



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GLEYTON LOPES BARBOZA LACERDA

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE DESEMPENHO EM SANEAMENTO E SUAS
CONTRIBUIÇÕES PARA O ESTUDO DA DISSEMINAÇÃO DE DOENÇAS: UMA
ABORDAGEM EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

RECIFE – PE
Fevereiro, 2022

GLEYTON LOPES BARBOZA LACERDA

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE DESEMPENHO EM SANEAMENTO E SUAS
CONTRIBUIÇÕES PARA O ESTUDO DA DISSEMINAÇÃO DE DOENÇAS: UMA
ABORDAGEM EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia e Gestão do meio Ambiente – Controle e Remediação da Poluição

Orientador: Prof. Dr. Alex Souza Moraes

RECIFE – PE
Fevereiro, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L131p Lacerda, Gleyton Lopes Barboza
Proposição de um Índice de Desempenho em Saneamento e suas contribuições para o estudo da disseminação de doenças:
Uma abordagem em municípios do Estado de Pernambuco, Brasil. / Gleyton Lopes Barboza Lacerda. - 2022.
111 f.
- Orientador: Alex Souza Moraes.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, 2022.
1. Serviços de saneamento. 2. Saúde. 3. DRSAI. 4. Tomada de decisões. I. Moraes, Alex Souza, orient. II. Título

CDD 620.8

GLEYTON LOPES BARBOZA LACERDA

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE DESEMPENHO EM SANEAMENTO E SUAS
CONTRIBUIÇÕES PARA O ESTUDO DA DISSEMINAÇÃO DE DOENÇAS: UMA
ABORDAGEM EM MUNICÍPIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada e aprovada em 24 de fevereiro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (DTR/UFRPE)
Examinador interno

Prof. Dr. Otávio Pereira dos Santos Junior (IFPE)
Examinador externo

Prof. Dr. Alex Souza Moraes (DQ/ UFRPE)
Presidente da Banca e Orientador

*Dedico a todos que direta e indiretamente
contribuíram para o êxito desse trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a *Deus*, pela dádiva da vida e novas experiências proporcionadas. Sem a sua proteção e graça imensurável não teria chegado até aqui.

À minha mãe, *Erivonete Lopes*, e a toda *minha família*. Obrigado por todos conselhos e por sempre estarem comigo em todas etapas da minha vida.

Aos *meus amigos*, pelo respeito mútuo, compartilhamento de experiências e amizade sem medidas.

Ao meu orientador, *Alex Sousa Moraes*, pelas suas relevantes contribuições na construção dessa Dissertação e, ainda, por toda confiança, disponibilidade e ensinamentos. Grato pela experiência de ter sido seu orientando.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, representados por todo o corpo docente e funcionários, e que fazem dessa instituição um sinônimo de qualidade e excelência de ensino.

E, por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Obrigado a todos!

RESUMO

A salubridade ambiental está diretamente relacionada com a integralidade e manutenção dos serviços de saneamento básico, que podem ser enquadrados em quatro infraestruturas: rede de distribuição de água, sistema de esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Entre os inúmeros benefícios garantidos pelos serviços de saneamento pode-se destacar a diminuição nos números de internações nos sistemas de saúde, abrindo precedentes para a realização de estudos direcionados a analisar relações entre saneamento e a disseminação de doenças, a exemplo das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). A maioria dos municípios pernambucanos revelam baixas taxas de cobertura dos serviços de saneamento, situação constatada nos rankings de saneamento elaborados pelo Instituto Trata Brasil (ITB) e pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES). Diante dessa perspectiva, essa pesquisa objetivou utilizar indicadores e, assim, obter um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) capaz de sintetizar informações sobre o setor de saneamento e auxiliar na compreensão da disseminação de DRSAI em municípios do Estado de Pernambuco. A metodologia empregada envolveu as seguintes etapas: seleção dos indicadores de saneamento; coleta de dados; aplicação de critérios para filtragem dos municípios analisados; ponderação dos indicadores; cálculo do índice; classificação; ranqueamento dos municípios; e integração dos indicadores de saúde (taxas de internação) com o índice de saneamento, a fim de analisar possíveis relações. De forma geral, os resultados mostraram que 70% dos municípios analisados foram classificados com índices de desempenho crítico e insatisfatório; que considerando a parcela de municípios do total analisado por mesorregião, o Sertão e a região Metropolitana do Recife dispuseram dos maiores números de municípios enquadrados nas classes de crítico e insatisfatório; que houve uma tendência de maiores taxas de DRSAI e menores valores de IDS em municípios de pequeno porte em relação aos demais; e que os municípios com maiores prioridades na tomada de decisões foram caracterizados de pequeno porte e dispostos em regiões que expressam fragilidades climáticas, sociais ou político-administrativas. Espera-se que os resultados gerados através dessa pesquisa possam contribuir no entendimento do desempenho em saneamento municipal e DRSAI nos diferentes contextos explorados, auxiliando nos planos de elaboração de ações e processos decisórios voltados para os municípios ou regiões prioritárias.

Palavras-chave: Serviços de saneamento; Saúde; DRSAI; Tomada de decisões.

ABSTRACT

Environmental health is directly related to the integrality and maintenance of basic sanitation services, which can be included in four infrastructures: water distribution network, sewage system, solid waste management and urban drainage. Among the many benefits guaranteed by sanitation services, the decrease in the number of hospitalizations in health systems can be highlighted, opening precedents for conducting studies aimed at analyzing relationships between sanitation and the spread of diseases, such as diseases related to inadequate environmental sanitation (DRIES). Most municipalities in Pernambuco show low coverage rates of sanitation services, a situation found in the sanitation rankings prepared by the Instituto Trata Brasil (ITB) and the Brazilian Association of Sanitary Engineering (ABES). Given this perspective, this research aimed to use indicators and thus obtain a Sanitation Performance Index (IDS) capable of synthesizing information about the sanitation sector and helping to understand the dissemination of DRIES in municipalities in the State of Pernambuco. The methodology used involved the following steps: selection of sanitation indicators; data collection; application of criteria for filtering the municipalities analyzed; weighting of indicators; calculation of the index; classification; ranking of municipalities; and integration of health indicators (hospitalization rates) with the sanitation index in order to analyze possible relationships. Overall, the results showed that 70% of the municipalities analyzed were classified with critical and unsatisfactory performance indices; whereas, considering the share of municipalities in the total analyzed by mesoregion, the Sertão and the Metropolitan region of Recife had the largest number of municipalities within the critical and unsatisfactory classes; there was a trend of higher DRIES rates and lower IDS values in small municipalities compared to the others; and that municipalities with higher priorities in decision-making were characterized as small and disposed in regions that express climatic, social or political-administrative weaknesses. It is expected that the results generated through this research can contribute to the understanding of performance in municipal sanitation and DRIES in the different contexts explored, assisting in the planning of actions and decision-making processes aimed at priority municipalities or regions.

Keywords: Sanitation services; Health; DRSAI; Decision-making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Princípios fundamentais orientadores do PLANSAB	19
Figura 2 – Mapa de localização dos municípios contemplados no estudo	41
Figura 3 – Distribuição das medidas do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS)	42
Figura 4 – Distribuição espacial das classes do Índice de desempenho em Saneamento (IDS) e enquadramento dos municípios em suas respectivas classes	43
Figura 5 – Ranking do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) para os municípios analisados	49
Figura 6 – Distribuição em boxplots para a variável de saúde e de saneamento em função das faixas populacionais. (A) Distribuição da taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral em cada grupo; (B) Distribuição do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) em cada grupo	51
Figura 7 – Dispersão dos valores do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) e $T_{X_{f.o}}$ para os municípios	53
Figura 8 – Distribuição em boxplots para a variável de saúde e de saneamento em função das faixas populacionais. (A) Distribuição da taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor em cada grupo; (B) Distribuição do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) em cada grupo	57
Figura 9 – Dispersão dos valores do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) e $T_{X_{i.v}}$ para os municípios	59
Figura 10 – Identificação dos municípios e respectivos graus de prioridade na tomada de decisões	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Notas utilizadas para as classes correspondentes de cada indicador	33
Tabela 2 – Pesos obtidos pela matriz de comparação pareada com o método AHP	34
Tabela 3 – Resultados do teste de normalidade, teste de outliers e análise descritiva contendo medidas de tendência central e de variabilidade para os indicadores	39
Tabela 4 – Estatística descritiva e teste de normalidade para o Índice de Desempenho em Saneamento (IDS)	42
Tabela 5 – Resultados da média do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS), média populacional no ano de 2019, média do PIB per capita municipal no ano de 2018 e enquadramento por classe, para as Mesorregiões e todos municípios analisados (Geral)	44
Tabela 6 – Teste de normalidade e teste de igualdade para as variáveis	50
Tabela 7 – Identificação dos municípios e divisão conforme o grau de prioridade nas tomadas de decisão	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado	27
Quadro 2 – Indicadores de saneamento utilizados no estudo, contendo suas respectivas categorias, abreviações /código do SNIS, referências e classes de adequação	30
Quadro 3 – Critérios para delimitação do universo da pesquisa	31
Quadro 4 – Intervalos e classificações utilizados na distribuição espacial do IDS	35
Quadro 5 – Doenças selecionadas para formulação das variáveis de DRSAI	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Meio ambiente e qualidade ambiental	17
3.2 Aspectos conceituais sobre saneamento	18
3.2.1 Saneamento básico sobre a perspectiva dos serviços de água	20
3.2.2 Saneamento básico sobre a perspectiva dos serviços de esgotamento sanitário	21
3.2.3 Saneamento básico sobre a perspectiva do manejo de resíduos sólidos	22
3.2.4 Plano Municipal de Saneamento Básico	23
3.3 Conceitos e experiências com indicadores e índices de saneamento básico	24
3.4 Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Seleção dos indicadores de saneamento	29
4.2 Delimitação do universo da pesquisa	31
4.3 Coleta de dados	31
4.4 Análise Exploratória dos dados dos indicadores	32
4.5 Obtenção do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS)	32
4.6 Classificação e ranqueamento das informações	35
4.7 Análise da relação entre as variáveis de DRSAI e o Índice	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Delimitação dos municípios	39
5.2 Estatística descritiva do Índice de Desempenho em Saneamento	41
5.3. Distribuição espacial do Índice de Desempenho em Saneamento	43
5.3.1 Contexto mesorregional	44
5.4 Ranqueamento dos municípios	48
5.5 Análise das associações entre DRSAI e o IDS	50

5.5.1 Teste de normalidade e teste de igualdade de variâncias	50
5.5.2 Taxas de internação por doenças de transmissão feco-oral x IDS	51
5.5.3 Taxas de internação por doenças de transmissão de inseto vetor x IDS	57
5.5.4 Identificação de situações de susceptibilidade	63
6 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A – DADOS SOBRE OS INDICADORES DE SANEAMENTO.....	79
APÊNDICE B – DADOS SOBRE O TOTAL DE INTERNAÇÕES E AS TAXAS DE INTERNAÇÃO PARA AS CATEGORIAS DE DRSAI	82
APÊNDICE C – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA E DEFINIÇÃO DOS VALORES DE IMPORTÂNCIA	84
APÊNDICE D – INFORMAÇÕES MUNICIPAIS E DOS VALORES DO IDS	85
APÊNDICE E – ESPACIALIZAÇÃO DOS INDICADORES DE SANEAMENTO	88
APÊNDICE F – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS TAXAS DE INTERNAÇÃO	93
APÊNDICE G – ESPACIALIZAÇÃO PARA AS TAXAS DE INTERNAÇÃO	94
APÊNDICE H – ENQUADRAMENTO DOS MUNICÍPIOS NAS RESPECTIVAS MESORREGIÕES	95
ANEXO A	96

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é constantemente afetado pelos impactos ambientais advindos do crescimento populacional e das atividades humanas, principalmente no que concerne à precariedade do saneamento básico, impondo agravos negativos para resiliência dos recursos naturais e, conseqüentemente, na qualidade de vida e saúde da população (FERREIRA, 2020; SILVA *et al.*, 2017).

O saneamento básico surge como um instrumento que visa a melhoria e integralidade da salubridade do meio, por intermédio de infraestruturas e serviços representados pela rede de distribuição de água, sistemas de tratamento de água, rede de coleta de esgoto, sistemas de tratamento de esgoto, aterros sanitários, coleta de resíduos sólidos, manejo de águas pluviais, drenagem urbana e controle de vetores, a fim de garantir água de boa qualidade, coleta e tratamento de esgoto, manejo e destinação final adequada dos resíduos sólidos, redução nos números de alagamentos e enchentes, controle da proliferação de patógenos e vetores transmissores de doenças, redução no número de internações ocasionadas pela falta de saneamento, dentre outros.

Por outro lado, a existência de serviços de saneamento inadequados ou insuficientes acarreta inúmeros agravos negativos diretos e indiretos ao meio ambiente, na qualidade de vida e na saúde humana (SILVA *et al.*, 2017; SIQUEIRA *et al.*, 2017). No que se refere à saúde pública, o saneamento inadequado reflete na incidência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), sendo estas, doenças infectocontagiosas e parasitárias que portam o ambiente como potencial determinante, a exemplo das diarreias, dengue, febres entéricas, hepatite A e leptospirose (CONCEIÇÃO, 2017; FERREIRA *et al.*, 2016; FONSECA, 2011; GONDIM, 2008; SCRIPTORE, 2016; VASCONCELOS, 2011).

Diante de tantos benefícios de sua implementação elencados e da exigência legal do saneamento regulamentada pela Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, ainda persiste uma ausência de instrumentos de planejamento voltados para gestão do saneamento no Brasil (FERREIRA, 2020). Ferreira (2020) e Lima e Santos (2012) destacam que grande maioria dos municípios do país são caracterizados como deficitários na cobertura dos serviços de saneamento básico e ausentes de planejamento efetivo no setor, sendo os municípios de pequeno porte e as comunidades isoladas que apresentam maiores dificuldades para prática e gestão do saneamento.

A Região Nordeste é um reflexo da insuficiência e negligência do setor no país, evidenciado pela baixa cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgotos e pela inadequada disposição final de resíduos sólidos, sendo comum a utilização de lixões em grande parte de seus municípios.

No estado do Pernambuco, mesmo com instrumentos legais voltados para o setor de saneamento, o cenário se mostra desfavorável na maioria dos municípios, o que pode ser reflexo da carência de investimentos e gestão pública. Estudos recentes elaborados pelo Instituto Trata Brasil (ITB) e pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) com indicadores do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), ano referência 2019, mostraram que apesar de alguns municípios pernambucanos comporem seus *rankings* de saneamento, a maioria deles ocupam as piores posições (ABES, 2021; ITB, 2021). Esses estudos ainda relataram que os municípios pernambucanos que ocuparam posições nesses rankings nacionais são caracterizados como municípios de grande porte.

Os indicadores são exemplos de instrumentos de sensibilidade de determinado fenômeno, com capacidade de sintetizar e facilitar o entendimento das informações de modo a nortear na tomada de decisões dos gestores (BERNARDES, C.; BERNARDES, R.; GÜNTHER, 2018).

Ressalta-se que os indicadores e índices em saneamento surgem como *métodos de análise ambiental* que possibilitam o estudo de relações dos serviços de saneamento básico que integram um município, sendo mensurados através de métricas ou atributos de fácil compreensão para serem usados no auxílio à decisão na gestão pública ou privada. Segundo Jannuzzi (2017), um conjunto de indicadores podem ainda ser agrupados em indicadores compostos ou índices, de modo que a junção de um grande número de dados ou informações facilitem a comunicação e interpretação.

Diante desse contexto, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de estudos voltados para obtenção e aplicação de índices de desempenho no setor de saneamento, sendo estes capazes de sintetizar as informações de indicadores da base de dados do SNIS. A aplicação de um índice de desempenho no contexto dos municípios pernambucanos não se trata apenas do fornecimento de informações, mas também da sua capacidade em identificar situações de maiores e menores criticidades, da possibilidade em se obter comparações ou associações com outros fatores e, ainda, da sua utilidade no direcionamento de ações estruturantes no setor de saneamento por parte da gestão pública ou privada.

A saber da realidade dos serviços de saneamento do estado de Pernambuco e as limitações impostas sobre esse setor, a pesquisa idealizou analisar indicadores de saneamento de municípios pernambucanos para o ano de 2019, utilizando da base de dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SNIS e, desse modo, intervir com a proposição de um Índice de Desempenho em Saneamento – IDS que sirva de base para o estudo da disseminação de doenças.

O estudo ainda buscou responder a seguinte questão: Como a obtenção de um Índice de Desempenho pode nortear o entendimento sobre as condições de saneamento e, ainda, contribuir no suporte estratégico para identificação de municípios ou regiões sujeitas à disseminação de DRSAI?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar informações de indicadores de saneamento com proposta para obtenção de um índice de desempenho e suas possíveis contribuições para o estudo da disseminação de doenças em municípios do estado de Pernambuco.

2.2 Objetivos específicos

- Selecionar um grupo de indicadores da base de dados SNIS por intermédio da adoção de critérios, sendo esses representativos e relevantes na prestação de serviços de saneamento básico municipal;
- Determinar a filtragem dos municípios a serem analisados, mediante critério de inclusão e análise exploratória;
- Obter um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) e aplicá-lo frente à realidade de municípios pernambucanos;
- Estabelecer o ranqueamento do Índice de Desempenho em Saneamento para os municípios que compõem o universo dessa pesquisa;
- Realizar integração dos dados de doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado – DRSAI com as informações obtidas através do IDS.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Meio ambiente e qualidade ambiental

O crescimento acelerado e desordenado da população mundial tem gerado debates e inúmeros impasses, não somente com relação a crescente urbanização, mas também aos aspectos territoriais no contexto geral e o processo de governança diante desse desafio. No que concerne ao âmbito ambiental, se pode afirmar que ele está diretamente relacionado à preservação e apropriação dos recursos naturais disponíveis, assim como à qualidade de vida. Esses aspectos vêm tornando a discussão da problemática ambiental e do processo de sustentabilidade cada vez mais essencial para a manutenção do diálogo nas tomadas de decisões e políticas públicas de determinado espaço territorial.

Por um longo tempo pensou-se que o crescimento econômico seria suficiente para melhorar qualidade de vida da sociedade, o que levou à utilização indiscriminada dos recursos naturais, sem levar em consideração a sua finitude, desencadeando uma série de problemas ambientais (ALVES; FREITAS, 2013). O consequente risco de escassez dos recursos naturais e os efeitos negativos da apropriação e poluição da natureza à qualidade de vida humana, levou a humanidade a repensar o seu modelo de desenvolvimento baseado da produção industrial (LACERDA; CÂNDIDO, 2013).

Diante das intensas modificações no meio ambiente, com a finalidade de suprir as necessidades antrópicas, foram ocorrendo diversos impactos que interferem diretamente na qualidade de vida das pessoas, sendo necessário analisá-los tanto em seu aspecto quantitativo como qualitativo. Para Veiga (2010, p.46), “uma coisa é medir desempenho econômico, outra é medir qualidade de vida (ou bem-estar), e uma terceira é medir a sustentabilidade do desenvolvimento”.

É precisamente nesse contexto que o modo de vida das cidades se torna um ponto importante a ser avaliado e ganha destaque tendo em vista as condições do meio físico urbano que adquiriu características peculiares resultantes da ação antrópica intensificada bruscamente com o avanço das técnicas a partir do século XX e, consequentemente, com a aquisição de novos padrões de vida da sociedade.

Portanto, vale ressaltar que crescimento econômico e a preservação do meio ambiente possuem uma estrita relação, posto que o alcance do desenvolvimento econômico só é possível

através do uso consciente e equilibrado dos recursos naturais (KRAEMER, 2009). Um dos passos para a sustentabilidade é garantir que o âmbito social, econômico e a ambiental sejam sinérgicos, evidenciados efetivamente nas políticas públicas e que tomem como base a conscientização e a responsabilidade social.

3.2 Aspectos conceituais sobre saneamento

A associação dos conjuntos de serviços públicos ou privados e ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental e prevenção de doenças, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida em todas interfaces da sociedade é denominado saneamento básico. Sendo dividido em sistemas de distribuição de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008; SOUSA; SOUSA; ALVARES, 2015).

A Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), atualizada pela Lei nº 14.026/2020, estabelece as diretrizes nacionais para políticas públicas voltadas ao saneamento básico no Brasil. A mesma Lei adota a definição de saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Segundo Wagner, Balsan e Moura (2013), o saneamento envolve áreas como a saúde pública, infraestrutura urbana e o meio ambiente. O autor destaca que uma grande parcela dos brasileiros ainda não possui acesso a garantia de abastecimento de água potável, o manejo dos resíduos sólidos urbanos é insuficiente e o tratamento do esgoto sanitário é praticamente inexistente. Diante dos muitos entraves e ineficiências, o saneamento no país ainda segue a passos lentos para universalização.

Diante dessa problemática socioambiental, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), principal instrumento da política pública nacional de saneamento básico, foi elaborado pelo Governo Federal em amplo processo participativo e em total respaldo com a Lei nº 11.445/2007. Em sua primeira etapa de elaboração discutiu-se o “Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania”. O documento buscou nortear a construção de caminhos e sinalizar soluções para a universalização do acesso ao saneamento básico e para a inclusão social, tendo o propósito de mobilizar diversos segmentos da sociedade para a construção do Plano (BRASIL, 2019a).

O resultado final refletiu o coroamento de um processo integrante e participativo, desenvolvido para a elaboração de um plano nacional que buscou contemplar uma visão holística

do conjunto dos atores sociais envolvidos com o tema do saneamento básico. A versão original do PLANSAB foi aprovada, então, pelo Decreto nº 8.141/2013 e pela Portaria Interministerial nº 571/2013, contemplando uma abordagem integrada do saneamento, que inclui os quatro componentes principais: abastecimento de água potável, sistema de esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Conforme previsto na legislação, o Plano foi concebido com um horizonte de vinte anos (2014 a 2033), com previsão de avaliações anuais e revisões a cada quatro anos (BRASIL, 2019a).

A elaboração do PLANSAB – 2019 que está em processo de revisão pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR) foi orientada por princípios da política de saneamento básico (Figura 1). Alguns se baseiam em conceitos que requerem detalhada precisão, sendo muitas vezes sem uma significação consensual pelos diversos autores envolvidos (BRASIL, 2019a).

Figura 1 – Princípios fundamentais orientadores do PLANSAB.



Fonte: BRASIL (2019a)

Para a caracterização do déficit na ótica do saneamento básico no Brasil, esse novo Plano aborda diferentes condições de saneamento na sociedade brasileira que contemplam, além da infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e, de mesmo modo, a qualidade dos serviços oferecidos ou da solução empregada.

Informações da última versão do PLANSAB mostram que, no país, 39,6% dos domicílios ainda não possuem abastecimento de água adequado e 48,7% possuem atendimento precário de esgotamento sanitário. Os déficits no acesso aos serviços, considerando o cenário nacional, mostram que será difícil atender o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 proposto pela ONU: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, tendo como horizonte 2030 (BRASIL, 2013).

3.2.1 Saneamento básico sobre a perspectiva dos serviços de água

Um recurso natural que não pode ser negligenciado quanto a sua conservação é a água potável, sendo essencial para manutenção e sustento da vida, para promoção da saúde, funções ecológicas e para propiciar o desenvolvimento econômico. A demanda mundial por água está aumentando exponencialmente e, conseqüentemente, isso vem causando problemas de escassez e desperdício exagerado, colocando em risco a segurança e manutenção dos recursos hídricos existentes.

Sistemas de abastecimento de água são projetados para atender a pequenas comunidades e até metrópoles, levando sempre em consideração as características regionais e o porte de suas instalações. Pode ser caracterizado pela retirada da água de fontes naturais, por seus padrões de potabilidade e pela gama de processos operacionais e laboratoriais que ocorrem até o fornecimento à população (ITB, 2012).

Esses sistemas geralmente contêm módulos inter-relacionados, como bombas, tubos, válvulas, reservatórios e tanques e são o resultado de esforços combinados de profissionais de inúmeras áreas (MALA-JETMAROVA; SULTANOVA; SAVIC, 2017). A confiabilidade no serviço de abastecimento de água depende da configuração do sistema, projeto, pressão e fluxo através dos elementos do sistema. Vale ressaltar que os custos operacionais do sistema de distribuição de água podem ser maiores ou iguais a 60% do custo total de todo o sistema (TSAKIRIS, 2014).

Outro ponto a se avaliar é que esses sistemas são susceptíveis a falhas que podem ocasionar atrasos no atendimento e perdas na distribuição. Por isso esforços contínuos devem ser feitos para aumentar a eficiência e a prevenção de falhas, a fim de reduzir drasticamente o desperdício, extravasamentos, contaminação e o custo operacional. As perdas de água na distribuição no Brasil são muito comuns e evidentes. É praticamente improvável que exista sistema de distribuição sem perdas de água, mas deve-se buscar a máxima eficiência do serviço a fim de se reduzir os desperdícios. Dados sobre abastecimento de água no Brasil apontam que o

índice de perdas na distribuição de água é de 39,2% variando de 34,4%, na macrorregião Centro-Oeste a 55,2% na Norte (BRASIL, 2020a).

Conforme dados do SNIS (BRASIL, 2020a), as redes públicas de abastecimento de água atendem a mais de 92,9% (162,2 milhões de habitantes) dos brasileiros que vivem em cidades, apresentando valores discrepantes em relação a população rural atendida e, ainda, evidencia que o atendimento total de água com redes públicas de abastecimento no país é de 83,7%, correspondendo a 170,8 milhões de habitantes, com consumo médio per capita de água de aproximadamente 153,9 l/hab.dia. A menor cobertura de atendimento da população total com redes públicas de abastecimento de água é o da macrorregião Norte (57,5%) e o maior, da Sudeste (91,1%).

A disponibilidade de água potável é um problema de ordem global, devido à presença de inúmeros poluentes que podem estar dispersos na água, necessitando de padrões de potabilidade para assegurar seu consumo (NEHRA; RAGHAV; KUMAR, 2020).

No Brasil, adota-se a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, como por exemplo a inclusão de restrição a novos agrotóxicos, determinação de limite máximo de turbidez na saída do tratamento, a identificação dos gêneros de cianobactérias e ressalta a obrigatoriedade da análise de E. Coli, estipulando a adequação junto a Legislação quando 5% das amostras anuais analisadas no sistema de distribuição apresentarem E. Coli (BRASIL, 2021).

3.2.2 Saneamento básico sobre a perspectiva dos serviços de esgotamento sanitário

O esgoto sanitário pode ser definido como sendo água que após ser utilizada em processos industriais ou atividades humanas teve suas características naturais alteradas, não podendo ser lançadas diretamente nos corpos hídricos sem o devido tratamento prévio. Por outro lado, o esgotamento sanitário é a integração dos componentes responsáveis pela implantação de rede coletora, coleta, transporte, tratamento e disposição final (DIAS; ROSSO, 2012; ITB, 2012).

Diante dessa perspectiva, conforme dados do SNIS 2019, as redes de coleta de esgotamento sanitário abrangem 54,1% da população total do país (110,3 milhões de habitantes) e 61,9% da população urbana (108,1 milhões habitantes), sendo os maiores índices encontrados na macrorregião Sudeste (79,5% e 83,7%, respectivamente) e os menores, na macrorregião Norte (12,3% e 15,8%) (BRASIL, 2020b). No que se refere ao tratamento de esgoto no país, o

SNIS 2019 apontou que apenas 49,1% do esgoto coletado referente a água consumida passa pelo devido processo de tratamento (BRASIL, 2020b).

Vale salientar que o atendimento de cobertura total ou parcial de rede coletora de esgoto não é requisito para que exista sistemas de tratamento de esgoto (VICENTE, 2019).

Dos Santos (2007) ainda destaca que, na perspectiva das regiões áridas e semiáridas, o tratamento de efluentes gerados pelo crescimento populacional e industrial, assume caráter prioritário e fundamental, dando enfoque acerca da escassez hídrica típica dessas regiões e sobre a enorme carga poluidora produzida, que pode potencializar essa situação através da saturação corpos receptores.

A destinação inadequada ou as deficiências nos serviços de esgotamento sanitário acarretam vários impactos negativos ao meio ambiente e a saúde da população, atraem vetores causadores de doenças e outros patógenos, aumentam as despesas com saúde pública, elevam os gastos com tratamento de água de abastecimento e afetam setores do turismo e da pesca. Por outro lado, o investimento em esgotamento reflete em melhorias na expectativa de vida, na taxa de mortalidade, nos gastos com saúde pública e tratamento de água, no turismo e na pesca (ITB, 2012; SANTANA, 2019; VASCONCELOS, 2018).

3.2.3 Saneamento básico sobre a perspectiva do manejo de resíduos sólidos

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é algo comum desde as primeiras cidades. Essa produção exacerbada é influenciada por inúmeras variáveis, em destaque, o crescimento populacional, a industrialização, padrões de consumo, falta de conscientização, dentre outros, o que agrava a problemática da gestão de resíduos sólidos (MALINAUSKAITE *et al.*, 2017; SRIVASTAVA *et al.*, 2020).

Diante disso, a gestão de resíduos – seja pelo acondicionamento, a coleta, o transporte, e disposição final adequada - é, portanto, uma das principais preocupações das comunidades urbanas. Com infraestruturas insuficientes e sistemas de gestão de resíduos ineficientes, são necessárias soluções que consigam conciliar aspectos econômicos, sociais e ambientais, e que garantam salubridade ambiental (MUNEEB *et al.*, 2018).

No Brasil, no que diz respeito aos resíduos sólidos, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a), regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, a qual estabeleceu, os princípios, objetivos, instrumentos, definições gerais, classificação e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos. Nessa mesma Lei, entende por:

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

Para os 3712 municípios que participaram do “Diagnóstico SNIS do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2019 (SNIS-RS)”, a taxa média de população total atendida por serviços de coleta de resíduos sólidos foi de 92,1%, variando entre 96,2 (Sudeste) e 84,4 (Norte). O diagnóstico ainda demonstrou que a taxa de cobertura da população urbana obteve um valor de 98,8% e uma estimativa de 18,0 milhões de brasileiros (8,6% da população) sem acesso a coleta de resíduos sólidos. Quando se trata da destinação adequada de resíduos sólidos, serviço sanitário com inúmeros desafios enfrentados, observou-se que as 4.262 unidades de processamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) operadas no país receberam 75,8 milhões de toneladas de massa de RSU, onde aproximadamente 64,1 (84,6%) milhões de toneladas são direcionadas para unidades de disposição no solo: lixão (7,7 milhões de toneladas), aterro controlado (8,2 milhões de toneladas) e aterro sanitário (48,1 milhões de toneladas) (BRASIL, 2020c).

O Ministério do Meio Ambiente - MMA, dentro de suas competências institucionais, tem responsabilidade de implementar a PNRS, conforme descrito pela Lei nº 12.305/2010, e ainda capacitar e desenvolver institucionalmente os estados e municípios nesse setor, atuando na capacitação e assistência técnica, como faz atualmente, com foco à implementação da gestão regionalizada dos resíduos sólidos. Ademais, visa orientar diretrizes, programas, metas e ações no âmbito da política de resíduos sólidos, na elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES (BRASIL, 2019a).

3.2.4 Plano Municipal de Saneamento Básico

A Constituição Federal Brasileira garante diz que é de competência da União, dos Estados e dos municípios promoverem a gestão do saneamento básico no país a fim de atender a todos os cidadãos. Dessa forma fica sobre a tutela do governo federal coordenar e instituir políticas nacionais de saneamento e garantir o investimento no setor, atuando através das pastas do Ministério do Desenvolvimento Regional, Ministério do Meio Ambiente, dentre outros.

Compete ao governo estadual desenvolver e apoiar programas na esfera estadual, operar e manter os de serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto por delegação

municipal. E, por fim, o governo municipal que é titular dos serviços de saneamento é responsável pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, que é um instrumento fundamental para regulamentar a concessão de serviços no setor e para obtenção de incentivos financeiros para obras de saneamento (BRASIL, 2020d; ITB, 2012).

É indiscutível que o PMSB é um importante instrumento de gestão no setor de saneamento. Deve integrar as propostas de planos locais e regionais nas áreas de saúde, habitação, mobilidade, meio ambiente, recursos hídricos, prevenção de risco e inclusão social e ser compatível com o Plano Diretor e os Planos das Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2020d; ITB, 2012; SANTOS; KUWAGIMA; SANTANA, 2020).

Contudo, o Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil-2017 mostrou a complexa realidade da universalização e aponta que muitos dos municípios brasileiros ainda estão com os seus planos em fase de elaboração, com destaque nas regiões Centro-Oeste (68%), Nordeste (46%) e Norte (40%) que apresentaram valores superiores à média nacional (BRASIL, 2017a).

3.3 Conceitos e experiências com indicadores e índices de saneamento básico

Diante das diversas alterações no meio ambiente e as inúmeras incertezas acerca da universalização dos serviços de saneamento, surge a necessidade da adoção de instrumentos que sejam capazes de mensurar as mais diversas características dos serviços numa escala global e/ou regional e, assim, estimular precedentes para subsidiar as políticas públicas de saneamento.

A fim de avaliar estes aspectos, comumente são utilizados indicadores e/ou índices em saneamento, sendo uma ferramenta de gestão que agrega valor do crítico social nas tomadas de decisões em distintas escalas (COTA *et al.*, 2019; LOURENÇO; PRADO, 2019). Para Siche *et al.* (2007), os indicadores procedem como uma sinalização que visa demonstrar a situação do sistema avaliado, visto que são valores estáticos, que revelam a real situação da área estudada.

