborizada), áreas para agropecuária, agricultura e pequenas indústrias cerâmicas (olarias). Atualmente, pela concentração das instalações de complexos eólicos para a produção de energia e pela entrada principal se localizar as margens das BR-230, tem atraído viajantes e turistas, movimentando, assim, a economia local.

Ainda, encontra-se na zona rural, 04 (quatro) escolas de ensino fundamental pertencentes a rede municipal de ensino; 03 (três) quadras poliesportivas; 01 (uma) unidade processadora de frutas; 1 (uma) Unidade do Programa Saúde da Família (PSF). De natureza privada, concentra-se no meio rural: 01 (uma) mineradora; 06 (seis) cerâmicas para a produção de telha e tijolos; e um complexo eólico, que faz ligação com outras cidades circunvizinhas.

A região também possui um rico patrimônio histórico e artístico, com eventos tradicionais como festas de vaquejadas e cavalgadas, celebrações do padroeiro São José e das capelas locais. Entre os eventos, destaca-se o tradicional São Pedro da cidade, que desempenha um papel significativo como um monumento de grande valor econômico e cultural. Além disso,

a área abriga um parque arqueológico, conhecido como “Pedra Lavrada” e faz fronteira com a cidade de Ouro Branco-RN. É importante considerar que a área de estudo tem sofrido com alterações constantes, devido ao aumento de empreendimentos e expansão da urbanização, afetando os ecossistemas.

5.2.3.2 Saúde Pública

As comunidades rurais se encontram atendidas atualmente por 3 (três) unidades de saúde, por meio do Programa Saúde da Família (PSF), do qual duas dessas unidades estão localizadas na zona urbana e uma âncora na zona rural, na comunidade Riacho da Serra, em que atende as comunidades rurais com maior número de residentes. Essas unidades funcionam como uma porta de entrada para assistência à saúde, realizando as notificações compulsórias das doenças contraídas pelos moradores.

O município em questão apresenta um alcance de 100% dos habitantes por meio da Estratégia Saúde da Família (ESF), com integração dos Agentes de Combates as Endemias e Coordenação de Vigilância em Saúde (Epidemiológica e Sanitária).

A saúde dos habitantes tem relação direta com as condições dos serviços de saneamento básico, considerando que a falta e/ou insuficiência desses serviços podem causar danos ao meio ambiente, além do aumento de vetores, que causam doenças como: Cólera, Dengue, Diarreia, Disenteria, Giardíase, Hepatite A, Leptospirose, Verminoses e problemas respiratórios (PNSR, 2019).

5.2.3.3 Economia

A economia do município baseia-se na agricultura, pecuária e comércio em geral. É frequente no município a venda de produtos artesanais. Vale destacar a existência de uma unidade demonstrativa para o processamento de frutas e produção de polpa e as indústrias de cerâmicas que fabricam telhas e tijolos. Na Figura 24, apresentam-se atividades relacionadas a agropecuária (Figuras 24A e 24B), instalações de empreendimento de mineração (Figura 24C) e cerâmicas de fabricação de tijolos (Figura 24D).

Figura 24 - Principais atividades econômicas na área de estudo: A) Pecuária; B) Agricultura; C) Mineração; D) Cerâmicas



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Houve no município de São José do Sabugi-PB, nos últimos anos, o aumento de microempresas que oferecem a prestação de bens e serviços nas áreas de vestuário (fardamentos, peças íntimas, entre outros), construção civil, alimentação, higiene e lazer (PGRS, 2017).

Recentemente, o município é cenário de investimentos em energias renováveis, concentrando-se parques de energia eólica, sendo: Lagoa I, Lagoa II e Canoas. Além de impactos pontuais e temporários na geração de emprego e renda e o desenvolvimento da economia local, tem-se a pretensão da criação de um projeto socioambiental na área de concentração das instalações (zona rural).

5.3 Identificação dos Impactos Ambientais

No Quadro 10, encontra-se a matriz de interação com as atividades e/ou ações antrópicas aplicadas em cada eixo do saneamento *versus* os componentes ambientais atingidos.

Quadro 10 - Matriz de interação para a identificação das atividades e componentes ambientais por eixo de saneamento (Continua)

Eixos do Saneamento	Atividades ou Ações Antrópicas	Componentes ambientais											
		Meio Físico					Meio Biológico			Meio Antrópico			
		Recursos hídricos	Solo	Clima	Relevo	Ar Atmosférico	Fauna	Flora	Ecosistemas	Uso e ocupação do solo	Saúde pública	Economia	
Abastecimento de água	Captação da água de chuva												
	Transporte da água												
	Construção/Manutenção de cisternas												
	Abertura de poços												
	Tratamento da água bruta												
	Reservação/Armazenamento da água												
	Limpeza dos reservatórios												
Esgotamento Sanitário	Atividades domésticas inadequadas												
	Coleta de esgoto												
	Construção de fossas												
	Irrigação plantas com efluente												
	Utilização do esgoto <i>in natura</i>												
	Tratamento do esgoto												
	Lançamento dos efluentes												
Atividades domésticas inadequadas													

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

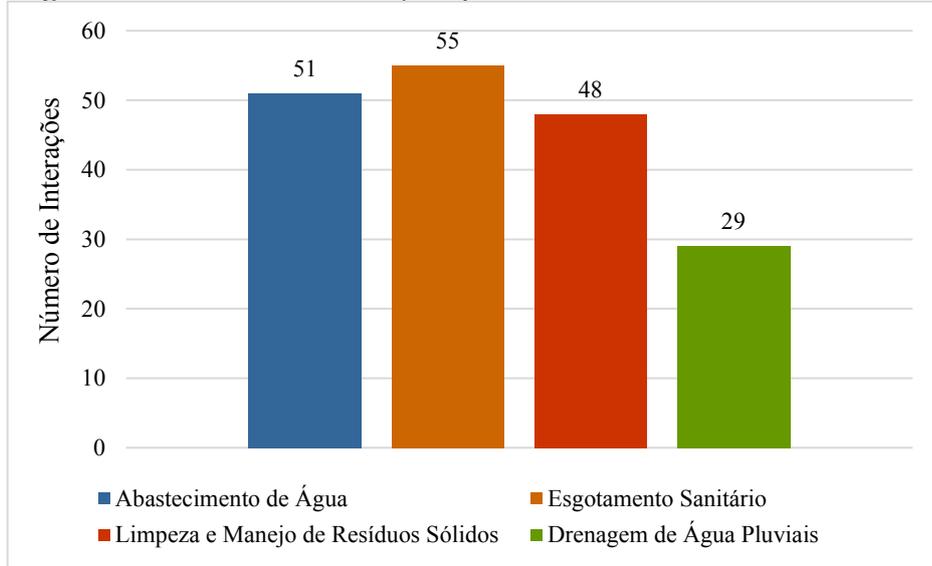
Quadro 10 - Matriz de interação para a identificação das atividades e componentes ambientais por eixo de saneamento (Conclusão)

Eixos do Saneamento	Atividades ou Ações Antrópicas	Componentes Ambientais											
		Meio Físico					Meio Biológico			Meio Antrópico			
		Recursos hídricos	Solo	Clima	Relevo	Ar Atmosférico	Fauna	Flora	Ecosistemas	Uso e ocupação do solo	Saúde pública	Economia	
Manejo de Resíduos Sólidos	Segregação dos resíduos												
	Acondicionamento												
	Coleta dos resíduos												
	Lixão (desativado)												
	Transporte dos resíduos coletados												
	Queima de resíduos												
	Aterramento de resíduos												
	Comercialização de resíduos												
Manejo e Drenagem de Águas Pluviais	Atividades domésticas inadequadas												
	Construção de sistemas de drenagem												
	Captação de água pluvial												
	Manutenção do sistema de drenagem												
	Contratação de mão de obra												
	Limpeza do sistema de drenagem												
Atividades domésticas inadequadas													

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com a Matriz de interação (Quadro 10), verificou-se a possibilidade 183 interações para os 04 eixos (Abastecimento de água, Esgotamento Sanitário, Limpeza e Manejo dos Resíduos Sólidos e Manejo e Drenagem de Águas Pluviais) do saneamento básico rural do município de São José do Sabugi-PB, conforme pode ser observado na Figura 25.

