



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO

Campus Recife

Departamento Acadêmico de Cursos Superiores - DACS

Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental

LUAN DOS SANTOS MIRANDA TOMAZ

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO BÁSICO**

RECIFE - PE

2022

LUAN DOS SANTOS MIRANDA TOMAZ

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Departamento Acadêmico de Cursos Superiores – DACS do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

RECIFE - PE

2022

T665a
2022

Tomaz, Luan dos Santos Miranda

Análise de desempenho dos municípios da região metropolitana do Recife em relação aos serviços de saneamento básico. / Luan Miranda dos Santos Tomaz. --- Recife: O autor, 2022.

52f. il. Color.

TCC (Curso Superior Tecnológico em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Departamento Acadêmico de Cultura Geral, Formação de Professores e Gestão - DAFG, 2022.

Inclui Referências

Orientadora: Profª. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa.

1. Indicadores ambientais. 2. Álgebra de Mapa. 3. Sistema de informação geográfica. 4. Meio ambiente. I. Título. II. Barbosa, Ioná Maria Beltrão Rameh (orientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 363.7(22ed.)

LUAN DOS SANTOS MIRANDA TOMAZ

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO BÁSICO**

Trabalho aprovado, Recife, 13 de junho de 2022.

Professora Dr^a. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
(Orientadora)

Professora Dr^a. Vânia Soares de Carvalho
(Examinador Interno)

Professora Dr^a. Maria Tereza Duarte Dutra
(Examinador Externo)

RECIFE - PE

2022

AGRADECIMENTOS

Apesar de se tratar de um trabalho individual, este trabalho de conclusão está longe de ser fruto simplesmente do meu trabalho. Gostaria, por isso, de dedicar breves palavras de agradecimento a um conjunto de instituições e pessoas que foram importantes no percurso até a conclusão deste ciclo.

Desde logo, agradeço a todos os que, em algum momento, contribuíram para a minha formação, me oportunizando crescimento e amadurecimento. Aos que me deram espaço para ecoar a minha voz; compartilhar saberes e vivências, entre os quais destaco amigos que encontrei ao longo da vida acadêmica e professores que inspiram, em particular os professores e professoras do curso Tecnólogo em Gestão Ambiental no IFPE *Campus Recife*.

Agradeço aos membros da banca examinadora, pelo interesse e disponibilidade.

À Prof^a. Dr^a. Ioná Maria Beltrão, pela orientação deste e todos os nossos trabalhos nesta trajetória, que desde o primeiro momento acreditou e potencializou o espírito crítico, curioso e investigador que há em mim. Sobretudo, confiou nas minhas capacidades, principalmente, nos momentos de dificuldade que a vida terrena nos atravessa.

Por fim, aos meus pais, por todo o apoio, carinho e exemplo de luta, inspiração e porto seguro, sendo uma das razões de todo meu esforço para buscar as minhas realizações.

Gratidão a todos e todas,

Vamos por mais!

RESUMO

O uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a avaliação da sustentabilidade urbana e ambiental tem ganhado cada vez mais força e destaque por analisar variáveis e aspectos em diversas dimensões (social, ambiental, econômica). O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do saneamento básico dos 14 municípios da Região Metropolitana de Recife por meio da seleção de indicadores disponíveis na plataforma Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), utilizando-se da álgebra de mapas e Sistema de Informações Geográficas para realizar as análises. A coleta dos dados para o trabalho foi realizada por meio da consulta em bancos de dados dos órgãos federais e estaduais, para o período de 2010-2020 para os indicadores do saneamento. Os dados coletados foram organizados em tabelas do Microsoft Excel e manipulados no software QGis 3.10.10, onde foram realizadas operações com os índices: População atendida por distribuição de água (PADA), Índice de perdas de água na distribuição (IPAD), População atendida por coleta de esgoto (PACE), População atendida por tratamento de esgoto (PATE), População atendida por coleta de resíduos (PACR), para obtenção dos resultados. Utilizou-se da álgebra de mapas para obtenção de mapas síntese para o período de 2010 a 2020, o que permitiu acompanhar a evolução do desempenho bianualmente. Foi observado que apesar de apresentar leve evolução em alguns dos indicadores, como a coleta de esgoto e perdas de água na distribuição, os municípios não apresentaram desempenho satisfatório, como Camaragibe, Ilha de Itamaracá, Itapissuma e São Lourenço da Mata, visto que condições básicas dos serviços de saneamento são essenciais para o desenvolvimento social, ambiental e econômico de uma cidade, e essas condições não foram totalmente identificadas.