Entende-se que os indicadores podem ser derivados de dados primários, secundários ou a partir de outros indicadores, sendo classificados como analíticos (composto de uma única variável) ou sintéticos (composto por um conjunto de variáveis) (BRASIL, 2014), sendo expressos em diferentes escalas (porcentagem, valores discretos ou contínuos e valores qualitativos). Por outro lado, o índice pode ser definido como a integração de indicadores dentro de um parâmetro de análise, comumente, por um valor adimensional (SOBRAL *et al.*, 2011)

Para Mueller, Torres e Morais (1997), um bom indicador deve conter os seguintes atributos principais: simplificação, descreve de forma relevante o estado do fenômeno estudado;

quantificação, deve permitir coerência estatística e lógica diante hipóteses; comunicação, o indicador deve transmitir eficientemente o estado do fenômeno observado; validade, um determinado indicador deve ser produzido em tempo oportuno, influenciando nas tomadas de decisão; pertinência, o indicador deve atender às inúmeras necessidades dos seus usuários, transmitindo informações com embasamento científico e método adequado.

Conforme Rufino (2002), com base nos seus objetivos, os indicadores e índices podem ser utilizados nas mais diversas aplicações, podendo destacar-se: atribuição de recursos; classificação de locais; cumprimento de normas legais; análise de tendências espaciais e temporais; informação ao público sobre determinada situação ambiental; e, investigação científica.

No estudo de Lima (2013) foi abordado procedimentos aplicados para o mapeamento e análise do indicador de saneamento ambiental da cidade de Presidente Epitácio/SP, utilizando como base as informações de abastecimento de água, energia elétrica, esgotamento sanitário, coleta de lixo e pavimentação das vias.

Adiante, Costa *et al.* (2013) propuseram e analisaram a evolução dos prestadores de serviços de saneamento do estado de Minas Gerais entre os anos de 2005 e 2010 com base nos indicadores do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), onde optaram por selecionar os mais representativos e relevantes na prestação de serviços do setor. Os indicadores adotados foram o percentual de atendimento urbano de água (%), a incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (%), percentual de perdas de água na distribuição (%), margem de despesa de exportação (%), percentual de coleta de esgoto (%) e percentual de esgoto tratado referente à água consumida (%), contemplando serviços nas categorias de cobertura, eficiência e demanda.

Um estudo realizado no ano 2015 objetivou mensurar a disponibilidade dos dados e verificar a consistência entre os indicadores em saneamento básico (serviços de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem pluvial) e a realidade atual de um município através de questionários destinados aos residentes, tendo como área de estudo o município de Itabaiana, no Estado da Paraíba (PENA, 2015). O estudo contribuiu com a proposição de alternativas viáveis de melhoria na infraestrutura, nos quesitos dos serviços de água, esgotos, resíduos sólidos e drenagem pluvial do município.

Nirazawa e Oliveira (2018) analisaram indicadores em saneamento para elaboração de um índice de saneamento básico municipal - ISBM para os municípios paulistas, utilizando informações dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana, em três dimensões/categorias (cobertura, eficiência, eficácia).

A temática do desenvolvimento sustentável deve estar atrelada as políticas públicas voltadas a universalização dos serviços de saneamento. Dessa forma, a pesquisa de Vasconcelos (2018) objetivou efetuar a análise de desempenho sustentável de indicadores de saneamento, aplicado ao esgotamento sanitário no estado do Pernambuco. Foi adotada uma abordagem exploratória-descritiva com base no SNIS a fim de fornecer uma análise estatística dos dados contidos nesta base, realizando correlações entre variáveis e a análise multivariada a fim de identificar similaridade entre os dados de desempenho dos sistemas de esgotamento de 45 municípios.

Peixoto *et al.* (2018) aplicaram suporte computacional do Sistema de Informação Geográfica – SIG e o Índice de Saneamento Ambiental – ISA, objetivando a caracterização e o diagnóstico da situação dos serviços de saneamento na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte. O ISA foi dividido em 4 sub-índices: índice de abastecimento de água, índice de esgotamento sanitário, índice de coleta de lixo e índice de drenagem urbana.

No estudo de Kobren *et al.* (2019) foi aplicado o Indicador de Salubridade Ambiental – ISA no município de Porto Rico/PR, utilizando 6 indicadores principais (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, dentre outros). Concluíram que o ISA pode ser um importante suporte nas tomadas de decisão do município no quesito do saneamento básico.

Destaca-se ainda o Ranking ABES da Universalização do Saneamento, que foi elaborado através das informações de indicadores de saneamento retirados do banco de dados do SNIS, referente ao ano de 2019, sendo estes o serviço de cobertura de distribuição de água, coleta de esgoto e resíduos sólidos, tratamento de esgoto e destinação adequada de resíduos sólidos. Com as informações dos indicadores e a obtenção de um índice agregado final (pontuação final) foi possível mensurar o quão próximo determinado município se encontrou da universalização (ABES, 2021). Nessa mesma linha metodológica, o Instituto Trata Brasil elaborou o Ranking do Saneamento com dados de indicadores do SNIS para o ano de 2019 (ITB, 2021). Entre os indicadores estudados se destacaram o fornecimento de água, a coleta e tratamento de esgoto, os investimentos no setor e as perdas na distribuição de água, divididos em 3 categorias distintas (nível de cobertura do serviço, melhora na cobertura e nível de eficiência).

3.4 Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)

O entendimento sobre relações entre saúde humana e saneamento remonta as mais antigas civilizações e ascende na medida que abrange as variáveis culturais, sociais e econômicas (ANDREAZZI; BARCELLOS; HACON, 2007; PEDROSA; MIRANDA; RIBEIRO, 2016).

Denota-se um enfoque sobre os impactos negativos advindos da falta de saneamento básico adequado, que podem ser percebidos através da degradação dos recursos naturais, pelos efeitos diretos na saúde individual, pela poluição visual, pelo aumento nos custos públicos e privados em saúde e pela perda de qualidade de vida da população (SILVA *et al.*, 2017; SIQUEIRA *et al.*, 2017).

Com isso, Cairncross e Feachem (1993) propuseram uma classificação para doenças infectocontagiosas que possuem estrita relação com as condições insalubres do meio, sendo denominadas de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Engloba 5 categorias de doenças que, somadas, podem constituir o indicador referente as taxas de internações e óbitos de determinada população, sendo: doenças de transmissão feco-oral; doenças transmitidas por inseto vetor; doenças transmitidas pelo contato com água; doenças relacionadas com a higiene; e, geo-helmintos e teníases (Quadro 1).

Quadro 1 – Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado.

Categoria	Morbidade	CID-10
Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias	A00; A02-A04; A06-A09
	Febre entéricas	A01
	Hepatite A	B15
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue	A90; A91
	Febre amarela	A95
	Leishmanioses	B55
	Filariose linfática	B74
	Malária	B50-B54
Doenças transmitidas pelo contato com água	Doença de chagas	B57
	Esquistossomose	B65
Doenças relacionadas com a higiene	Leptospirose	A27
	Tracoma	A71
	Conjuntivites	H10
Geo-helmintos e teníases	Micoses superficiais	B35; B36
	Helmintíases	B68; B69; B71; B76-B83
	Teníases	B67

Fonte: BRASIL (2010b).

CID-10: Classificação Internacional de Doenças - 10ª edição

Essa classificação é resultante da integração de inúmeros dados e informações, diante do aprofundamento de conceitos de outros indicadores relevantes, entre eles o abastecimento de água potável, a coleta e disposição final de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, a drenagem urbana, o controle de vetores e o uso consciente do solo (IBGE, 2015; SOBRAL *et al.*, 2011).

A deficiência ou ineficiência em serviços de saneamento intensificam os agravos à saúde pública, principalmente no que concerne a incidência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), doenças infectocontagiosas e parasitárias de profundo interesse epidemiológico, sobretudo nos países pobres e subdesenvolvidos (CONCEIÇÃO, 2017; FERREIRA *et al.*, 2016; SCRIPTORE, 2016). Destaca-se, em síntese, a cólera, febres entéricas, diarreias, dengue, gastroenterite, esquistossomose e leptospirose, sendo estas as mais comuns na realidade de uma substancial parcela da população que apresenta precariedades no setor de saneamento (CONCEIÇÃO, 2017).

Indicadores sanitários e epidemiológicos têm sido comumente utilizados para avaliar as relações entre saneamento básico e saúde pública, sendo que a seleção dos indicadores mais apropriados e o método para análise de suas relações os questionamentos mais desafiadores, pois dependem da integração entre as dimensões de saneamento e meio ambiente com a dimensão saúde (SILVA *et al.*, 2017).

Conforme o acervo científico, inúmeros estudos constataram a associação entre inadequações de saneamento e incidência de DRSAI, sendo essa incidência o fator contribuinte para casos/taxas de internações e óbitos (AMARAL; OLIVEIRA; RAMOS, 2016; CONCEIÇÃO, 2017; FERREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2018; NICÁCIO; PEREIRA JUNIOR, 2019; ROSA *et al.*, 2021; SIQUEIRA *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção dos indicadores de saneamento

Na adoção de indicadores de saneamento em estudos de natureza exploratória, prioriza-se os mais relevantes e sensíveis para compreensão do fenômeno a ser estudado, direcionando-os como suporte estratégico e teórico para o aprofundamento de questões recorrentes que envolvem o setor de saneamento.

Diante disso, levou-se em consideração alguns requisitos mínimos importantes para os indicadores de saneamento que foram levantadas por alguns autores, sendo elas: definição clara, concisa e interpretação inequívoca; sensibilidade diante das mudanças nas condições ambientais e na sociedade; mensuração facilitada com custo razoável de aquisição dos dados, processamento e comunicação; possibilitarem a comparação do desempenho obtido com os objetivos planejados; contribuir significativamente para a tomada de decisão; dispensarem análises complexas; comparabilidade com critérios legais e demais requisitos existentes; serem de simples e fácil compreensão; serem rastreáveis; compatibilidade com indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), sempre que possível, a fim de possibilitar a comparação do desempenho com outras empresas do setor de saneamento (ALEGRE *et al.*, 2020; GALVÃO JÚNIOR; XIMENES, 2008; VON SPERLING, 2010).

A princípio foram estabelecidas quatro categorias para a composição dos indicadores relacionados aos serviços de saneamento: cobertura, eficiência, demanda e gestão. A seleção dos indicadores se deu por intermédio da adoção de 4 (quatro) critérios específicos: o indicador compõe uma das categorias definidas para o estudo; o indicador integra a base de dados do SNIS; o indicador contém faixas de adequação descritas na literatura; e, o indicador apresenta disponibilidade e consistência dos dados, de modo que forneça dados atualizados ou recentes e garantam a integridade do maior número de observações possíveis.

Dessa forma, a partir dos critérios adotados, foram filtrados e selecionados 10 (dez) indicadores de saneamento integrantes da base de dados do SNIS (Quadro 2), sendo 9 indicadores caracterizados como variáveis quantitativas e 1 indicador caracterizado como variável qualitativa (Plano Municipal de Saneamento Básico).

Quadro 2 – Indicadores de saneamento utilizados no estudo, contendo suas respectivas categorias, abreviações /código do SNIS, referências e classes de adequação.

Categoria	Indicador	Abreviação e Fonte SNIS	Referência	Classes de adequação
Cobertura	Atendimento total de distribuição de água (%)	COB_ag IN055_AE	(PIMENTEL <i>et al.</i> , 2017; ABES, 2021; ITB, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 80% - 90%: Aceitável < 80%: Insatisfatório
	Atendimento total de rede de coleta de esgoto (%)	COB_es IN056_AE	(TAVARES <i>et al.</i> , 2019; ABES, 2021; ITB, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 70% - 90%: Aceitável < 70%: Insatisfatório
	Coleta de esgoto referente à água consumida (%)	COL_es IN015_AE	(RIO DE JANEIRO, 2011; COSTA <i>et al.</i> , 2013)	> 80%: Satisfatório 40% - 80%: Aceitável < 40%: Insatisfatório
	Atendimento total de coleta de resíduos sólidos (%)	COB_rs IN015_RS	(TAVARES <i>et al.</i> , 2019; ABES, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 80% - 90%: Aceitável < 80%: Insatisfatório
Eficiência	Esgoto tratado referente à água consumida (%)	TRAT_es IN046_AE	(COSTA <i>et al.</i> , 2013; ITB, 2021)	> 80%: Satisfatório 50-80%: Aceitável < 50%: Insatisfatório
	Destinação adequada de resíduos sólidos (%)	DEST_rs (UP008/UP080) *100	ABES, 2021	>98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 50% - 90%: Aceitável 40% - 50%: Insatisfatório < 40%, Aterro Cont. e Lixão: Crítico
	Incidência de amostras de coliformes fora do padrão (%)	IAC_f,p IN084_AE	PLANSAB (BRASIL, 2019a)	< 1%: Satisfatório ≥ 1%: Insatisfatório
	Perdas de água na distribuição (%)	PERD_ag IN049_AE	PLANSAB (BRASIL, 2019a)	≤ 41%: Satisfatório 52% - 41%: Aceitável > 52%: Insatisfatório
Demanda	Consumo médio de água per capita (lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	CONS_ag IN022_AE	Organização das Nações Unidas - ONU (2015)	< 110 lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹ : Satisfatório 110 –165: Aceitável > 165 lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹ : Insatisfatório
Gestão	Plano Municipal de Saneamento Básico	PMSB PO028	Ferreira, 2020; Conforme relevância do indicador descrito em Lei e na literatura	Existe Plano: Satisfatório Em elaboração: Aceitável Não existe: Insatisfatório

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ABES (2021), BRASIL (2019a), Costa *et al.* (2013), Ferreira (2020), ITB (2021), ONU (2015), Pimentel *et al.* (2017), RIO DE JANEIRO (2011), Tavares *et al.* (2019).

4.2 Delimitação do universo da pesquisa

O pressuposto para a formação do universo da pesquisa segue os critérios de exclusão e inclusão (Quadro 3). Dessa forma, o universo da pesquisa pode ser entendido como os fatores sobre os quais se deseja obter conclusões sobre determinado assunto (LEVINE *et al.*, 2012). Esses critérios foram adotados com base na lacuna existente relacionada à indisponibilidade de dados dos indicadores de saneamento que compõem o SNIS, o que a grosso modo interfere na delimitação, podendo influenciar no tamanho do campo de investigação. Diante disso, o estudo se restringirá a analisar os municípios que constam informações acerca dos indicadores de saneamento para o ano de 2019.

Quadro 3 – Critérios para delimitação do universo da pesquisa.

Critério	Descrição
Exclusão	São excluídos do estudo todos os municípios nos quais não constam informações acerca dos indicadores de saneamento.
Inclusão	São incluídos no estudo todos os municípios nos quais constam informações acerca dos indicadores de saneamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Coleta de dados

Os dados dos indicadores utilizados foram obtidos por intermédio do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), elaborado no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) e administrado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDE), mais precisamente pela Secretaria Nacional de Saneamento (BRASIL, 2019b). As informações dos indicadores de saneamento selecionados por município foram disponibilizadas no Apêndice A.

O SNIS se configura como o mais importante e usual banco de dados no setor de saneamento do país, com informações acerca da prestação de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos urbanos e outros. A base de dados disponibiliza uma série histórica de 25 anos (1995-2019) com defasagem de um ano, de maneira que os dados utilizados nessa pesquisa são do ano de 2019.

Os dados de internações foram retirados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), pertencente ao Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do Ministério da Saúde (BRASIL, 2019c), sendo esses gerados em total de internações

para doenças selecionadas por município de residência e ano de internação (2019). Ressalta-se que as informações sobre o total de internações e taxas de DRSAI foram disponibilizadas no Apêndice B.

4.4 Análise Exploratória dos dados dos indicadores

Nesse procedimento utilizou-se exames estatísticos a fim de se obter um melhor delineamento e criticidade na interpretação dos dados, dando confiabilidade quando submetidos às técnicas estatísticas. Para isso, três etapas foram indispensáveis na análise: o teste de normalidade dos dados; a detecção de valores discrepantes ou extremos (outliers); e, posteriormente, a estatística descritiva. Realizou-se o teste de Anderson-Darling, sendo este eficiente para verificar normalidade das distribuições, especificamente quando se utiliza um número superior a 50 amostras (MENDES; PALA, 2003; MIOT, 2017; TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

4.5 Obtenção do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS)

Comumente existe dúvidas quanto a diferenciação entre indicador e índice, e muitas das vezes são interpretados erroneamente. Conforme Siche *et al.* (2007), indicador pode ser um parâmetro que é utilizado isoladamente ou em junção com outros para traduzir a situação de determinado sistema, seja ele ambiental, social ou econômico. Em contraponto, um índice pode ser considerado um valor agregado final, inclusive, se utilizam de indicadores como base de formulação, sendo um importante instrumento nas tomadas de decisão e previsão

O Índice de Desempenho em Saneamento foi formulado, especificamente, a partir da atribuição de notas e graus de valoração (pesos) entre os indicadores. Para isso foram utilizadas a técnica de Processo de Análise Hierárquica (AHP) na ponderação e a técnica de Média Ponderada para cálculo final.

Para formulação do IDS, primeiramente, foram atribuídas notas arbitrárias numa escala de 0 a 10 para as classes de adequação de cada indicador, a fim que sejam apresentadas num formato quantitativo de importância, conforme descrito na Tabela 1. Para mais, entende-se que quanto maior o valor da nota, melhor será o nível de adequabilidade.

Tabela 1 – Notas utilizadas para as classes correspondentes de cada indicador.

Dimensão	Indicador	Notas por classe				
		Ideal	Satisfatório	Aceitável	Insatisfatório	Crítico
Distribuição de água	COB_ag	10	7,5	5	0	n/p
	INC_f.p	n/p	10	n/p	0	n/p
	PERD_ag	n/p	10	5	2,5	n/p
	CONS_ag	n/p	10	5	2,5	n/p
Esgotamento sanitário	COB_es	10	7,5	5	2,5	n/p
	TRAT_es	n/p	10	5	0	n/p
	COL_es	n/p	10	5	2,5	n/p
Resíduos sólidos	COB_rs	10	7,5	5	2,5	n/p
	DEST_rs	10	7,5	5	2,5	0
Gestão	PMSB	n/p	10	2,5	0	n/p

Fonte: Elaborado pelo autor.

COB_ag: Atendimento total de distribuição de água; COB_es: Atendimento total de rede de coleta de esgoto; COL_es: Coleta de esgoto referente a água consumida; TRAT_es: Esgoto tratado referente a água consumida; COB_rs: Atendimento total de coleta de resíduos sólidos; PERD_ag: Perdas de água na distribuição; CONS_ag : Consumo médio de água per capita; IAC_f.p: Incidência de amostras de coliformes fora do padrão; PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico; DEST_rs: Destinação adequada de resíduos sólidos. n/p: não possui nota para classe.

Sabendo que a adoção dos pesos pode ser realizada de forma arbitrária (BOHNENBERGER *et al.*, 2018), procedeu a aplicação da técnica AHP a fim de reduzir essa arbitrariedade, analisando a razão de consistência (CR). O programa utilizado para no processo de AHP foi o *software* Expert Choice 11.

A técnica AHP se baseia em uma matriz de comparação de importância par a par em que todos os fatores são ordenados de forma implícita pelo usuário, sendo que, o peso de cada fator é gerado em um intervalo fixado entre 0 e 1, e apresenta potencial na redução da subjetividade e incoerência na obtenção dos pesos (BOHNENBERGER *et al.*, 2018; CASTRO *et al.*, 2015; LORENTZ *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2013). Já para o CR, valores abaixo de 0,1 indicam boa consistência no processo da AHP, enquanto que, valores acima de 0,1 indicam inconsistências nos julgamentos da matriz, sendo necessária a revisão da mesma (FARIA; AUGUSTO FILHO, 2013).

No processo de julgamentos da matriz considerou a relevância e os benefícios da adequação de cada um dos indicadores, sabendo dos eventuais problemas que podem surgir pela sua inexistência ou ineficiência (FERREIRA, 2020; ITB, 2021; MUNDIM; JUNIOR, 2020; SANTOS *et al.*, 2013). Dessa forma, evidencia-se como cada um dos indicadores contribuem para o alcance do objetivo: a obtenção de um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS).

Logo após a inserção dos julgamentos na matriz de comparação pareada (Apêndice C), o *software* calculou as prioridades relativas de cada indicador (Peso Médio Local) e a Razão de Consistência (CR). Os pesos médios locais, os pesos em percentual, a razão de consistência e a respectiva dimensão e contribuição global dos indicadores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Pesos obtidos pela matriz de comparação pareada com o método AHP.

Dimensão	Indicador	Peso local	Peso (%)	Contribuição (%)
Distribuição de água	COB_ag	0,162	16,2	38,4
	INC_f.p	0,087	8,7	
	PERD_ag	0,079	7,9	
Esgotamento sanitário	CONS_ag	0,056	5,6	27,4
	COB_es	0,143	14,3	
	TRAT_es	0,081	8,1	
Resíduos sólidos	COL_es	0,050	5,0	20,2
	COB_rs	0,137	13,7	
Gestão	DEST_rs	0,065	6,5	
	PMSB	0,140	14,0	14,0
Total		1	100	100
Razão de consistência (CR)			0,02	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Expert Choice 11.

COB_ag: Atendimento total de distribuição de água; COB_es: Atendimento total de rede de coleta de esgoto; COL_es: Coleta de esgoto referente à água consumida; TRAT_es: Esgoto tratado referente a água consumida; COB_rs: Atendimento total de coleta de resíduos sólidos; PERD_ag: Perdas de água na distribuição; CONS_ag: Consumo médio de água per capita em; IAC_f.p: Incidência de amostras de coliformes fora do padrão em percentual; PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico; DEST_rs: Destinação adequada de resíduos sólidos em percentual.

Assim, com posse das notas e pesos dos indicadores realizou-se a técnica da Média Ponderada (Equação 1). O uso desta técnica cria uma margem classificatória, ordinal, através de uma escala de intervalo (MEIRELLES; DOURADO; COSTA, 2018; SILVA; MACHADO, 2014). Na obtenção do Índice de Desempenho em Saneamento, o valor resultante da média ponderada foi multiplicado por 10, com intuito de reclassificar os valores atuais numa nova escala numérica (Equação 2). Dessa forma, entende-se que quanto maior for o valor do IDS, maior será o desempenho em saneamento.

$$M_p = \sum (N_{ind} \times P_{ind}) / \sum P_{ind} \quad (1)$$

$$IDS = M_p \times 10 \quad (2)$$

Em que:

M_p = Média ponderada;

P_{ind} = Peso do indicador;

N_{ind} = Nota do indicador.

Com os dados quantitativos do IDS calculados (Apêndice D) se tem uma perspectiva da situação de desempenho de saneamento dos municípios pernambucanos. Para sumarizar e descrever essas informações de forma mais robusta, os dados foram submetidos à estatística descritiva e ao teste de normalidade.

4.6 Classificação e ranqueamento das informações

Se fez necessária a classificação do índice, com intuito de reforçar o acervo de comparações e a análise espacial. Assim, o IDS foi categorizado em classes com seus respectivos intervalos, estando estas relacionadas ao desempenho dos indicadores de saneamento dos municípios. Na obtenção dos intervalos do IDS, adotou-se, inicialmente, o máximo e o mínimo valor possível para se calcular um valor intermediário (Equação 3) e um valor intervalar (Equação 4). O valor intervalar é resultante da variação do IDS dividida em quatro partes iguais.

$$V_{int} = (V_{max} + V_{min}) / 2 \quad (3)$$

$$f = (V_{max} - V_{min}) / 4 \quad (4)$$

Em que:

V_{int} = valor intermediário;

V_{max} = valor máximo possível;

V_{min} = valor mínimo possível;

f = valor intervalar.

Com base no valor intermediário os novos intervalos foram formados, a partir do acréscimo ou decréscimo do valor intervalar. Desse modo foi estabelecido dois intervalos superiores e dois intervalos inferiores, com suas respectivas classes de desempenho (Quadro 4).

Quadro 4 – Intervalos e classificações para distribuição espacial do IDS.

Intervalo	Classificação
$IDS > V_{int} + f$	Satisfatório
$V_{int} < IDS \leq V_{int} + f$	Aceitável
$V_{int} - f < IDS \leq V_{int}$	Insatisfatório
$IDS < V_{int} - f$	Crítico

Fonte: Elaborado pelo autor.

A técnica espacial de dados tem como um de seus objetivos a produção de mapas que traduzam a situação de determinada variável em um espaço geográfico pré-definido. Para que isso seja possível é necessário que os dados prontamente georreferenciados sejam tratados em um ambiente computacional, mais precisamente por intermédio de Sistemas de Informações Geográficas – SIG. Sendo assim, foi utilizado o *software* de código aberto QGIS 3.10.12 e a camada vetorial (*shapefile*) com as divisões municipais do estado de Pernambuco, retiradas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2019a).

Inicialmente, a camada vetorial foi submetida aos procedimentos de importação e re-projeção, adotando o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000. Em seguida, a planilha digital contendo os dados quantitativos dos indicadores de saneamento, do Índice de Desempenho em Saneamento e outras informações pertinentes, passou por um processo de união com a tabela de atributos da camada vetorial (*Join*), que considera um campo comum entre os objetos para que ocorra a união dos dados, ou seja, considera os campos de objetos distintos que compartilham informações síncronas e semelhantes, possibilitando a integração das informações. Esse campo comum pode ser o código municipal ou nome do município. A partir disso, os dados dos indicadores e do IDS podem ser espacializados conforme uma categorização.

A espacialização dos indicadores representadas em mapas baseou-se nas faixas de adequação descritas pela literatura, sendo estas: ideal, satisfatório, aceitável, insatisfatório e crítico (Apêndice E).

No ranqueamento dos municípios pernambucanos utilizou-se valores do IDS, sendo que quanto maior seu valor, melhor será a condição de saneamento do município em comparação aos demais. A saber que a 1ª posição representa a melhor situação em saneamento e a 54ª posição a pior situação.

4.7 Análise da relação entre as variáveis de DRSAI e o Índice

Nessa etapa foram realizadas comparações com ferramentas de análise estatística e de cruzamento entre as variáveis de DRSAI (Taxas de internação) e de saneamento (IDS), sendo que para formulação das variáveis de DRSAI utilizou-se duas categorias distintas de doenças (Quadro 5).

Quadro 5 – Doenças selecionadas para formulação das variáveis de DRSAL.

Categoria	Morbidade	CID-10
Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias	A00; A02-A04; A06-A09
	Febre entéricas	A01
	Hepatite A	B15
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue	A90; A91
	Febre amarela	A95
	Leishmanioses	B55
	Filariose linfática	B74
	Malária	B50-B54
	Doença de chagas	B57

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010b).

CID-10: Classificação Internacional de Doenças - 10ª edição

A variável de saneamento corresponde ao Índice de Desempenho em Saneamento (IDS). Por outro lado, as variáveis formuladas a partir das informações de DRSAL foram definidas como: Taxa de Internação por doenças de transmissão feco-oral (Equação 5) e Taxa de Internação por doenças de transmissão de inseto vetor (Equação 6).

$$Tx_{f.o} = (Int_{f.o} \cdot 5000) / Pop \quad (5)$$

Em que:

$Tx_{f.o}$ = Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes no ano de 2019;

$Int_{f.o}$ = Internações por doenças de transmissão feco-oral no ano de 2019;

Pop = População total do município no ano de 2019.

$$Tx_{i.v} = (Int_{i.v} \cdot 5000) / Pop \quad (6)$$

Em que:

$Tx_{i.v}$ = Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes no ano de 2019;

$Int_{i.v}$ = Internações por doenças de transmissão de inseto vetor no ano de 2019;

Pop = População total do município no ano de 2019.

No intuito de obter uma interpretação na qual os contrastes populacionais fossem devidamente considerados e comparados, procedeu-se o fatiamento dos municípios em quatro gru-

pos de porte populacional: Grupo 1 (grande porte) – municípios com mais de 100 mil habitantes; Grupo 2 (médio porte) – municípios com população entre 50 e 100 mil habitantes; Grupo 3 (pequeno porte II) – municípios com população entre 20 e 50 mil habitantes; e, Grupo 4 (pequeno porte I) – municípios com população inferior a 20 mil habitantes (ABES, 2021; ASSIS, 2018).

A comparação entre os diferentes grupos (portes populacionais) e as variáveis quantitativas (IDS e Taxas de internação) foi realizada através de testes de hipóteses condicionados pelos critérios de normalidade e igualdade de variâncias. Se a variável quantitativa apresenta dados normais em todos os grupos, a condição de normalidade é satisfeita; caso contrário, se apresenta dados não normais para um determinado grupo, a condição de normalidade não será satisfeita. Assim, para dados não normais ($p > 0,05$) e variâncias iguais ($p > 0,05$), utilizou-se o Teste de *Kruskal-Wallis* e, como análise alternativa, para dados não normais e variâncias diferentes ($p < 0,05$), considerou-se o Teste de Mediana como mais apropriado.

Em sequência, procedeu-se a análise gráfica de cruzamento de informações, verificando o comportamento da dispersão dos dados e a hierarquização dos municípios diante das condições baseadas nos valores de referência da média e mediana global. A definição da medida de tendência central a ser adotada se deu por intermédio do teste de normalidade dos dados de cada variável. Sendo assim, adotou-se a média para os dados paramétricos e a mediana para os dados não-paramétricos. As estatísticas descritivas das diferentes taxas de DRS AI foram elencadas no Apêndice F.

Com isso, foi realizada a análise comparativa com base nas duas categorias de taxas das doenças infectocontagiosas e do IDS, confrontando os resultados por intermédio de testes estatísticos, gráficos e cruzamento de informações. Assim como os indicadores de saneamento e o IDS, as duas categorias de taxas de DRS AI foram especializadas (Apêndice G).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Delimitação dos municípios

Para se dar maior criticidade e confiabilidade na seleção dos municípios, além da adoção dos critérios de inclusão e exclusão, buscou-se auxílio na análise exploratória para os indicadores de saneamento.

No teste de normalidade dos indicadores quantitativos, observou-se que dois deles possuem distribuição normal (paramétrica) e os outros sete possuem distribuição não-normal (não-paramétrica), Tabela 3. No teste de outliers, foi identificado um total de 8 outliers, sendo 6 referentes ao indicador IAC_f.p e outros 2 que se referem ao indicador CONS_per.

Tabela 3 – Resultados do teste de normalidade, teste de outliers e análise descritiva para os indicadores.

Indicador	Teste de Normalidade		Teste de outliers		Estatística descritiva				
	p-value	AD	Tipo	Nº de outliers	Média (± SD)	Mediana (Q1-Q3)	Min	Max	CV (%)
COB_ag	< 0,005	1,25	Boxplot	0	73,9 (±19,3)	70,6 (59,5-93,1)	35,2	100	26,1
COB_es	0,617*	0,28	Dixon	0	46,4 (±25,6)	44,6 (26,5-63,1)	1,5	100	55,2
COL_es	< 0,005	2,5	Boxplot	0	65,1 (±33,5)	68,8 (36,6-100)	2,0	100	51,4
COB_rs	< 0,005	1,13	Boxplot	0	75,1 (±20,3)	78,2 (57,2-95,1)	33,2	100	75,1
TRAT_es	< 0,005	4,46	Boxplot	0	23,4 (±30,3)	5,3 (0-47,1)	0,0	100	126,6
DEST_rs	< 0,005	7,72	Boxplot	0	36,4 (±45,3)	3,7 (0-100)	0,0	100	124,6
IAC_f.p	< 0,005	9,71	Boxplot	6	0,31 (±0,66)	0,0 (0-0,37)	0,0	3,03	211,9
PERD_ag	0,225*	0,48	Dixon	0	43,8 (±12,9)	42,4 (34,9-55,8)	15,5	68,5	29,4
CONS_ag	<0,005	7,02	Boxplot	2	85,9 (±39,7)	79,5 (70,7-90,9)	40,9	347,3	46,3
PMSB	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

*: distribuição normal pelo teste de Anderson-Darling ($\alpha = 0,05$); COB_ag: Atendimento total de distribuição de água em percentual; COB_es: Atendimento total de rede de coleta de esgoto em percentual; COL_es: Coleta de esgoto referente a água consumida em percentual; TRAT_es: Esgoto tratado referente a água consumida em percentual; COB_rs: Atendimento total de coleta de resíduos sólidos em percentual; PERD_ag : Perdas de água na distribuição em percentual; CONS_ag: Consumo médio de água per capita em litros por habitante dia; IAC_f.p: Incidência de amostras de coliformes fora do padrão em percentual; PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico; DEST_rs: Destinação adequada de resíduos sólidos em percentual. Q1: primeiro quartil; Q3: terceiro quartil; SD: desvio padrão; Min: mínimo; Max: máximo; CV: coeficiente de variação;

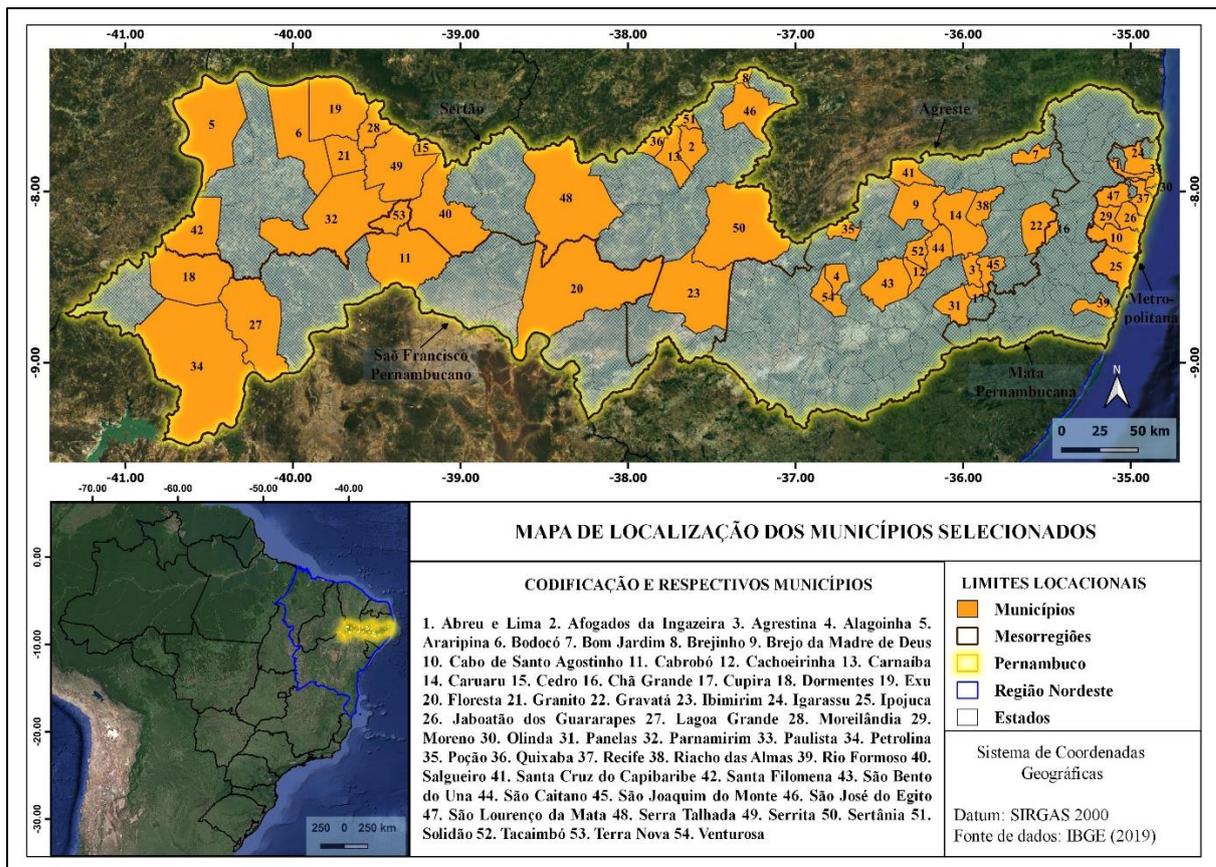
A interpretação de outliers – que são valores discrepantes dos demais – não pode se direcionar apenas à identificação, mas também a entender a causa de ocorrência e sua influência, não podendo inferir se são benéficos ou maléficos ao estudo, excluindo ou não, sem antes serem analisados com cautela (HAIR *et al.*, 2005; VASCONCELOS, 2018).