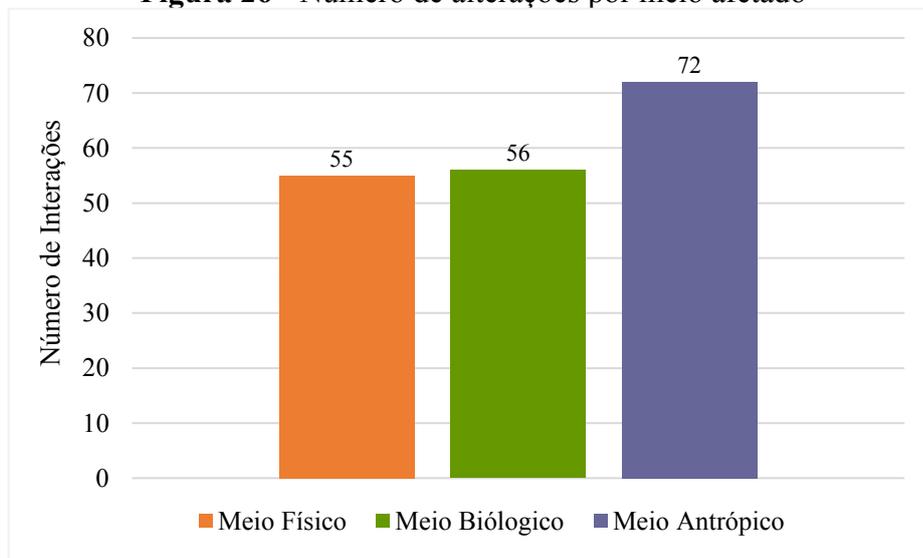
Figura 25 - Número de alterações para cada eixo do saneamento básico



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Observando a Figura 26, percebe-se a quantidade de interações identificadas em cada meio (físico, biológico e antrópico), sendo o meio antrópico o que sofreu mais alterações, resultando em 72 interações; seguido do meio biológico, com 56 interações; e o meio físico contou com 55 interações.

Figura 26 - Número de alterações por meio afetado



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Araújo (2022) em seu estudo na cidade de Aparecida-PB, aplicou o método matriz de interação para análise das interações entre os quatro eixos do saneamento *versus* os componentes ambientais atingidos, foram identificadas 175 interações em relação aos serviços de saneamento, o eixo Abastecimento de água exibiu o maior número de interações, contabilizando 62 interatividades. Já em relação aos componentes ambientais, o meio antrópico expressou o maior número de interações, somando 67, seguido do meio físico e biológico, com 54 cada.

A seguir, apresentam-se nos Quadros 11, 12, 13, e 14 os aspectos e impactos ambientais identificados para as atividades realizadas nos 04 (quatro) eixos do saneamento básico na área de estudo.

Quadro 11 – Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Abastecimento de Água (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Captação da água de chuva	Ausência de um sistema adequado	Risco de contaminação da população			
		Maior incidência de doenças			
		Perca da qualidade da água			
Transporte da água	Retirada da água bruta	Redução na vazão de lençóis freáticos			
		Contaminação da água			
	Falhas/deficiência no sistema	Desperdício de água			
		Redução da disponibilidade hídrica			
	Estimativa de consumo	Risco de falta d'água para o abastecimento			
Aumento do consumo					
Construção/Manutenção de cisternas	Uso e ocupação do Solo	Perturbação de ecossistemas			
		Intrusão visual/Alteração na Paisagem local			
	Ausência/inexistência da higienização	Alteração da qualidade da água			
		Perca de água para consumo			
	Falta de manutenção periódicas	Aumento no risco de falta d'água de abastecimento			
		Maior incidência de problemas estruturais			
Abertura de poços	Uso e ocupação do solo	Perda de vegetação			
		Risco de alterações nas propriedades da água			
		Risco de alterações no solo			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 11 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Abastecimento de Água (Conclusão)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Tratamento da água bruta	Utilização do Hipoclorito de sódio	Redução de contaminação dos usuários			
		Melhoria da qualidade da água			
		Redução de doenças			
Reservação/ Armazenamento da água	Falha/ perdas no armazenamento	Redução no volume de água armazenado			
	Armazenamento e transporte da água	Aumento da perda por vazamento			
Limpeza dos reservatórios	Consumo de água	Aumento no consumo de água			
	Disposição inadequada do resíduo/efluente	Danos à saúde e bem-estar da população			
		Aumento de odores desagradáveis			
		Risco de contaminação/poluição do solo			
Atividades domésticas inadequadas	Uso irregular/desperdício da água tratada	Diminuição do volume de água disponível			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 12 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo Esgotamento Sanitário (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Coleta de esgoto	Ausência de alternativas de coleta adequadas	Risco de contaminação/poluição do solo			
		Risco de contaminação/poluição do lençol freático			
		Exalação de odores desagradáveis			
		Gastos financeiros com a saúde pública			
Construção de fossas	Geração de emprego	Aumento da renda			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 12 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo Esgotamento Sanitário (Conclusão)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impactos	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Construção de fossas	Geração de emprego	Aumento da renda			
	Uso e ocupação do solo	Compactação do solo			
		Perda camada vegetal do solo			
Lançamento dos efluentes	Disposição inadequada do esgoto	Aumento da poluição/contaminação da água			
		Aumento da poluição/contaminação do ar			
		Proliferação de vetores			
		Aumento de odores desagradáveis			
Irrigação plantas com efluente	Uso do esgoto <i>in natura</i>	Maior incidência de doenças			
		Contaminação por contato direto			
		Perturbação de ecossistemas			
		Proliferação de micro e macro vetores			
Tratamento do esgoto	Ausência de tratamento de esgoto	Risco a saúde e bem-estar da população			
		Poluição/contaminação do solo			
		Risco de contaminação/poluição corpo hídrico			
		Aumento de gases lançados no ar atmosférico			
		Contaminação de organismos aquáticos			
Atividades domésticas inadequadas	Geração de efluente	Eutrofização			
		Poluição/contaminação de fontes de águas superficiais			
		Alteração na qualidade do ar			
		Aumento de agentes patológicos			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 13 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Segregação dos resíduos	Ausência de segregação	Alteração estética da área			
		Aumento do volume de resíduos			
		Inutilização de resíduos			
Acondicionamento	Irregularidades/ausência do acondicionamento	Poluição visual			
		Proliferação de vetores			
		Aumento da decomposição dos resíduos			
		Geração de odores			
		Aumento/lançamento no ar de gases do efeito estufa			
Coleta dos resíduos	Ausência de coleta seletiva	Aumento da poluição visual			
		Aumento do descarte incorreto			
Lixão (desativado)	Não concretização das ações do PRAD	Degradação do solo			
		Risco de acidentes			
		Aumento do desequilíbrio dos ecossistemas			
		Intrusão visual /Alteração na paisagem local			
		Risco de contaminação dos recursos hídricos			
		Aumento da proliferação de vetores			
Transporte dos resíduos coletados	Emissão de ruídos	Aumento do nível de ruídos			
	Uso de caminhões	Compactação do solo			
Queima de resíduos	Emissão de poluentes	Poluição/contaminação do ar atmosférico			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 13 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos (Conclusão)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Queima de resíduos	Emissão de poluentes	Poluição/contaminação do solo			
		Risco à saúde da população			
Aterramento de resíduos	Disposição inadequada	Contaminação do solo			
		Contaminação da água			
		Perturbação de ecossistemas			
Comercialização de resíduos	Reutilização/reciclagem dos resíduos	Redução da queima de resíduos			
		Geração de emprego			
		Aumento da renda			
		Diminuição de gastos públicos			
Atividades domésticas inadequadas	Destinação inadequada	Melhoria na qualidade do meio ambiente			
		Poluição visual			
		Risco a saúde			
		Proliferação de vetores			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 14 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Manejo e Drenagem de Águas Pluviais (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Construção de sistemas de drenagem	Ausência da vegetação e exposição do solo	Aceleração de processos erosivos			
		Alteração da paisagem			
		Alteração da qualidade do solo			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

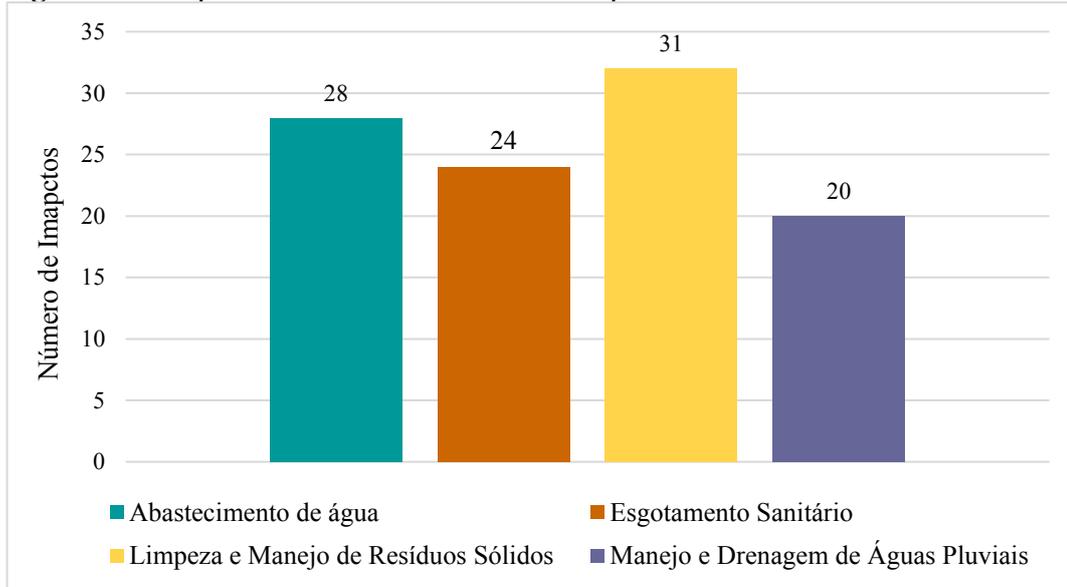
Quadro 14 - Matriz de interação de aspectos e impactos ambientais identificados no eixo de Manejo e Drenagem de Águas Pluviais (Conclusão)