Palavras-chaves: Álgebra de mapa. Indicadores ambientais. Sistemas de informações geográficas.

ABSTRACT

The use of the Geographic Information System (GIS) for the assessment/evaluation of urban and environmental sustainability has gained prominence for analyzing variables and aspects in different dimensions (social, environmental, environmental). The present study aimed to evaluate the performance of basic sanitation indicators of the 14 municipalities in the Metropolitan Region of Recife through the selection of those available on the National Sanitation Information System (SNIS) platform, using map algebra and the geographic information system (GIS) to perform the analyses. The collected data were organized in Microsoft Excel tables and manipulated in the QGIS 3.10.10 software, where operations were performed with the indexes: Population served by water distribution data (PADA) Index of distribution of water served (IPAD) by garbage collection (PACE), Population served by sewage treatment (PATE) Population served by waste collection (PACR), to obtain the results. Map algebra was used for the synthesis map for 2010 to 2020, which evaluated the performance evolution biannually. It was observed that despite indicators of level of evolution in some indicators, presenting the collection of sewage and water resources in the distribution, municipalities do not present satisfactory performance, such as Camaragibe Ilha de Itamaracá, and São Lourenço da Mata, since basic conditions of sanitation services are essential for the social, environmental and economic development of a city, and these conditions were not fully identified.

Keywords: Map algebra. Environmental indicators. Geographic information systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da metodologia da coleta a organização dos dados. ..	21
Figura 2 - Janela de configuração dos parâmetros de conversão dos arquivos vetorial para raster no ambiente Sistema de Informações Geográficas	26
Figura 3 - Janela de configuração dos valores de reclassificação no ambiente Sistema de Informações Geográficas	27
Figura 4 - Mapa de localização da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco	30
Figura 5 - Mapa de densidade demográfica da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco.....	31
Figura 6 - Mapa da distribuição do PIB per capita da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco.....	32
Figura 7 - Mapa das microrregiões de desenvolvimento do estado de Pernambuco.....	33
Figura 8 - Rede hidrográfica e bacias hidrográficas presente na Região Metropolitana de Recife/Pernambuco	34
Figura 9 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Distribuição de Água na Região Metropolitana de Recife	35
Figura 10 - Desempenho médio anual do indicador PADA na Região Metropolitana de Recife	35
Figura 11 - Desempenho bianual do Índice de Perdas de Água na Distribuição na Região Metropolitana de Recife.	37
Figura 12 - Desempenho médio anual do indicador Índice de Perdas de Água na Distribuição na Região Metropolitana de Recife.....	38
Figura 13 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Coleta de Esgoto na Região Metropolitana de Recife	39
Figura 14 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pela Coleta de Esgoto na Região Metropolitana de Recife.....	40
Figura 15 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pelo Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de Recife.....	41
Figura 16 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pelo Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de Recife.....	42
Figura 17 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Coleta de Resíduos na Região Metropolitana de Recife	43
Figura 18 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pela Coleta de Resíduos na Região Metropolitana de Recife	44
Figura 19 - Desempenho bianual da síntese dos indicadores na Região Metropolitana de Recife - 2010 a 2020.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos indicadores utilizados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento	23
Quadro 2 - Tipos e fontes de aquisições de outros dados.	24
Quadro 3 – Escala de cores utilizada para a representação do desempenho dos indicadores nos municípios da RMR no mapa síntese dos indicadores	29