Os outliers referentes ao indicador IAC_f.p (Igarassu, valor 3,03%; Poção, valor 2,5%; São Bento do Una, valor 2,37%; Sertânia, valor 1,49%; Bom Jardim, valor 1,15%; e, Tacaimbó, valor 1,11%) são valores possíveis dentro do intervalo descrito pelo indicador, podendo variar entre 0 e 100%. Nos estudos de Costa *et al.* (2013) e de Lourenço e Prado (2019), utilizando dados do SNIS, foram encontrados valores semelhantes. Notou-se que a exclusão dos outliers encontrados resulta no surgimento de novos valores extremos. Isso ocorre devido os valores extremos serem condicionados pelo baixo valor da média, influenciado pelo alto número de municípios que obtiveram valores iguais a 0. A exclusão dos valores iguais a 0 resulta numa drástica redução no número de observações. Frente a isso, optou-se pela não exclusão das observações, preservando, assim, o tamanho do campo de investigação.

Para os outliers do indicador CONS_per (Cabo de Santo Agostinho – valor 347,3 L.hab⁻¹.dia⁻¹ e Gravatá – valor 135,2 L.hab⁻¹.dia⁻¹), diante de consulta na base de dados do SNIS, observou-se que no intervalo de cinco anos (2014 a 2018) o indicador apresentou valores similares quando comparados aos encontrados para os dois municípios no ano de 2019 e que mais dois municípios em todo o Estado de Pernambuco, Fernando de Noronha e Xexéu, apresentaram valores superiores a 280 L.hab⁻¹.dia⁻¹ nesse mesmo período. Verificado o banco de dados e, ainda, constatada a ocorrência temporal e espacial de casos extremos do indicador, optou-se pela não exclusão das observações nos procedimentos de obtenção do IDS. Ressalta-se a importância de uma investigação acerca dos fatores que contribuem para origem desses valores discrepantes, podendo fornecer novas informações acerca da população ou, em contraponto, informações que não condizem com a realidade.

Diante de um universo de 185 municípios pernambucanos, seguindo o critério de inclusão, o teste de normalidade e a detecção de outliers, o estudo contemplou uma amostra de 54 municípios (Figura 2). Estes estão distribuídos por todas as mesorregiões, com população estimada de 5,8 milhões de habitantes no ano de 2019, correspondendo a 60% da população do estado de Pernambuco (IBGE, 2019b). O enquadramento dos municípios em suas respectivas mesorregiões foi disponibilizado no Apêndice H.

Figura 2 – Mapa de localização dos municípios contemplados no estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme informações do Instituto Trata Brasil, Petrolina, Caruaru, Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes são os municípios pernambucanos que compõem seu Ranking do Saneamento, formado pelos 100 municípios brasileiros com os melhores desempenhos em saneamento, conforme metodologia adotada pelo instituto (ITB, 2021). De início esses resultados se mostram promissores, e por se tratar de um estudo de dimensão nacional não podem ser descartados. No entanto, algumas informações devem ser levadas em consideração: esses municípios são denominados de grande porte (acima de 100 mil habitantes); Paulista, Jaboatão, Recife e Olinda fazem parte da Região Metropolitana do Recife; nenhum município da Mata Pernambucana e Sertão Pernambucano compuseram o Ranking; mesmo integrando o ranking, o município pode apresentar deficiências no setor. Nesse tocante, essas informações preliminares mostram a importância e necessidade de estudos voltados para a análise de indicadores de saneamento no estado de Pernambuco.

5.2 Estatística descritiva do Índice de Desempenho em Saneamento

A estatística descritiva e o resultado do teste de normalidade para o IDS dos 54 municípios são representados na Tabela 4. Nesse caso foi adotado o teste de Anderson-Darling (AD) para verificar distribuição dos dados.

Tabela 4 – Estatística descritiva e teste de normalidade para o Índice de Desempenho em Saneamento (IDS).

Estatística descritiva					
N	Média (\pm SD)	Min	Max	Mediana (Q1-Q3)	CV (%)
54	45,4 (\pm 14,5)	15,8	78,7	42,4 (34,4-57,1)	31,9
Teste de Anderson-Darling (nível de confiança de 95%)					
N	p-value	AD			
54	0,17	0,53			

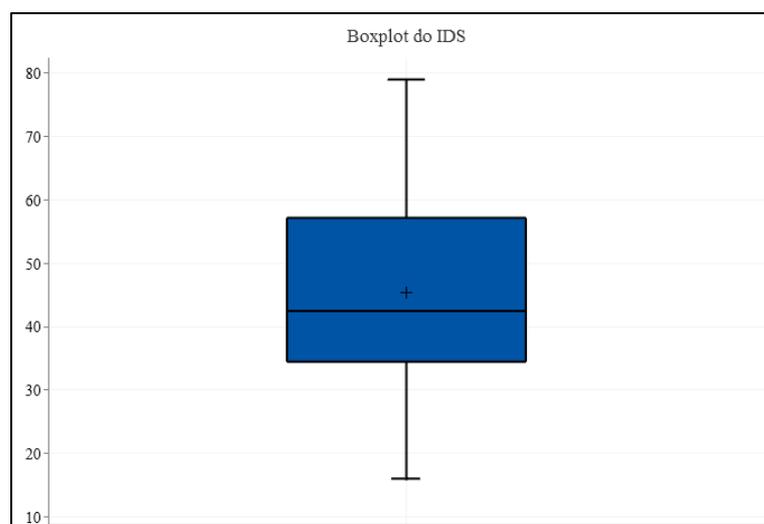
Fonte: Elaborado pelo autor.

N: número de observações; SD: desvio padrão; Q1: 1º quartil; Q3: 3º quartil; CV: coeficiente de variação.

Pela análise da estatística descritiva foi obtida uma média de 45,4 para o IDS, desvio padrão de \pm 14,5, valor mínimo de 15,8 e máximo de 78,7. A realização do teste de Anderson-Darling, à nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), obteve $p\text{-value} > \alpha$, comprovando que o comportamento dos dados do IDS se trata de uma distribuição normal.

Ao analisar a distribuição do IDS para os municípios, verificou-se uma variabilidade moderada explicada pelo intervalo interquartil com valor de 22,7, ou seja, 50% dos municípios obtiveram valores que variaram entre 57,1 e 34,4 em torno da mediana (Figura 3). A proximidade dos valores de média e mediana constata uma simetria entre os dados.

Figura 3 – Distribuição das medidas do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS).



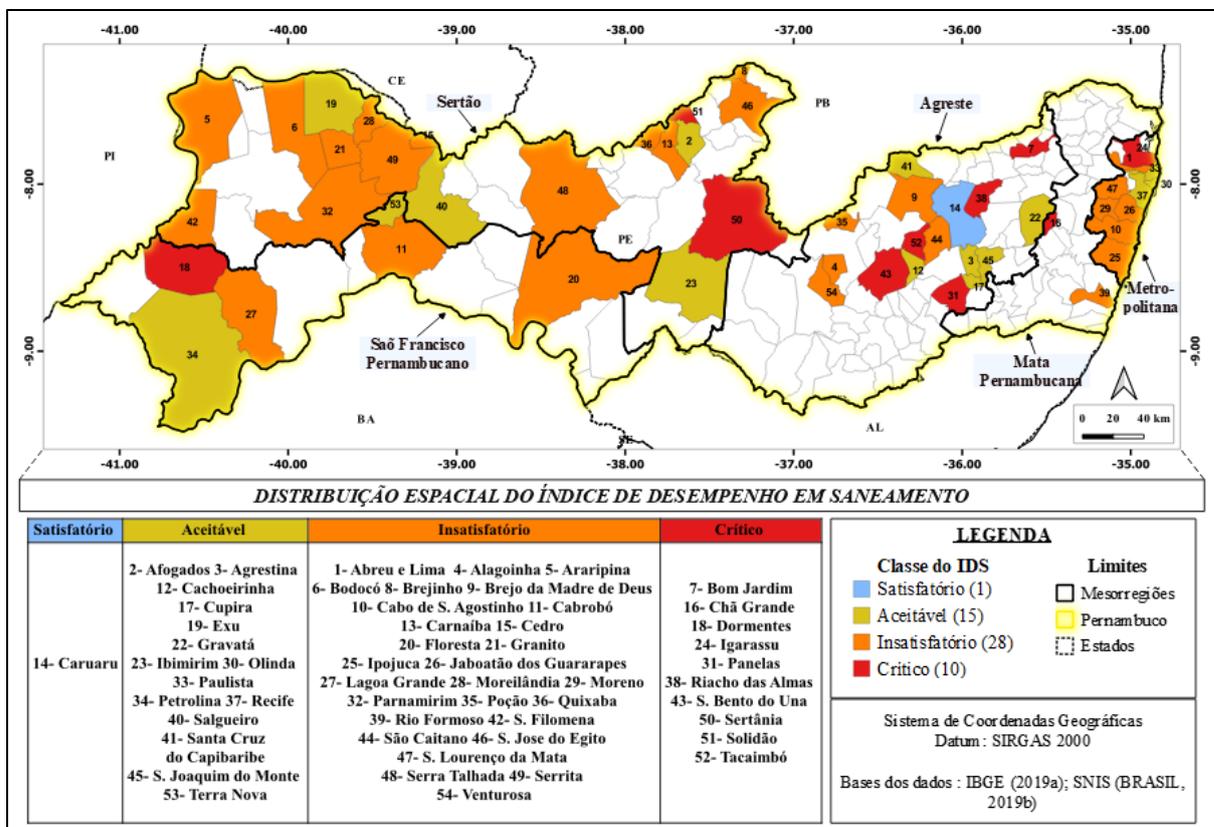
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda, vale destacar que, 75% dos valores do IDS dos municípios foram inferiores a 57,1, enquanto que, 25% dos valores foram superiores a esse valor. Esses percentuais representam 41 e 13 municípios, respectivamente.

5.3. Distribuição espacial do Índice de Desempenho em Saneamento

Após os procedimentos estatísticos, realizou-se a espacialização dos resultados das classes do IDS para os 54 municípios selecionados (Figura 4). Pelo método de cálculo adotado para definição dos intervalos e classes do índice, obteve-se as seguintes especificações: $IDS < 33,7 =$ Crítico; $33,7 \leq IDS < 55,8 =$ Insatisfatório; $55,8 \leq IDS \leq 77,9 =$ Aceitável; e, $IDS > 77,9 =$ Satisfatório. Diante disso, se tratando do desempenho em saneamento, constatou-se que 10 municípios foram classificados como críticos ($26,7 \pm 5,5$, média \pm SD), 28 municípios classificados como insatisfatórios ($41,5 \pm 5,2$), outros 15 municípios classificados como aceitáveis ($62,9 \pm 5,8$) e 1 município, Caruaru, classificado como satisfatório. A maior parcela dos municípios, 38 (70%), foi enquadrada nas classes de crítico e insatisfatório.

Figura 4 – Distribuição espacial das classes do Índice de desempenho em Saneamento (IDS) e enquadramento dos municípios em suas respectivas classes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Se faz de suma importância uma análise da distribuição espacial do desempenho em saneamento atrelado a outras informações acerca dos municípios, entre elas: a mesorregião ao qual está inserido, os aspectos demográficos, a situação socioeconômica, entre outros. Ferreira (2020) e Vasconcelos (2018) denotaram a necessidade da adoção dessas características municipais em estudos dessa natureza.

5.3.1 Contexto mesorregional

A divisão dos municípios por mesorregião (Tabela 5) seguiu a seguinte distribuição: Sertão Pernambucano com o número mais expressivo, 19 municípios ($41,7 \pm 10,8$, IDS médio \pm SD); Agreste Pernambucano com 17 municípios ($46,2 \pm 17,7$); Metropolitana do Recife com 10 municípios ($49,5 \pm 13,9$); São Francisco Pernambucano com 6 municípios ($50,5 \pm 16,9$); e, a Mata Pernambucana com 2 municípios ($36,3 \pm 7,21$). Ressalta-se uma maior cautela nas interpretações que envolvam mesorregiões que possuem um número inexpressivo de municípios analisados, a exemplo da Mata Pernambucana, a fim de se evitar generalizações ou análises indevidas.

Informações sobre as médias do IDS, as médias populacionais e as médias do PIB per capita também estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados da média do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS), média populacional no ano de 2019, média do PIB per capita municipal no ano de 2018 e enquadramento por classe, para as Mesorregiões e todos municípios analisados (Geral).

	N	IDS	Média		Número e percentual de municípios por classe de IDS			
			População (hab)	PIB municipal (R\$)	Critico	Insatisfatório	Aceitável	Satisfatório
Mesorregiões								
Agreste Pernambucano	17	46,3	54991	11072,8	5 (29%)	5 (29%)	6 (35%)	1 (7%)
Mata Pernambucana	2	36,3	22617	10315,4	1 (50%)	1 (50%)	0	0
Metropolitana	10	49,5	376856	30802,9	1 (10%)	6 (60%)	3 (30%)	0
São Francisco Pernambucano	6	50,5	78474	12459,0	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)	0
Sertão Pernambucano	19	41,7	29689	9473,4	2 (11%)	13 (68%)	4 (21%)	0
Geral	54	45,4	107113	14289,7	10 (18%)	28 (52%)	15 (28%)	1 (2%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

PIB: produto interno bruto.

Dos municípios com IDS crítico e insatisfatório, foi observado que a mesorregião do Sertão Pernambucano alocou 2 na classe de crítico (Sertânia e Solidão) e 13 na classe de insatisfatório. Identificou, ainda, 4 municípios com índices de desempenho aceitáveis (Exu, Ibimirim, Salgueiro e Afogados da Ingazeira). Destaca-se que o Sertão Pernambucano, com 19 municípios analisados, dispôs de 15 (79%) enquadrados nas classes de crítico e insatisfatório, sendo a mesorregião com maior número de municípios dispostos nessas classes. Um fator contribuinte é o fato que maioria dos municípios brasileiros, principalmente aqueles situados no interior dos estados do Nordeste brasileiro, apresentam déficits na cobertura e planejamento efetivo dos serviços de saneamento, resultando em inúmeras vulnerabilidades sociais, ambientais e econômicas em regiões menos favorecidas, por exemplo, nas comunidades de pequeno porte situadas no semiárido nordestino (FERREIRA, 2018; LIMA NETO; SANTOS, 2012). Esses municípios foram majoritariamente considerados de pequeno porte – população de até 50 mil habitantes – (ABES, 2021; ASSIS, 2018) e segundo menor IDS médio. A média do PIB per capita municipal obteve o menor valor se comparado as outras mesorregiões

Conforme Vieira *et al.* (2012), o PIB per capita municipal, mesmo com limitações, se torna um dos indicadores de desenvolvimento mais utilizados, visto que se constitui como uma medida abrangente e conveniente em comparações, de forma a se buscar correlacioná-lo com outros indicadores.

Os municípios de Sertânia e Solidão, como mencionado anteriormente, apresentaram índices de desempenho críticos. Verificou-se inadequações (classificação insatisfatória) para indicadores de saneamento mais relevantes (cobertura de distribuição de água, esgoto tratado, amostras de coliformes fora do padrão, descarte adequado de resíduos sólidos e PMSB), além de ineficiência nos indicadores de coleta de resíduos sólidos e cobertura de coleta de esgoto. Em síntese, apenas foi verificada adequação para coleta de esgoto e consumo de água per capita.

Para os municípios que registraram índices insatisfatórios (Serra Talhada, Granito, Bodocó, Moreilândia, Cedro, Quixaba, Santa Filomena, São José do Egito, Carnaíba, Parnamirim, Araripina, Brejinho e Serrita) foi verificada deficiências na maioria dos indicadores de saneamento relacionados à cobertura (distribuição de água, rede de coleta de esgoto e coleta de resíduos sólidos) e à eficiência (tratamento de esgoto e destinação adequada de resíduos sólidos). O Plano Municipal de Saneamento Básico está em vigor em apenas dois municípios, Bodocó e Moreilândia.

Como contraponto, os municípios de Exu, Ibimirim, Salgueiro e Afogados da Ingazeira registraram índices mais favoráveis (aceitáveis). Ibimirim e Exu que são municípios de pequeno

porte, apresentaram adequações representativas para maioria dos indicadores, com exceção dos serviços de cobertura de água, tratamento de esgoto e coleta de resíduos sólidos. Ambos os municípios de Salgueiro e Afogados da Ingazeira registraram déficits nos serviços relacionados à dimensão esgotamento sanitário, sendo verificada a inexistência do Plano Municipal de Saneamento Básico em Salgueiro. O município de Afogados da Ingazeira ainda registrou déficits nos serviços da dimensão de resíduos sólidos.

Seguido dessa mesorregião, o Agreste Pernambucano obteve 5 municípios definidos como críticos (Bom Jardim, Tacaimbó, São Bento do Una, Panelas, e Riacho das Almas), 5 como insatisfatórios, 6 como aceitáveis (Agrestina, Santa Cruz do Capibaribe, São Joaquim do Monte, Cachoeirinha, Cupira e Gravatá) e 1 como satisfatório (Caruaru). Destaca-se que o Agreste Pernambucano, com 17 municípios analisados, dispôs de 10 (58%) enquadrados nas classes de IDS crítico e insatisfatório. A média do PIB per capita municipal, valor de R\$ 11072,8, foi a terceira menor entre todas mesorregiões.

Nos municípios classificados como críticos, verificou-se adequabilidade insuficiente para os serviços da categoria cobertura, categoria eficiência e para o PMSB, sendo estes, serviços essenciais para gestão do saneamento básico municipal e relevantes na agregação de importância no valor do IDS.

Os municípios localizados no Agreste classificados como insatisfatórios (Brejo da Madre de Deus, Alagoinha, São Caitano, Venturosa e Poção) registraram inadequações nos indicadores de cobertura de rede distribuição de água, cobertura de rede de coleta de esgoto, tratamento de esgoto, Plano Municipal de Saneamento Básico e destinação adequada de resíduos sólidos.

Verificou-se municípios com valores de índices aceitáveis na referida mesorregião. Nesses municípios os indicadores com melhores adequações foram: cobertura de distribuição de água, incidência de análises de coliformes fora do padrão, consumo de água, coleta de esgoto, coleta de resíduos sólidos, perdas de água na distribuição. Por outro lado, apresentaram inadequações para tratamento de água, cobertura de rede de coleta de esgoto e destinação adequada de resíduos sólidos. Apenas o município de São Joaquim do Monte dispôs de Plano Municipal de Saneamento.

Na mesorregião do Agreste ainda foi observada duas situações contrastantes: de um lado, o município de Bom Jardim, que apresentou menor desempenho em saneamento entre todos os municípios analisados, valor de 15,8; do outro, Caruaru, com o maior valor de IDS

(78,7). O município de Caruaru, considerado de grande porte, registrou adequações na maioria dos indicadores, exceto para cobertura de rede de coleta de esgoto e tratamento de esgoto.

As mesorregiões do Sertão e Agreste concentraram 64% (25) dos municípios com IDS dispostos nas classes de crítico e insatisfatório. Quando se trata da parcela de municípios do total analisado por mesorregião enquadrados nessas classes, as mesorregiões do Sertão e Metropolitana do Recife obtiveram os maiores números, (15; 79%) e (7; 70%), respectivamente.

A mesorregião Metropolitana de Recife, por sua vez, obteve 1 município classificado com IDS crítico (Igarassu), 6 como insatisfatórios e 3 como satisfatórios. Entre os municípios analisados, 7 estão enquadrados nas classes de crítico e insatisfatório. Com a maior média para o PIB per capita e a segunda maior média para o IDS, a mesorregião ainda possui a maior densidade demográfica e uma robusta participação econômica do Estado endossada pelo valor médio do PIB per capita. Além disso, comportou o maior número de municípios analisados do total inserido por mesorregião, contemplando 10 de um total de 15. Esses municípios diferem-se entre médio porte (3) e grande porte (7).

Observou-se que os municípios classificados como insatisfatórios (Abreu e Lima, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Moreno, Ipojuca e São Lourenço da Mata) dispuseram de déficits de adequação para cobertura de distribuição de água, perdas de água na distribuição, PMSB e serviços pertencentes à dimensão esgotamento sanitário. De modo similar, o município de Igarassu que foi classificado como crítico, localizado na porção norte da mesorregião, apresentou inadequações para os serviços mencionados anteriormente e todos serviços da dimensão água. Dentre esses municípios, apenas Ipojuca possui PMSB implementado.

Quando se trata dos municípios classificados como aceitáveis (Paulista, Recife e Olinda), foi observado que mesmo com boas adequações para os indicadores mais relevantes, ainda se figuram como distantes de uma adequação ideal ou da universalização dos serviços de esgotamento sanitário. Essa fragilidade sanitária se torna preocupante, a saber da alta densidade populacional desses municípios, podendo potencializar os agravos ao meio ambiente e a qualidade de vida dos residentes.

Mesmo com um importante papel na economia do Estado através de inúmeros setores (TEIXEIRA *et al.*, 2021), outros estudos mostraram que os municípios da mesorregião, predominantemente, apresentaram precariedades na prestação de serviços de esgotamento sanitário (TEIXEIRA *et al.*, 2021; VASCONCELOS, 2018).

A mesorregião do São Francisco Pernambucano obteve a maior média para o IDS e segundo maior PIB per capita municipal. Os municípios de Lagoa Grande, Floresta e Cabrobó

foram classificados como insatisfatórios, com déficits de adequação na cobertura de rede de coleta de esgoto, tratamento de esgoto, perdas de água na distribuição, PMSB e na dimensão resíduos sólidos. Petrolina e Terra Nova com valores aceitáveis para o IDS, apresentaram adequações consideráveis nos serviços de cobertura de água, cobertura de rede de coleta de esgoto, cobertura de coleta de resíduos sólidos, coleta de esgoto, perdas de água, incidência de amostras fora do padrão e PMSB.

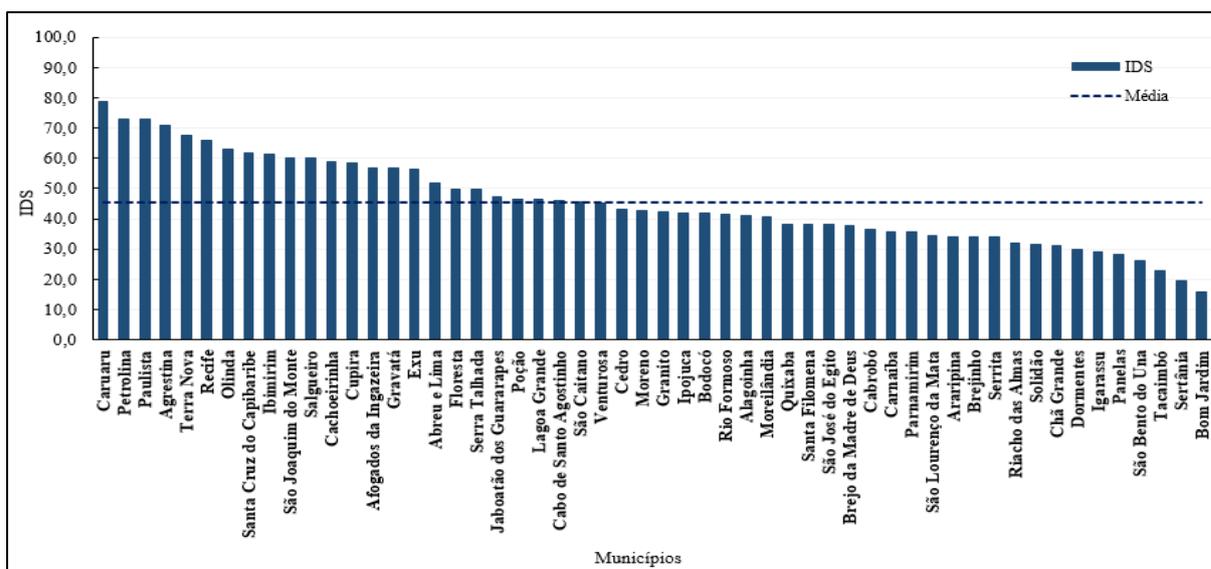
Localizado no extremo oeste do Estado e afastado dos grandes centros urbanos, o município de Petrolina obteve o segundo maior índice entre os municípios analisados no estudo. O indicador mais deficitário foi a destinação adequada de resíduos sólidos.

Por fim, a mesorregião da Mata Pernambucana apresentou o número menos representativo de municípios (2; Chã Grande e Rio Formoso) para esse estudo. O município de Chã Grande obteve classe de desempenho crítica e o município de Rio Formoso obteve classe insatisfatória. Assumiram inadequações nos serviços de abastecimento de água, cobertura de rede esgotamento sanitário, coleta de esgoto, tratamento de esgoto e PMSB. Ressalta-se que mesmo sendo considerados municípios de pequeno porte, Rio Formoso apresentou características relevantes em comparação ao município de Chã Grande: adequação para o serviço de manejo de resíduos sólidos (> 85%), adequação para o serviço de destinação de resíduos sólidos (100%), PIB per capita de R\$ 11369,6 e PMSB em elaboração. Essas características podem estar associadas à sua proximidade da região Metropolitana e sua localização no litoral Pernambucano.

5.4 Ranqueamento dos municípios

O *ranking* do IDS (Figura 5), que conta com a participação de 54 municípios, mostrou que as três primeiras posições foram pertencentes a municípios de grande porte – Caruaru (1º), Petrolina (2º) e Paulista (3º) – com população superior a 300 mil habitantes. Suas posições corroboraram com as dos principais *rankings* de saneamento do país, sendo esses, juntamente com Recife (6º) Olinda (7º), os municípios com as melhores posições do Estado (ABES, 2021; ITB, 2021). Ressalta-se que, com exceção de Olinda, os demais municípios possuem Plano Municipal de Saneamento Básico. Em contrapartida, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata e Igarassu, que são municípios de mesmo porte e não possuem PMSB, ocuparam posições dissonantes, 20º, 23º 41º e 49º, respectivamente. Para Lisboa, Heller e Silveira (2013), a adoção do PMSB pode contribuir na valorização e gestão dos recursos naturais, melhorando a eficiência dos serviços de saneamento, a qualidade de vida e saúde da população residente.

Figura 5 – Ranking do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) para os municípios analisados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com um cenário de efetiva necessidade de práticas e políticas públicas de saneamento, onde os municípios de pequeno porte denotam as mais visíveis deficiências ou inadequações sanitárias (ASSIS, 2018; FERREIRA, 2018), foi visto que alguns municípios dessa categoria populacional ocuparam posições de destaque quando comparados aos demais, a exemplo de Terra Nova (5º), Agrestina (4º), Ibimirim (9º) e São Joaquim do Monte (10º).

Destaca-se que quinze entre as vinte piores posições foram ocupadas por municípios de pequeno porte que registraram inexistência do PMSB. Em decorrência disso, Ferreira (2020) destaca que a falta de implementação do PMSB pode interferir na integralidade de outros instrumentos de gestão relacionados ao saneamento em municípios de pequeno porte, sendo este um fator limitante para acesso a incentivos ou recursos da União.

Os principais entraves para elaboração e implementação do PMSB em municípios de pequeno porte são: a escassez de recursos financeiros; a qualificação profissional limitada; falta de capacidade técnica municipal; divergência entre as partes envolvidas na gestão de saneamento; e desinteresse político (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013)

Cria-se então um traçado estratégico para compressão da situação da condição sanitária e dos inúmeros atores envolvidos no desempenho da prestação de serviços de saneamento municipal. Para Ataíde e Borja (2017) e Vasconcelos (2018), as diferenças das municipalidades em ações de planejamento do saneamento podem estar atreladas às suas realidades locais, aos seus portes populacionais, às características sociopolíticas, à macrorregião a que pertencem, além da forma como coordenam a implementação do PMSB.

5.5 Análise das associações entre DRSAI e o IDS

O estudo de relações entre as variáveis de DRSAI e a variável de saneamento (IDS) e foi realizado a partir de testes estatísticos de comparação entre os diferentes grupos de faixas populacionais e interpretação gráfica baseada na média e mediana.

5.5.1 Teste de normalidade e teste de igualdade de variâncias

Sabendo que a escolha do teste estatístico é condicionada pelos requisitos de normalidade e homocedasticidade, realizou-se os testes preliminares de *Shapiro-Wilk* e igualdade de variâncias de Levene (Tabela 6).

Os resultados para o teste de normalidade mostraram que não existe distribuição normal para todos os grupos de faixas populacionais das diferentes variáveis, sendo essa uma constatação pertinente para adoção de testes não-paramétricos.

Tabela 6 – Teste de normalidade e teste de igualdade para as variáveis.

Variável	Porte populacional	Teste de normalidade				Teste de igualdade de variâncias		
		Shapiro-Wilk		Anderson-Darling ^a		Levene		
		n	statistic	p-value	statistic	p-value	statistic	p-value
Tx _{f.o}	Grande Porte	10	,916	,328				
	Médio Porte	9	,786	,014	3,4	< 0,005	3,35	0,026
	Pequeno Porte II	20	,861	,008				
	Pequeno Porte I	15	,937	,341				
Tx _{i.v}	Grande Porte	10	,887	,159				
	Médio Porte	9	,789	,015	4,09	< 0,005	1,49	0,23
	Pequeno Porte II	20	,665	,000				
	Pequeno Porte I	15	,869	,032				
IDS	Grande Porte	10	,926	,414				
	Médio Porte	9	,976	,939	0,53	0,17	1,99	0,13
	Pequeno Porte II	20	,973	,811				
	Pequeno Porte I	15	,877	,041				

Fonte: Elaborado pelo autor.

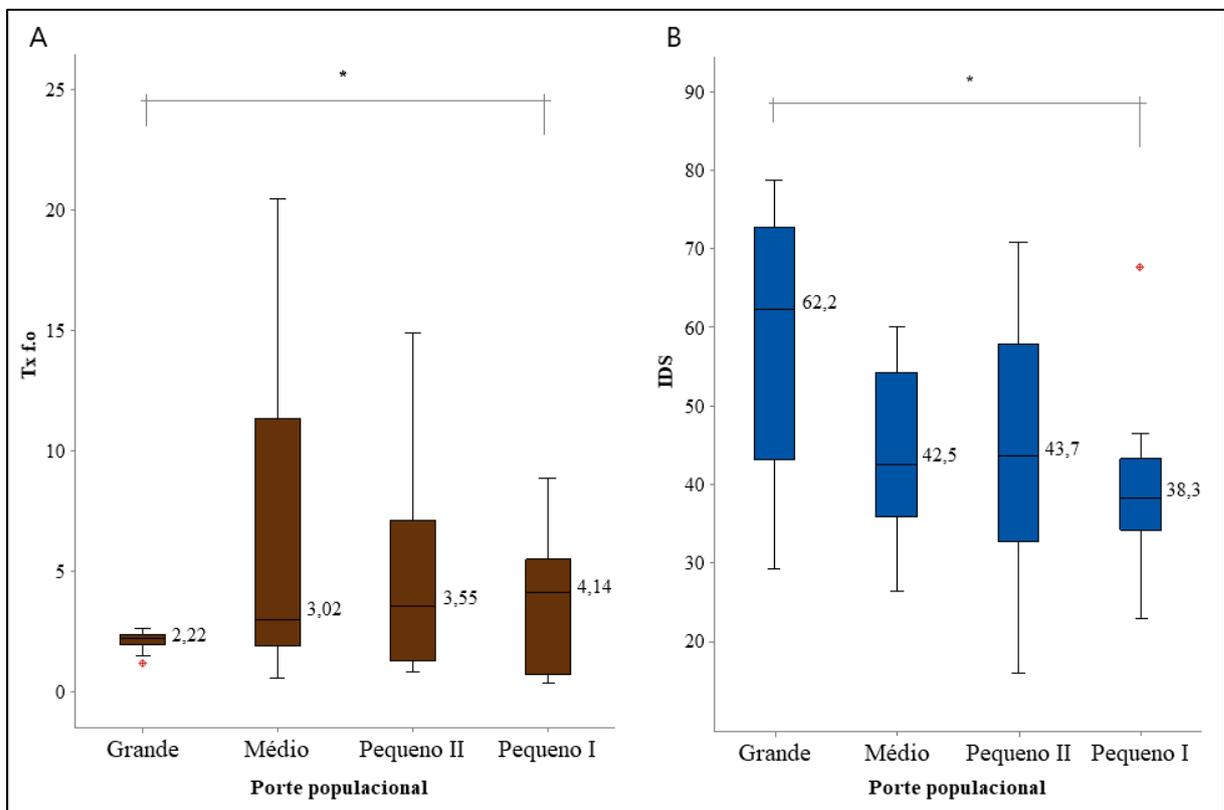
^a: Teste realizado para verificar distribuição dos dados do índice e das taxas; Tx_{f.o}: Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes; Tx_{i.v}: Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes; IDS: Índice de Desempenho em Saneamento.