Atividade ou Ação Antrópica	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Meio físico	Meio Biológico	Meio Antrópico
Construção de sistemas de drenagem	Movimentação de máquinas e veículos	Compactação do solo			
		Aumento no nível de ruídos			
		Perturbação da fauna local			
Captação de águas pluviais	Aproveitamento da água	Maior reserva hídrica			
		Aumento da produção agropecuária			
	Ausência/insuficiência de elementos de macro e microdrenagem	Risco de inundações			
		Risco de alagamentos			
		Risco à saúde e bem-estar da população			
Manutenção do sistema de drenagem	Ausência ou insuficiência de manutenções	Aumento dos riscos de alagamentos/inundações			
Contratação de mão de obra	Geração de emprego	Aumento na quantidade de empregos temporários ou permanentes			
Limpeza do sistema de drenagem	Acúmulo de resíduos na galeria	Alteração na qualidade da água			
		Contaminação/Poluição dos corpos hídricos			
		Proliferação de vetores			
Atividades domésticas inadequadas	Lançamento de efluentes	Risco de contaminação do corpo hídrico			
		Alteração na qualidade da água			
	Geração de odores desagradáveis	Alteração na qualidade do ar			
		Interferência na qualidade de vida da população			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com a análise dos Quadros 11 a 14, identificou-se um total de 103 impactos ambientais, que podem ocorrer em função das atividades identificadas para os serviços de saneamento básico. Nesse sentido, esses impactos foram distribuídos quantitativamente para os eixos abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana, conforme observado na Figura 27.

Figura 27 - Impactos ambientais identificados para cada eixo do saneamento básico



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nota-se que o eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos foi o que apontou uma maior representatividade quanto ao número de impactos ambientais, no qual representa 30,09% das alterações, seguido do eixo Abastecimento de Água, com 27,18%, o eixo esgotamento sanitário expondo 23,30%, e, por fim, o eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais com 19,42% dos impactos.

5.4 Análise Quali-quantitativa dos Impactos Ambientais

5.4.1 Avaliação Qualitativa dos Impactos Ambientais

Nos Quadros de 15 a 18, mostram-se a classificação dos impactos ambientais para as atividades dos eixos dos serviços de saneamento na área de influência do estudo.

Quadro 15 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Abastecimento de Água (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Impactos Ambientais	Critérios de classificação					
		Valor	Probabilidade de Ocorrência	Ordem de Ocorrência	Reversibilidade	Potencial de Mitigação	Significância
Captação da água de chuva	Risco de contaminação da população	N	D	I	RE	M	S
	Maior incidência de doenças	N	PR	I	RE	M	S
	Perca da qualidade da água	N	PR	I	RE	M	S
Transporte da água	Redução na vazão de lençóis freáticos	N	PR	DI	IR	NM	S
	Contaminação da água	N	PR	I	RE	M	S
	Desperdício de água	N	PR	DI	RE	M	S
	Redução da disponibilidade de água	N	PR	DI	IR	NM	S
	Risco de falta d'água para o abastecimento	N	PR	I	RE	M	S
	Aumento do consumo	N	D	DI	RE	M	S
Construção/ Manutenção de cisternas	Perturbação de ecossistemas	N	PR	I	RE	M	NS
	Intrusão visual/Alteração na paisagem local	N	D	DI	IR	NM	NS
	Alteração da qualidade da água	N	PR	I	RE	M	S
	Perca de água para consumo	N	PR	I	RE	M	NS
	Aumento no risco de falta d'água de abastecimento	N	PR	I	RE	M	NS
	Maior incidência de problemas estruturais	N	PR	I	RE	M	NS
Aberturas de poços	Perda de vegetação	N	D	DI	RE	M	NS
	Risco de alterações nas Propriedades da água	N	PR	I	RE	M	NS
	Risco de alterações no solo	N	D	DI	RE	M	NS
Tratamento da água bruta	Redução de contaminação dos usuários	P	D	DI	RE	(*)	S
	Melhoria da qualidade da água	P	D	DI	RE	(*)	S
	Redução de doenças	P	D	DI	RE	(*)	S
Reservação/ Armazenamento da água	Redução no volume de água armazenado	N	PR	I	RE	M	S
	Aumento da perda por vazamento	N	PR	I	RE	M	S
Limpeza dos reservatórios	Aumento no consumo de água	N	PR	DI	RE	M	S
	Danos à saúde e bem-estar da população	N	PR	I	RE	M	S
	Aumento de odores desagradáveis	N	PR	I	RE	M	NS
	Risco de contaminação/poluição do solo	N	PR	I	RE	M	S

Quadro 15 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Abastecimento de Água (Conclusão)

Atividades do místicas inadequadas	Diminuição do volume de água disponível	N	PR	I	IR	NM	S
--	--	---	----	---	----	----	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Legenda: P – Positivo; N – Negativo; D – Determinístico; PR – Probabilístico; DI – Direto; I – Indireto; RE – Reversível; IR – Irreversível; M – Mitigável; NM – Não-Mitigável; S – Significativo; NS – Não-significativo. (*) Impactos que devem receber medidas de potencialização.

Quadro 16 – Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Esgotamento Sanitário (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Impactos Ambientais	Critérios de classificação					
		Valor	Probabilidade de Ocorrência	Ordem de Ocorrência	Reversibilidade	Potencial de Mitigação	Significância
Coleta de esgoto	Risco de contaminação/poluição do solo	N	D	DI	RE	M	S
	Risco de contaminação/poluição do lençol freático	N	PR	I	RE	M	S
	Exalação de odores desagradáveis	N	PR	I	RE	M	S
Construção de fossas	Aumento de gastos financeiros com a saúde pública	N	PR	DI	RE	M	S
	Geração de emprego	P	D	DI	RE	(*)	S
	Compactação do solo	N	D	DI	IR	NM	NS
Lançamento dos efluentes	Retirada da camada vegetal do solo	N	D	DI	RE	M	NS
	Aumento da poluição/ contaminação da água	N	D	I	RE	M	S
	Aumento da poluição/ contaminação do ar	N	PR	I	RE	M	S
	Proliferação de vetores	N	D	DI	RE	M	S
	Aumento de odores desagradáveis	N	D	DI	RE	M	NS
Irrigação de plantas com efluente	Maior incidência de doenças	N	PR	DI	RE	M	S
	Contaminação por contato direto	N	D	DI	RE	M	S
	Perturbação de ecossistemas	N	PR	I	RE	M	NS
	Proliferação de vetores	N	PR	DI	RE	M	S
Tratamento do esgoto	Risco a saúde e bem-estar da população	N	D	I	RE	M	S
	Poluição/contaminação do solo	N	PR	I	RE	M	S
	Risco de contaminação/poluição corpo hídrico	N	PR	I	RE	M	S

Quadro 16 – Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Esgotamento Sanitário (Conclusão)

Atividades domésticas inadequadas	Aumento de gases lançados no ar atmosférico	N	PR	I	RE	M	NS
	Contaminação de organismos aquáticos	N	PR	I	RE	M	S
	Eutrofização	N	PR	I	RE	M	S
	Poluição/contaminação de fontes de águas superficiais	N	PR	DI	RE	M	S
	Alteração na qualidade do ar	N	PR	DI	RE	M	NS
	Aumento de agentes patológicos	N	PR	DI	RE	M	S

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Legenda: P – Positivo; N – Negativo; D – Determinístico; PR – Probabilístico; DI – Direto; I – Indireto; RE – Reversível; IR – Irreversível; M – Mitigável; NM – Não-Mitigável; S – Significativo; NS – Não-significativo. (*) Impactos que devem receber medidas de potencialização.