LISTA DE SIGLAS

DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAD	Índice de perdas na distribuição
PACE	Índice de coleta de esgoto
PACR	Índice de coleta de resíduos da população total
PADA	Índice de atendimento total de água
PATE	Índice de tratamento de esgoto
PIB	Produto Interno Bruto
RMR	Região Metropolitana de Recife
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Saneamento básico	16
2.2 Indicadores dos serviços de saneamento	16
2.3 Sistemas de Informações Geográficas	17
2.4 Análise multicritério dos dados	18
3 OBJETIVO	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 METODOLOGIA	21
4.1 Caracterização da Área de Estudo	21
4.2 Descrição dos Métodos	22
4.2.1 Seleção, coleta e tratamento dos indicadores do SNIS adotados	22
4.3 Obtenção do Banco de Dados	24
4.4 Integração dos dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG)	24
4.4.1 Conversão dos arquivos	25
4.4.2 Reclassificação das variáveis	26
4.4.3 Álgebra de mapas	27
4.5 Elaboração de mapas temáticos de desempenho dos municípios da RMR e mapa síntese	28
5 RESULTADOS E ANÁLISE	30
5.1 Caracterização da Região Metropolitana de Recife	30
5.1.1 Densidade populacional	31
5.1.2 Produto Interno Bruto per capita	31
5.1.3 Microrregiões de desenvolvimento	32
5.1.4 Rede Hidrográfica	33
5.2 Mapas de análise temporal (2010 a 2020) dos indicadores de saneamento básico do SNIS	34
5.2.1 População atendida pela distribuição de água	34
5.2.2 Índice de perdas de água na distribuição	36
5.2.3 População atendida pela coleta de esgoto	38
5.2.4 População atendida pelo tratamento de esgoto	40

5.2.5 População atendida pela coleta de resíduos	42
5.3 Mapa de análise multicritério em ambiente sistema de informações geográficas	45
6 CONSIDERAÇÕES.....	47
REFERENCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A água é o mais importante recurso da Terra e para atender as atuais demandas de utilização do recurso para atividades humanas, o consumo de água vem crescendo, significativamente, ano a ano em todo o globo. Diante dessas crescentes demandas e das limitações de sua disponibilidade, tornam-se inevitáveis o surgimento de conflitos entre os setores consumidores deste bem tão essencial à qualidade de vida.

Ao longo das últimas décadas, a gestão das águas mostrou-se insustentável por diversos motivos, como o desperdício, a poluição hídrica, as demandas do crescimento populacional, as mudanças climáticas, a desordenada urbanização e o uso para atividades agropecuárias. Tudo isso vem acarretando alterações nos padrões de qualidade e quantidade dos mananciais, motivando mudanças nas formas de distribuição, por conseguinte, acaba ocorrendo desigualdades no abastecimento hídrico, gerando conflitos em diversas regiões do mundo (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006; RUFINO; ALMEIDA FILHO; OLIVEIRA, 2010; LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011; PEIXOTO *et al.*, 2018).

A intensa e incessante busca pelo crescimento econômico sem desenvolvimento social e sem proteção ambiental, tem influenciado na exploração desequilibrada dos recursos naturais, considerando-os inesgotáveis. Isso tem como consequência inúmeros danos ecológicos que, em partes, já são considerados irreparáveis. Por conta desses cenários, a consciência com a utilização dos recursos naturais, em especial com os recursos hídricos, vem crescendo e é, portanto, uma das mais importantes discussões do século, tornando-se cada vez mais necessária. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2014), o uso humano recomendado é de 110 litros/dia de água que, por sua vez, é o necessário para atender as necessidades básicas de higiene e consumo per capita. Entretanto, no Brasil, por exemplo, utiliza-se 185 litros/dia de água, ou seja, 68% a mais que o recomendado (SANTIN; GOELLNER, 2013).

Além do consumo inconsciente do recurso, ainda há problemas com perdas na distribuição e de poluição hídrica, o que intensifica a escassez e alterações nos padrões de potabilidade da água, causando sérios danos ao meio

ambiente e afetando à qualidade de vida das populações rurais e urbanas. Desse modo, a forma como o recurso natural é tratado precisa ser repensada, adotando práticas e manejo sustentáveis para que não prejudique os múltiplos usos (SANTIN; GOELLNER, 2013; SILVA; ALBUQUERQUE, 2018).

Quando se quantificam os recursos hídricos nas diferentes regiões de um país, a desigualdade se apresenta ainda mais com os números. No território brasileiro, por exemplo, há problemas relacionados à distribuição desigual desses recursos em escala intra e inter-regional. Para ilustrar na prática essa desigualdade, a região amazônica possui 81% das reservas hídricas do país e apenas 5% da população. Em contrapartida, o Nordeste dispõe apenas de 4% dos recursos hídricos do país e é ocupado por cerca de 35% da população brasileira. Já nas regiões hidrográficas litorâneas, que concentram 45,5% da população, o equivalente a 96.688.901 milhões de habitantes, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (CIRILO, 2015).