No teste de Levene foi verificada a igualdade de variâncias (homocedasticidade) para o IDS ($p > 0,05$) e Tx_{i.v} ($p > 0,05$) e, ainda, diferença entre as variâncias (heterocedasticidade) para a Tx_{f.o} ($p < 0,05$).

5.5.2 Taxas de internação por doenças de transmissão feco-oral x IDS

Com base nos resultados dos testes preliminares, adotou-se o teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis* para verificar a ocorrência de diferença significativa entre o IDS em função das faixas populacionais. Por outro lado, utilizou-se o teste não-paramétrico da mediana de *Mood* para constatar a existência de diferença significativa entre a $T_{x_{f.o}}$ em função dos grupos populacionais. Como os referidos testes se baseiam na mediana como medida de tendência central, foi utilizado o gráfico *boxplot* a fim de representar o comportamento da mediana entre os diferentes grupos (Figura 6).

Figura 6 – Distribuição em boxplots para a variável de saúde e de saneamento em função das faixas populacionais. (A) Distribuição da taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral em cada grupo; (B) Distribuição do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) em cada grupo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

*: diferença significativa a nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para o teste post-hoc de comparação em pares; $T_{x_{f.o}}$: Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes.

Para o teste de mediana de *Mood* foi verificada diferença estatística significativa entre a $T_{x_{f.o}}$ nos diferentes portes de população [$X^2(3) = 9,07$; $p < 0,05$], sendo que a $T_{x_{f.o}}$ seguiu a seguinte ordem: Grande porte (2,22, mediana) < Médio porte (3,02) < Pequeno porte II (3,55) < Pequeno porte I (4,14).

O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou diferença estatística significativa entre o IDS para as faixas de portes populacionais [$H(3) = 8,03; p < 0,05$]. O IDS foi maior seguindo a ordem: Grande porte (62,2) > Pequeno Porte II (43,7) > Médio porte (42,5) > Pequeno porte I (38,3).

Constatou-se que as taxas de internações por doenças de transmissão feco-oral para o grupo de municípios com população acima de 100 mil habitantes (2,22 e 0,42, mediana e amplitude interquartil) foram significativamente inferiores as taxas dos municípios de pequeno porte (4,14 e 4,77), nível de significância de 5% (Figura 6A).

As doenças de transmissão feco-oral, a exemplo da diarreia e hepatite A, podem surgir por diversos fatores, sejam estes locais, ambientais ou antrópicos, sendo que a principal associação é denotada a partir da sua relação com a insalubridade do meio (FERREIRA *et al.*, 2016; SIQUEIRA *et al.*, 2017).

Por se tratarem de municipalidades mais vulneráveis em inúmeros aspectos, os municípios de pequeno porte que em ampla maioria não apresentam sistemas complexos e eficientes de serviços de saneamento, ausência de PMSB e Plano Diretor Municipal, falta de incentivos financeiros voltados à saúde são mais susceptíveis ao surgimento de DRSAI, implicando em maiores taxas de internação por doenças de transmissão feco-oral quando comparados aos grandes centros urbanos.

Para o IDS, verificou-se diferença entre os grupos municipais de grande porte (62,2 e 29,6) pequeno porte (38,3 e 9,1), indicando um IDS significativamente superior para o grupo de municípios de grande porte (Figura 6B).

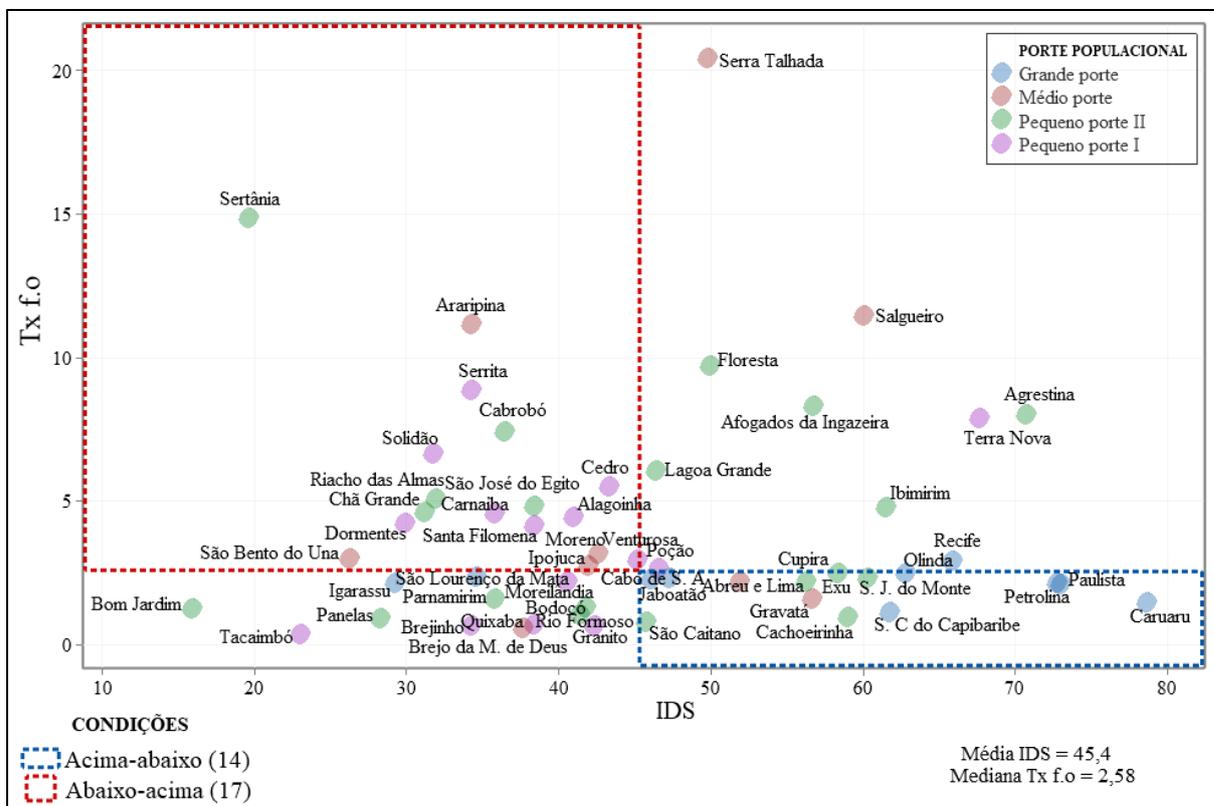
Os municípios de grande porte são centros populacionais complexos e dinâmicos, sendo estes, conglomerados com condições ambientais, econômicas, sociais, culturais e de infraestrutura contrastantes das pequenas cidades. Mesmo com desigualdades sociais e problemáticas ambientais visíveis, os grandes centros urbanos, não na totalidade, possuem características que os direcionam para a universalização dos serviços saneamento: sistemas complexos de infraestrutura para distribuição de água, tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana; existência de PMSB; implementação de Plano Diretor Municipal; investimentos públicos e privados para gestão do saneamento básico; e, propostas sustentáveis e viáveis advindas das instituições de ensino superior no contexto do setor de saneamento. Algumas dessas características, de fato, agregaram valor ao Índice de Desempenho em Saneamento, sendo constatada as disparidades do IDS entre os grupos populacionais através do teste estatístico.

Embora os municípios de pequeno porte não compartilhem dos mesmos problemas urbanos dos grandes centros, apresentam limitadores operacionais para a efetividade do planejamento e da gestão do saneamento decorrentes da falta de estrutura institucional, administrativa e financeira (FERREIRA, 2020).

Apesar das variáveis serem verificadas por diferentes situações e testes estatísticos, foi evidenciada uma tendência de direta e inversa proporcionalidade para o IDS e a $T_{x_{f.o}}$ ante os grupos populacionais. Observou-se que na medida que houve a redução gradativa do porte populacional, o IDS diminuiu consideravelmente e a $T_{x_{f.o}}$ aumentou.

Para analisar o comportamento da distribuição dos valores de IDS em associação com a $T_{x_{f.o}}$ utilizou-se o gráfico de dispersão, disposto com a hierarquização dos municípios seguindo critérios baseados nos valores de referência da média do IDS (43,56) e mediana da $T_{x_{f.o}}$ (2,58), Figura 7. Os municípios inseridos no retângulo tracejado de cor azul assumem valores de IDS acima da média e valores de $T_{x_{f.o}}$ abaixo da mediana e, em contraponto, municípios inseridos no quadrado tracejado de cor vermelha compartilham valores de IDS abaixo da média e valores de $T_{x_{f.o}}$ acima da mediana.

Figura 7 – Dispersão dos valores do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) e $T_{x_{f.o}}$ para os municípios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

$T_{x_{f.o}}$: Taxa de interação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes.

Um total de 14 municípios assumiram a condição acima-abaixo discriminada pelos valores de referência. Esses municípios foram em ampla maioria de grande porte (7 ou 50%; Caruaru, Petrolina, Paulista, Olinda, Santa Cruz do Capibaribe, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho), seguido de municípios de pequeno porte II (5 ou 36%; São Joaquim do Monte, Cachoeirinha, Exu, Cupira e São Caitano) e médio porte (2; Gravatá e Abreu e Lima).

O número de municípios de grande porte situados na condição mais aceitável correspondeu a 70% do total de municípios dessa faixa populacional. Observou-se consideráveis adequações para os serviços de cobertura de distribuição de água, coleta de esgoto, cobertura de coleta de resíduos sólidos, incidência de análises de coliformes fora do padrão, destinação adequada de resíduos sólidos e, parcialmente, a implementação do PMSB (3 municípios possuem o plano). Destaca-se que 4 desses municípios estão inseridos na mesorregião Metropolitana de Recife.

O município de Olinda, mesmo alocado na condição acima-abaixo e com o sétimo maior valor para o IDS, obteve a segunda maior $T_{xf,o}$ entre os municípios de grande porte (2,51). Conforme Soares (2018), os serviços de saneamento deficientes de muitos bairros e regiões de Olinda, sendo a cobertura esgotamento sanitário um dos mais precários, vem intensificando a ocorrência de DRSAl.

Para os municípios de Gravatá e Abreu e Lima foram observadas melhores adequações para os serviços de cobertura de distribuição de água (> 95%), incidência de análises de coliformes fora do padrão (< 0,5%), cobertura de coleta de resíduos sólidos (> 99%) e destinação adequada de resíduos sólidos (> 95%). Já o quantitativo de municípios de pequeno porte II dispostos nessa condição, corresponderam a 25% do total municípios pertencentes a essa faixa populacional e apresentaram boas adequações para os serviços de distribuição de água, cobertura de rede coleta de esgoto (variou entre 47,5 e 87%), perdas de água na distribuição (< 49%), coleta de esgoto, incidência de análises de coliformes fora do padrão (< 0,6%), coleta de resíduos sólidos e PMSB (2 possuem plano e 1 possui plano em elaboração).

Dentre o total analisado, uma parcela de 17 municípios ocupou a condição mais desfavorável (abaixo-acima). Esses municípios foram sobretudo de pequeno porte I (8 ou 47%; Venturosa, Cedro, Alagoinha, Santa Filomena, Carnaíba, Serrita, Solidão e Dormentes), em sequência, municípios de pequeno porte II (5 ou 29%; São José do Egito, Cabrobó, Riacho das Almas, Chã Grande e Sertânia) e, por fim, municípios de médio porte (4; Moreno, Ipojuca, Araripina e São Bento do Una). Observou-se predominância de municípios de pequeno porte II e I (< 50

mil habitantes), ou seja, 13 municípios (76%) discriminados na condição abaixo-acima são denominados de pequeno porte.

Avaliando características similares entre os municípios de pequeno porte I, que representam 53% do total dos municípios dessa faixa populacional na condição abaixo-acima, constatou-se inadequações para os serviços de distribuição de água (maioria variou entre 35,2 e 69,6%), cobertura de rede de coleta de esgoto (<56,9%), tratamento de esgoto, cobertura de coleta de resíduos sólidos, destinação adequada de resíduos sólidos (variou entre 0 e 51,6%) e PMSB. Estes municípios estão inseridos na mesorregião do Sertão (5), Agreste (2) e São Francisco Pernambucano (1).

É visto que existe, no País, pouca preocupação em relação ao saneamento para municípios com população inferior a 20 mil habitantes, situação que pode ser evidenciada quando estes não são contemplados no Estatuto da Cidade, de modo que não são exigidos deles instrumentos eficazes de planejamento urbano ou de desenvolvimento econômico, a exemplo do Plano Diretor Municipal e, somado a isso, outras dificuldades impostas para a implementação do Plano Municipal de Saneamento Básico (FERREIRA, 2020; LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013; SPOSITO; SILVA, 2013). Esses entraves dificultam as políticas públicas e privadas para estruturação de condições adequadas de saneamento, gerando inúmeros impactos ao meio ambiente e a saúde humana, implicando no surgimento de DRSAI e outras problemáticas em grupos populacionais mais marginalizados e vulneráveis (FERREIRA, 2020; LANDAU; MOURA, 2016; ROSA *et al.*, 2021).

Ressalta-se que os municípios de pequeno porte I citados anteriormente estão localizados na região semiárida do estado de Pernambuco e enfrentam longos períodos de estiagem, sendo a seca o principal fator limitante para gestão de recursos hídricos nessas localidades. Esse fator potencializa os transtornos relacionados à qualidade e quantidade da água, gerando inadequações no serviço de distribuição e na sua potabilidade. Frente a isso, foi constatado que esses municípios apresentaram, em sua maioria (7), valores insatisfatórios de adequação para cobertura dos serviços de rede de água e esgotamento sanitário. Conforme Oliveira, Leite e Valente (2015) e Teixeira, Gomes e Souza (2011), as inadequações que envolvem especificamente os serviços de fornecimento de água potável e a cobertura de rede de coleta de esgoto desempenham uma relação no que diz respeito aos riscos de surgimento de DRSAI, como por exemplo as diarreias.

Entre os municípios de pequeno porte II, que juntos constituíram 25% do total de municípios dessa categoria populacional dispostos na condição abaixo-acima, verificou-se inadequações para os serviços de cobertura de distribuição de água, rede de esgoto e coleta de resíduos sólidos, tratamento de esgoto, destinação adequada de resíduos sólidos e PMSB, sendo que os municípios, assim como os de pequeno porte I, não dispuseram de PMSB.

Quando se trata dos casos extremos, destaca-se o município de Sertânia, localizado no Sertão Pernambucano. De posse do segundo pior IDS (19,6), o município obteve a segunda maior $T_{x_{f.o}}$ (14,89) entre todos os municípios analisados, apresentando déficits de adequação nos serviços de cobertura de água (59,3%), cobertura de rede de coleta de esgoto (52,9%), tratamento de esgoto (0%), perdas de água na distribuição (> 52%), incidência de análises de coliformes fora do padrão (> 1%), cobertura de coleta de resíduos sólidos (75,2%), destinação adequada de resíduos sólidos (0%) e PMSB. Esse caso em específico denota a importância da adequação ou universalização dos serviços de saneamento e das medidas político-administrativas voltadas à gestão, a exemplo do PMSB, visto que o quadro crítico de insalubridade sanitária existente no município resultou em impactos diretos à saúde dos residentes – inadequações na maioria dos indicadores de saneamento, principalmente nos associados à dimensão água e esgotamento sanitário, podem ser entendidas como condicionantes para a elevação da taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral.

Diante do exposto, Ferreira (2020) e Siqueira *et al.* (2017) entendem que o acesso ao saneamento adequado se torna uma questão de saúde pública, sendo um direito que deve ser financeiramente acessível, de modo que sua ausência ou insuficiência acarreta impactos negativos sobre a saúde e qualidade de vida da população, podendo elevar os gastos públicos e privados com o tratamento de doenças.

Para os municípios de médio porte inclusos na condição abaixo-acima foi observado déficits de adequação na prestação dos seguintes serviços: cobertura de distribuição de água, cobertura de rede de coleta de esgoto (< 55%), tratamento de esgoto (< 34%), destinação adequada de resíduos sólidos e PMSB (1 município possui o plano).

Os desempenhos nos serviços de saneamento dos municípios de pequeno porte II nas diferentes condições são consideravelmente discrepantes, situação que foi denotada através das posições do IDS e pela sua influência no posicionamento dos valores da variável de saúde.

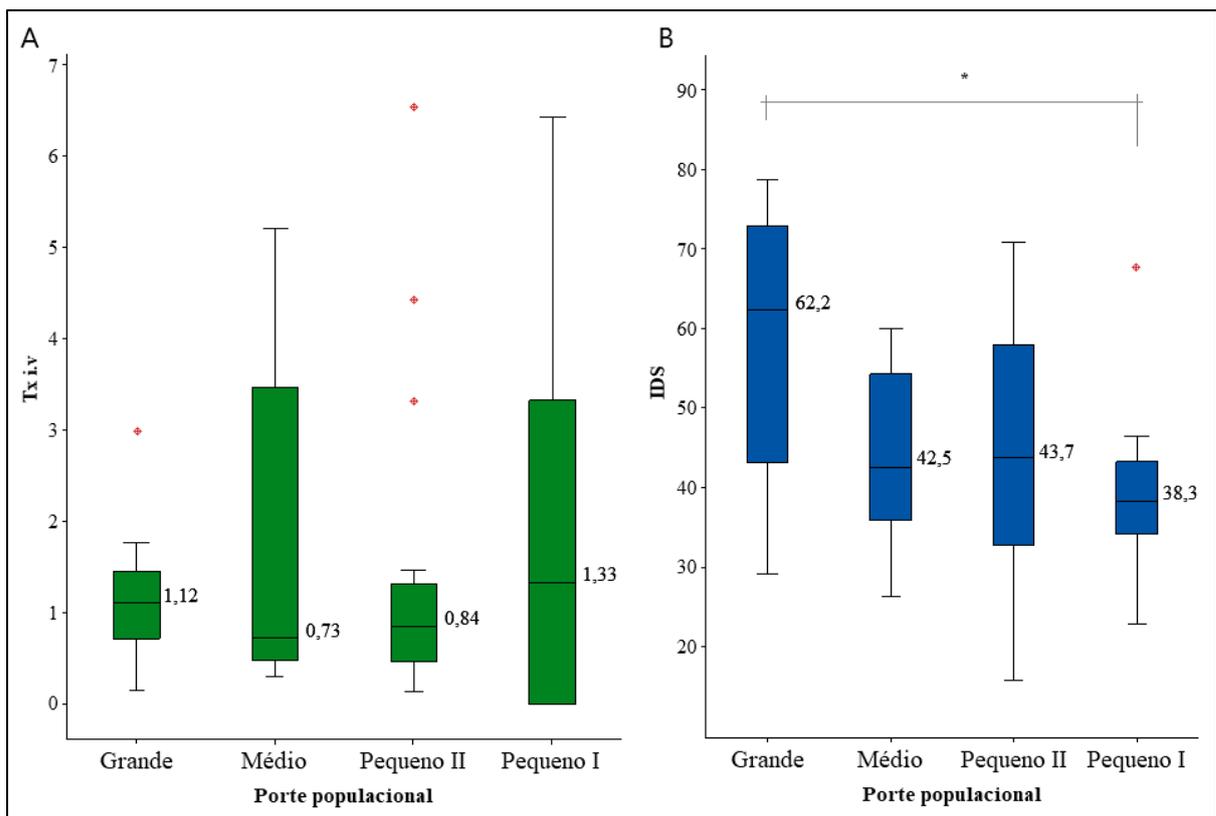
As constatações elencadas através da ilustração gráfica de cruzamento dos valores das variáveis reforçam a confirmação da diferença estatística resultante dos testes: parcela significativa dos municípios de grande porte possuem valores de IDS superiores e valores de $T_{x_{i,v}}$ inferiores quando comparados com municípios de pequeno porte I.

5.5.3 Taxas de internação por doenças de transmissão de inseto vetor x IDS

Assim como nos testes anteriores, o teste se baseou na mediana como medida de tendência central, utilizando o gráfico boxplot (Figura 8).

Frente aos resultados preliminares dos testes de normalidade e igualdade de variâncias, utilizou-se o teste não-paramétrico da mediana de Mood para constatar a existência de diferença significativa entre a $T_{x_{i,v}}$ em função dos grupos populacionais.

Figura 8 – Distribuição em boxplots para a variável de saúde e de saneamento em função das faixas populacionais. (A) Distribuição da taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor em cada grupo; (B) Distribuição do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) em cada grupo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

*: diferença significativa a nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para o teste post-hoc de comparação em pares; $T_{x_{i,v}}$: Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes.

Analisando as medianas da $T_{x_{i,v}}$ nas diferentes faixas populacionais, observou-se a seguinte ordem de valores: Médio porte (0,73) < Pequeno porte II (0,84) < Grande porte (1,12) < Pequeno porte I (1,33). Apesar da notável discrepância entre os valores da mediana entre o grupo populacional de médio porte e pequeno porte I, foi demonstrado que não houve diferença estatística significativa entre a $T_{x_{i,v}}$ para os diferentes portes populacionais [$X^2(3) = 0,78$; $p > 0,05$], Figura 8A.

O gráfico boxplot com as respectivas medianas do IDS (Figura 8B) foi o mesmo utilizado anteriormente, servindo exclusivamente de referência para comparação entre os valores absolutos, caso seja necessário.

Segundo alguns autores, inúmeros fatores podem contribuir para dinâmica de incidência de doenças de transmissão por inseto vetor, principalmente as arboviroses, sendo estes: os fatores climatológicos, ambientais, sociodemográficos, biológicos (ciclo vital dos vetores), médico-sociais, urbanização e condições de saneamento (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020; FOURNET *et al.*, 2018; GRACIE *et al.*, 2014; QUEIROZ; SILVA; HELLER, 2020; ROSA *et al.*, 2021).

O grupo com municípios de grande porte obteve a segunda maior mediana para $T_{x_{i,v}}$, sendo apenas menor que a mediana encontrada para o grupo de municípios de pequeno porte I. Ainda apresentou uma variabilidade mais acentuada quando comparada com a $T_{x_{f,o}}$ nesse mesmo grupo. Para Almeida, Cota e Rodrigues (2020), o processo de urbanização acelerada dos grandes centros urbanos, que na maioria dos casos ocorre de forma desorganizada, contribui para o desmatamento de áreas verdes e insalubridade do meio, aumentando, assim, de forma considerável a migração ou proliferação de insetos vetores nas áreas urbanizadas.

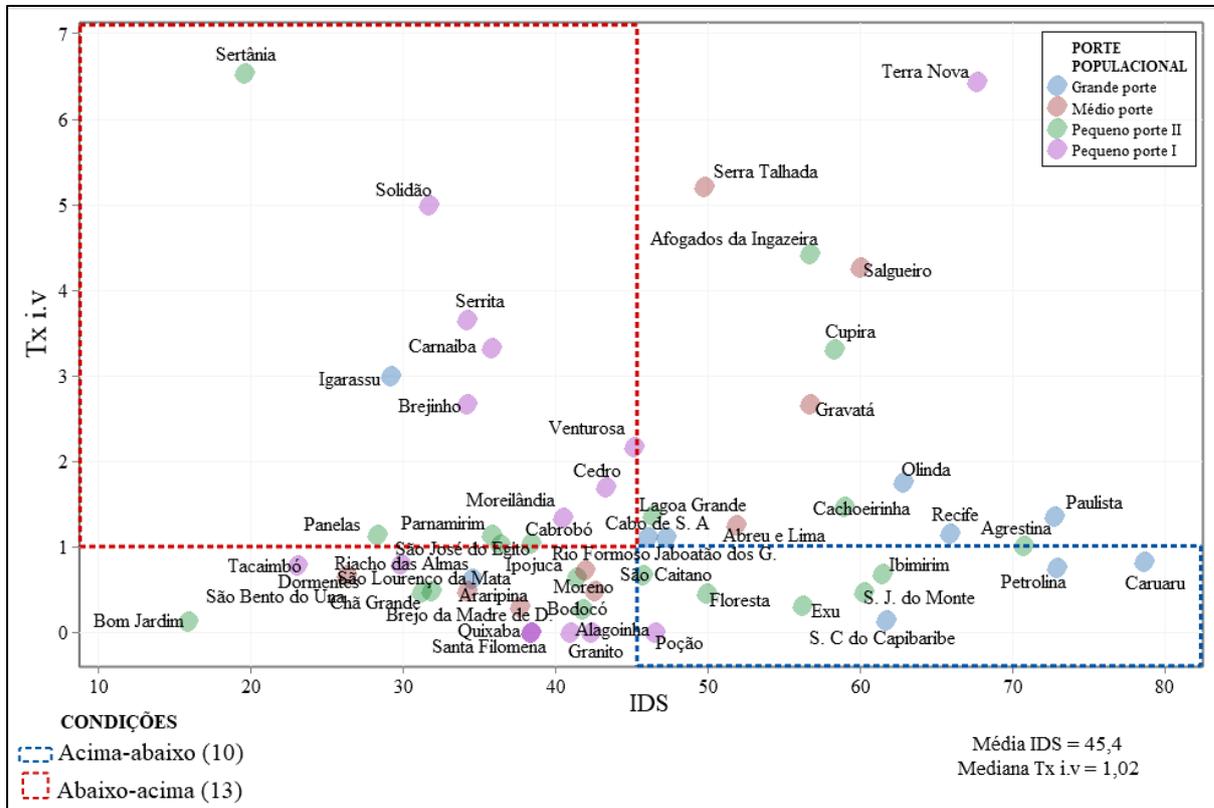
Destaca-se que os outliers identificados para $T_{x_{i,v}}$ estão posicionados em municípios de pequeno porte II (Sertânia, valor 6,5; Afogados da Ingazeira; valor 4,4; Cupira, valor 3,3) e grande porte (Igarassu, valor 2,99). Esses valores extremos, que se apresentam como casos isolados, podem ser indicativos de vulnerabilidades em outros indicadores ambientais, sociais ou econômicos compartilhadas nesses municípios.

Com isso, mesmo não verificada a diferença significativa para a $T_{x_{i,v}}$ entre os portes populacionais, a medida de tendência central (mediana), a medida de variabilidade (intervalo interquartil) e os outliers se tornam relevantes para outras análises comparativas que envolvam os valores absolutos.

De mesmo modo, a análise do comportamento da distribuição dos valores do IDS em associação com a $T_{x_{i,v}}$ foi realizada através do gráfico de dispersão, disposto com os municípios

hierarquizados por critérios estabelecidos pelos valores de referência da média do IDS (45,4) e mediana da $Tx_{i.v}$ (1,02), Figura 9.

Figura 9 – Dispersão dos valores do Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) e $Tx_{i.v}$ para os municípios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

$Tx_{i.v}$: Taxa de interação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes.

Um total de 10 municípios foram contemplados na condição acima-abaxo. Esses municípios são predominantemente de pequeno porte II (6 ou 60%; Agrestina, Exu, Ibimirim, São Joaquim do Monte, Floresta e São Caitano), seguido de municípios de grande porte (3; Caruaru; Petrolina e Santa Cruz do Capibaribe) e pequeno porte I (1; Poção).

Os municípios de pequeno porte II inseridos nessa condição apresentaram as seguintes adequações para os serviços da categoria cobertura: distribuição de água (> 60%), rede de coleta de esgoto (> 62%), coleta de esgoto (> 60%) e manejo de resíduos sólidos (> 67%). Em relação aos demais serviços, foram observadas consideráveis adequações para os serviços de perdas de água na distribuição, consumo de água per capita e análises de coliformes fora do padrão. Enfatiza-se que 3 municípios possuem o PMSB e outros 3 possuem universalização do serviço de destinação adequada de resíduos sólidos (100%).

Mesmo com valores satisfatórios na maioria dos indicadores de saneamento, denotado pelo seu valor do IDS (67,2), o município de Agrestina obteve a maior $T_{x_{i,v}}$ (1,0) dentre os municípios inseridos na condição acima-abaxo. Para alguns autores, tal discordância pode surgir da ocorrência de outras vulnerabilidades municipais, visto que a oferta do saneamento não é a única condição para satisfação das inúmeras mazelas sociais, a saber que a salubridade ambiental depende da adequação qualitativa e quantitativa dos serviços para o alcance de seus objetivos, além de outros fatores a ela interligados (BRITO *et al.*, 2021; SOUSA; SOUSA; ALVARES, 2015; VASCONCELOS, 2018). Por exemplo, um município pode ter índices elevados de desempenho em saneamento e ainda apresentar vulnerabilidades ambientais, climáticas, político-administrativas e na gestão de saúde, sendo estes, fatores condicionantes para o surgimento desse tipo de DRSAI. Essa situação também foi denotada em outros municípios (Caruaru, Petrolina e Ibimirim).

Por sua vez, os municípios de grande porte inseridos na condição acima-abaxo corresponderam a 30% do total municípios pertencentes a essa faixa populacional e apresentaram adequações consideráveis para os serviços de cobertura, a se destacar o serviço de distribuição de água (variou entre 68 e 100%) e cobertura de manejo de resíduos sólidos (variou entre 87 e 99%). Os serviços relacionados à eficiência, gestão e demanda, com exceção do tratamento de esgoto, apresentaram valores adequados, ressalvado que dois municípios atenderam requisitos de adoção do PMSB (Caruaru e Petrolina) e outros dois possuem universalização para o serviço de destinação adequada de resíduos sólidos (Caruaru e Santa Cruz do Capibaribe).

Observou-se o deslocamento de alguns municípios de grande porte quando comparada à situação anterior de cruzamento de variáveis (IDS x $T_{x_{f,o}}$). Esses municípios estão situados na mesorregião Metropolitana (Paulista, Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho) e expuseram inadequações para os serviços da dimensão esgotamento sanitário, perdas de água na distribuição e PMSB (apenas Recife e Paulista possuem plano).

Os municípios mencionados dispuseram de um total de 810 internações por doenças transmitidas por inseto vetor, representando 86% dos casos na mesorregião Metropolitana e 80% dos casos dentre os municípios de grande porte. Avaliando o total de internações na mesorregião, denota-se que a mesma concentrou o maior número de internações por doenças transmitidas por inseto vetor (939; 65%).

Assim como nessa pesquisa, outros estudos constataram inadequações de saneamento em municípios da mesorregião Metropolitana de Recife, principalmente no que se refere ao

esgotamento sanitário, e relataram os agravos que podem ser gerados diante essa problemática, inclusive o surgimento de DRSAI (TEIXEIRA, 2021; VASCONCELOS, 2018).

Visto que 4 municípios de grande porte e 3 de médio porte da referida mesorregião obtiveram valores de IDS insatisfatórios ou críticos, Teixeira (2021) destacou que os municípios de grande porte da mesorregião Metropolitana do Recife representam a maior parte da densidade populacional e apresentam valores de coleta e tratamento de esgoto considerados inadequados ou insuficientes, a saber que efluentes não tratados ou dispostos a céu aberto estão diretamente associados à transmissão de vetores de doenças. Mesmo com a adoção de normativas legais que dispõem sobre o lançamento e tratamento de efluentes, os municípios estão bastante distantes no cumprimento das normas, gerando, dessa forma, impactos diretos na manutenção dos recursos hídricos e na qualidade de vida dos residentes.

O município de Poção, localizado na mesorregião do Agreste, apresentou adequações nos serviços de cobertura e coleta de resíduos, manejo de resíduos sólidos, perdas de água e consumo per capita de água. Ademais, o município ainda apresentou a menor $T_{x_i.v}$ entre os municípios inseridos na condição.

Na condição abaixo-acima foram alocados 13 municípios, sendo estes considerados na maioria municípios de pequeno porte I (7 ou 54%; Venturosa, Moreilândia, Cedro, Carnaíba, Serrita, Brejinho e Solidão), em sequência de municípios de pequeno porte II (5; 38%; Cabrobó, São José do Egito, Parnamirim, Panelas e Sertânia) e de grande porte (1; Igarassu). A condição abaixo-acima foi majoritariamente concentrada por municípios de pequeno porte (12; 92%).

Os municípios de pequeno porte I inseridos nessa condição corresponderam a 47% do total para esse porte populacional. Quanto aos indicadores de saneamento, observou-se inadequações na maioria dos municípios para cobertura de abastecimento de água (variou entre 35,2 e 71%), cobertura de rede de esgotamento sanitário (< 56,9), tratamento de esgoto (<49%), cobertura de coleta de resíduos sólidos (variou entre 51,2 e 69,8%), destinação adequada de resíduos sólidos (0%) e PMSB (apenas Moreilândia possui o plano). Algumas características relevantes constatadas entre esses municípios foram as seguintes: localização na mesorregião do Sertão Pernambucano e existência de descarte irregular de resíduos sólidos (lixão). O município de Solidão obteve uma $T_{x_i.v}$ igual a 4,9, valor que retratou a segunda maior taxa entre os municípios de pequeno porte I analisados.