Quadro 17 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Impactos Ambientais	Critérios de classificação					
		Valor	Probabilidade de Ocorrência	Ordem de Ocorrência	Reversibilidade	Potencial de Mitigação	Significância
Segregação dos resíduos	Alteração estética da área	N	PR	DI	RE	M	S
	Aumento do volume de resíduo	N	PR	DI	RE	M	NS
	Inutilização de resíduos	N	D	I	RE	M	S
Acondicionamento	Intrusão visual	N	PR	DI	RE	M	S
	Proliferação de vetores	N	PR	DI	RE	M	S
	Aumento da decomposição dos resíduos	N	PR	DI	RE	M	NS
	Geração de odores	N	D	DI	RE	M	NS
	Aumento/lançamento no ar de gases do efeito estufa	N	D	I	RE	M	S
Coleta dos resíduos	Aumento da poluição visual	N	PR	I	RE	M	NS
	Aumento do descarte incorreto	N	PR	I	RE	M	S
Lixão (desativado)	Degradação do solo	N	D	DI	RE	M	S
	Risco de acidentes	N	PR	DI	RE	M	S
	Aumento do desequilíbrio dos ecossistemas	N	D	DI	RE	M	S
	Intrusão visual /Alteração na Paisagem local	N	D	DI	IR	NM	S
	Risco de contaminação dos recursos hídricos	N	D	DI	RE	M	S
	Aumento da proliferação de vetores	N	D	DI	RE	M	S

Quadro 17 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos (Conclusão)

Transporte dos resíduos coletados	Aumento do nível de ruídos	N	PR	DI	RE	M	NS
	Compactação do solo	N	PR	I	RE	M	S
Queima de resíduos	Poluição/contaminação do ar atmosférico	N	D	DI	RE	M	S
	Poluição/contaminação do solo	N	PR	I	RE	M	S
	Risco à saúde da população	N	D	DI	RE	M	S
Aterramento de resíduos	Contaminação do solo	N	D	DI	RE	M	S
	Contaminação da água	N	D	I	RE	M	S
	Perturbação de ecossistemas	N	D	I	RE	M	NS
Comercialização de resíduos	Redução da queima de resíduos	P	D	DI	RE	(*)	S
	Geração de emprego	P	D	DI	RE	(*)	S
	Aumento da renda	P	D	DI	RE	(*)	S
	Diminuição de gastos públicos	P	D	I	RE	(*)	S
	Melhoria na qualidade do meio ambiente	P	D	DI	RE	(*)	S
Atividades domésticas inadequadas	Poluição visual	N	PR	DI	RE	M	S
	Risco a saúde	N	PR	I	RE	M	S
	Proliferação de vetores	N	PR	DI	RE	M	S

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Legenda: P – Positivo; N – Negativo; D – Determinístico; PR – Probabilístico; DI – Direto; I – Indireto; RE – Reversível; IR – Irreversível; M – Mitigável; NM – Não-Mitigável; S – Significativo; NS – Não-significativo. (*) Impactos que devem receber medidas de potencialização.

Quadro 18 - Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais (Continua)

Atividade ou Ação Antrópica	Impactos Ambientais	Critérios de classificação					
		Valor	Probabilidade de Ocorrência	Ordem de Ocorrência	Reversibilidade	Potencial de Mitigação	Significância
Construção de sistemas de drenagem	Aceleração de processos erosivos	N	D	DI	RE	M	S
	Alteração da paisagem	N	D	DI	RE	M	S
	Alteração da qualidade do solo	N	PR	I	RE	M	S
	Compactação do solo	N	PR	DI	RE	M	S
	Aumento no nível de ruídos	N	D	DI	RE	M	NS
	Perturbação da fauna local	N	PR	DI	RE	M	NS

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 18 – Matriz de classificação dos impactos ambientais identificados no eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais (Continua)

Captação de águas pluviais	Maior reserva hídrica	P	D	DI	RE	(*)	S
	Aumento da produção agropecuária	P	D	I	RE	(*)	S
	Risco de inundações	N	PR	I	RE	M	NS
	Risco de alagamentos	N	PR	I	RE	M	NS
	Risco à saúde e bem-estar da população	N	PR	I	RE	M	S
Manutenção do Sistema de drenagem	Aumento dos riscos de alagamentos/inundações	N	PR	I	RE	M	NS
Contratação de mão de obra	Aumento na quantidade de empregos temporários ou permanentes	P	D	DI	RE	(*)	S
Limpeza do sistema de drenagem	Alteração na qualidade da água	N	PR	I	RE	M	S
	Contaminação/Poluição dos corpos hídricos	N	PR	I	RE	M	S
	Proliferação de vetores	N	PR	I	RE	M	S
Atividades domésticas inadequadas	Risco de contaminação do corpo hídrico	N	PR	I	RE	M	S
	Alteração na qualidade da água	N	PR	I	RE	M	S
	Alteração na qualidade do ar	N	PR	I	RE	M	S
	Interferência na qualidade de vida da população	N	PR	I	RE	M	S

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Legenda: P – Positivo; N – Negativo; D – Determinístico; PR – Probabilístico; DI – Direto; I – Indireto; RE – Reversível; IR – Irreversível; M – Mitigável; NM – Não-Mitigável; S – Significativo; NS – Não-significativo. (*) Impactos que devem receber medidas de potencialização.

Analisando os impactos ambientais do eixo de Abastecimento de Água (Quadro 15), verifica-se que dos 28 impactos selecionados e classificados, 3 apresentam valor positivo e 25 negativo. Para o critério probabilidade de ocorrência, foram 20 probabilístico e 8 determinísticos. Quanto a ordem de ocorrência, nota-se que 11 impactos são classificados como diretos e 17 como indiretos. Dos 28 impactos, 24 são reversíveis e apenas 4 irreversíveis. Quanto ao critério de mitigação, os impactos receberam mais de uma classificação, sendo: 21 mitigáveis, 4 não-mitigáveis e 3 que devem ser potencializados. Por fim, quanto a significância, 9 impactos apresentam-se como não-significantes e 19 significativos.

Para o eixo Esgotamento Sanitário (Quadro 16) foram classificados 24 impactos, em que 1 impacto tem valor positivo e 23 negativo; para probabilidade de ocorrência, foram 15 probabilístico e 9 determinístico; 13 impactos de ordem de ocorrência direta e 11 classificados

como indireto; quanto a reversibilidade, 23 impactos reversíveis e apenas 1 irreversível; para o potencial de mitigação, 22 impactos são mitigáveis, 1 não-mitigável e 1 deve ser potencializado; quanto a significância, 6 impactos não-significativos e 18 significativos.

Considerando o eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos (Quadro 17), foram classificados 31 impactos, em que: 5 apresentam valor positivo e 26 negativo; para probabilidade de ocorrência, foram 13 probabilístico e 18 determinístico; quanto a ordem de ocorrência, nota-se que 21 impactos são diretos e 10 indiretos; quanto a reversibilidade, 30 impactos reversíveis e apenas 1 irreversível; para potencial de mitigação, 25 são mitigáveis, 1 não-mitigável e 5 que deve ser potencializado; quanto a significância, 5 impactos não-significativos e 26 impactos significativos.

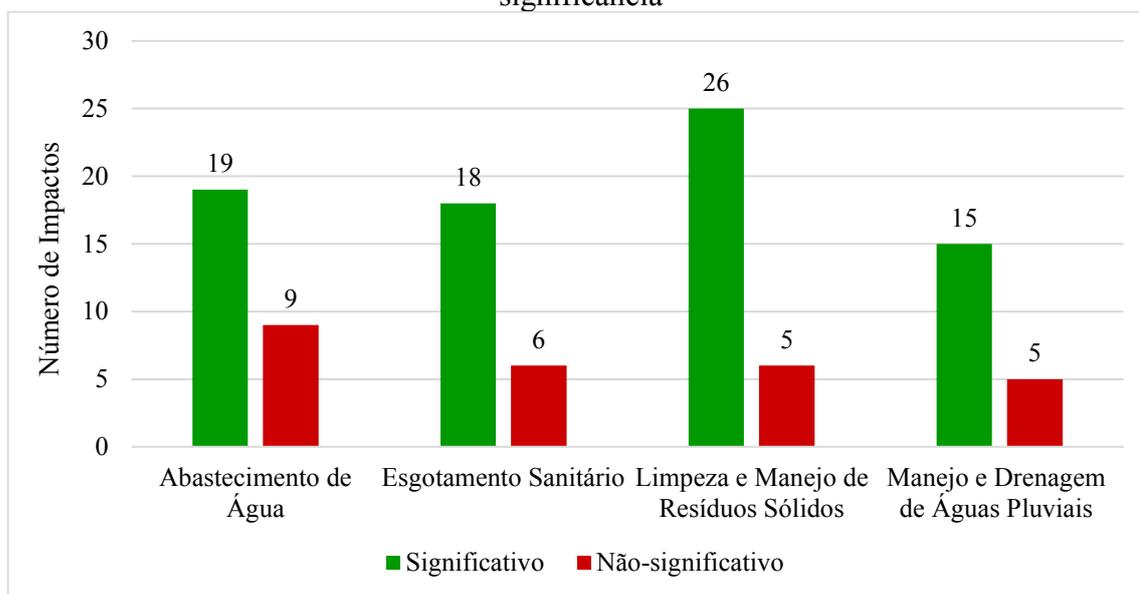
Já para o eixo correspondente a Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (Quadro 18), foram classificados 20 impactos ambientais: 3 apresentam valor positivo e 17 negativo; 14 foram probabilístico e 6 determinísticos; 7 impactos de ordem de ocorrência direta e 13 indiretos; todos os impactos (20) podem ser reversíveis; 17 impactos são mitigáveis e 3 devem ser potencializados; e 5 impactos apresentam-se como não-significantes e 15 significativos.