Diante deste cenário de má distribuição, vale ressaltar que as demandas por recursos hídricos para os múltiplos usos devem ser monitoradas e confrontadas com a real disponibilidade do recurso. Sua disposição final nos mananciais precisa ser, devidamente, monitorada, visto que a poluição das águas pode impossibilitar alguns dos seus usos e, conseqüentemente, os custos econômicos e ambientais para sua recuperação se tornam elevados e, por vezes, intangíveis (SCHMITZ; BITTENCOURT, 2017). Muito já debate sobre a problemática da disponibilidade hídrica desigual, problemas na distribuição e como isso agrava o problema de escassez. Contudo, existem outros problemas que interferem diretamente nos indicadores hídricos, como o processo de urbanização das cidades brasileiras (MELO *et al.*, 2017).

Cirilo (2015) destaca a importância do processo de urbanização no agravamento da crise hídrica nacional, processo esse que foi marcado no século XX. Em 1900, somente 13% da população global residia em áreas urbanas. Segundo o IBGE (2016), a estimativa da população urbana em 2021 no Brasil foi de 84%, e somente 16% ocupando o território rural. No Brasil, o processo de urbanização das cidades se deu de forma muito desequilibrada, ou seja, com grandes diferenças entre as regiões do país e entre classes sociais. Conseqüentemente, os estados brasileiros e as próprias cidades possuem, geralmente, condições desiguais em relação ao saneamento básico. Isso

resultou em problemas dentro dos centros urbanos, como a informalidade na moradia e na infraestrutura inadequada de saneamento básico, afetando classes e raças também de maneiras desiguais.

Diante da problemática exposta, a proposta de desenvolvimento dessa pesquisa é apresentar uma análise da evolução temporal dos principais indicadores dos serviços essenciais de saneamento básico da Região Metropolitana de Recife. Os parâmetros envolvem: a coleta e distribuição de água; coleta e tratamento de esgoto; e coleta de resíduos sólidos. Vale destacar que se excetuou aspectos da drenagem urbana, pois não havia disponibilidade de dados para o período determinado para o estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento básico

Sabe-se que o saneamento básico é o conjunto de infraestruturas e ações que visam preservar ou prover melhores condições dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, manejo de resíduos e drenagem de águas pluviais. Essas ações promovem a saúde do ser humano relacionada à conservação do meio físico e biótico, e por consequência, melhoram a qualidade de vida da população. Os serviços envolvem distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos resíduos, assim como serviço de drenagem urbana das águas pluviais (PEIXOTO *et al.*, 2018).

A baixa eficiência desses serviços, ou a ausência dessa infraestrutura sanitária adequada, exerce um papel que se relaciona, diretamente, com a situação de saúde e a qualidade de vida das populações. Principalmente, nos países em desenvolvimento como o Brasil, onde as doenças de caráter infeccioso e de veiculação hídrica continuam sendo uma forte causa de morbidade e mortalidade. A ocorrência e dominância destas doenças são indicadores importantes sobre a vulnerabilidade em que se encontram os sistemas públicos de saneamento básico (MIRANDA; TEIXEIRA, 2004). Da mesma maneira que na maioria dos países em desenvolvimento, o Brasil possui baixo índice de cobertura de saneamento básico. Para fins práticos, em 2018, a porcentagem da população com acesso à distribuição de água e coleta de esgoto, no Brasil, foi de 83,6% e 53,15%, respectivamente. Além disso, as perdas de água na distribuição atingiram 38,5%, e apenas 46% de todo volume de esgoto foi tratado, segundo dados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020).

2.2 Indicadores dos serviços de saneamento

Uma das formas de se avaliar o desempenho dos serviços de saneamento, é por meio de índices e indicadores. De maneira geral, existe certa confusão sobre o significado e utilização dos dois termos, sendo colocados como sinônimos de forma equivocada (SICHE *et al.*, 2007). Segundo Khanna (2000),

a diferença entre os termos está em que um índice é considerado o valor agregado final resultante de todo um procedimento de cálculo e combinações compostos por diversas variáveis, inclusive dois ou mais indicadores, assim expressando multidimensões para um fenômeno em estudo. Enquanto um indicador pode ser um dado individual ou um agregado de informações, que aborda um aspecto específico de interesse. Um bom indicador é aquele que contém os seguintes atributos: ser simples de entender; poder realizar a quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar, eficientemente, o estado do fenômeno observado (MUELLER; TORRES; MORAIS, 1997; BEEKHUIZEN, 2019). Desse modo, entende-se e adota-se o termo indicador como mais adequado aos dados com os quais serão trabalhados nessa pesquisa.