Ao observar a situação de saneamento e as características em comum compartilhadas, se tem uma perspectiva das vulnerabilidades enfrentadas nessas municipalidades de pequeno porte. Para Costa, Gadelha e Figueira (2019), Hoornweg e Bhada-Tata (2012) e Queiroz, Silva

e Heller (2020), diversos impactos podem surgir da má gestão dos serviços de manejo de resíduos sólidos e adoção de lixões, a exemplo do aumento de custos com o manejo de RSU, agravos ao meio ambiente, surgimento de insetos vetores transmissores de doenças, arboviroses e outras DRSAI. Conforme Queiroz, Silva e Heller (2020) e Rosa *et al.* (2021), a deficiência em abastecimento de água ocasionadas pelas secas extremas, a gestão insuficiente de resíduos sólidos e a inadequação de acesso ao esgotamento sanitário são uns dos principais fatores para a disseminação de arboviroses.

Se tratando dos municípios de pequeno porte II da condição abaixo-acima, foi constatado maiores déficits em saneamento para os serviços de cobertura de rede de esgotamento sanitário (variou entre 36,4 e 65,8%), tratamento de esgoto, cobertura de coleta de resíduos sólidos (< 75,2%), destinação adequada de resíduos sólidos (<6,5%) e PMSB. Esses municípios estão localizados em maioria na mesorregião do Sertão, não apresentaram implementação do Plano Municipal de Saneamento Básico, admitiram valores de IDS inferiores a 36,5 e adotaram lixões ou destinos irregulares para descarte de resíduos sólidos. O município de Sertânia obteve a maior $T_{x_{i,v}}$ (6,5) para condição e entre todos os municípios analisados.

De posse das informações sanitárias e de saúde do município de Sertânia, observou-se uma possível susceptibilidade ao surgimento de DRSAI no município, fato que pode ser evidenciado pelas elevadas taxas das diferentes categorias de DRSAI ($T_{x_{f,o}}$ e $T_{x_{i,v}}$). Tal constatação se torna preocupante, visto que o município apresentou o segundo menor IDS e inadequações em todos serviços relevantes para gestão e qualidade do saneamento, que juntamente com outras vulnerabilidades sociais, ambientais ou econômicas, potencializam os agravos à saúde pública e a qualidade de vida da população. Para Ferreira (2020), a susceptibilidade de determinado município pode denotar algumas de suas deficiências ou fragilidades, porém a inexistência de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico capazes de gerar melhorias na vida da população, podem agravar os impactos gerados pelos problemas sanitários já existentes.

Essa situação também foi constatada nos municípios de Solidão, Serrita e Carnaíba, ambos situados na mesorregião do Sertão, inseridos na condição abaixo-acima e com valores para $T_{x_{i,v}}$ que variaram entre 3,3 e 4,9. Somado a isso, ainda apresentaram valores baixos de IDS e inadequações em serviços relevantes, a exemplo dos serviços da categoria cobertura (distribuição de água, esgotamento e manejo de resíduos sólidos), destinação adequada de RSU e PMSB.

Os serviços de saneamento básico são essenciais para a garantia da saúde pública e sua falta pode acarretar em inúmeros agravos na qualidade de vida da população. A inadequação

na distribuição e potabilidade da água para consumo, a inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos podem ser causadoras de doenças como diarreias, cólera, leptospirose, febres entéricas, hepatite A, moléstias transmitidas por insetos vetores (leishmaniose e filariose) e arboviroses (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013; VASCONCELOS, 2018).

Ao contrário dos demais municípios da mesorregião Metropolitana do Recife e de grande porte, Igarassu foi o único município inserido na condição abaixo-acima.

5.5.4 Identificação de situações de susceptibilidade

Essa parte da pesquisa se direcionou a verificar a existência de municipalidades que se alocaram na condição desfavorável (abaixo-acima) em ambos os cruzamentos para as diferentes taxas de DRSAI com o IDS. Trata-se de municípios que obtiveram elevadas ocorrências de DRSAI e evidente insalubridade do meio, tornando-os prioritários na tomada de decisões. Identificou-se também os municípios que se posicionaram na condição favorável (acima-abaixo) em ambas situações. Dessa forma, foram classificados pelo grau de prioridade para as tomadas de decisão, sendo: maior prioridade – direcionada aos municípios mais susceptíveis; menor prioridade – direcionada aos municípios menos susceptíveis (Tabela 7).

Tabela 7 – Identificação dos municípios e divisão conforme o grau de prioridade nas tomadas de decisão.

Município	Porte Populacional	T _{x_{f.o}}	T _{x_{i.v}}	IDS	Grau de prioridade na tomada de decisão
Sertânia	Pequeno porte II	14,89	6,54	19,6	Maior prioridade
Serrita	Pequeno porte I	8,87	3,65	34,2	
Cabrobó	Pequeno porte II	7,45	1,03	36,4	
Solidão	Pequeno porte I	6,66	4,99	31,7	
Cedro	Pequeno porte I	5,50	1,69	43,3	
São José do Egito	Pequeno porte II	4,86	1,03	38,4	
Carnaíba	Pequeno porte I	4,60	3,32	35,8	
Venturosa	Pequeno porte I	2,97	2,16	45,2	
São Joaquim do Monte	Pequeno porte II	2,34	0,47	60,3	Menor prioridade
Exu	Pequeno porte II	2,19	0,31	56,3	
Petrolina	Grande porte	2,12	0,74	73,0	
Caruaru	Grande porte	2,13	0,81	78,7	
Santa Cruz do Capibaribe	Grande porte	1,28	0,14	61,7	

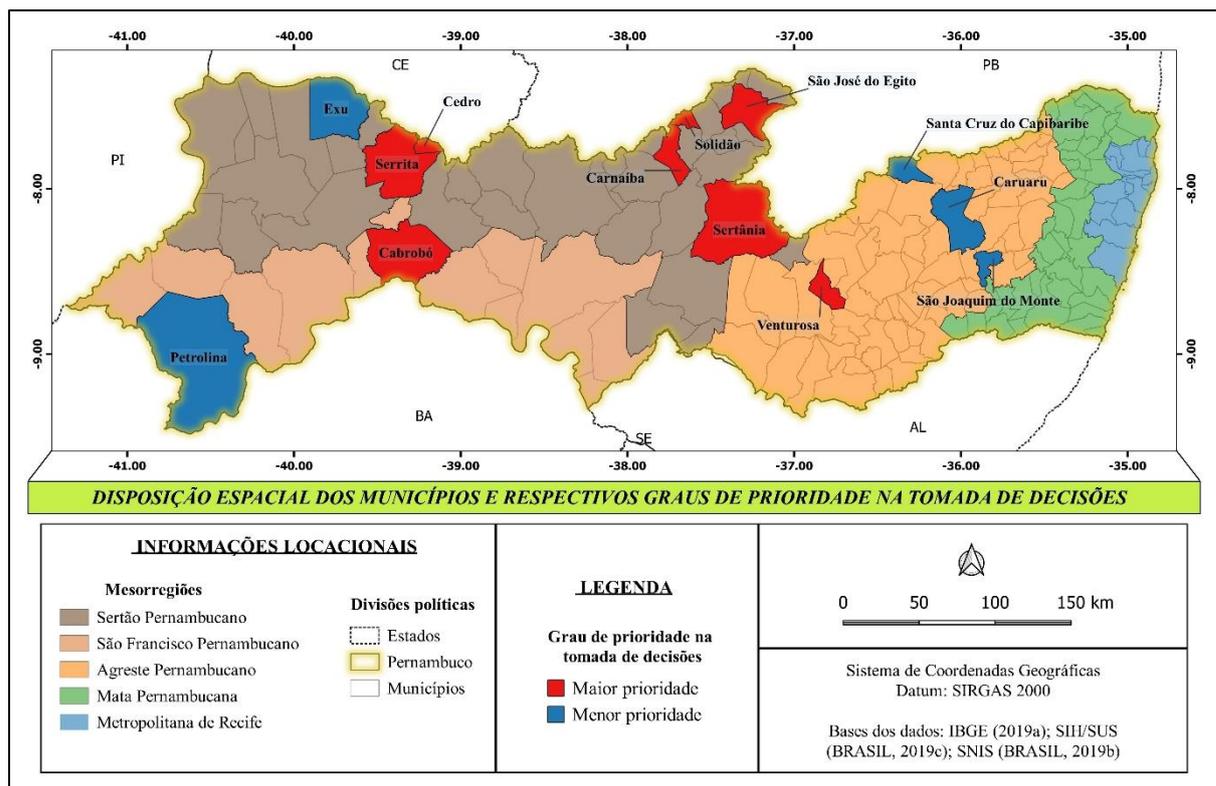
Fonte: Elaborado pelo autor.

T_{x_{f.o}}: Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes; T_{x_{i.v}}: Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes; IDS: Índice de Desempenho em Saneamento.

Verificou-se um total de 8 municípios classificados como de maior prioridade nas tomadas de decisão. Predominantemente considerados de pequeno porte (população inferior a 50 mil habitantes), apresentaram $T_{x.f.o}$ entre 2,97 e 14,89, $T_{x.i.v}$ entre 1,03 e 6,54 e, ainda, um IDS que variou entre 19,6 e 45,2. Quando se trata das condições de saneamento, apontaram inadequações na maioria dos indicadores, com déficits mais representativas nos serviços de destinação final adequada de resíduos sólidos (0%), tratamento de esgoto, Plano Municipal de Saneamento Básico (apenas 1 município possui o plano), cobertura de rede de esgotamento sanitário e cobertura de coleta de resíduos sólidos.

Vale salientar que tais municípios estão situados no Sertão Pernambucano (6), São Francisco Pernambucano (1) e Agreste (1) mostrando que os municípios mais susceptíveis foram dispostos em regiões que apresentam fragilidades climáticas, sociais e político-administrativas, fatores que potencializam a situação de vulnerabilidade nessas localidades (Figura 10).

Figura 10 – Identificação dos municípios e respectivos graus de prioridade na tomada de decisões.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As menores prioridades na tomada de decisões foram denotadas em 5 municípios, sendo estes inseridos majoritariamente no Agreste Pernambucano, seguido de municípios do Sertão e São Francisco Pernambucano e denominados como de grande porte (3) e pequeno porte II (2).

Os valores das taxas das categorias de DRSAI ficaram abaixo dos valores das medianas e o IDS variou entre 56,3 e 78,7.

Enfatiza-se que nenhum dos municípios analisados para a mesorregião Metropolitana do Recife receberam graus de menor prioridade. Mesmo se tratando da região de maior potencial econômico, turístico e industrial do estado, não se observa retornos positivos de natureza sanitária advindos das aptidões elencadas, visto que não são devidamente convertidos em melhorias estruturantes na gestão e qualidade dos serviços de saneamento.

Um dos desafios da mesorregião tem sido a gestão do saneamento, traduzido em problemas com desigualdades sociais, concentração populacional em locais precários, mau uso dos recursos naturais e do ambiente, destinação inadequada de esgotos domésticos e outros agravos que ocasionam dificuldades sociais (BRASIL, 2017b; PERNAMBUCO, 2022).

A partir disso, foram sugeridas algumas propostas de intervenção voltadas aos municípios que denotaram o não atendimento aos valores de referência, sendo prioritários no direcionamento de políticas públicas de saneamento básico, ressalvado que podem ser também aplicadas à realidade dos municípios que apresentaram as maiores deficiências em saneamento (IDS crítico ou insatisfatório):

- I. Participação popular nos processos decisórios que envolvam as políticas públicas de saneamento;
- II. Incentivo dos gestores públicos na capacitação dos responsáveis pelos serviços de saneamento e reuniões periódicas com os prestadores de serviços, a fim de identificar fragilidades e direcionar ações conjuntas de melhoria;
- III. Instrumentação técnica e aprimoramento dos métodos de coleta e divulgação das informações de indicadores de saneamento dos municípios, permitindo o acesso a um banco de dados atualizado e consistente;
- IV. Adoção de uma gestão transversal ou intersetorial no processo decisório e na implementação de políticas públicas, sendo que a mesma considere a complexidade e interdependência das interfaces envolvidas (saneamento básico, saúde, política social, orçamento público e privado, recursos hídricos, uso do solo e outros), ou seja, uma gestão fragmentada poderá gerar distorções;
- V. A criação de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos; e,
- VI. Um maior envolvimento da União na busca de meios viáveis que incentivem os gestores públicos na elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico.

6 CONCLUSÕES

O Índice de Desempenho em Saneamento foi capaz de sintetizar as informações do grupo de indicadores a um valor único, norteando no entendimento das condições de saneamento municipal em diferentes frentes, a exemplo do contexto das mesorregiões e portes populacionais dos municípios, como evidenciado nesse estudo. Diante da complexidade que envolve a compreensão das causas e consequências dos agravos sobre a saúde humana, as informações fornecidas pelo índice em conjunto com as das DRSAI implicaram em resultados que contribuíram para o entendimento de prováveis associações entre variáveis, para a identificação de regiões, grupos populacionais ou municípios que apresentaram susceptibilidade e para determinação do grau de prioridade na tomada de decisões.

A utilização de indicadores de saneamento forneceu informações preliminares sobre a problemática levantada, sendo ainda base usual e acessível para formulação do Índice proposto. A seleção baseada em requisitos mínimos e critérios direcionou à utilização de indicadores de desempenho comumente explorados e relevantes.

De um total de 185 municípios situados no estado de Pernambuco, 54 atenderam os critérios de inclusão e do exame do banco de dados (análise exploratória). Apesar de não se utilizar todos os municípios do estado, foram recolhidas informações de todos os integrantes da população, sendo selecionados apenas os municípios que se enquadraram nos critérios estabelecidos, respeitando um dos objetivos específicos da pesquisa.

As técnicas empregadas para ponderação dos indicadores, cálculo e distribuição espacial foram ferramentas úteis para obtenção e interpretação do índice. De um lado, o Processo de Análise Hierárquica (AHP) reduzindo as arbitrariedades na valoração dos indicadores; do outro, a técnica de geoprocessamento contribuindo para visualização de características e disparidades relativas ao desempenho do setor de saneamento dos municípios e mesorregiões.

Sendo assim, obteve-se um valor agregado que traduziu a situação de desempenho em saneamento dos municípios. Verificou-se que a maior parcela, 38 (70%), foi enquadrada nas classes de crítico e insatisfatório, apresentando predominância de municípios caracterizados como de pequeno porte (abaixo de 50 mil habitantes) e inseridos nas mesorregiões do Sertão e Agreste (25). Diante da ineficiência e defasagem dos serviços de saneamento básico na maioria dos municípios do Nordeste, essas constatações surgem como um reflexo de uma amarga rea-

lidade, indicando resultados iniciais desfavoráveis para o desempenho em saneamento dos municípios pernambucanos analisados, no entanto, sinalizaram para condução de análises voltadas ao contexto mesorregional e populacional desses mesmos municípios.

Dentre as mesorregiões, desconsiderando comparações com a Mata Pernambucana que apresentou um número não representativo de municípios (2), o Sertão Pernambucano concentrou o maior número de municípios em situações deficitárias do total disposto por mesorregião e obteve a menor média de IDS. O enfrentamento a essa situação requer a necessidade de esforços conjuntos no direcionamento e na implementação de políticas públicas que melhorem a prestação dos serviços de saneamento, a saber que essas regiões menos favorecidas apresentam outras vulnerabilidades que reduzem ainda mais a qualidade de vida dos residentes.

Atenta-se, ainda, com um olhar criterioso acerca da situação da mesorregião Metropolitana de Recife, que obteve um número substancial de municípios enquadrados nas classes mais desfavoráveis. Tal situação preocupa-se, visto que as condições de insalubridade juntamente com a elevada densidade demográfica de alguns desses municípios podem potencializar os agravos ao meio ambiente e na população.

No que concerne ao ranking, observou-se que o contraste populacional e a implementação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) apresentaram influência, não na totalidade, nas colocações dos municípios. Os municípios que ocuparam as três primeiras posições foram denominados de grande porte, com existência de PMSB e obtiveram colocações que corroboraram com as obtidas nos principais *rankings* de saneamento nacionais, sendo esses, juntamente com Olinda e Recife, os municípios com as melhores posições do Estado. Em contraponto, as vinte piores colocações foram ocupadas em ampla maioria por municípios de pequeno porte e sem adoção do PMSB. A partir disso, nota-se a importância da criação de mecanismos por parte dos gestores municipais e demais governanças institucionais, voltada inicialmente para redução dos entraves e, posteriormente, para condução das etapas de elaboração e implementação do PMSB em municípios de pequeno porte.

Através dos testes estatísticos constatou-se diferença estatística significativa do IDS e da $T_{x_{f.o}}$ entre as diferentes faixas populacionais. O IDS na faixa populacional de municípios de pequeno porte I foi significativamente inferior ao da faixa populacional de grande porte, sendo verificado ainda, em um segundo momento, que a taxa de internação por doenças feco-oral na faixa populacional de pequeno porte I foi significativamente superior quando comparada a da faixa populacional de grande porte.

Quanto ao cruzamento de informações, observou-se predominância de municípios de pequeno porte II e I discriminados na condição acima-abaxo nas duas comparações. Os municípios prioritários na tomada de decisões foram caracterizados de pequeno porte e dispostos em regiões que expressam fragilidades climáticas, sociais ou político-administrativas.

Mesmo diante da limitação imposta em torno da disponibilidade de informações dos indicadores de saneamento municipal, que resultou na redução do campo de investigação, essa pesquisa teceu contribuições atualizadas e pertinentes sobre o entendimento do comportamento dos indicadores e do índice em diferentes contrastes populacionais e regionais, sendo essas capazes de auxiliar nos planos de elaboração de ações e nos processos decisórios voltados para melhoria do setor de saneamento em municípios ou regiões deficitárias e, ainda, no fornecimento de um acervo de informações complementares em novos estudos.

Para futuros estudos ressalta-se as seguintes recomendações: utilização de outras técnicas de ponderação dos indicadores de saneamento, a exemplo da análise fatorial; inserção de novos indicadores de saneamento que sejam relevantes para agregação de valor e construção do índice; utilização de técnicas de correlação espacial como incremento na análise de associações entre índices de saneamento e DRSAI; e, reprodução da metodologia elencada em outros municípios ou estados brasileiros, sendo possível, a depender da consistência de periodicidade dos dados, acrescentar uma análise espaço-temporal do índice.

REFERÊNCIAS

- ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Ranking ABES da universalização do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES/Consultoria Archipelago, 2021. 87 p. Disponível em: https://abes-dn.org.br/?page_id=41939. Acesso em: 18 jun. 2021.
- ALEGRE, H. *et al.* **Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores**. 3ª Geração do Sistema Avaliação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (EPSAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2020. 354 p. Disponível em: < <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoestecnicas/guias>>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: Impactos na saúde urbana. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>.
- ALVES, I. J. B. R.; FREITAS, L. S. Análise comparativa das ferramentas de gestão ambiental: produção mais Limpa x Ecodesign. *In*: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 193-212.
- AMARAL, M. H.; OLIVEIRA, L. F.; RAMOS, S. B. Tendência das taxas de internação por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI): Brasil, 1998 a 2014. **Ciência et Praxis**, v. 9, n. 17, p. 43-48, 2016.
- ANDREAZZI, M. A. R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 22, n. 3, p. 211-217, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1020-498920070008000008>.
- ASSIS, A. G. **O saneamento básico na perspectiva de diferentes modelos de gestão**: uma análise comparativa em municípios de pequeno porte no estado da Paraíba. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública e Cooperação Internacional, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- ATAIDE, V. T. L. A.; BORJA, P. C. Justiça social e ambiental em saneamento básico: um olhar sobre experiências de planejamento municipais. **Ambiente e Sociedade**, v. 20, n. 3, p. 61-80, 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC74R1V2032017>.
- BERNARDES, C.; BERNARDES, R. S.; GUNTHER, W. M. R. Proposta de índice de salubridade ambiental domiciliar para comunidades rurais: aspectos conceituais e metodológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 697-706, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018141631>.
- BOHNENBERGER, J. C. *et al.* Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 299-311, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100222>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília, DF: FUNASA, 2010b. 246 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/estudosPesquisas_ImpactosSaude.pdf. Acesso em: 23 dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Política e plano municipal de saneamento básico**: convênio Funasa/Assemae. 2. ed. Brasília, DF: FUNASA, 2014. 188 p. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/526/Pol%c3%adtica%20e%20Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20B%c3%a1sico%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. **Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)**. 2019c. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/nrPE.def>. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acessado em: 12 jun. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Agência Nacional de Águas - ANA. **ATLAS ESGOTOS: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Brasília, DF: ANA/SNSA/MCidades, 2017b. 88 p. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos planos municipais de saneamento básico no Brasil**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2017a. 40 p. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/Arquivos-SNSA/Arquivos_PDF/panorama_planos_municipais_de_saneamento_basico.pdf. Acesso em: 6 set. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2013. 173 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA - Abastecimento de Água 2019**. Brasília, DF: SNS/MDR, 2020a. 69 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_AGUA_SNIS_2019.pdf. Acesso em: 2 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA – Esgotamento Sanitário 2019**. Brasília, DF: SNS/MDR, 2020b. 61 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_ESGOTO_SNIS_2019.pdf. Acesso em: 2 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA – Manejo de Resíduos Sólidos 2019**. Brasília, DF: SNS/MDR, 2020c. 62 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_RESIDUOS_SOLIDOS_SNIS_2019.pdf. Acesso em: 2 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA – Saneamento Básico 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020d. 45 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_SANEA-MENTO_BASICO_SNIS_2019.pdf. Acesso em: 5 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF: SNS/MDR, 2019a. 240 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**. 2019b. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 17 ago. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 18 ago. 2020.

BRITO, F. S. L. *et al.* Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) nos municípios de Belém e Ananindeua, região amazônica do estado do Pará, PA - 2000 a 2017. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 283-298, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0024>.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. 2. ed. Chichester, UK: Wiley & Sons, 1993.

CASTRO, J. S. *et al.* Utilização de SIG e Análise Multicritério para seleção de áreas com potencial para a construção de universidades e loteamentos universitários. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 3, p. 652-657, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000300037>.

CONCEIÇÃO, A. O. **Análise da evolução dos indicadores de saneamento e sua relação com saúde pública**: Estudo de caso em São Luís – MA. 2017. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

COSTA, S. A. B. *et al.* Indicadores em Saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto em Minas Gerais. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 334-357, 2013. <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2704>.

COSTA, S. G. F.; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A. Saneamento básico e salubridade ambiental em cidades do litoral do estado da Paraíba. **Revista DAE**, v. 67, n. 219, p. 9-23. 2019. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.041>.

COTA, T. S. *et al.* Indicadores socioambientais como instrumento de gestão de território fluvial: comunidade de Rolim de Moura do Guaporé-RO. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 17, p. 29-54, 2019. <http://dx.doi.org/10.17127/got/2019.17.002>.

DIAS, A. P.; ROSSO, T. C. A.; GIORDANO, G. **Série Temática: Recursos Hídricos e Saneamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ, 2012. ISBN: 978-85-64386-09-9.

DOS SANTOS, A. B. **Avaliação Técnica dos Sistemas de Tratamento de Esgotos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2007. 206 p. ISBN: 978-85-87062-83-3.

FARIA, D.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 34, n. 1, 2013.

FERREIRA, P. S. F. *et al.* Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6 n. 2, p. 214-229, 2016. <https://doi.org/10.12957/ric.2016.24809>

FERREIRA, Y. B. C. **Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a experiência do Estado da Paraíba**. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

FONSECA, F.R.; VASCONCELOS, C.H. Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4. p. 448-453, 2011.

FOURNET, F. *et al.* Effective surveillance systems for vector-borne diseases in urban settings and translation of the data into action: a scoping review. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 7, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.1186/s40249-018-0473-9>.

GALVÃO JÚNIOR., A. C.; XIMENES, M. A. F. **Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto**. Fortaleza: ABAR, 2008. 510 p.

GONDIM, G. M. M. Espaço e saúde: uma (inter)ação provável nos processos de adoecimento e morte em populações. *In*: MIRANDA, A. C.; BARCELLOS, C.; MOREIRA, J. C., MONKEN, M. (org.). **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. p. 57-75.

GRACIE, R. *et al.* Geographical Scale Effects on the Analysis of Leptospirosis Determinants. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 10, p. 10366-10383, 2014. <https://doi.org/10.3390/ijerph111010366>.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Hoorweg, D.; Bhada-Tata, P. **What a waste**: a global review of solid waste management. Washington, D.C.: World Bank, 2012. 116 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da População 2019**. 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=25272&t=resultados>. Acesso em: 19 jan. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil: 2015. 10. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal 2019**. 2019a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27733&t=sobre>. Acesso em: 11 ago. 2020.

ITB - INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico**: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. 2012. 67 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

ITB - INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2021**. São Paulo: GO Associados, 2021. 131 p. Disponível em: https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Ranking_saneamento_2021/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2021_v2.pdf. Acesso em: 18 mar. 2021.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fonte de dados e aplicações. 6. ed. Campinas: Alínea, 2017. 196 p. ISBN: 978-85-7516-807-3.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2008. 160 p. ISBN: 978-85-87755-04-9.

KOBREN, J. C. P. *et al.* Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) no município de Porto Rico, PR. *Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias*, v. 4, n.1, p. 1-19, 2019.

KRAEMER, M. E. P. **Responsabilidade Social - Uma alavanca para sustentabilidade**. Ambientebrasil. 2009. Disponível em: <http://gerencia.ambientebrasil.com.br/midia/ane-xos/457.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

LACERDA, C. S.; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. *In*: LIRA, W. S.; CÂNDIDO,

G. A. (org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 13-30.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010**: domicílios urbanos e rurais. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 975 p. ISBN: 978-85-7035-672-7.

LEVINE, D. M. *et al.* **Estatística**: teoria e aplicações - usando o Microsoft Excel em Português. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIMA, J. S. *et al.* Morbidade e mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em Belém do Pará. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 115-132, 2018. <https://doi.org/10.33809/2447-4606.422018115-132>

LIMA NETO, I. E.; SANTOS, A. B. D. Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A.C. (org.). **Gestão do Saneamento Básico**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Barueri: Manole, 2012. p. 57-79.

LIMA, V. Saneamento ambiental como indicador de análise da qualidade ambiental urbana. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2 n. 35, p. 65-84, 2013.

LISBOA, S. S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R. B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 341-348, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006>.

LORENTZ, J. F. *et al.* Multicriteria Analysis Applied to Landslide Susceptibility Mapping. **Natural Hazards**, v. 1, p. 12-27, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2300-6>.

LOURENÇO, T.; PRADO, R. B. Índices de saneamento ambiental em regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 7, p. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.21168/reg.v16e7>.

MALA-JETMAROVA, H.; SULTANOVA, N.; SAVIC, D. Lost in optimisation of water distribution systems? A literature review of system operation. **Environmental Modelling and Software**, v. 93, p. 209-254, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.02.009>.

MALINAUSKAITE, J. *et al.* Municipal solid waste management and waste to energy in the context of circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, v.141, p. 2013-2044, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>.

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F.; COSTA V. C. Análise multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer- RJ. **Geo UERJ**, n. 33, p. e26037, 2018. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.26037>.

MENDES, M.; PALA, A. Type I error rate and power of three normality tests. **Pakistan Journal of Information and Technology**, v. 2, n. 2, p. 135-139, 2003. <http://dx.doi.org/10.3923/ijtj.2003.135.139>.

- MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e Experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 16, n. 2, p. 88-91, 2017. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.041117>
- MUELLER, C. C.; TORRES, M.; MORAIS, M. P. **Referencial Básico Para a Construção de um Sistema de Indicadores Urbanos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997.
- MUNDIM, B. C.; JUNIOR, I. C. Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Revista DAE**, v. 68, n. 227 p. 20-34, 2020. <https://doi.org/10.25242/885X103020202246>
- MUNEEB, S. M. *et al.* Decentralized bi-level decision planning model for municipal solid waste recycling and management with cost reliability under uncertain environment. **Sustainable Production and Consumption**, v. 16, p. 33-44, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.05.009>.
- NEHRA, S.; RAGHAV, S.; KUMAR, D. Biomaterial functionalized cerium nanocomposite for removal of fluoride using central composite design optimization study. **Environmental Pollution**, v. 258, p. 113773, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113773>.
- NICÁCIO, J. A.; PEREIRA JUNIOR, A. Saneamento básico, meio ambiente e a saúde pública em Açailândia - MA. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 123-136, 2019.
- NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 4, p. 753-763, 2018. <https://doi.org/10.1590/0034-7612168118>
- OLIVEIRA, A. F.; LEITE, I. C.; VALENTE, J. G. Carga Global das doenças diarreicas atribuíveis ao sistema de abastecimento de água e saneamento em Minas Gerais, Brasil, 2005. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 20, n. 4, p. 1027-1036, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015204.00372014>.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **International Decade for Action Water for Life 2005-2015**. Disponível em: http://www.un.org/waterforlifedecade/food_security.shtml. Acesso em: 15 de jan. 2021.
- PEDROSA, R. N.; MIRANDA, L. I. B.; RIBEIRO, M. M. R. Avaliação pós-ocupação sob o aspecto do saneamento ambiental em área de interesse social urbanizada no município de Campina Grande, Paraíba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 21, n. 3, p.535-546, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146176>
- PEIXOTO, F. S. *et al.* Índice de saneamento ambiental da área urbana do Município de Mossoró – RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, p. 2130-2139, 2018. <https://doi.org/10.26848/rbvf.v11.6.p2130-2139>.
- PENA, F. P. **Estudo dos Indicadores Existentes no Saneamento e Suas Possíveis Inconsistências – Estudo de Caso de Itabaiana/PB**. 2015. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

PERNAMBUCO. Governo do Estado de Pernambuco. Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado – Região Metropolitana do Recife. **A Região Metropolitana do Recife**. Disponível em: <https://www.pdui-rmr.pe.gov.br/RMR>. Acesso em: 17 jan. 2022.

PIMENTEL, L. B. *et al.* Saneamento | O apoio do BNDES ao saneamento no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento. **BNDES Setorial**, v. 45, p. 227-284, 2017.

QUEIROZ J. T. M.; SILVA P. N.; HELLER, L. Novos pressupostos para o saneamento no controle de arboviroses no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 36, n. 4, p. 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00223719>.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 42.930, de 18 de abril de 2011. Cria o programa estadual pacto pelo saneamento. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**: parte 1: Poder Executivo, Rio de Janeiro, RJ, ano 37, n. 72, p. 5-6, 19 abr. 2011.

ROSA, B. B. *et al.* Evolução do saneamento básico e a sua relação com a saúde pública. **Journal of the Health Sciences Institute**, v. 39, n. 1, p. 33-41, 2021.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SANTANA, H. B. **A importância do saneamento básico na área urbana do município de São João do Rio do Peixe-PB, com enfoque no esgotamento sanitário**. 2014. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2014.

SANTOS, A.P. *et al.* Inferência sobre o conforto domiciliar rural do município de Viçosa-MG utilizando análises multicritério. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16., Foz do Iguaçu, 2013. Anais [...]. INPE, 2013. p. 3744-3753.

SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; SANTANA, A. S. **Regulação e Investimento no Setor de Saneamento no Brasil**: trajetórias, desafios e incertezas. Rio de Janeiro: IPEA, 2020. 67 p. (Texto para Discussão, n. 2587). Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=36559. Acesso em: 15 jan. 2021.

SCRIPTORE, J. S. **Os impactos do saneamento sobre saúde e educação**: uma análise espacial. 2016. 206 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SICHE, R. *et al.* Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e Sociedade**, v.10, n. 2, p.137-148, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>.

SILVA, S. A. *et al.* Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 699-709, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146971>.

SILVA, V. G. B; MACHADO, P. S. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 66-87, 2014.

SIQUEIRA, M. S. *et al.* Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010- 2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, n. 4, p. 795-806, 2017. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742017000400011>.

SOARES, J. R. H. S. Saúde urbana e saneamento ambiental no município de Olinda-PE. **Revista Rural e Urbano**, v. 3, n. 1, p. 85-103, 2018.

SOBRAL, A. *et al.* Definições básicas: dados, indicadores e índices. *In*: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (org.). **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2011. p. 25-52. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_ambiental_guia_basico.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

SOUSA, C. D. S. S.; SOUSA, S. C. S.; ALVARES, A. M. Diretrizes normativas para o saneamento básico no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 102-115, 2015. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2015v25n43p102>.

SPOSITO, E. S; SILVA, P. F. J. **Cidades pequenas: perspectivas teóricas e transformações socioespaciais**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013. 148 p. ISBN: 978-8581481524.

SRIVASTAVA, V. *et al.* Analysis and advanced characterization of municipal solid waste vermicompost maturity for a green environment. **Journal of Environmental Management**, v. 255, p.109914, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109914>.

TAVARES, F. B. R. *et al.* Análise do Acesso da População Brasileira aos Serviços de Saneamento Básico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 8, n. 4, p. e2784867, 2019. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i4.867>.

TEIXEIRA, J. C. *et al.* Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 01, p. 87-96, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100010>.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros – estudo comparativo entre 2001 e 2006. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 197-204, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000200014>.

TEIXEIRA, S. F. *et al.* Coleta e tratamento de esgoto em municípios de grande porte da Região Metropolitana de Recife: ameaça à saúde pública. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 4391-4400, 2021. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-033>.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA**, v. 32, n. 2, p. 227-234, 2012.

TSAKIRIS, G. Rational Design of Urban Water Supply and Distribution Systems. **Water Utility Journal**, v. 8, p. 5-16, 2014.