Oliveira (2014) classificou os impactos ambientais em seu estudo realizado sobre saneamento na área rural do município de Pombal-PB, quando ao: valor, significância, reversibilidade e potencial de mitigação. Já Araújo (2022), utilizou como critérios de classificação: probabilidade de ocorrência, tempo de ocorrência, reversibilidade e potencial de mitigação, para classificar os impactos ambientais dos serviços de saneamento básico da cidade de Aparecida-PB, do qual foram catalogados 161 impactos ambientais, em que 29 foram classificados como “muito significativo”, 90 “significativos” e 42 “não significativo”.

5.4.2 Avaliação Quantitativa dos Impactos Ambientais

Dentre os 103 impactos ambientais identificados e classificados na área de estudo, para os 04 (quatro) eixos do saneamento básico, 78 são de caráter significativo e 25 não-significativo, conforme pode ser observado nos Quadros de 15 a 18. Na Figura 28, apresentam-se impactos divididos entre os serviços de saneamento básico.

Figura 28 - Total de impactos classificados por eixo de saneamento básico quanto a significância



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na análise dos impactos ambientais, observou-se que o eixo de Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos registrou a maior quantidade de impactos significativos, totalizando 26. Em seguida, o abastecimento de água apresentou 19 impactos significativos, enquanto o esgotamento sanitário correspondeu a 18, e o Manejo e Drenagem de Águas Pluviais identificou 15 impactos. Vale salientar que todos os eixos exibiram um número menor de impactos ambientais não-significativos, como pode ser observado na Figura 25. Destaca-se que o mesmo impacto foi evidenciado mais de uma vez, devido a sua ocorrência nos 04 (quatro) eixos do saneamento básico.

Os procedimentos adotados para o desenvolvimento do índice de impacto estão expostos no APÊNDICE A. Dessa forma, na Tabela 2, mostra-se os resultados preliminares obtidos com a aplicação desse método de AIA.

Tabela 2 - Resultados parciais para o cálculo do índice de impacto

Eixos do Saneamento Básico	$\sum Pe$	$\sum Pe * Nt$
Abastecimento de Água	89	-246
Esgotamento Sanitário	83	-347
Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos	122	-303
Manejo e Drenagem de Águas Pluviais	71	-176

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados finais obtidos para os índices de impacto em cada eixo do saneamento encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos índices de impacto

Eixos do Saneamento Básico	Índice de Impacto
Abastecimento de Água	-2,764
Esgotamento Sanitário	-4,1807
Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos	-2,4837
Manejo e Drenagem de Águas Pluviais	-2,4789

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com a Tabela 2, o eixo que apresentou o maior potencial de degradação dos componentes ambientais e risco para a saúde da população foi o Esgotamento Sanitário, com um índice de -4,1807. Esse valor indica a falta de alternativas adequadas para o tratamento e disposição dos efluentes.

O Abastecimento de Água apresentou um valor de -2,7640, demonstrando também a necessidade de melhorias nessa área. Os eixos Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos e Manejo e Drenagem de Águas Pluviais obtiveram valores próximos em termos de índice de impacto, com -2,483 para Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos e -2,4789 para Manejo e Drenagem de Águas Pluviais. Esses resultados destacam a importância de intervenções e ações para minimizar os impactos negativos desses eixos no ambiente.

Com base nos índices mencionados, pode-se afirmar quantitativamente que há uma série de impactos ambientais negativos decorrentes da falta e/ou insuficiência dos serviços de saneamento básico na área de estudo. Esses problemas afetam o ambiente e a saúde pública de maneira significativa, demonstrando a necessidade de melhorias nessa área.

5.5 Medidas de Controle Ambiental

Neste estudo foram aplicadas e recomendadas medidas de controle ambiental com o propósito de facilitar e melhorar as condições da atividade em questão. Essas medidas têm o intuito de minimizar os impactos ambientais decorrentes dos serviços de saneamento básico no meio rural.

Ao implementar as medidas de controle ambiental, busca-se promover a recuperação e preservação do ambiente afetado, buscando garantir uma transição adequada e sustentável para outras tecnologias e alternativas nos serviços de saneamento básico. Essas medidas podem ser encontradas nos Quadros 19 a 22, onde são detalhadas as ações propostas para cada um dos eixos do saneamento básico. Essas ações visam mitigar os impactos negativos, melhorar a

qualidade dos serviços prestados e promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica das comunidades envolvidas.

Quadro 19 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Abastecimento de Água

Medidas de Controle Ambiental	Classificação
Realizar frequentemente análise e monitoramento das fontes de abastecimento, para identificação das alterações da qualidade da água.	Controle/Prevenção
Inspeccionar e realizar a manutenção dos reservatórios de armazenamento de água para abastecimento.	Mitigação/Prevenção
Avaliar e gerenciar a perfuração de poços e o uso dos recursos hídricos.	Prevenção
Incentivar o uso de alternativas simplificadas para o tratamento da água bruta.	Mitigação/Prevenção
Ofertar capacitações para população em geral, visando melhorar a qualidade da água e reduzir os riscos de contaminação.	Prevenção
Proteger as margens dos cursos d'água e/ou poço utilizados para a captação, evitando alterações nas características da água.	Prevenção
Planejar medidas para sensibilização e conscientização da população em relação ao uso da água.	Mitigação/Prevenção
Elaboração de planos e programas de educação ambiental com campanhas direcionadas a importância da preservação ambiental para os municípios.	Mitigação/Prevenção

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 20 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Esgotamento Sanitário

Medidas de Controle Ambiental	Classificação
Promover a destinação e o uso adequado no reaproveitamento das águas cinzas na agropecuária.	Prevenção/Mitigação
Promover a implementação de alternativas simplificadas para melhoria das condições de tratamento de esgoto	Prevenção/Mitigação
Promover a substituição das fossas negras por fossas sépticas, em consonância com os critérios técnicos.	Prevenção/Mitigação
Promover campanhas com enfoque nos problemas relacionados a falta de gerenciamento de esgotos e saúde pública.	Prevenção
Promover a manutenção preventiva das alternativas de tratamento através de campanhas de conscientização.	Prevenção
Monitorar a qualidade do solo e do ar.	Prevenção/Mitigação
Assegurar a distância mínima exigida entre fontes de abastecimento de água e disposição final do esgoto.	Prevenção

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 21 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos

Medidas de Controle Ambiental	Classificação
Promover campanha educativas sobre a destinação adequada dos resíduos sólidos e sua importância.	Prevenção
Promover atividades que incentivem a reutilização/reciclagem dos resíduos.	Prevenção
Analisar e monitorar periodicamente a qualidade do solo, água e ar atmosférico.	Prevenção
Incentivar a segregação e o acondicionamento dos resíduos de forma adequada, prevenindo a proliferação de vetores.	Prevenção
Promover atividades que incentivem a logística reversa para embalagem de produtos agropecuários.	Prevenção
Promover a efetivação das ações propostas no plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos.	Prevenção/Mitigação
Promover melhorias na área do “lixão”, em conformidade com o Plano de Recuperação de Área Degradada.	Mitigação/Compensatória
Realizar campanhas e ações de sensibilização e conscientização para população, para melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos.	Prevenção/Mitigação

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 22 - Medidas de controle ambiental propostas para o eixo Manejo e Drenagem de Águas Pluviais

Medidas de Controle Ambiental	Classificação
Recuperar áreas degradadas devido a construção do sistema de drenagem.	Mitigação/Compensatória
Ampliar a fiscalização dos serviços de manutenção e limpeza das pontes e passagens molhadas.	Prevenção/ Mitigação
Promover ações de conscientização da população para evitar a disposição de resíduos nos sistemas de drenagem, bem como economizar água em suas atividades diárias.	Prevenção
Realizar a melhoria e expansão das estruturas do sistema de drenagem.	Prevenção
Promover melhorias sistemas de drenagem para as áreas pavimentadas	Prevenção
Desenvolver ações de alerta para a população sobre os riscos de construir próximo aos cursos de água.	Prevenção

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Medidas como as propostas neste trabalho são estabelecidas em legislações ambientais e costumam ser exigidas como parte das condicionantes para a aprovação de projetos que podem causar impactos significativos ao meio ambiente. O objetivo é garantir a preservação dos recursos naturais e o equilíbrio entre a saúde pública, o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental.