VASCONCELOS, G. **Análise do desempenho sustentável dos sistemas de esgotamento sanitário municipais de Pernambuco**. 2018. 196 f. Dissertação (Mestrado em Controladoria) – Programa de Pós-Graduação em Controladoria, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2018.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>.

VICENTE, A. N. **Saneamento e saúde pública: correlações, indicadores e estudos de caso**. 2019. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

VIEIRA, F. L. *et al.* Convergência de renda e desenvolvimento regional no Paraná (1999-2006). **Informe GEPEC**, v. 16, n. 1, p. 213-234, 2012. <https://doi.org/10.48075/igepc.v16i1.6111>

VON SPERLING, T. L. Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

WAGNER, V. R.; BALSAN, L. A. G.; MOURA, G. L. Saneamento básico: gestão de serviços de esgoto em um município. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2013. Disponível em: <http://www.eumed.net/rev/ccss/24/planejamento.html>
Acesso em: 10 jan. 2021.

APÊNDICE A – DADOS SOBRE OS INDICADORES DE SANEAMENTO

Município	COB_ag (%)	COB_es (%)	COL_es (%)	TRAT_es (%)	COB_rs (%)	PERD_ag (%)	CONS_ag (L/hab/dia)	IAC_f.p (%)	PMSB	DEST_rs (%)
Abreu e Lima	97	22,8	34,79	34,79	99,11	59,4	85,2	0,17	Não possui	95
Afogados da Ingazeira	100	11,87	7,31	7,31	78,09	46,82	92,7	0	Possui	10
Agrestina	100	79,22	100	0	100	33,25	79,5	0	Não possui	100
Alagoinha	49,26	25,83	84,45	0	56,46	37,05	92,3	0	Em elaboração	51,6
Arapipina	70,16	43,69	100	25,47	48,41	29,93	88,8	0,4	Não possui	0
Bodocó	48,4	36,5	46,16	46,16	46,28	45,15	79,5	0	Possui	0
Bom Jardim	66,82	1,72	12,67	0	40,17	53,79	77,5	1,15	Não possui	0
Brejinho	71,03	45,36	100	0	69,79	35,1	63,2	0	Não possui	0
Brejo da Madre de Deus	57,35	40,99	100	0	86,71	20,17	68,3	0	Não possui	0
Cabo de Santo Agostinho	87,88	11,63	3,89	3,89	97,2	37,2	347,3	0	Não possui	92,4
Cabrobó	86,26	63,41	92,94	0	64,13	57,09	89,7	0	Não possui	0
Cachoeirinha	100	63,79	90,94	0	80,79	17,99	74,5	0,45	Em elaboração	42,9
Carnaíba	69,62	39	63,85	63,85	63,94	31,82	86	0	Não possui	0
Caruaru	100	54,86	47,71	47,71	99,1	35,93	93,1	0,05	Possui	99,9
Cedro	80,2	56,92	100	0	89,2	53,64	73,1	0	Em elaboração	0
Chã Grande	64,96	55,3	45,7	17,14	85,28	41,84	68,4	0	Não possui	0
Cupira	100	73,48	77,44	0	95,55	31,31	106,6	0	Não possui	0
Dormentes	42,34	26,68	61,88	61,88	63,47	57,25	64,9	0	Não possui	0
Exu	60,23	62,96	60,94	60,94	67,56	40,18	65,6	0	Possui	100
Floresta	91,79	73,81	100	0	71,24	37,26	81,5	0	Não possui	0

Município	COB_ag (%)	COB_es (%)	COL_es (%)	TRAT_es (%)	COB_rs (%)	PERD_ag (%)	CONS_ag (L/hab/dia)	IAC_f.p (%)	PMSB	DEST_rs (%)
Granito	57,59	45,94	100	100	46,37	32,6	75,3	0	Não possui	0
Gravatá	100	1,48	2,01	2,01	100	43,03	135,2	0	Não possui	100
Ibimirim	59,53	99,38	100	0,04	72,86	41,81	78,2	0	Possui	100
Igarassu	73,89	2,94	6,81	6,81	92,07	56,54	90,5	3,03	Não possui	100
Ipojuca	64,19	14,6	20,27	20,27	85	57,21	90,8	0	Possui	0
Jaboatão dos Guararapes	79,47	18,94	15,31	15,31	98,24	39,09	109,6	0	Não possui	100
Lagoa Grande	60,89	60,02	100	56,18	71,09	62,3	79	0	Possui	0
Moreilândia	50,24	15,04	15,11	0	61,43	50,92	65,1	0	Possui	0
Moreno	80,58	29,39	33,68	33,68	89,22	55,56	71,2	0,88	Não possui	100
Olinda	99,91	45,25	52,69	52,69	100	54,75	85,7	0,21	Não possui	100
Panelas	66,43	54,33	100	0	54,45	61,85	63,7	0,56	Não possui	0
Pamamirim	62,26	36,39	57,25	57,25	51,11	36,48	81,8	0	Não possui	6,5
Paulista	100	52,69	45,66	45,66	98,2	60,11	81,5	0,75	Possui	100
Petrolina	100	83,61	73,76	73,76	87,29	38,13	104,5	0	Possui	0,9
Poção	59,16	99,98	100	0	100	24	40,9	2,5	Não possui	8
Quixaba	61,91	36,96	100	100	36,96	50,19	59,7	0	Não possui	0
Recife	89,33	43,96	74,89	74,69	100	57,92	119,4	0,2	Possui	100
Riacho das Almas	60,2	88,1	100	0	55,14	60	99,1	0	Não possui	16
Rio Formoso	51,93	16,27	31,82	31,82	95	68,39	75,7	0	Em elaboração	100
Salgueiro	100	39,98	34,58	34,58	96,83	40,3	98,7	0	Não possui	100
Santa Cruz do Capibaribe	68,93	100	100	0	98,13	33,37	75,7	0,25	Não possui	100

Município	COB_ag (%)	COB_es (%)	COL_es (%)	TRAT_es (%)	COB_rs (%)	PERD_ag (%)	CONS_ag (L/hab/dia)	IAC_f.p (%)	PMSB	DEST_rs (%)
Santa Filomena	37,49	27,63	100	100	33,23	44,11	50,6	0	Não possui	0
São Bento do Una	48,22	54,03	41,64	0	78,99	34,46	75	2,37	Não possui	53,4
São Caitano	82,22	47,54	100	0	80,55	36,77	77,5	0,59	Não possui	0
São Joaquim do Monte	87,59	87,66	74,68	0	94,68	48,13	81	0,39	Possui	0
São José do Egito	85,46	65,85	100	0	44,18	47,65	78,7	0	Não possui	0
São Lourenço da Mata	77,77	19,51	24,41	24,41	70,65	68,54	80,1	0,36	Em elaboração	100
Serra Talhada	100	77,85	37,18	0	77,34	42,97	91,3	0	Em elaboração	8,6
Serrita	60,42	38,61	100	0	51,22	39,07	62,8	0	Não possui	0
Sertânia	59,35	52,98	90,37	0	75,19	57,87	85,6	1,49	Não possui	0
Solidão	35,18	25,97	59,99	0	57,45	21,24	59,6	0	Não possui	0
Tacaimbó	72,85	38,29	46,95	46,95	38,84	15,5	75,3	1,11	Não possui	9,86
Terra Nova	100	58,97	100	0	78,25	33,65	69,8	0	Possui	68,1
Venturosa	57,2	34,87	48,33	48,33	83,43	47,86	92,3	0	Possui	0

COB_ag (%): Atendimento total de distribuição de água em percentual; COB_es (%): Atendimento total de rede de coleta de esgoto em percentual; COL_es (%): Coleta de esgoto referente a água consumida em percentual; TRAT_es (%): Esgoto tratado referente a água consumida em percentual; COB_rs (%): Atendimento total de coleta de resíduos sólidos em percentual; PERD_ag (%): Perdas de água na distribuição em percentual; CONS_ag (L/hab/dia): Consumo médio de água per capita em litros por habitante dia; IAC_f.p (%): Incidência de amostras de coliformes fora do padrão em percentual; PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico; DEST_rs (%): Destinação adequada de resíduos sólidos em percentual.

**APÊNDICE B – DADOS SOBRE O TOTAL DE INTERNAÇÕES E AS TAXAS DE
INTERNAÇÃO PARA AS CATEGORIAS DE DRSAI**

Município	INT_{r,o}	INT_{i,v}	Txr_o	Txi_v
Abreu e Lima	44	25	2,20	1,25
Afogados da Ingazeira	62	33	8,32	4,43
Agrestina	40	5	8,04	1,00
Alagoinha	13	0	4,44	0,00
Araripina	189	8	11,19	0,47
Bodocó	10	2	1,31	0,26
Bom Jardim	10	1	1,28	0,13
Brejinho	1	4	0,67	2,67
Brejo da Madre de Deus	6	3	0,59	0,30
Cabo de S. Agostinho	94	46	2,27	1,11
Cabrobó	51	7	7,45	1,02
Cachoeirinha	4	6	0,98	1,47
Carnaíba	18	13	4,60	3,32
Caruaru	107	59	1,48	0,82
Cedro	13	4	5,51	1,69
Chã Grande	20	2	4,61	0,46
Cupira	12	16	2,49	3,32
Dormentes	16	3	4,23	0,79
Exu	14	2	2,20	0,31
Floresta	64	3	9,73	0,46
Granito	1	0	0,67	0,00
Gravatá	27	4	1,61	2,67
Ibimirim	28	4	4,79	0,68
Igarassu	51	70	2,18	2,99
Ipojuca	53	14	2,75	0,73
Jaboatão dos Guararapes	328	155	2,34	1,10
Lagoa Grande	31	7	6,05	1,37
Moreilândia	5	3	2,22	1,33
Moreno	40	6	3,19	0,48

Município	INT_{f.o}	INT_{i.v}	Tx_{f.o}	Tx_{i.v}
Olinda	197	138	2,51	1,76
Panelas	5	6	0,94	1,13
Parnamirim	7	5	1,59	1,14
Paulista	143	90	2,16	1,36
Petrolina	149	52	2,13	0,74
Poção	6	0	2,65	0,00
Quixaba	1	0	0,73	0,00
Recife	969	381	2,94	1,16
Riacho das Almas	21	2	5,11	0,49
Rio Formoso	5	3	1,06	0,64
Salgueiro	140	52	11,49	4,27
Santa Cruz do Capibaribe	25	3	1,16	0,14
Santa Filomena	12	0	4,14	0,00
São Bento do Una	36	8	3,03	0,67
São Caitano	6	5	0,81	0,67
São Joaquim do Monte	10	2	2,34	0,47
São José do Egito	33	7	4,86	1,03
São Lourenço da Mata	54	14	2,38	0,62
Serra Talhada	353	90	20,44	5,21
Serrita	34	14	8,87	3,65
Sertânia	107	47	14,90	6,54
Solidão	8	6	6,66	4,99
Tacaimbó	1	2	0,39	0,77
Terra Nova	16	13	7,92	6,44
Venturosa	11	8	2,98	2,16
Total	3701	1453	---	---

hab: habitantes; km²: quilômetro quadrado; INT_{f.o}: Internações por doenças de transmissão feco-oral no ano de 2019; INT_{i.v}: Internações por doenças de transmissão de inseto vetor; Tx_{f.o} no ano de 2019: Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes; Tx_{i.v}: Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes.

APÊNDICE C – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA E DEFINIÇÃO DOS VALORES DE IMPORTÂNCIA

	INC_f.p	PERD_ag	CONS_ag	COB_es	TRAT_es	COL_es	COB_rs	DEST_rs	PMSB
COB_ag	3	3	5	1	3	5	1	3	3
INC_f.p		1	3	3	3	3	3	1	3
PERD_ag			3	3	1	3	3	1	3
CONS_ag				5	3	1	5	3	5
COB_es					3	5	1	3	1
TRAT_es						3	3	3	3
COL_es							5	3	5
COB_rs								3	1
DEST_rs									3
0,02									

COB_ag: Atendimento total de distribuição de água em percentual; COB_es: Atendimento total de rede de coleta de esgoto em percentual; COL_es: Coleta de esgoto referente a água consumida em percentual; TRAT_es: Esgoto tratado referente a água consumida em percentual; COB_rs: Atendimento total de coleta de resíduos sólidos em percentual; PERD_ag : Perdas de água na distribuição em percentual; CONS_ag: Consumo médio de água per capita em litros por habitante dia; IAC_f.p: Incidência de amostras de coliformes fora do padrão em percentual; PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico; DEST_rs: Destinação adequada de resíduos sólidos em percentual

Notas: valor em vermelho indica que o indicador da vertical é menos importante que o indicador da horizontal quando comparados; valor em preto indica que o indicador da vertical é mais importante que o indicador da horizontal quando comparados.

Valor de Importância	Definição
1	Importância igual – Os dois valores contribuem igualmente para um objetivo
3	Importância moderada – Um fator é ligeiramente mais importante do que o outro
5	Importância forte – Um fator é nitidamente mais importante do que o outro
7	Importância muito forte - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

APÊNDICE D – INFORMAÇÕES MUNICIPAIS E DOS VALORES DO IDS

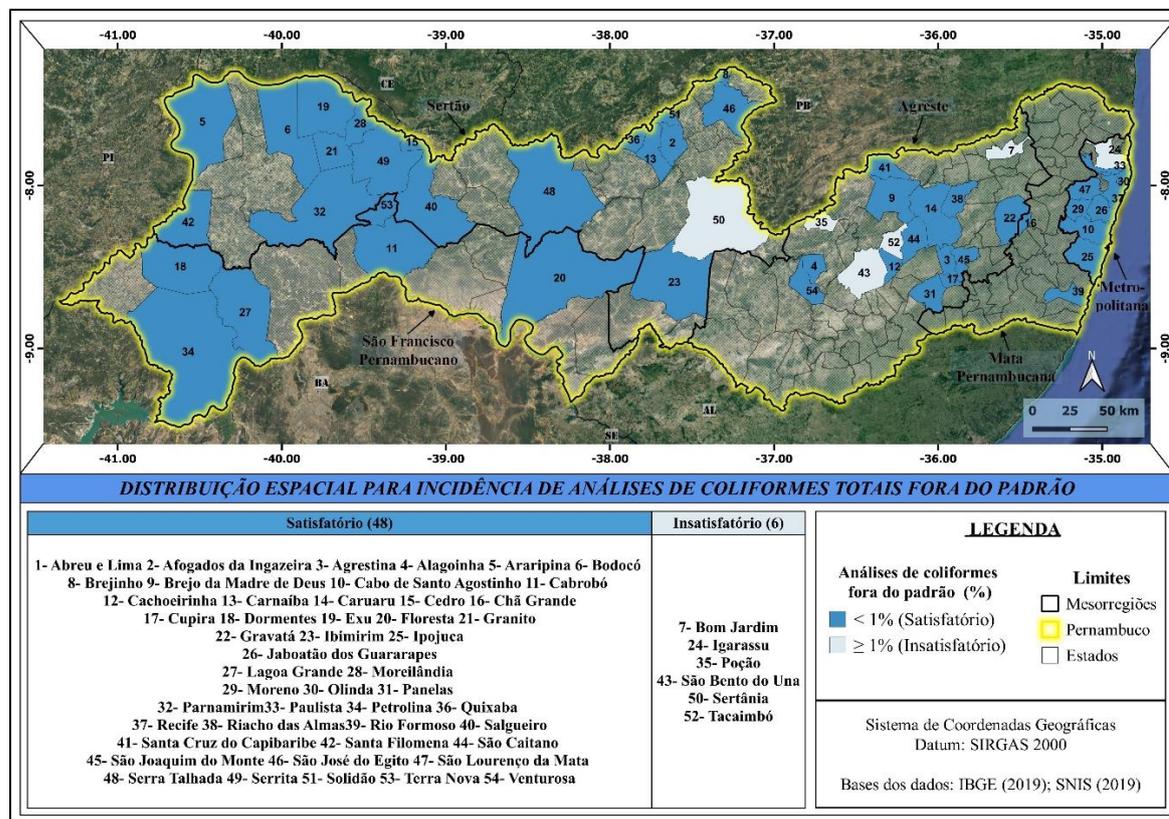
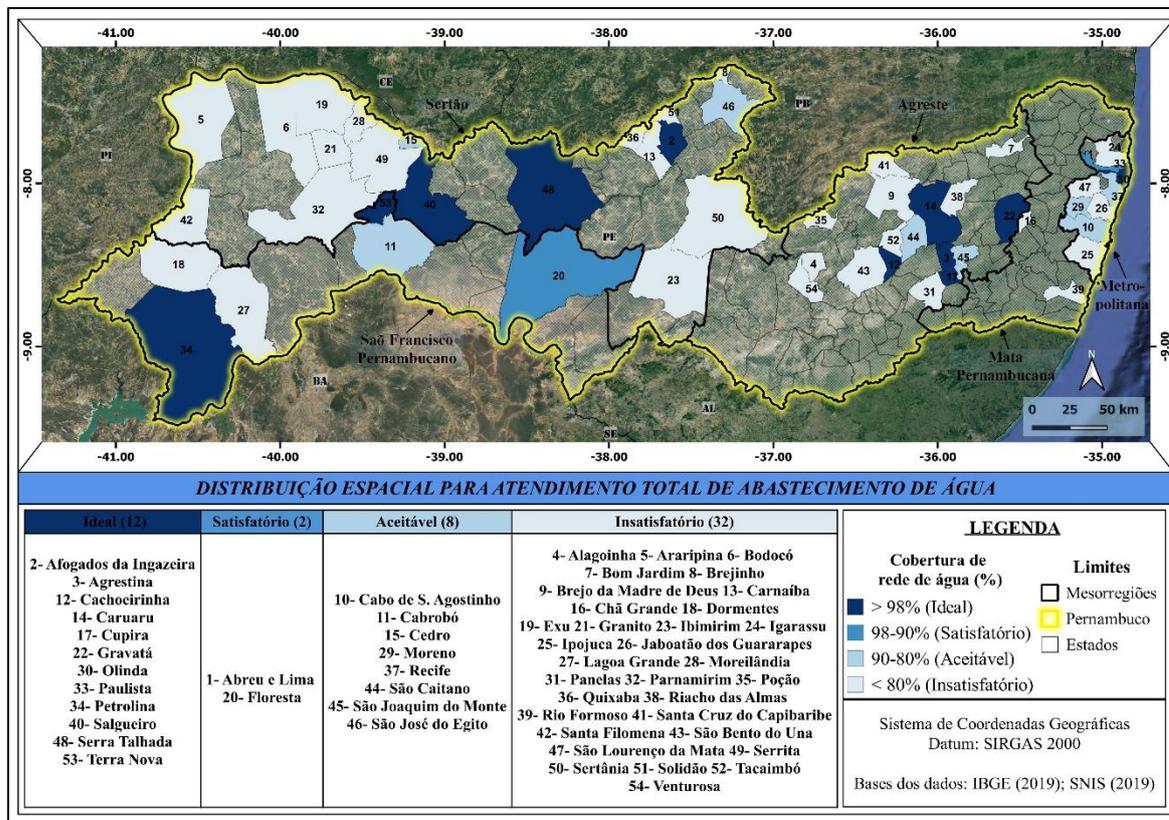
Município	Mesorregião	Porte populacional	População total (hab)	Densidade demográfica (hab/km ²)	PIB per capita (R\$/hab)	IDS	Classe	Posição ranking
Abreu e Lima	Metropolitana	Médio Porte	99990	792,4	17320,8	51,8	Insatisfatório	17º
Afogados da Ingazeira	Sertão	Pequeno Porte II	37259	98,6	11753,3	56,7	Aceitável	114º
Agrestina	Agreste	Pequeno Porte II	24885	124,1	10300,1	70,8	Aceitável	4º
Alagoinha	Agreste	Pequeno Porte I	14636	67,6	9132,2	41,0	Insatisfatório	32º
Araripina	Sertão	Médio Porte	84418	41,4	12298,2	34,2	Insatisfatório	42º
Bodocó	Sertão	Pequeno Porte II	38146	23,5	7300,5	41,8	Insatisfatório	30º
Bom Jardim	Agreste	Pequeno Porte II	39184	179,4	8362,8	15,8	Crítico	54º
Brejinho	Sertão	Pequeno Porte I	7487	70,4	7421,3	34,2	Insatisfatório	43º
Brejo da M. de Deus	Agreste	Médio Porte	50742	66,6	7467,2	37,6	Insatisfatório	27º
Cabo de S. Agostinho	Metropolitana	Grande Porte	207048	464,9	47575,2	46,1	Insatisfatório	23º
Cabrobó	São Francisco	Pequeno Porte II	34221	20,6	11320,4	36,4	Insatisfatório	38º
Cachoeirinha	Agreste	Pequeno Porte II	20380	113,7	10761,6	59,0	Aceitável	12º
Carnaíba	Sertão	Pequeno Porte I	19551	45,7	7930,6	35,8	Insatisfatório	39º
Caruaru	Agreste	Grande Porte	361118	392,3	20028,3	78,7	Satisfatório	1º
Cedro	Sertão	Pequeno Porte I	11807	79,4	7556,4	43,3	Insatisfatório	26º
Chã Grande	Mata	Pequeno Porte II	21698	255,7	9261,2	31,2	Crítico	47º
Cupira	Agreste	Pequeno Porte II	24107	253,3	10980,0	58,3	Aceitável	13º
Dormentes	São Francisco	Pequeno Porte I	18908	12,3	11599,5	29,8	Crítico	48º
Exu	Sertão	Pequeno Porte II	31825	23,8	8417,2	56,3	Aceitável	16º
Floresta	São Francisco	Pequeno Porte II	32873	9,0	12865,9	49,9	Insatisfatório	18º
Granito	Sertão	Pequeno Porte I	7486	14,3	9237,9	42,3	Insatisfatório	28º
Gravatá	Agreste	Médio Porte	84074	166,8	13479,2	56,7	Aceitável	15º
Ibimirim	Sertão	Pequeno Porte II	29235	15,3	8930,5	61,5	Aceitável	9º

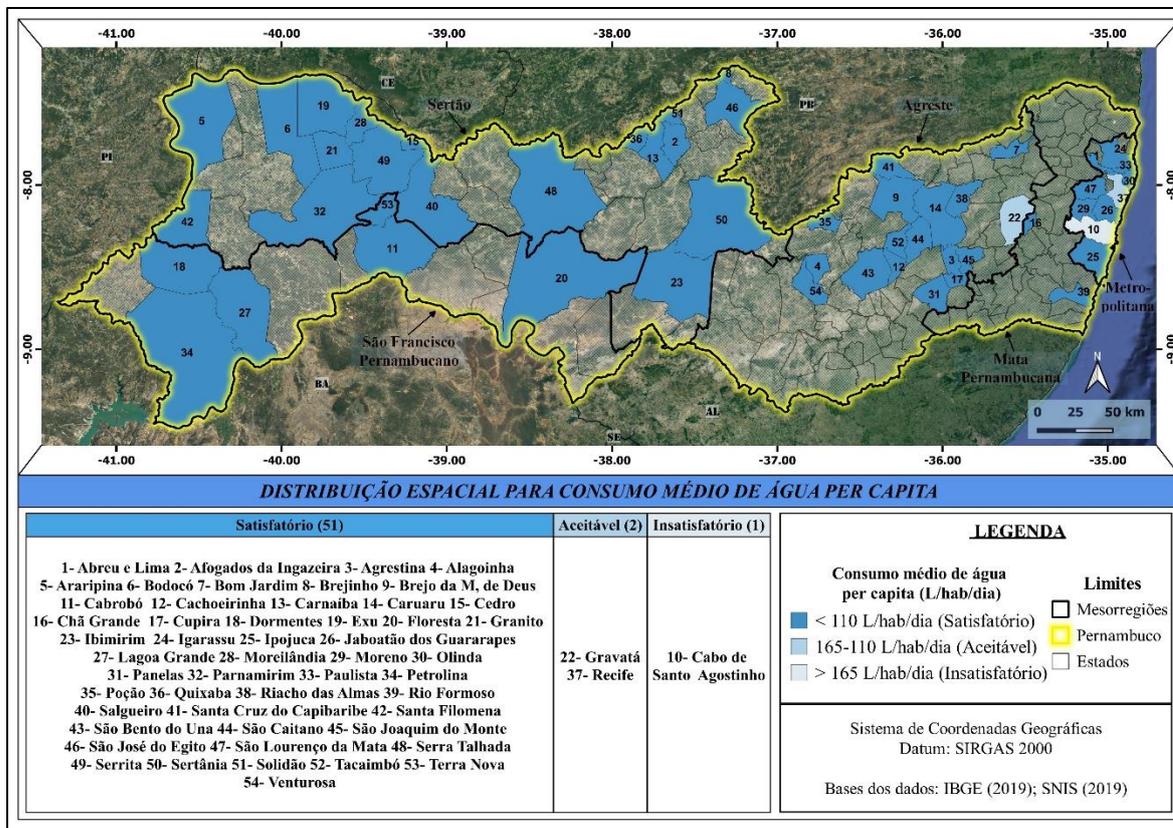
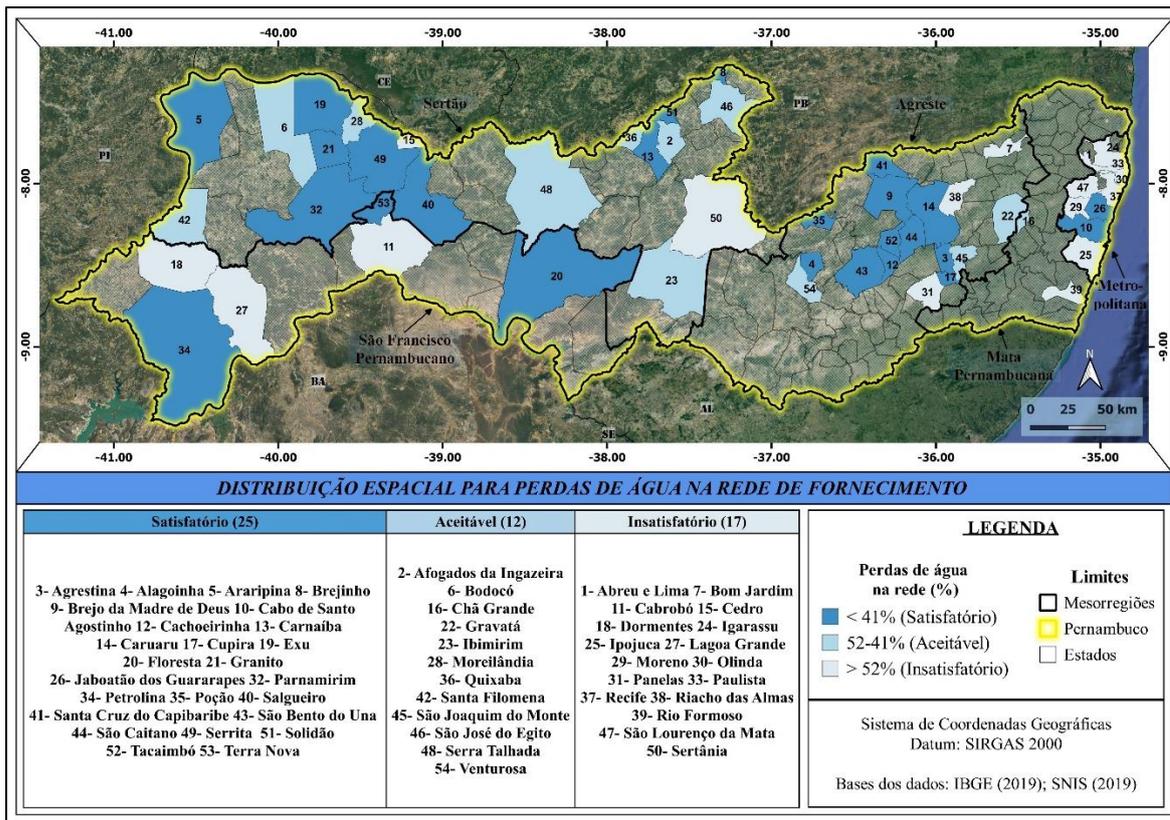
Município	Mesorregião	Porte populacional	População total (hab)	Densidade demográfica (hab/km ²)	PIB per capita (R\$/hab)	IDS	Classe	Ranking
Igarassu	Metropolitana	Grande Porte	117019	383,0	21887,5	29,2	Crítico	49º
Ipojuca	Metropolitana	Médio Porte	96204	184,4	122169,5	42,0	Insatisfatório	29º
Jaboatão dos Guararapes	Metropolitana	Grande Porte	702298	2714,5	19149,9	47,2	Insatisfatório	20º
Lagoa Grande	São Francisco	Pequeno Porte II	25601	13,8	12656,4	46,3	Insatisfatório	22º
Moreilândia	Sertão	Pequeno Porte I	11270	27,9	7260,0	40,5	Insatisfatório	33º
Moreno	Metropolitana	Médio Porte	62784	320,2	10566,3	42,6	Insatisfatório	27º
Olinda	Metropolitana	Grande Porte	392482	9503,2	14123,0	62,8	Aceitável	7º
Panelas	Agreste	Pequeno Porte II	26474	69,6	7178,2	28,3	Crítico	50º
Parnamirim	Sertão	Pequeno Porte II	22010	8,4	7616,3	35,8	Insatisfatório	40º
Paulista	Metropolitana	Grande Porte	331774	3421,1	12731,3	72,8	Aceitável	3º
Petrolina	São Francisco	Grande Porte	349145	76,5	19445,6	73,0	Aceitável	2º
Poção	Agreste	Pequeno Porte I	11302	55,3	7433,3	46,5	Insatisfatório	21º
Quixaba	Sertão	Pequeno Porte I	6813	32,3	7773,9	38,4	Insatisfatório	34º
Recife	Metropolitana	Grande Porte	1645727	7520,1	31994,4	65,9	Aceitável	6º
Riacho das Almas	Agreste	Pequeno Porte II	20546	65,4	8886,1	31,9	Crítico	45º
Rio Formoso	Mata	Pequeno Porte II	23535	103,5	11369,6	41,4	Insatisfatório	31º
Salgueiro	Sertão	Médio Porte	60930	36,3	14172,6	60,0	Aceitável	11º
Santa Cruz do Capibaribe	Agreste	Grande Porte	107937	321,9	14271,5	61,7	Aceitável	8º
Santa Filomena	Sertão	Pequeno Porte I	14477	14,4	6809,2	38,4	Insatisfatório	35º
São Bento do Una	Agreste	Médio Porte	59504	82,7	18409,8	26,3	Crítico	51º
São Caitano	Agreste	Pequeno Porte II	37245	97,4	9628,4	45,7	Insatisfatório	24º
São Joaquim do Monte	Agreste	Pequeno Porte II	21356	9,2	7524,5	60,3	Aceitável	10º
São José do Egito	Sertão	Pequeno Porte II	33951	42,8	11370,8	38,4	Insatisfatório	36º
São Lourenço da Mata	Metropolitana	Grande Porte	113230	432,0	10511,9	34,5	Insatisfatório	41º

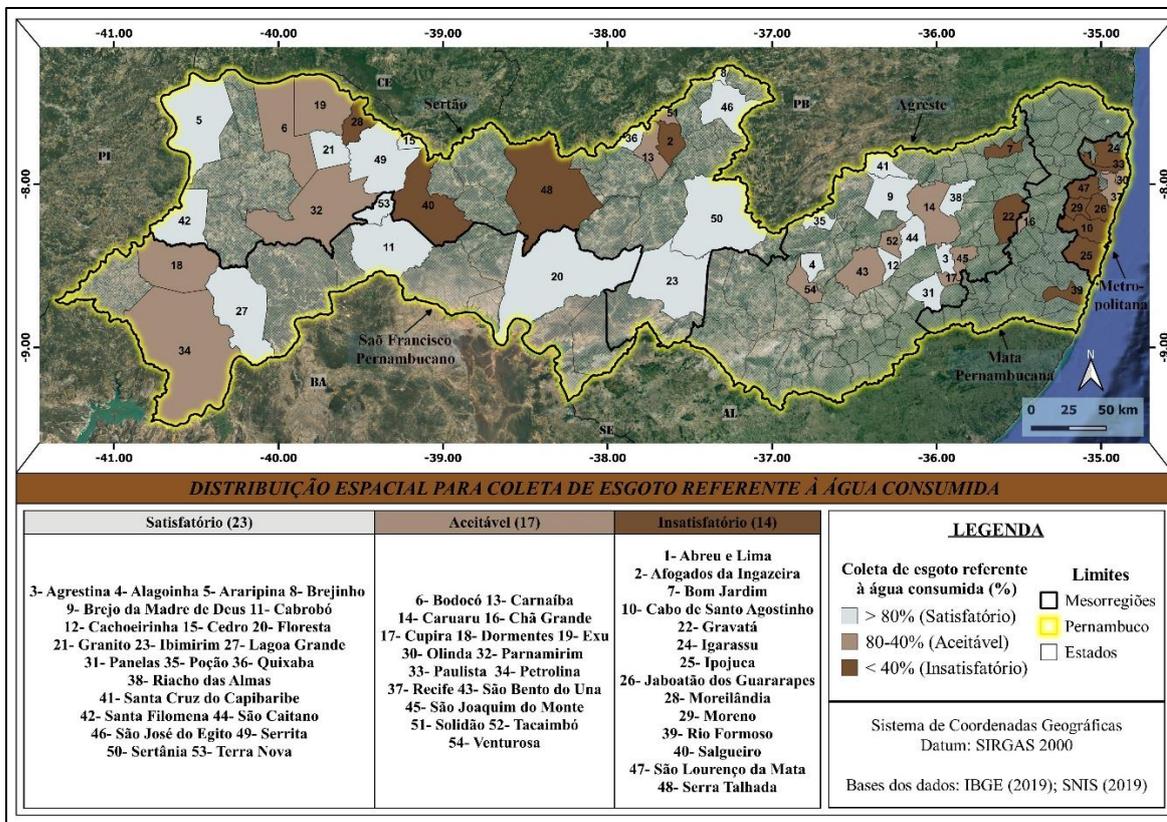
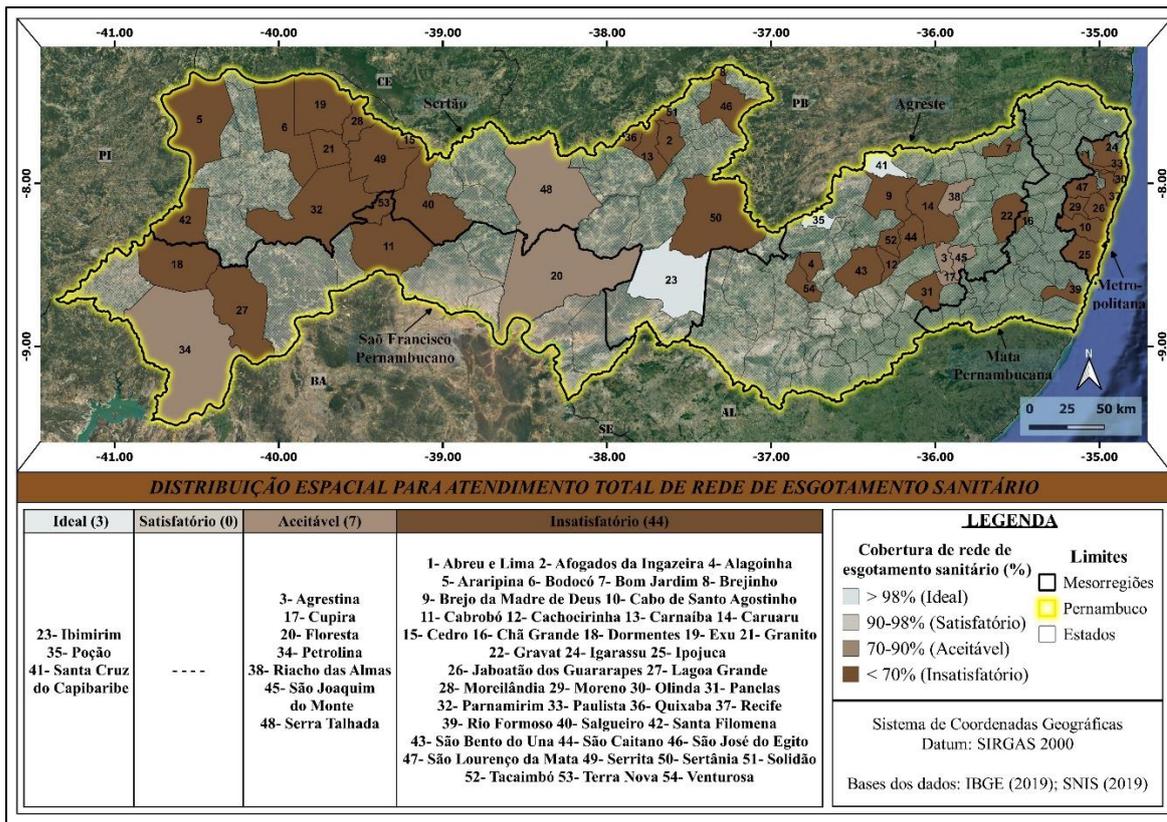
Município	Mesorregião	Porte populacional	População total (hab)	Densidade demográfica (hab/km²)	PIB per capita (R\$/hab)	IDS	Classe	Ranking
Serra Talhada	Sertão	Médio Porte	86350	29,0	16007,7	49,8	Insatisfatório	19º
Serrita	Sertão	Pequeno Porte I	19165	12,5	7038,0	34,2	Insatisfatório	44º
Sertânia	Sertão	Pequeno Porte II	35907	14,8	13764,8	19,6	Crítico	53º
Solidão	Sertão	Pequeno Porte I	6007	43,4	7336,9	31,7	Crítico	46º
Tacaimbó	Agreste	Pequeno Porte I	12874	56,6	12611,0	23,0	Crítico	52º
Terra Nova	São Francisco	Pequeno Porte I	10096	31,7	6866,6	67,7	Aceitável	5º
Venturosa	Agreste	Pequeno Porte I	18482	55,1	11783,1	45,2	Insatisfatório	25º

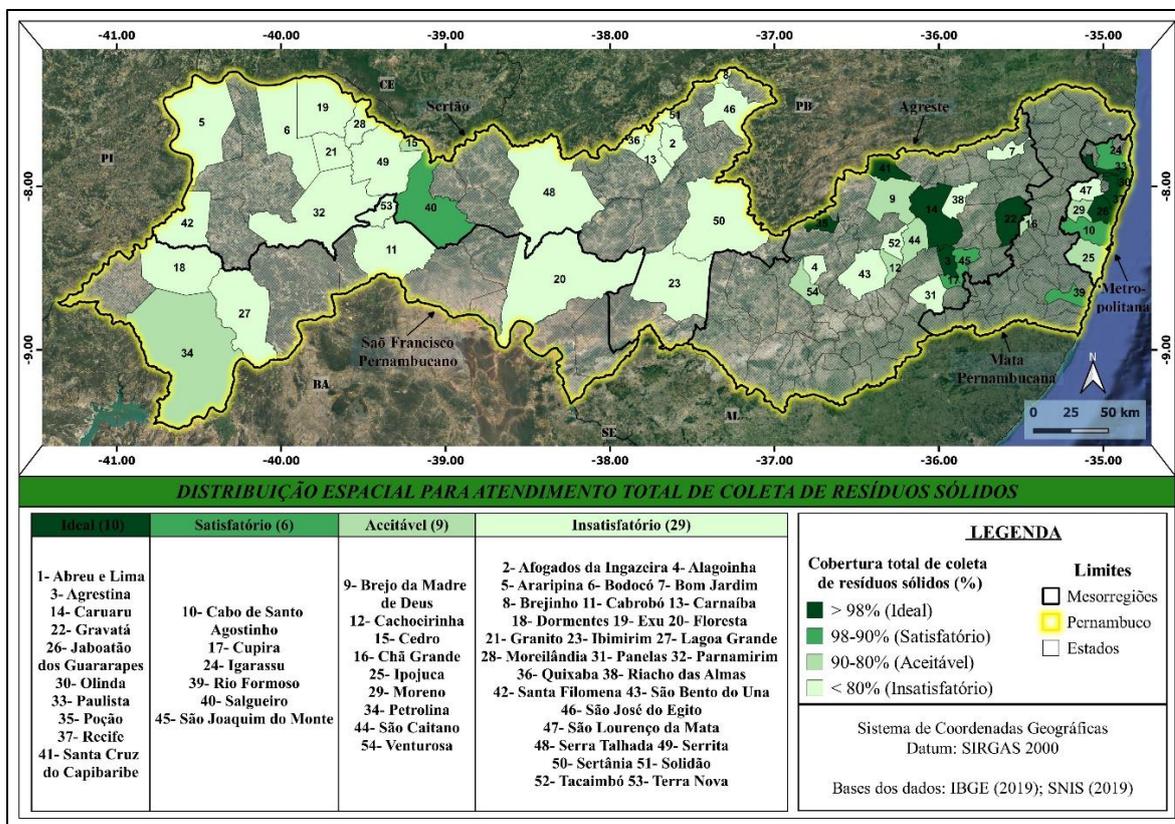
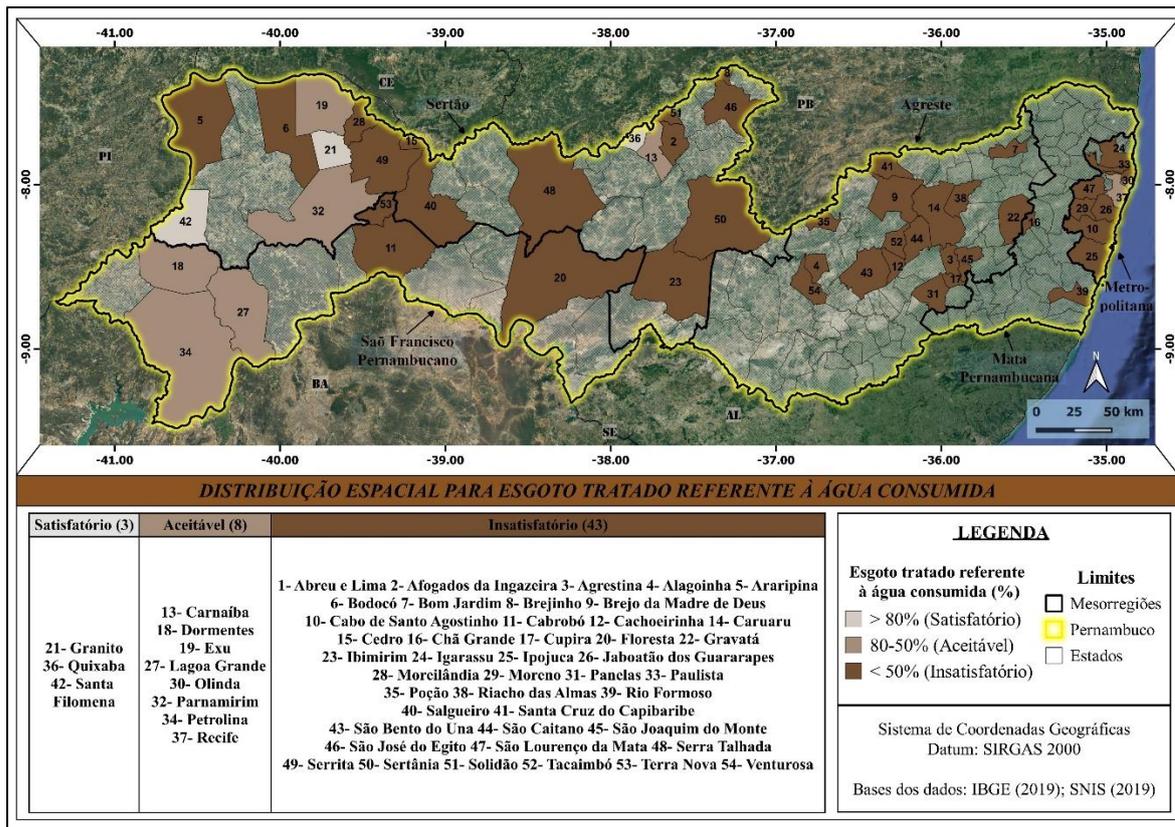
hab: habitantes; km²: quilômetro quadrado; IDS: Índice de Desempenho em Saneamento.

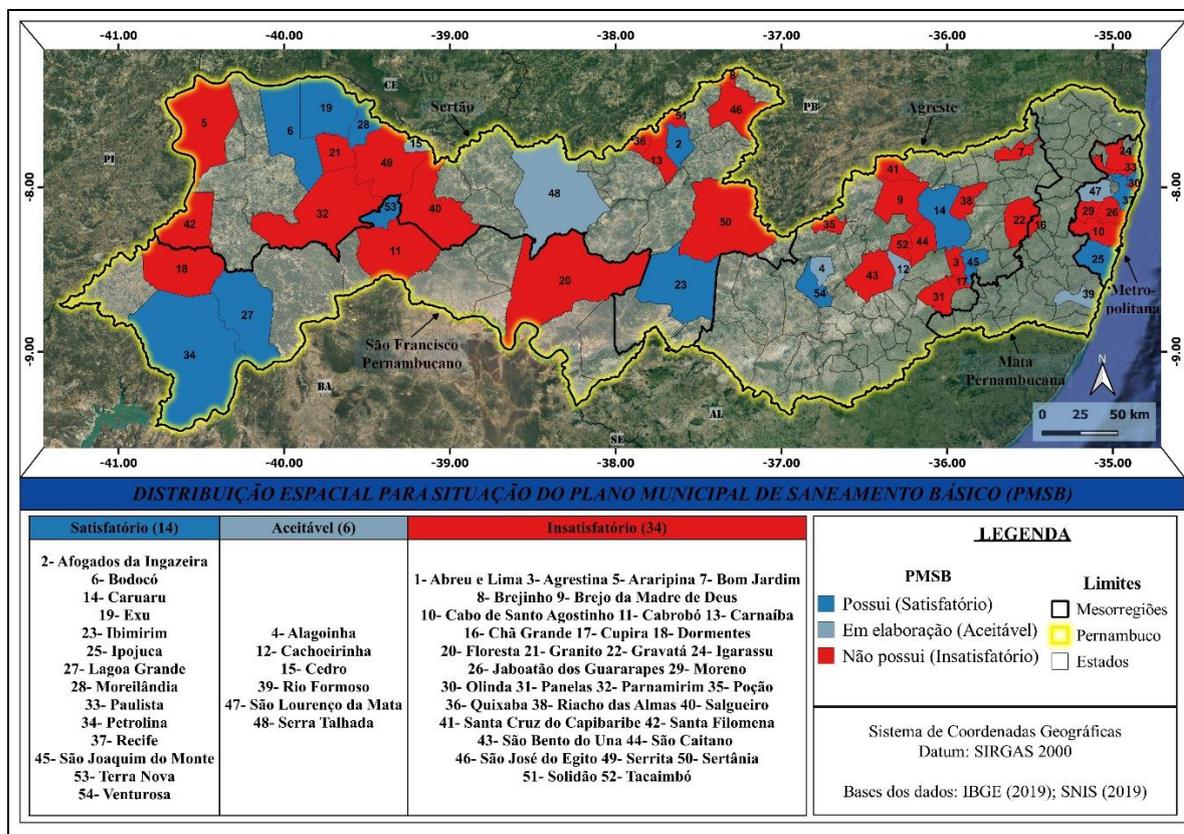
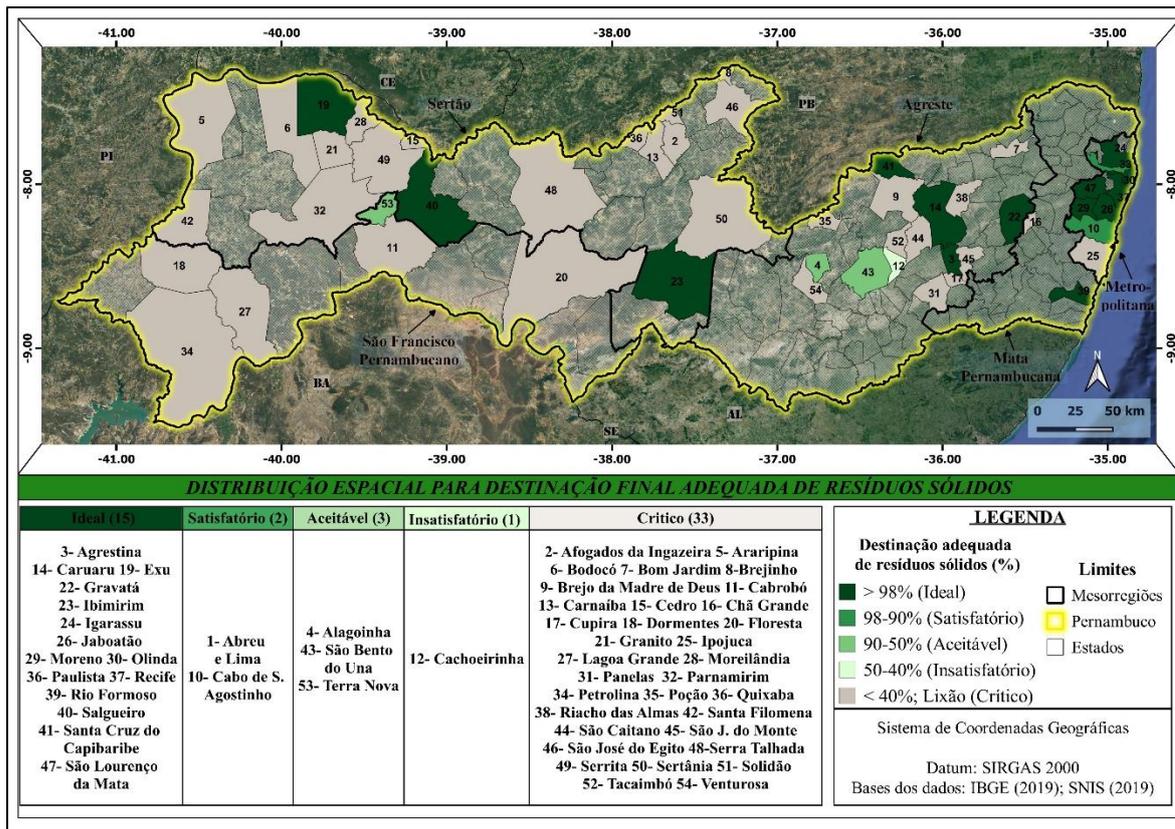
APÊNDICE E – ESPACIALIZAÇÃO DOS INDICADORES DE SANEAMENTO





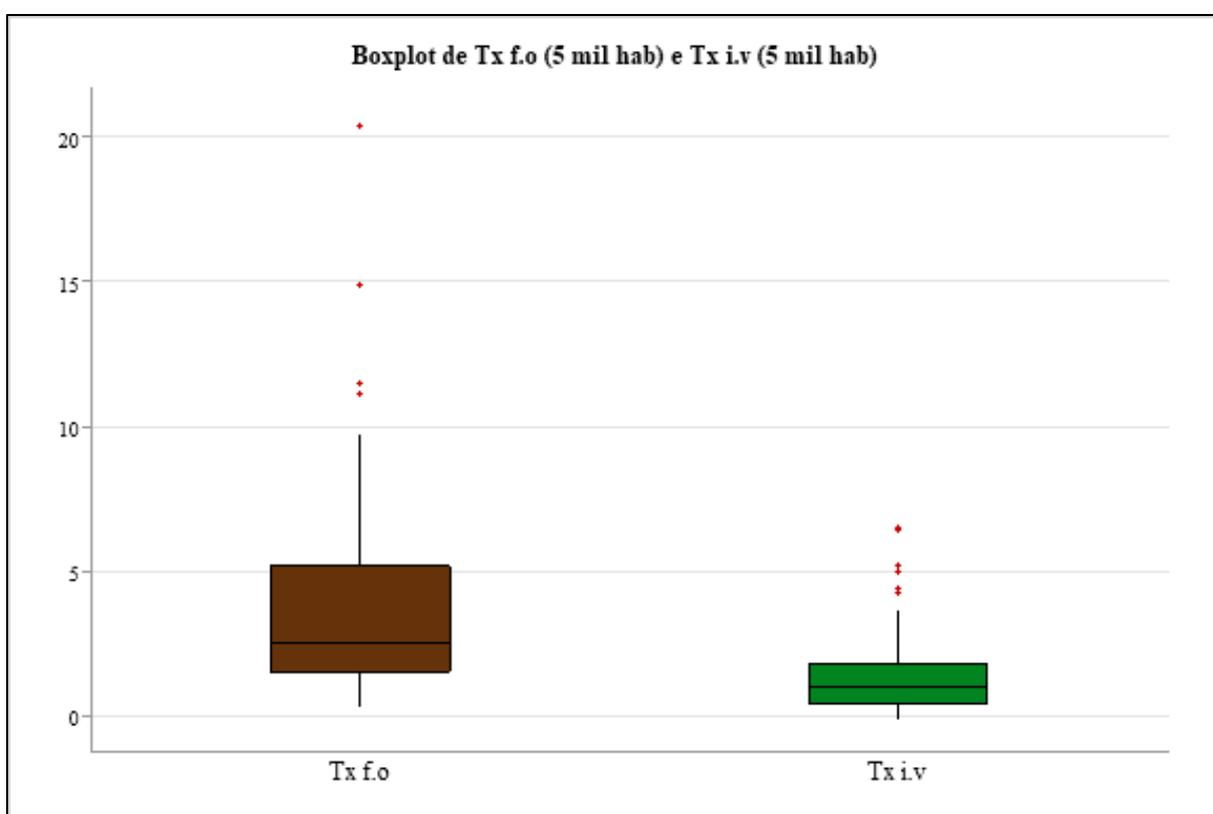






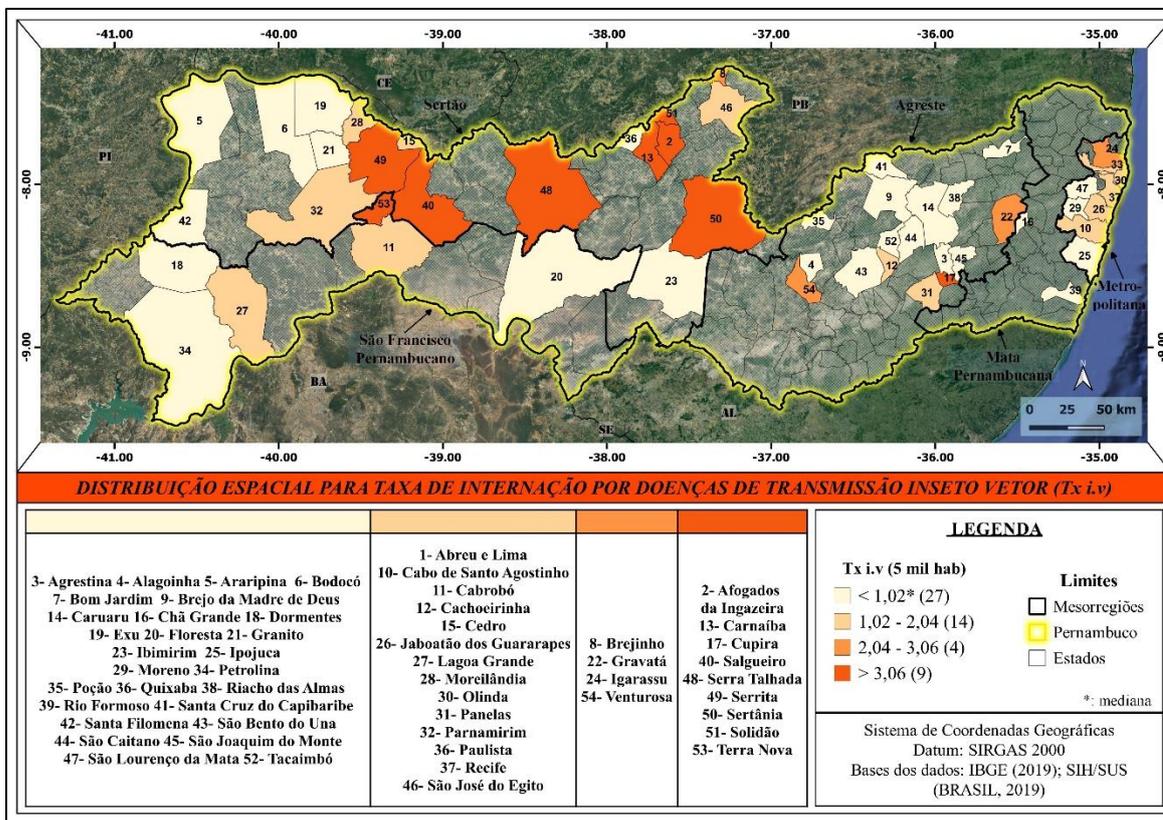
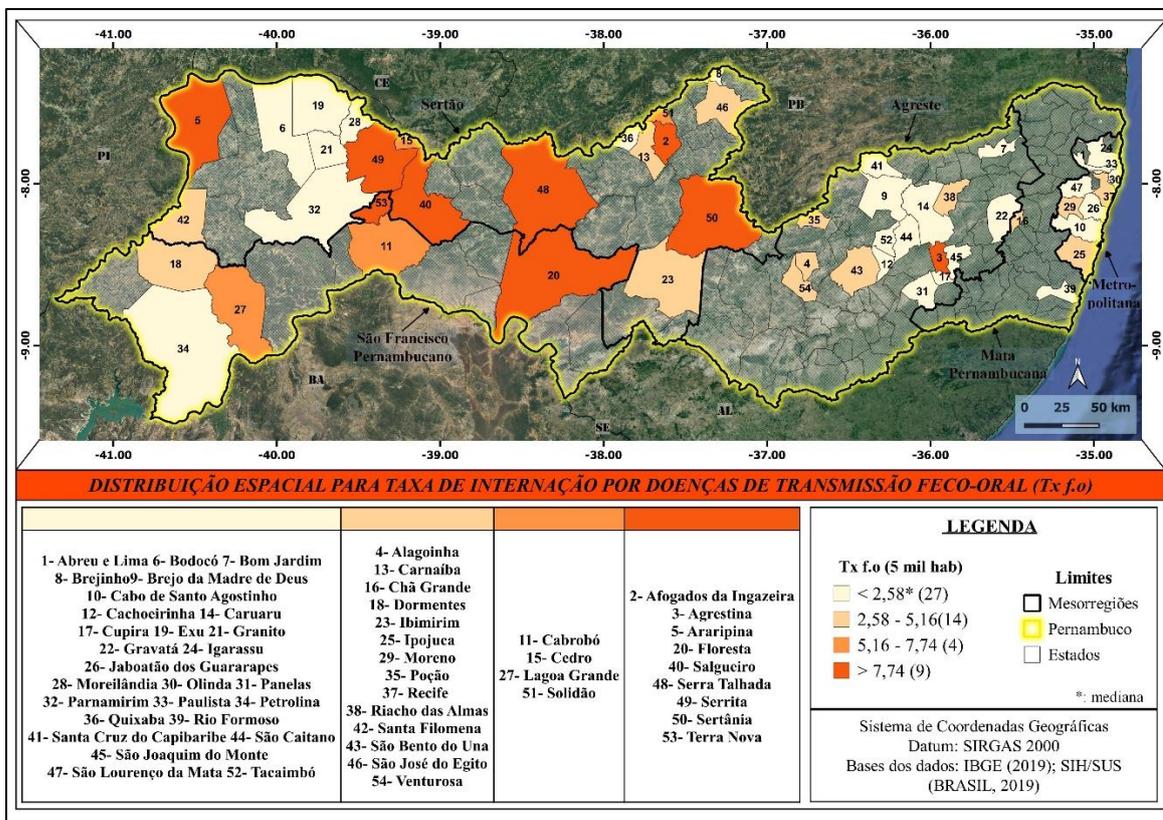
APÊNDICE F – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA AS TAXAS DE INTERNAÇÃO

Indicador	Teste de outlier		Estatística descritiva				
	Tipo	Nº de outliers	Média (\pm SD)	Mediana (Q1-Q3)	Min	Max	CV (%)
T _{x_{f.o}}	Boxplot	4	4,14 (\pm 3,91)	2,58 (1,56-5,21)	0,39	20,4	94,4
T _{x_{i.v}}	Boxplot	6	1,53 (\pm 1,64)	1,02 (0,47-1,86)	0,00	6,54	106,9



T_{x_{f.o}} (5 mil hab): Taxa de internação por doenças de transmissão feco-oral para 5 mil habitantes; T_{x_{i.v}} (5 mil hab): Taxa de internação por doenças de transmissão de inseto vetor para 5 mil habitantes.

APÊNDICE G – ESPACIALIZAÇÃO PARA AS TAXAS DE INTERNAÇÃO



APÊNDICE H – ENQUADRAMENTO DOS MUNICÍPIOS NAS RESPECTIVAS MESORREGIÕES

MESORREGIÕES					
	Agreste Pernambucano	Mata Pernambucana	Região Metropolitana	São Francisco Pernambucano	Sertão Pernambucano
Municípios	Agrestina	Chã Grande	Abreu e Lima	Cabrobó	Afogados da Ingazeira
	Alagoinha	Rio Formoso	Cabo de Santo Agostinho	Dormentes	Arapipina
	Bom Jardim		Igarassu	Floresta	Bodocó
	Brejo da Madre de Deus		Ipojuca	Lagoa Grande	Brejinho
	Cachoeirinha		Jaboatão dos Guararapes	Petrolina	Carnaíba
	Caruaru		Moreno	Terra Nova	Cedro
	Cupira		Olinda		Exu
	Gravatá		Paulista		Granito
	Panelas		Recife		Ibimirim
	Poção		São Lourenço da Mata		Moreilândia
	Riacho das Almas				Parnamirim
	Santa Cruz do Capibaribe				Quixaba
	São Bento do Una				Salgueiro
	São Caitano				Santa Filomena
	São Joaquim do Monte				São José do Egito
	Tacaimbó				Serra Talhada
	Venturosa				Serrita
				Sertânia	
				Solidão	
Total	17	2	10	6	19

**ANEXO A – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL (RESA)**

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE DESEMPENHO EM SANEAMENTO:
APLICAÇÃO PARA MUNICÍPIOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO,
BRASIL**

**PROPOSAL OF A SANITATION PERFORMANCE INDEX: APPLICATION
TO MUNICIPALITIES IN THE STATE OF PERNAMBUCO,
BRAZIL**

RESUMO: O objetivo desse estudo foi direcionado à obtenção e aplicação de um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) para municípios do estado de Pernambuco. A metodologia empregada envolveu as seguintes etapas cruciais: seleção dos indicadores de saneamento; coleta de dados; aplicação de critérios para filtragem dos municípios analisados; ponderação das variáveis; cálculo; classificação; e ranqueamento do índice. O estudo procurou considerar os indicadores mais relevantes para prestação de serviços de saneamento básico, potenciais agregadores de valor ao índice, contribuindo, assim, para o método de análise ambiental proposto. Constatou-se que a maior parcela dos municípios (38; 70%) se enquadraram nas classes de índice crítico e insatisfatório, sendo as mesorregiões do Sertão e Agreste que mais concretaram municípios nessas classes. Os resultados desse estudo podem orientar na tomada de decisões para regiões ou municípios mais vulneráveis em serviços de saneamento. Ressalta-se, ainda, que os procedimentos metodológicos elencados na obtenção do índice de desempenho podem ser reproduzidos para outros municípios, estados ou regiões hidrográficas.

Palavras-chave: indicadores de saneamento; análise ambiental; tomada de decisões.

ABSTRACT: The objective of this study was directed to the application of Sanitation application (IDS) for the municipalities of the state of Pernambuco. The methodology used as examples of measures: sanitation indicators; data collect; application of determination for analysis of calculations; weighting of variables; calculation; classification; and index ranking. The study considered the most relevant indicators for the provision of basic services, the value aggregators to the sanitary value, the analysis of the proposed environmental method. It was found that most municipalities (38; 70%) fit into the critical and unsatisfactory index classes, with the Sertão and Agreste mesoregions that most concreted the municipalities in these classes. The studies in this study can guide decision-making for the most relevant regions or results in sanitation services. It is also worth mentioning the listed procedures and other performance indices that can be reproduced for municipalities, states or hydrographic regions.

Keywords: sanitation indicators; environmental analysis; decision-making.

Título resumido para cabeçalho: Proposição de um Índice de Desempenho em Saneamento

INTRODUÇÃO

O meio ambiente é constantemente afetado pelos impactos ambientais advindos do crescimento populacional e das atividades humanas, principalmente no que concerne à precariedade do saneamento básico, impondo agravos negativos para resiliência dos recursos naturais e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população (FERREIRA, 2020; SILVA *et al.*, 2017).

O saneamento básico surge como um instrumento que visa a melhoria e integralidade da salubridade do meio, por intermédio de infraestruturas e serviços representados pela rede de distribuição de água, sistemas de tratamento de água, rede de coleta de esgoto, sistemas de tratamento de esgoto, aterros sanitários, coleta de resíduos sólidos, sistemas de águas pluviais, drenagem urbana e controle de vetores, a fim de garantir água de boa qualidade, coleta e tratamento de esgoto, manejo e destinação final adequada dos resíduos sólidos, redução nos números de alagamentos e enchentes, dentre outros.

Diante de tantos benefícios de sua implementação elencados e da exigência legal do saneamento regulamentada pela Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, ainda persiste uma ausência de instrumentos de planejamento voltados para gestão do saneamento no Brasil (FERREIRA, 2020). Lima e Santos (2012) destacam que grande maioria dos municípios do país são caracterizados como deficitários na cobertura dos serviços de saneamento básico e ausentes de planejamento efetivo no setor.

No estado do Pernambuco, mesmo com instrumentos legais voltados para o setor de saneamento, o cenário se mostra desfavorável na maioria dos municípios, o que pode ser reflexo da carência de investimentos e gestão pública. Estudos recentes elaborados pelo Instituto Trata Brasil (ITB) e pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) com indicadores do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), ano referência 2019, mostraram que apesar de alguns municípios pernambucanos comporem seus *rankings* de saneamento, a maioria deles ocupam as piores posições (ABES, 2021; ITB, 2021).

Os indicadores são exemplos de instrumentos de sensibilidade de determinado fenômeno, com capacidade de sintetizar e facilitar o entendimento das informações de modo a nortear nas tomadas de decisão dos gestores (BERNARDES, C.; BERNARDES, R.; GÜNTHER, 2018).

Diante desse contexto, os indicadores e índices em saneamento surgem como *métodos de análise ambiental* que possibilitam o estudo de relações dos serviços de saneamento básico

que integram um município, sendo mensurados através de métricas ou atributos de fácil compreensão para serem usados no auxílio à decisão na gestão pública ou privada. Segundo Jannuzzi (2017), um conjunto de indicadores podem ainda ser agrupados em indicadores compostos ou índices, de modo que a junção de um grande número de dados ou informações facilitem a comunicação e interpretação.

Sabendo da realidade dos serviços de saneamento do estado de Pernambuco e as limitações impostas sobre esse tema, o estudo idealizou analisar indicadores de saneamento do banco de dados do SNIS e, desse modo, intervir com a obtenção e aplicação de um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS) para municípios pernambucanos.

METODOLOGIA

Seleção dos Indicadores

Na adoção de indicadores de saneamento em estudos de natureza exploratória, prioriza-se os mais relevantes e sensíveis para compreensão do fenômeno a ser estudado, direcionando-os como suporte estratégico e teórico para o aprofundamento de questões recorrentes que envolvem o setor de saneamento. Diante disso, levou-se em consideração algumas características importantes dos indicadores descritas por Galvão Júnior e Ximenes (2008), sendo: definição clara, concisa e interpretação inequívoca; mensuração facilitada a custo razoável; possibilitarem a comparação do desempenho obtido com os objetivos planejados; contribuírem significativamente para a tomada de decisão; dispensarem análises complexas; serem de simples e fácil compreensão; serem rastreáveis.