5.6 Planos e Programas Ambientais

Os planos e programas ambientais são ferramentas essenciais utilizadas para acompanhar e avaliar a qualidade do ambiente, identificar possíveis impactos ambientais e garantir o cumprimento de regulamentações e diretrizes ambientais. Eles desempenham um papel fundamental na gestão ambiental e na tomada de decisões com base em informações confiáveis e atualizadas.

Nos Quadros de 23 a 26, estão os planos e programas de monitoramento ambiental propostos para preservar, mitigar ou compensar os impactos ambientais gerados pela falta e/ou insuficiência dos serviços de saneamento na área de influência deste estudo.

Quadro 23 - Estrutura proposta para Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB

Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo Planejar e analisar as deficiências para os 4 eixos do saneamento básico: Abastecimento de Água; Esgotamento Sanitário; Limpeza e Manejo de resíduos Sólidos e Manejo e Drenagem de Águas Pluviais, para o meio urbano e rural, viabilizando o estabelecimento e a expansão desses serviços para toda população.
<ul style="list-style-type: none"> • Metas <ul style="list-style-type: none"> - Efetivação do PMSB e a universalização dos serviços de saneamento básico no município; - Fiscalizar as condições sanitárias quanto as falhas e melhorias nos serviços de saneamento básico; - Reduzir a contaminação por agentes patológicos e doenças vinculadas a falta de saneamento básico; - Abranger as medidas previstas no PMSB para o meio rural em consonância com outras propostas.
<ul style="list-style-type: none"> • Etapas de execução <ul style="list-style-type: none"> - Análise e identificação da situação das condições de saneamento básico no município de São José do Sabugi-PB; - Delimitação de políticas, programas e planos que tratam sobre a elaboração do PMSB, para que seja estruturado em consonância com marcos legais; - Construção do documento oficial em forma de cartilha para facilitar a divulgação e o acesso para toda população; - Desenvolver as ações propostas no PMSB para os 4 eixos do saneamento.
<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de execução <ul style="list-style-type: none"> - O PMSB deve ser aplicado conforme a finalização e publicação do documento oficial pelos órgãos responsáveis, bem como deve ser atualizado, pelo menos, em um prazo não superior 10 (dez) anos.
<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidade <ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura municipal de São José do Sabugi-PB e órgãos municipais competentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 24 - Estrutura proposta para Programa Municipal de Saneamento Rural - PMSR

Programa Municipal de Saneamento Rural (PMSR)
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo Fazer cumprir as metas estabelecidas no PMSB, contemplando o acesso a propostas e matrizes tecnológicas, atendendo os diferentes aspectos e contextos do saneamento no meio rural do município de São José do Sabugi-PB, contextualizando as interfaces de gerenciamento ambiental com a participação social.
<ul style="list-style-type: none"> • Metas <ul style="list-style-type: none"> - Incentivar a estruturação dos serviços de saneamento com base em marcos legais e institucionais; - Contribuir para a efetivação do PMSB, visando a adoção de práticas sustentáveis; - Reduzir os problemas ambientais vinculados a falta e/ou insuficiência dos serviços de saneamento básico no meio rural; - Universalizar a utilização de tecnologias para os serviços de saneamento ambientalmente seguras para população rural.
<ul style="list-style-type: none"> • Etapas de execução <ul style="list-style-type: none"> - Identificação e avaliação das comunidades rurais do município de São José do Sabugi-PB; - Viabilizar a participação social nas medidas adotadas para os serviços de saneamento no meio rural; - Propor escolha de matrizes tecnológicas de acordo com as necessidades e o perfil das comunidades rurais; - Aplicação de sistemas e/ou alternativas tecnológicas para melhorias dos serviços de saneamento básico no meio rural.
<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de execução <ul style="list-style-type: none"> - Esse programa deve ser difundido na zona rural do município de São José do Sabugi-PB, podendo sofrer atualizações de acordo com as necessidades existentes.
<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidade <ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura municipal de São José do Sabugi-PB e órgãos municipais competentes, como a Secretaria de meio ambiente, saúde e infraestrutura.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 25 - Estrutura proposta para o Plano Municipal de Monitoramento e Controle Ambiental - PMCA (Continua)

Plano Municipal de Monitoramento e Controle Ambiental (PMCA)
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo <ul style="list-style-type: none"> - Realizar a identificação de impactos ambientais e propor medidas/ações para ações que garantam a qualidade ambiental, pautadas no gerenciamento eficiente e sustentável.

Quadro 25 - Estrutura proposta para o Plano Municipal de Monitoramento e Controle Ambiental - PMCA (Conclusão)

<ul style="list-style-type: none"> • Metas - Efetivação de medidas para mitigar os impactos ambientais negativos; - Adotar alternativas visando a melhoria da qualidade da água, do solo e do ar; - Efetivar as ações planejadas em outros programas ambientais e adequar as medidas para potencializar o monitoramento ambiental; - Reduzir casos de poluição/contaminação dos recursos naturais.
<ul style="list-style-type: none"> • Etapas de execução - Detalhamento das atividades/ações antrópicas desenvolvidas no município de São José do Sabugi-PB; - Análise individual dos componentes ambientais; - Monitoramento e elaboração de relatórios técnicos sobre a qualidade dos componentes ambientais (água, solo e ar); - Aplicação de propostas com base nos relatórios técnicos e demais propostas em curso no território municipal.
<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de execução - Esse plano deve ser aplicado em todo território municipal, podendo sofrer atualizações de acordo com as necessidades existentes do município.
<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidade - Prefeitura municipal de São José do Sabugi-PB e corpo municipal técnico vinculados a esse serviço.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 26 - Estrutura proposta para o Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social – PEACS (Continua)

Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social (PEACS)
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo - Sensibilizar toda a comunidade, visando a utilização consciente dos recursos naturais, ligados aos meios de produção e as responsabilidades socioambientais. Além de atuar na divulgação das propostas ambientais em curso, fazendo com que a população local se aproprie dos projetos, contribuindo para o processo educacional e troca de experiências por meio de ações ambientais.
<ul style="list-style-type: none"> • Metas - Contribuir para efetivação e divulgação de outras propostas presentes em instância Federal, Estadual e Municipal. - Fomentar a adoção de práticas sustentáveis pela população; - Desenvolver estratégias para melhoria da comunicação social e ambiental; - Propor um desenvolvimento produtivo pautado na sustentabilidade.

Quadro 26 - Estrutura proposta para o Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social – PEACS (Conclusão)

<ul style="list-style-type: none">• Etapas de execução- Reunião para coleta de informações e divulgação de um cronograma geral de ações, contemplando o meio urbano e rural;- Criação de um núcleo de comunicação para discussão e divulgação das ações/atividades em curso;- Desenvolvimento de cursos e oficinas para garantir a formação e qualificar toda a população quanto ao desenvolvimento de práticas sustentáveis;- Elaboração de cartilha educacional para incentivo da comunicação e respectiva divulgação de dados.
<ul style="list-style-type: none">• Cronograma de execução- Esse programa deve ser executado para acompanhamento das atividades/ações desenvolvidas no meio urbano e rural, sem prazo de validade, podendo ser atualizado em conformidade com outras propostas.
<ul style="list-style-type: none">• Responsabilidade- Prefeitura municipal de São José do Sabugi-PB e sua equipe técnica responsável.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

6. CONCLUSÃO

- Tendo em vista a descrição das condições atuais dos eixos do saneamento básico no meio rural de São José do Sabugi-PB, constatou-se que alguns moradores aplicam alternativas individuais e coletivas que visam a melhoria, principalmente, dos serviços de Abastecimento de água e Esgotamento Sanitário.
- Foram identificadas um total de 30 atividades e/ou ações antrópicas resultantes do levantamento dos serviços de saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana) na área estudada.
- Dentre os componentes ambientais analisados no diagnóstico ambiental simplificado, os mais afetados foram: os recursos hídricos, o solo, o atmosférico e a saúde pública.
- Verificou-se a possibilidade 183 interações para os eixos do saneamento básico, sendo o meio antrópico o que apresentou o maior número de interações, totalizando 77, seguido do meio físico e biológico, com 54 cada.
- Identificou-se um total de 103 impactos ambientais, 12 apontaram valor positivo e 91 negativo, sendo 63 significativos e 33 não-significativos.
- Após a análise do índice de impacto, percebeu-se que todos os serviços de saneamento no meio rural apresentaram valores negativos, indicando uma maior ocorrência de degradação ambiental, sendo o eixo esgotamento sanitário o mais impactante.
- Foram propostas um total de 30 medidas de controle ambiental, distribuídas da seguinte forma: 08 para o eixo de Abastecimento de Água, 08 para o Esgotamento Sanitário, 08 para a Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos e 06 para Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.
- Entre as medidas de controle ambiental propostas, destacam-se: promover de campanhas educativas; analisar e monitorar periodicamente a qualidade do solo, da água e ar atmosférico; promover a implementação de alternativas simplificadas para melhoria das condições de tratamento de esgoto; e realizar campanhas e ações de sensibilização e conscientização para população, objetivando a melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos.
- Os planos e programas ambientais propostos neste estudo foram: Plano Municipal de Saneamento Básico; Programa Municipal de Saneamento Rural; Plano Municipal de Monitoramento e Controle Ambiental; Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social.

- Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste estudo sirvam como referência e estímulo para auxiliar na construção de planos e políticas de desenvolvimento no município de São José do Sabugi-PB, além de contribuir para o desenvolvimento de futuros trabalhos técnicos e científicos relacionados ao tema em questão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Resíduos sólidos – Classificação. NBR 10.004:** (2004). Rio de Janeiro. Disponível em: <https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-ClassificacaoDe-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 14 de janeiro de 2023.

_____. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229: 1993.** Rio de Janeiro.

_____. **Solubilização de Resíduos – Procedimento. NBR 10006: 2004.** Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. (2022) **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022.** São Paulo: ABRELPE.

ARAÚJO, C. J. S. **Avaliação de impactos ambientais nos serviços do saneamento básico da cidade de Aparecida-PB.** 2022. 108 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2022. Disponível em: <encurtador.com.br/iBHJP> Acesso em: 23 de jan. 2023.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. de O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 29-49, jan./mar. 2002.

BARACUHY, J. G. V. *et al.* **Dossiê de ambiência São José do Sabugi.** MEC/UFMG/ABEAS/ /CEDAC, Campina Grande - PB, 2006, 96p.

BARBOZA, E. N. *et al.* Gestão de águas para habitações localizadas em zonas rurais: estudo de caso. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 111, 2022.

BARBOZA, N. A. S. *et al.* A história do SUS no Brasil e a política de saúde. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 84966-84985, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19348>. Acesso em: 04 de abril de 2023.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga.** Disponível em: <<http://www.rodinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/>> Acesso em: 11 de jan. de 2023.

BATISTA, J. A. N.; BOLDRIN, A. J. Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 263-273, 2018.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRAGA, L. S. **Avaliação do sistema de abastecimento público de água do município de Tailândia-PA.** 2016. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e

Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em: <<https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/1935>>. Acesso em: 16 janeiro de 2023.

BRINGHENTI, J. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. 316 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) — Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**. Brasília, 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: <<https://www.suape.pe.gov.br/pt/publicacoes/245-resolucao/1335-resolucao-conama-n-01-1986?layout=publicacoes>>. Acesso em: 29 de jul. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 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. **Diário Oficial da União**. Brasília, 22 de dezembro de 1997. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2020.

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

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**. Brasília, 15 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de julho de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

BRASIL. **Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990**. Lei Orgânica da Saúde. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm. Acesso em: 08 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Programa Nacional de Saneamento Rural** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2019. 260 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de referência para elaboração de plano municipal de Saneamento Básico** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2018. 187 p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/33144/TR_PMSB_FUNASA_2018.pdf/d1ac94ee-73f9-47b6-ac05-757f0f5b62c3>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologias e gestão**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. P. 751-763.

CORREIA, M. L. S. F.; ESPERIDIÃO, F.; MELO, R. L. **Evolução das Políticas Públicas de Saneamento Básico do Brasil, do Planasa ao PAC-Saneamento**. Encontro Nacional De Economia Política, Xxv, 2020. Disponível em: <https://enep.sep.org.br/uploads/1216_1583448349_SEP_2020__Com_identificao__pdf_ide.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

COUTINHO, R. P. A. Trajetória político-institucional do saneamento básico no Brasil: do PLANASA à Lei 14.026/2020. **Revista de Direito da Administração Pública**, v. 1, n. 3, 2021. Disponível em: <http://www.redap.com.br/index.php/redap/article/view/225>. Acesso em: 23 de abril de 2023.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São José do Sabugi, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16345/1/Rel_S%C3%A3o_Jos%C3%A9_Sabu%20gi.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

DANTAS, J. A. P. *et al.*. **Avaliação qualitativa do saneamento rural em um distrito do sertão paraibano**. Anais do VII CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/86841>>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

JESUS, M. S. *et al.* Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 2021.

FERREIRA, J. G.; GOMES, M. F. B.; DANTAS, M. W. A. Desafios e controvérsias do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 65449-65468, 2021.

<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/32258>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

FRANCO, R. M. B. Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública. **Rev. Panam. Infectol.** São Paulo, Vol. 9, n. 4, p. 36-43, 2007.

GADELHA, H. S. *et al.* O novo marco regulatório do saneamento básico e o direito ao acesso à água. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 11, pág. e569101118843-e569101118843, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18843>. Acesso em: 05 de maio de 2023.

GALVÍNCIO, J.D., *et al.* Análise da temperatura do ar e da superfície no sítio Boa Felicidade em São José do Sabugi – PB no semi-árido do Brasil, **Revista de Geografia**, vol. 26, no. 2, pp. 124-141, 2009.

GOMES, N. A. **Avaliação dos impactos ambientais causados pelo “lixão” de Pombal-PB**. 2015. 81 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas Do Brasil: Período: 1981-2010**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 30 maio 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Avaliação de impacto ambiental: caminhos para o fortalecimento do licenciamento ambiental federal**. 2a edição. Brasília: CNIA, 2016. 70 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados: São José do Sabugi-PB**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/sao-jose-do-sabugi.html>>. Acesso em: 01 de fev. de 2023.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: São José do Sabugi-PB. São José do Sabugi-PB. 2017. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-do-sabugi/pesquisa/30/30051>. Acesso em: 19 de abr. de 2023.

_____. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD. Rio de Janeiro: IBGE; 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=o-que-e>> Acesso em: 19 de abr. de 2023.

_____. IBGE Educa. População Rural e Urbana (2015). Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 19 de maio. de 2023.

JESUS, M. S. *et al.* Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 2021. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/28128>>. 23 de abr. de 2023.

LEAL, V. L. *et al.* O método Ad Hoc na avaliação de impactos ambientais. **TecnoLógica**, v. 26, n. 1, p. 914, 2022.

LEITE, J. C. A. **Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais**: Introdução, conceitos e classificação. Professor da disciplina “Avaliação de Impactos Ambientais” – Nota de Aula. Curso de Engenharia Ambiental da UACTA/CCTA/UFCG, Campus de Pombal, Paraíba, 2022.

LINHARES, F. M.; COSTA, J. R. S. **Impactos à saúde humana e meio ambiente decorrentes da ausência de esgotamento sanitário na cidade de Patu/RN**. In: congresso nacional da diversidade do semiárido, 2., 2017, Campina Grande. 2017. p.12. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA12_ID761_02102017230938.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LOPES, W. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S. **Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de caso**. In: XXVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y ambiental, 2000, Porto Alegre-RS. 2000. 7 p.

MACHADO, C.C.C.; GALVÍNCIO, J.D.; OLIVEIRA, T.H. **Estimativa dos valores de Saldo de Radiação e de Fluxo de Calor no Solo no município de São José do Sabugi – PB** (Brasil), utilizando o algoritmo SEBAL. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA II SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, Universidade de Coimbra, maio de 2010, 13p.

MENDONÇA, B. G. W. **Planejamento municipal em saneamento básico: um estudo no município de Itinga, vale do Jequitinhonha – Minas Gerais**. 2019. 74 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2019. Disponível em: <<https://sanbas.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/04/TCC-Bruna-Wandalsen-Engenharia-Ambiental.pdf>>. Acesso em: 11 de jan. de 2023.

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literaturasobre as principais metodologias**. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE, 5., 2016. Santa Catarina: Scit-Sul, 2016.

MORGAN, R. K. (2012). **Environmental Impact Assessment: the state of the art**. Impact Assessment and Project Appraisal, 30(1): 5-14.