A princípio foram estabelecidas quatro categorias para a composição dos indicadores relacionados aos serviços de saneamento: cobertura, eficiência, demanda e gestão. A seleção dos indicadores se deu por intermédio da adoção de 4 (quatro) critérios específicos: o indicador compõe uma das categorias definidas para o estudo; o indicador integra a base de dados do SNIS; o indicador contém faixas de adequação descritas na literatura; e, o indicador apresenta disponibilidade e consistência dos dados, de modo que forneça dados atualizados ou recentes e garantam a integridade do maior número de observações possíveis. Dessa forma, a partir dos critérios adotados foram filtrados e selecionados 10 (dez) indicadores de saneamento integrantes da base de dados do SNIS (Quadro 1), sendo 9 indicadores caracterizados como variáveis quantitativas e 1 indicador caracterizado como variável qualitativa (Plano Municipal de Saneamento Básico).

Quadro 1– Indicadores de saneamento utilizados no estudo.

Categoria	Indicador	Abreviação e Fonte SNIS	Referência	Classes de adequação
Cobertura	Atendimento total de distribuição de água (%)	COB_ag IN055_AE	(PIMENTEL <i>et al.</i> , 2017; ABES, 2021; ITB, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 80% - 90%: Aceitável < 80%: Insatisfatório
	Atendimento total de rede de coleta de esgoto (%)	COB_es IN056_AE	(TAVARES <i>et al.</i> , 2019; ABES, 2021; ITB, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 70% - 90%: Aceitável < 70%: Insatisfatório
	Coleta de esgoto referente a água consumida (%)	COL_es IN015_AE	(Rio de Janeiro, 2011; COSTA <i>et al.</i> , 2013)	> 80%: Satisfatório 40% - 80%: Aceitável < 40%: Insatisfatório
	Atendimento total de coleta de resíduos sólidos (%)	COB_rs IN015_RS	(TAVARES <i>et al.</i> , 2019; ABES, 2021)	> 98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 80% - 90%: Aceitável < 80%: Insatisfatório
Eficiência	Esgoto tratado referente a água consumida (%)	TRAT_es IN046_AE	(COSTA <i>et al.</i> , 2013; ITB, 2021)	> 80%: Satisfatório 50–80%: Aceitável < 50%: Insatisfatório
	Destinação adequada de resíduos sólidos (%)	DEST_rs (UP008/UP080) *100	ABES, 2021	>98%: Ideal 90% - 98%: Satisfatório 50% - 90%: Aceitável 40% - 50%: Insatisfatório < 40%; Lixão: Crítico
	Incidência de amostras de coliformes fora do padrão (%)	IAC_f.p IN084_AE	PLANSAB (BRASIL, 2019a)	< 1%: Satisfatório ≥ 1%: Insatisfatório
	Perdas de água na distribuição (%)	PERD_ag IN049_AE	PLANSAB (BRASIL, 2019a)	≤ 41%: Satisfatório 52% - 41%: Aceitável > 52%: Insatisfatório
Demanda	Consumo médio de água per capita (lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)	CONS_med IN022_AE	Organização das Nações Unidas - ONU (2015)	< 110 lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹ : Satisfatório 110 –165: Aceitável > 165 lit.hab ⁻¹ .dia ⁻¹ : Insatisfatório
Gestão	Plano Municipal de Saneamento Básico	PMSB PO028	Ferreira, 2020; Conforme relevância do indicador descrito em Lei e na literatura	Existe Plano: Satisfatório Em elaboração: Aceitável Não existe: Insatisfatório

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ABES (2021), BRASIL (2019a), Costa *et al.* (2013), Ferreira (2020), ITB (2021), ONU (2015), Pimentel *et al.* (2017), RIO DE JANEIRO (2011), Tavares *et al.* (2019).

Delimitação dos municípios

O pressuposto para a formação dos municípios analisados seguiu critérios de exclusão e inclusão. Esses critérios foram adotados com base na lacuna existente relacionada à indisponibilidade de dados dos indicadores de saneamento que compõem o SNIS, o que a grosso modo interfere na delimitação, podendo influenciar no tamanho do campo de investigação. Diante disso, o estudo se restringirá a analisar os municípios que constam informações acerca dos indicadores de saneamento para o ano de 2019.

Coleta de dados

Os dados dos indicadores utilizados foram obtidos por intermédio do Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS (BRASIL, 2019b). O banco de dados do SNIS disponibiliza uma série histórica de 25 anos (1995-2019) com defasagem de um ano, de maneira que os dados utilizados nesse estudo são do ano de 2019.

Procedimentos para obtenção, espacialização e ranqueamento do Índice

O Índice de Desempenho em Saneamento foi formulado, especificamente, a partir da atribuição de notas e graus de valoração (pesos) entre os indicadores. Para isso foram utilizadas a técnica de Processo de Análise Hierárquica (AHP) e a técnica de Média Ponderada.

Para formulação do IDS, primeiramente, foram atribuídas notas arbitrárias numa escala de 0 a 10 para as classes de adequação de cada indicador, a fim que sejam apresentadas num formato quantitativo de importância, conforme descrito na Tabela 1. Para mais, entende-se que quanto maior o valor da nota, melhor será o nível de adequabilidade.

Tabela 1 – Notas utilizadas para as classes correspondentes de cada indicador.

Dimensão	Indicador	Notas por classe				
		Ideal	Satisfatório	Aceitável	Insatisfatório	Crítico
Distribuição de água	COB_ag	10	7,5	5	0	n/p
	INC_f.p	n/p	10	n/p	0	n/p
	PERD_ag	n/p	10	5	2,5	n/p
	CONS_ag	n/p	10	5	2,5	n/p
Esgotamento sanitário	COB_es	10	7,5	5	2,5	n/p
	TRAT_es	n/p	10	5	0	n/p
	COL_es	n/p	10	5	2,5	n/p
Resíduos sólidos	COB_rs	10	7,5	5	2,5	n/p
	DEST_rs	10	7,5	5	2,5	0
Gestão	PMSB	n/p	10	2,5	0	n/p

n/p: não possui nota para classe.

Fonte: elaborado pelos autores.

Sabendo que a adoção dos pesos pode ser realizada de forma arbitrária (BOHNENBERGER *et al.*, 2018), procedeu a aplicação da técnica AHP a fim de reduzir essa arbitrariedade, analisando a razão de consistência (CR). O programa utilizado para no processo de AHP foi o *software* Expert Choice 11.

A técnica AHP se baseia em uma matriz de comparação de importância par a par em que todos os fatores são ordenados de forma implícita pelo usuário, sendo que, o peso de cada

fator é gerado em um intervalo fixado entre 0 e 1, e apresenta potencial na redução da subjetividade e incoerência na obtenção dos pesos (BOHNENBERGER *et al.*, 2018; CASTRO *et al.*, 2015; LORENTZ *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2013;). Já para o CR, valores abaixo de 0,1 indicam boa consistência no processo da AHP, enquanto que, valores acima de 0,1 indicam inconsistências nos julgamentos da matriz, sendo necessária a revisão da mesma (FARIA; AUGUSTO FILHO, 2013).

No processo de julgamentos da matriz considerou a relevância e os benefícios da adequação de cada um dos indicadores, sabendo dos eventuais problemas que podem surgir pela sua inexistência ou ineficiência (FERREIRA, 2020; ITB, 2021; MUNDIM e JUNIOR, 2020; SANTOS *et al.*, 2013;). Dessa forma, evidencia-se como cada um dos indicadores contribuem para o alcance do objetivo: a obtenção de um Índice de Desempenho em Saneamento (IDS).

Logo após a inserção dos julgamentos na matriz de comparação pareada, o *software* calculou as prioridades relativas de cada indicador (Peso Médio Local) e a Razão de Consistência (CR). Os pesos médios locais, os pesos em percentual, a razão de consistência e a respectiva dimensão e contribuição global dos indicadores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Pesos obtidos pela matriz de comparação pareada com o método AHP.

Dimensão	Indicador	Peso local	Peso (%)	Contribuição (%)
Distribuição de água	COB_ag	0,184	16,2	38,4
	INC_f.p	0,147	8,7	
	PERD_ag	0,058	7,9	
	CONS_ag	0,023	5,6	
Esgotamento sanitário	COB_es	0,086	14,3	27,4
	TRAT_es	0,121	8,1	
	COL_es	0,034	5,0	
Resíduos sólidos	COB_rs	0,072	13,7	20,2
	DEST_rs	0,111	6,5	
Gestão	PMSB	0,164	14,0	14,0
Total		1	100	100
Razão de consistência (CR)			0,02	

Fonte: elaborado pelos autores a partir do software Expert Choice 11.

Com posse das notas e pesos dos indicadores realizou-se a técnica da Média Ponderada (Equação 1). O uso desta técnica cria uma margem classificatória, ordinal, através de uma escala de intervalo (SILVA; MACHADO, 2014). Na obtenção do Índice de Desempenho em Saneamento, o valor resultante da média ponderada foi multiplicado por 10, com intuito de reclassificar os valores atuais numa nova escala numérica (Equação 2). Dessa forma, entende-se que quanto maior for o valor do IDS, maior será o desempenho em saneamento.

$$M_p = \sum (N_{ind} \times P_{ind}) / \sum P_{ind} \quad (1)$$

$$IDS = M_p \times 10 \quad (2)$$

Em que:

M_p = Média ponderada;

P_{ind} = Peso do indicador;

N_{ind} = Nota do indicador.

Com os dados quantitativos do IDS calculados (obtenção do índice) se tem uma perspectiva da situação de desempenho de saneamento dos municípios pernambucanos. Para sumarizar e descrever essas informações de forma mais robusta, os dados foram submetidos à estatística descritiva e ao teste de normalidade.

Na análise espacial, o IDS foi categorizado em classes com seus respectivos intervalos, estando estes relacionados ao desempenho dos indicadores de saneamento dos municípios. Na obtenção dos intervalos do IDS, adotou-se, inicialmente, o máximo e o mínimo valor possível para se calcular um valor intermediário (Equação 3) e um valor intervalar (Equação 4). O valor intervalar é resultante da variação do IDS dividida em quatro partes iguais.

$$V_{int} = (V_{max} + V_{min}) / 2 \quad (3)$$

$$f = (V_{max} - V_{min}) / 4 \quad (4)$$

Em que:

V_{int} = valor intermediário;

V_{max} = valor máximo possível;

V_{min} = valor mínimo possível;

f = valor intervalar.

Com base no valor intermediário os novos intervalos foram formados, a partir do acréscimo ou decréscimo do valor intervalar. Desse modo foi estabelecido dois intervalos superiores e dois intervalos inferiores, com suas respectivas classes de desempenho (Quadro 2).

Quadro 2 – Intervalos e classificações utilizados na análise espacial.

Intervalo	Classificação
$IDS > V_{int} + f$	Satisfatório
$V_{int} < IDS \leq V_{int} + f$	Aceitável
$V_{int} - f < IDS \leq V_{int}$	Insatisfatório
$IDS < V_{int} - f$	Crítico

Fonte: elaborado pelos autores.

O ranqueamento dos municípios pernambucanos utilizou valores do IDS, sendo que quanto maior seu valor, melhor será a condição de saneamento do município em comparação aos demais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Delimitação dos municípios

Diante de um universo de 185 municípios pernambucanos, seguindo o critério de inclusão, o estudo contemplou uma amostra de 54 municípios. Estes estão distribuídos por todas as mesorregiões, com população estimada de 5,8 milhões de habitantes no ano de 2019, correspondendo a 60% da população do estado de Pernambuco (IBGE, 2019).

Análise descritiva do IDS

A estatística descritiva e o resultado do teste de normalidade para o IDS dos 54 municípios são representados na Tabela 3. Nesse caso foi adotado o teste de Anderson-Darling (AD) para verificar distribuição dos dados.

Tabela 3 – Estatística descritiva e teste de normalidade para o IDS.

Estatística descritiva						
N	Média (\pm SD)	Min	Max	Mediana (Q1-Q3)	CV (%)	
54	45,4 (\pm 14,5)	15,8	78,7	42,4 (34,4-57,1)	31,9	
Teste de Anderson-Darling (nível de confiança de 95%)						
N	p-value	AD				
54	0,17	0,53				

N: número de observações; SD: desvio padrão; Q1: 1º quartil; Q3: 3º quartil; CV: coeficiente de variação.
Fonte: elaborado pelos autores.

Pela análise da estatística descritiva foi obtida uma média de 45,4 para o IDS, desvio padrão de \pm 14,5, valor mínimo de 15,8 e máximo de 78,7. A realização do teste de Anderson-Darling, à nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), obteve p-value $> \alpha$, comprovando que o comportamento dos dados do IDS se trata de uma distribuição normal.

Ao analisar a distribuição do IDS para os municípios, verificou-se uma variabilidade moderada explicada pelo intervalo interquartil com valor de 22,7, ou seja, 50% dos municípios obtiveram valores que variaram entre 57,1 (Q3) e 34,4 (Q1) em torno da mediana. A proximi-

dade dos valores de média e mediana constatam uma simetria entre os dados. Ainda, vale destacar que, 75% dos valores do IDS dos municípios foram inferiores a 57,1, enquanto que, 25% dos valores foram superiores a esse valor. Esses percentuais representam 41 e 13 municípios, respectivamente.

Distribuição espacial do IDS

Após os procedimentos estatísticos, realizou-se a espacialização dos resultados das classes do IDS para os 54 municípios selecionados (Figura 1). Pelo método de cálculo adotado para definição dos intervalos e classes do índice, obteve-se as seguintes especificações: $IDS < 33,7 =$ Crítico; $33,7 \leq IDS < 55,8 =$ Insatisfatório; $55,8 \leq IDS \leq 77,9 =$ Aceitável; e, $IDS > 76,7 =$ Satisfatório. Diante disso, se tratando do desempenho em saneamento, constatou-se que 10 municípios foram classificados como críticos ($26,5 \pm 5,5$, média \pm SD), 28 municípios classificados como insatisfatórios ($41,5 \pm 5,2$), outros 15 municípios classificados como aceitáveis ($62,9 \pm 5,8$) e 1 município, Caruaru, classificado como satisfatório. A maior parcela dos municípios, 38 (70%), foi enquadrada nas classes de crítico e insatisfatório.

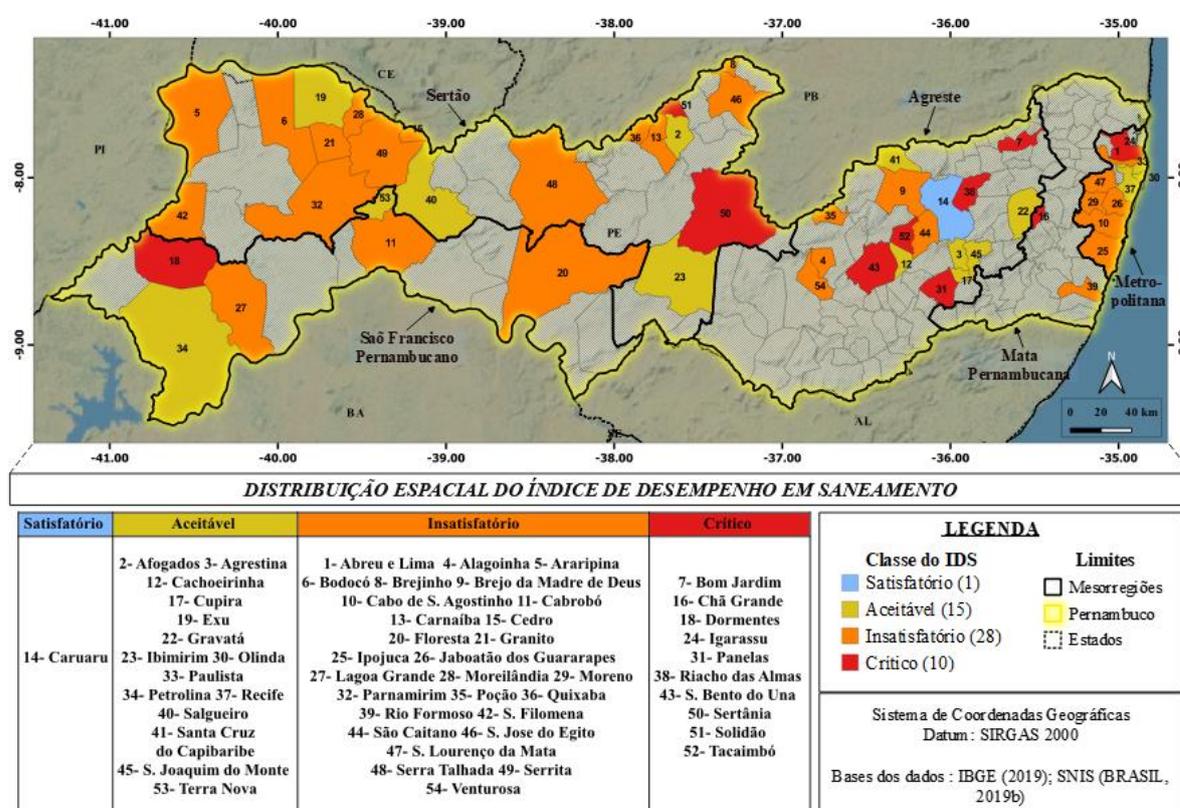


Figura 1- Distribuição espacial das classes do IDS e enquadramento dos municípios em suas respectivas classes. Fonte: elaborado pelos autores.

Se faz de suma importância uma análise da distribuição espacial do desempenho em saneamento atrelado a outras informações acerca dos municípios, entre elas: a mesorregião ao qual está inserido, os aspectos demográficos, a situação socioeconômica, entre outros. Ferreira (2020) e Vasconcelos (2018) denotaram a necessidade da adoção dessas características municipais em estudos dessa natureza.

A divisão dos municípios por mesorregião seguiu a seguinte distribuição: Sertão Pernambucano com o número mais expressivo, 19 municípios ($41,7 \pm 10,8$, IDS médio \pm SD); Agreste Pernambucano com 17 municípios ($46,2 \pm 17,7$); Metropolitana do Recife com 10 municípios ($49,5 \pm 13,9$); São Francisco Pernambucano com 6 municípios ($50,5 \pm 16,9$); e, a Mata Pernambucana com 2 municípios ($36,3 \pm 7,21$). Ressalta-se uma maior cautela nas interpretações que envolvam mesorregiões que possuem um número inexpressivo de municípios analisados, a exemplo da Mata Pernambucana, a fim de se evitar comparações e análises indevidas.

Dos municípios com IDS crítico e insatisfatório, foi observado que a mesorregião do Sertão Pernambucano alocou 2 na classe de crítico (Sertânia e Solidão) e 13 na classe de insatisfatório. Identificou, ainda, três municípios com índices de desempenho aceitáveis (Exu, Ibi-mirim e Salgueiro). Destaca-se que o Sertão Pernambucano, com 19 municípios analisados, dispôs de 15 (79%) enquadrados nas classes de crítico e insatisfatório, sendo a mesorregião com maior número de municípios dispostos nessas classes. Um fator contribuinte é o fato que maioria dos municípios brasileiros, principalmente aqueles situados no interior dos estados do Nordeste brasileiro, apresentam déficits na cobertura e planejamento efetivo dos serviços de saneamento, resultando em inúmeras vulnerabilidades sociais, ambientais e econômicas em regiões menos favorecidas, por exemplo, nas comunidades de pequeno porte situadas no semiárido nordestino (FERREIRA, 2018; LIMA NETO; SANTOS, 2012). Esses municípios foram majoritariamente considerados de pequeno porte – população de até 50 mil habitantes – (ABES, 2021; ASSIS, 2018) e segundo menor IDS médio.

Seguido dessa mesorregião, o Agreste Pernambucano obteve 5 municípios definidos como críticos (Bom Jardim, Tacaimbó, São Bento do Una, Pannels e Riacho das Almas), 5 como insatisfatórios, 6 como aceitáveis (Agrestina, Santa Cruz do Capibaribe, S. Joaquim do Monte, Cachoeirinha, Cupira e Gravatá) e 1 como satisfatório (Caruaru). Destaca-se que o Agreste Pernambucano, com 17 municípios analisados, dispôs de 10 (58%) enquadrados nas classes de IDS crítico e insatisfatório.

Na mesorregião do Agreste ainda foi observada duas situações contrastantes: de um lado, o município de Bom Jardim, que apresentou menor desempenho em saneamento entre

todos os municípios analisados, valor de 15,8; do outro, Caruaru, com o maior valor de IDS (78,7). O município de Caruaru considerado de grande porte – população superior a 100 mil habitantes – (ASSIS, 2018; ABES, 2021), registrou adequações na maioria dos indicadores, exceto para cobertura de rede de coleta de esgoto e tratamento de esgoto.

As mesorregiões do Sertão e Agreste concentraram 25 municípios nas classes de maiores vulnerabilidades em saneamento (crítico e insatisfatório), representando 64% de um total de 40 observações. Na classe mais crítica, concentraram 8 municípios.

A mesorregião Metropolitana de Recife, por sua vez, obteve 1 município classificado com IDS crítico (Igarassu), 6 como insatisfatórios e 3 como aceitáveis. Entre os municípios analisados, 7 estão enquadrados nas classes de crítico e insatisfatório. Com a segunda maior média para o IDS, a mesorregião ainda possui a maior densidade demográfica e participação econômica do Estado. Além disso, comportou o maior número de municípios analisados do total inserido por mesorregião, contemplando 10 de um total de 15. Esses municípios diferem-se entre médio porte (3) – população entre 50 e 100 mil habitantes – (ABES, 2021; ASSIS, 2018) e grande porte (7).

Quando se trata dos municípios classificados como aceitáveis (Paulista, Recife e Olinda), foi observado que mesmo com boas adequações para os indicadores mais relevantes, ainda se figuram como distantes de uma adequação satisfatória ou da universalização dos serviços de esgotamento sanitário. Essa fragilidade sanitária se torna preocupante, a saber da alta densidade populacional desses municípios, podendo potencializar os agravos ao meio ambiente e a vida dos residentes.

Mesmo com um importante papel na economia do Estado através de inúmeros setores (TEIXEIRA *et al.*, 2021), outros estudos mostraram que os municípios da mesorregião, predominantemente, apresentaram precariedades na prestação de serviços de esgotamento sanitário (TEIXEIRA *et al.*, 2021; VASCONCELOS, 2018).

A mesorregião do São Francisco Pernambucano obteve a maior média para o IDS e segundo maior PIB per capita municipal. Os municípios de Lagoa Grande, Floresta, Cabrobó e foram classificados como insatisfatórios, com déficits de adequação na cobertura de rede de coleta de esgoto, tratamento de esgoto, perdas de água na distribuição, PMSB e na dimensão resíduos sólidos. Petrolina e Terra Nova registraram valores aceitáveis para o IDS, sendo os municípios da mesorregião com implementação do PMSB.

Localizado no extremo oeste do Estado e afastado dos grandes centros urbanos, o município de Petrolina obteve o segundo maior índice entre os municípios analisados no estudo. O indicador mais deficitário foi a destinação adequada de resíduos sólidos.

Ranqueamento dos municípios

O *ranking* do IDS (Figura 2), que conta com a participação de 54 municípios, mostrou que as três primeiras posições foram pertencentes a municípios de grande porte – Caruaru (1º), Petrolina (2º) e Paulista (3º), – com população superior a 300 mil habitantes. Suas posições corroboraram com as dos principais *rankings* de saneamento do país, sendo esses, juntamente com Recife (6º) e Olinda (7º), os municípios com as melhores posições do Estado (ABES, 2021; ITB, 2021). Ressalta-se que, com exceção de Olinda, os demais municípios possuem Plano Municipal de Saneamento Básico. Em contrapartida, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata e Igarassu, que são municípios de mesmo porte e não possuem PMSB, ocuparam posições dissonantes, 20º, 23º, 41º e 49º, respectivamente. Para Lisboa, Heller e Silveira (2013), a adoção do PMSB pode contribuir na valorização e gestão dos recursos naturais, melhorando a eficiência dos serviços de saneamento, a qualidade de vida e saúde da população residente.

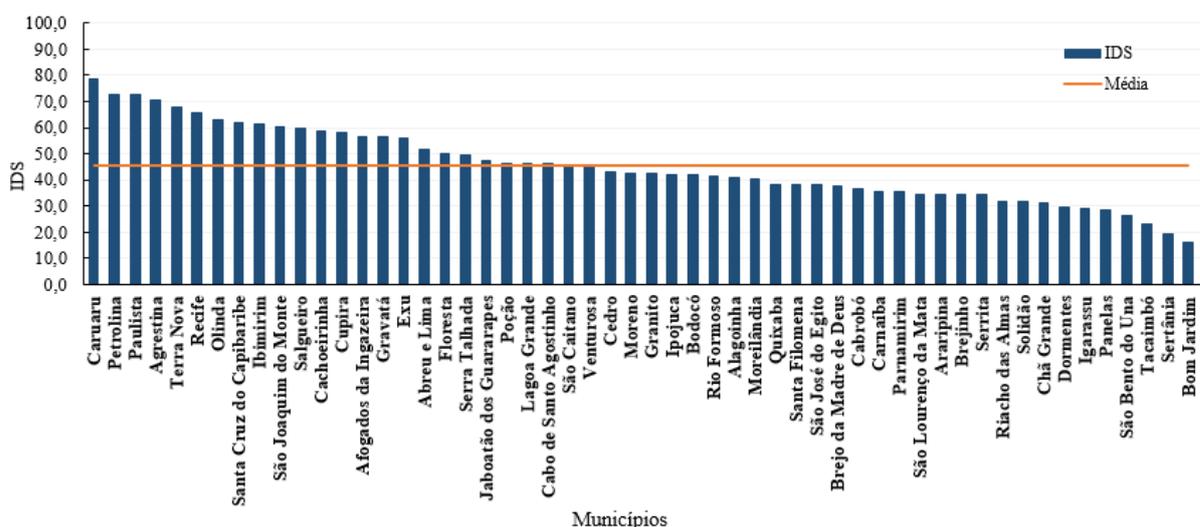


Figura 2 – Ranking do Índice de Desempenho para os municípios pernambucanos analisados. Fonte: elaborado pelos autores.

Mesmo com um cenário de efetiva necessidade de práticas e políticas públicas de saneamento, onde os municípios de pequeno porte denotam as mais visíveis deficiências ou inadequações sanitárias (ASSIS, 2018; FERREIRA, 2018), foi visto que alguns municípios dessa

categoria populacional ocuparam posições de destaque quando comparados aos demais, a exemplo de Terra Nova (5°), Agrestina (4°), Ibimirim (9°) e São Joaquim do Monte (10°).

Destaca-se que quinze entre as vinte piores posições foram ocupadas por municípios de pequeno porte que registraram inexistência do PMSB. Em decorrência disso, Ferreira (2020) destaca que a falta de implementação do PMSB pode interferir na integralidade de outros instrumentos de gestão relacionados ao saneamento em municípios de pequeno porte, sendo este um fator limitante para acesso a incentivos ou recursos da União.

Cria-se então um traçado estratégico para compressão da situação da condição sanitária e dos inúmeros atores envolvidos no desempenho da prestação de serviços de saneamento municipal. Para Ataíde e Borja (2017) e Vasconcelos (2018), as diferenças das municipalidades em ações de planejamento do saneamento podem estar atreladas às suas realidades locais, aos seus portes populacionais, às características sociopolíticas, à macrorregião a que pertencem, além da forma como coordenam a implementação do PMSB.

CONCLUSÕES

- A utilização de indicadores de saneamento forneceu informações iniciais sobre a problemática levantada, sendo ainda base usual e acessível para formulação do Índice proposto.
- O Índice de Desempenho em Saneamento foi capaz de sintetizar as informações do grupo de indicadores a um valor único, norteando no entendimento das condições de saneamento municipal em diferentes frentes, a exemplo do contexto das mesorregiões e portes populacionais dos municípios, como evidenciado nesse estudo.
- A distribuição espacial do IDS, através de técnicas de geoprocessamento, identificou municípios que apresentaram maiores e menores desempenhos no setor de saneamento, orientando, assim, no direcionamento da tomada de decisões para localidades mais vulneráveis.
- No que concerne ao ranking, observou-se que o contraste populacional e implementação do PMSB apresentaram influência, não na totalidade, nas colocações dos municípios.
- Para mais, ressalta-se que os procedimentos metodológicos elencados na obtenção do IDS podem ser reproduzidos para outros municípios ou estados brasileiros, sendo possível, a depender da periodicidade dos dados, acrescentar uma análise temporal do índice.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). *Ranking ABES da universalização do saneamento*. 2021. Disponível em: https://abes-dn.org.br/?page_id=41939. Acesso em: 18 jun. 2021.

ATAIDE, V.T.L.A.; BORJA, P.C. Justiça social e ambiental em saneamento básico: um olhar sobre experiências de planejamento municipais. *Ambiente e Sociedade*, v. 20, n. 3, p. 61-80, 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC74R1V2032017>

BERNARDES, C.; BERNARDES, R.S.; GUNTHER, W.M.R. Proposta de índice de salubridade ambiental domiciliar para comunidades rurais: aspectos conceituais e metodológicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 4, p. 697-706, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018141631>

BOHNENBERGER, J.C.; PIMENTA, J.F.P.; ABREU, M. V. S.; COMINI, U. B.; CALIJURI, M.L.; MORAES, A.P; PEREIRA, I.S. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. *Ambiente-Construído*, v. 18, n. 1, p. 299-311, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100222>

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. *Plano Nacional de Saneamento Básico*. Brasília: MDR/SNS, 2019a. 240 p.7.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Série Histórica*. 2019b. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

CASTRO, J.S.; COSTA, L.S.; BARBOSA, G.R.; ASSEMAN, P.P.; CALIJURI, M.L. Utilização de SIG e Análise Multicritério para seleção de áreas com potencial para a construção de universidades e loteamentos universitários. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 21, n. 3, p. 652-657, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000300037>

COSTA, S.A.B.; CÔRTEZ, L.S.; COELHO NETTO, T.; FREITAS JÚNIOR, M.M. Indicadores em Saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto em Minas Gerais. *Revista UFMG*, v. 20, n. 2, p. 334-357, 2013. <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2704>

FARIA, D.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. *Revista do Instituto Geológico*, v. 34, n. 1, p. 23-44, 2013. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20130002>

FERREIRA, Y.B.C. *Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a experiência do Estado da Paraíba*. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

GALVÃO JR., A. C.; XIMENES, M. A. F. *Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: ABAR, 2008. 510 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Estimativas da População*. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 19 jan. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB). *Ranking do Saneamento 2021*. São Paulo: GO Associados, 2021. 131 p.

JANNUZZI, P.M. *Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações*. 6 ed. Campinas: Alínea, 2017. 196 p. ISBN: 978-85-7516-807-3

LIMA NETO, I.E.; SANTOS, A.B.D. Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A.C. (org.). *Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Barueri: Manole, 2012. p. 57-79.

LISBOA, S.S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R.B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 4, p. 341-348, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006>

LORENTZ, J.F.; CALIJURI, M.L.; MARQUES, E.G.; CARREIRO, A.B. Multicriteria Analysis Applied to Landslide Susceptibility Mapping. *Natural Hazards*, v. 83, n.1 p. 41-52, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2300-6>

MUNDIM, B.C.; JUNIOR, I.C. Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. *Revista DAE*, v. 68, n. 227 p. 20-34, 2020. <https://doi.org/10.25242/885X103020202246>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *International Decade for Action Water for Life 2005-2015*. Disponível em: http://www.un.org/waterforlifedecade/food_security.shtml. Acesso em: 15 jun. 2020.

PIMENTEL, L.B.; CARDOSO, P.L.; RODRIGUES, N.F.S.; ASSALIE, J.L.S. O apoio do BNDES ao saneamento no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento. *BNDES Setorial*, v. 1 n. 45, p. 227-284, 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11754>. Acesso em: 18 jun. 2020.

RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 42.930, de 18 de abril de 2011. Cria o programa estadual pacto pelo saneamento. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*: parte 1: Poder Executivo, Rio de Janeiro, RJ, ano 37, n. 72, p. 5-6, 19 abr. 2011.

SANTOS, A.P.; PINTO, S.F.; CARVALHO, C.M.S.; PARO, S.P.; SOUZA, A.Z. Inferência sobre o conforto domiciliar rural do município de Viçosa-MG utilizando análises multicritério. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16., Foz do Iguaçu, 2013. Anais [...]. INPE, 2013. p. 3744-3753.

SILVA, S.A.; GAMA, J.A.S.; CALLADO, N.H.; SOUZA, V.C.B. Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 4, p. 699-709, 2017. <http://10.1590/S1413-41522017146971>

SILVA, V.G.B; MACHADO, P.S. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. *Revista de Geografia*, v. 31, n. 2, p. 66-87, 2014.

TAVARES, F.B.R.; SOUSA, F.C.F.; SANTOS, V.E.S.; SILVA, E.L. Análise do Acesso da População Brasileira aos Serviços de Saneamento Básico. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 8, n. 4, p. e2784867, 2019. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i4.867>

TEIXEIRA, S. F.; MELO, G.V.; LUZ, G.C.B.; CAMPOS, S.S. Coleta e tratamento de esgoto em municípios de grande porte da Região Metropolitana de Recife: ameaça à saúde pública. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 4, n. 2, p. 4391-4400, 2021. 10.34119/bjhrv4n2-033

VASCONCELOS, G. *Análise do desempenho sustentável dos sistemas de esgotamento sanitário municipais de Pernambuco*. 2018. 196 f. Dissertação (Mestrado em Controladoria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2018.