OLIVEIRA, B. O. S. Impactos ambientais decorrentes do lixão da cidade de Humaitá, Amazonas. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 80, 31 dez. 2016. Grupo verde de agroecologia e abelhas. Disponível: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7280967>>. Acesso em: 02 de maio de 2023.

OLIVEIRA, R. B. **Avaliação das condições de saneamento rural e dos respectivos impactos ambientais no município de Pombal - PB**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2014. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/12477>>. Acesso em: 09 de maio de 2023.

OLIVEIRA, T.H.; GALVÍNIO, J.D.. Uso e cobertura do solo em áreas semiáridas do Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia** (UFPE), v. 28, n. 1, p. 120-133, 2011.

ORSINI, E. Q. **Sistemas de abastecimento de água**. Apostila da disciplina PHD 412 – Saneamento II. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, SP, 1996.

PHILIPPI JR. A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2005. p. 700-730.

PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2004. 1047 p.

PICCOLI, S.; PASSOS, M. G. **Estudo e análise das metodologias utilizadas na Avaliação De Impacto Ambiental (AIA) nos EIA/RIMA realizados em Santa Catarina**. 2018. 10 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental), Universidade do Oeste de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO SABUGI. **Plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos- PGRS**. 2017. Disponível em:<<http://camarasaojosedosabugi.pb.gov.br/images/arquivos/documentos/1519752912.pdf>>. Acesso em: 01 de fev. de 2023.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Juiz de Fora, MG, v. 13, 2010. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoSa%C3%BAde.pdf>> Acesso em: 11 de janeiro de 2023.

RIBEIRO, W. A.; CUKIERT, T. ANA propõe agenda que irá determinar regulação no saneamento. **Migalhas**. 2020. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/336100/ana-propoe-agenda-que-ira-determinar-regulacao-do-saneamento>. Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Editora Blucher, 1991.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. Editora Blucher. 2009.

SÁ, G. B. **Avaliação dos impactos ambientais resultantes da gestão do saneamento básico na cidade de Pombal - Pb**. 2016. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2016.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de texto, 2008. 495 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 681 p.

SENAR. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL SAÚDE. **Saneamento rural** / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019. 84 p. il.; 21 cm –

(Coleção Senar, 226). Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/informe-ao-cacaucultor/manejo/cartilhas-senar/226-saude-saneamento-rural.pdf>>. Acesso: 2 de fev. de 2023.

SILVA, E. B. *et al.* Diagnóstico participativo de saneamento básico na comunidade rural do baixo Rio Araguari, Município de Ferreira Gomes-Amapá, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 2, p. 17-23, 2016.

SILVA, A. S. *et al.* **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita–PB e propostas de melhoria.** Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Ambiental). Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba -UFPB. João Pessoa, 2019. 102 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16882/1/Arquivototal.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

SILVEIRA DIB, Breno *et al.* Saneamento Básico: Impactos ambientais causados pelo despejo de esgoto no Rio Negro (Amazonas-Brasil). **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 13, pág. e506111335693-e506111335693, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35693>. Acesso em: 9 jun. 2023.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental.** Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 1994.

TISCHER, V. Magnitude do impacto do esgotamento sanitário no Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 6, n. 3, p.358-379, 9 nov. 2017. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL.

TUCCI, C. E. M. (2003). **Inundações e drenagem urbana.** In: Tucci, C. E. M. e Bertoni, J. C. (orgs) *Inundações Urbanas na América do Sul.* Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. Brasil. 45-150.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** São Paulo, 2006, 643 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos /** Marcos von Sperling. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

WERTHER J. Gaseous emissions from waste combustion. **Journal of Hazardous Materials**, v. 144, p. 604-613, 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Aplicação do método índice de impacto

Atividade ou Ação Antrópica	Peso	Impactos significativos	Nota	Eixo
Captação da água de chuva	5	Risco de contaminação da população	-4	Abastecimento de Água
	5	Maior segurança hídrica	5	
	5	Aumento da incidência de doenças	-4	
	5	Perca da qualidade da água	-5	
Transporte da água	5	Redução na vazão de lençóis freáticos	-5	
	5	Contaminação da água	-5	
	4	Desperdício de água	-4	
	4	Redução da disponibilidade de água	-5	
	4	Risco de falta d'água para o abastecimento	-5	
	4	Aumento do consumo	-5	
Construção/Manutenção de cisternas	4	Alteração da qualidade da água	-3	
Tratamento da água bruta	5	Melhoria da qualidade da água	5	
	5	Redução de doenças	5	
Reservação/Armazenamento da água	5	Redução no volume de água armazenado	-5	
	4	Aumento da perda por vazamento	-4	
Limpeza dos reservatórios	5	Aumento no consumo de água	-5	
	5	Danos à saúde e bem-estar da população	-5	
	5	Risco de contaminação/poluição do solo	-5	
Atividades domésticas inadequadas	5	Diminuição do volume de água disponível	-4	
Coleta de esgoto	5	Risco de contaminação/poluição do solo	-5	Esgotamento Sanitário
	5	Risco de contaminação/poluição do lençol freático	-5	
	5	Exalação de odores desagradáveis	-4	
Construção de fossas	4	Aumento de gastos financeiros com a saúde pública	-4	
	4	Geração de emprego	5	
Lançamento dos efluentes	5	Aumento da poluição/contaminação da água	-5	
	5	Aumento da poluição/contaminação do ar	-5	
	5	Proliferação de vetores	-5	
Irrigação de plantas com esgoto <i>in natura</i>	5	Maior incidência de doenças	-5	
	5	Contaminação por contato direto	-5	
	5	Proliferação de micro e macro vetores	-5	
	3	Risco a saúde e bem-estar da população	-3	

APÊNDICE A – Aplicação do método índice de impacto (Continuação)

Tratamento do esgoto	4	Poluição/contaminação do solo	-5	Esgotamento sanitário
	4	Risco de contaminação/poluição corpo hídrico	-5	
Atividades domésticas inadequadas	5	Contaminação de organismos aquáticos	-4	
	4	Eutrofização	-3	
	5	Poluição/contaminação de fontes de águas superficiais	-5	
	5	Aumento de agentes patológicos	-5	
Segregação dos resíduos	3	Alteração estética da área	-2	Limpeza e Manejo de Resíduos Sólidos
	3	Inutilização de resíduos	-2	
Acondicionamento	5	Intrusão visual	-5	
	5	Proliferação de vetores	-5	
	5	Aumento/lançamento no ar de gases do efeito estufa	-4	
Coleta dos resíduos	4	Aumento do descarte incorreto	-3	
Lixão (desativado)	5	Degradação do solo	-5	
	4	Risco de acidentes	-4	
	5	Aumento do desequilíbrio dos ecossistemas	-5	
	5	Intrusão visual /Alteração na paisagem local	-4	
	5	Risco de contaminação dos recursos hídricos	-5	
	5	Aumento da proliferação de vetores	-5	
Transporte dos resíduos coletados	4	Compactação do solo	-3	
Queima de resíduos	5	Poluição/contaminação do ar atmosférico	-5	
	5	Poluição/contaminação do solo	-5	
	5	Risco à saúde da população	-5	
Aterramento de resíduos	5	Contaminação do solo	-5	
	4	Contaminação da água	-4	
Comercialização de resíduos	5	Redução da queima de resíduos	5	
	5	Geração de emprego	5	
	5	Aumento da renda	5	
	5	Diminuição de gastos públicos	5	
	5	Melhoria na qualidade do meio ambiente	5	
Atividades domésticas inadequadas	5	Poluição visual	-4	
	5	Risco a saúde	-5	
	5	Proliferação de vetores	-5	
Construção de sistemas de drenagem	5	Aceleração de processos erosivos	-4	Drenagem de Águas Pluviais
	4	Alteração da paisagem	-3	
	4	Alteração da qualidade do solo	-4	
	4	Compactação do solo	-3	
Captação de águas	5	Maior reserva hídrica	5	
	5	Aumento da produção agropecuária	5	

APÊNDICE A – Aplicação do método índice de impacto (Conclusão)

pluviais	4	Risco à saúde e bem-estar da população	-4	Drenagem de Águas Pluviais
Contratação de mão de obra	5	Aumento na quantidade de empregos temporários ou permanentes	5	
Limpeza do sistema de drenagem	5	Alteração na qualidade da água	-5	
	5	Contaminação/Poluição dos corpos hídricos	-5	
	5	Proliferação de vetores	-5	
Atividades domésticas inadequadas	5	Risco de contaminação do corpo hídrico	-5	
	5	Alteração na qualidade da água	-5	
	5	Alteração na qualidade do ar	-5	
	5	Interferência na qualidade de vida da população	-5	