Os indicadores possuem um papel extremamente importante, que nos permite monitorar a evolução de aspectos essenciais a qualidade de vida da sociedade e até compará-los sob diferentes recortes geográficos. Entretanto, diante do enorme conjunto de informações que são disponibilizadas, como é o caso da plataforma SNIS, é importante o uso de ferramentas que facilite a manipulação e a análise dos dados, bem como a apresentação dos resultados destas. Neste contexto, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surge como uma ferramenta fundamental para visualizar dados na forma de mapas temáticos (CAPOANE; COSTA; KUPLICH, 2017). A análise espacial permite identificar a diversidade do comportamento espacial dos dados e, a partir do cenário, obter informações que subsidiem ações de planejamento e gestão territorial que deem estruturas as políticas públicas. Assim, a visualização das informações no mapa permite a concretização dos números e estatísticas, caracterizando uma nova forma de olhar para o espaço de vivência da população (BEEKHUIZEN, 2019).

2.3 Sistemas de Informações Geográficas

No cenário de futuro incerto e precarização dos serviços públicos de saneamento básico, com realidades distantes dos padrões sanitários, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aparece como uma ferramenta para gestores procederem a interpretação dos dados georreferenciados para a tomada de decisão. O SIG consiste em um sistema

integrado entre *hardware*, *software*, dados geográficos e recursos humanos, concebido para coletar, armazenar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações geograficamente referenciadas, apresentando a visualização dos dados de forma espacialmente (CAPOANE; COSTA; KUPLICH, 2017; PEIXOTO *et al.*, 2018).

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica vem se intensificando rapidamente, apresentando interfaces cada vez mais intuitivas e tornando-se mais amigáveis a usuários não especialistas. O gradual aumento da disponibilidade de dados espaciais em formato digital e o número, cada vez maior, de profissionais utilizando a ferramenta, foram fatores importantes para essa disseminação do SIG e do crescente número de pesquisas aplicadas a diversas áreas de estudo. Dentre as áreas que têm se beneficiado da utilização de SIG estão a ecologia, o manejo de bacias hidrográficas, gestão dos territórios e estudos epidemiológicos, para os quais surgem inúmeras perspectivas de inovação, na busca de conhecimento sobre padrões e metodologias (SILVA *et al.*, 2017).

Na análise espacial, o SIG é um instrumento para todas as áreas do conhecimento por possibilitar a integração em uma única base de dados, oriundos de diversas fontes e formatos diferentes, que representam vários aspectos de uma região e por permitir a análise espacial sobre esses dados. Contribui, para isso, a criação de um banco de dados georreferenciados bem estruturado. A economia de espaço em disco ao eliminar dados redundantes, mantém a integridade e exatidão dos dados, oferecendo um acesso rápido as informações. Além disso, tem sido muito utilizado devido a sua capacidade de sobrepor diversas informações espaciais de uma área de estudo. Assim, a visualização das informações no mapa permite caracterizar uma nova forma de olhar para o espaço, números e estatísticas (CALDO; MAGALHAES FILHO, 2014; CAMPOS; RIBEIRO; VIEIRA, 2014; BEEKHUIZEN, 2019).

2.4 Análise multicritério dos dados

Análise multicritério é o conjunto de procedimentos de análise espacial que produzem novos dados a partir de funções de manipulação, aplicadas a um ou mais camadas de mapas, ou seja, a análise espacial utiliza operações

matemáticas sobre mapas. Para criação do mapa síntese, os elementos da álgebra de mapas associam a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal). Esta técnica pode ser utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em uma certa base de dados geográficos (DE JESUS; DIAS; SOARES CRUZ, 2012; FERREIRA, 2013; CAPOANE; COSTA; KUPLICH, 2017).

Tratando-se de um estudo que envolve múltiplas variáveis, a análise dos dados foi realizada através do cruzamento desses dados, por meio da álgebra de mapas. Um processo que consiste numa operação matemática de média ponderada, na qual se consideram os valores de impacto de cada variável e atribuindo pesos a cada uma de suas classes (SILVA LEAL; BARBOSA, 2019).

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho dos municípios da Região Metropolitana do Recife em relação aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos apontados no SNIS, através de análise multicritério em ambiente de Sistema de Informações Geográficas.

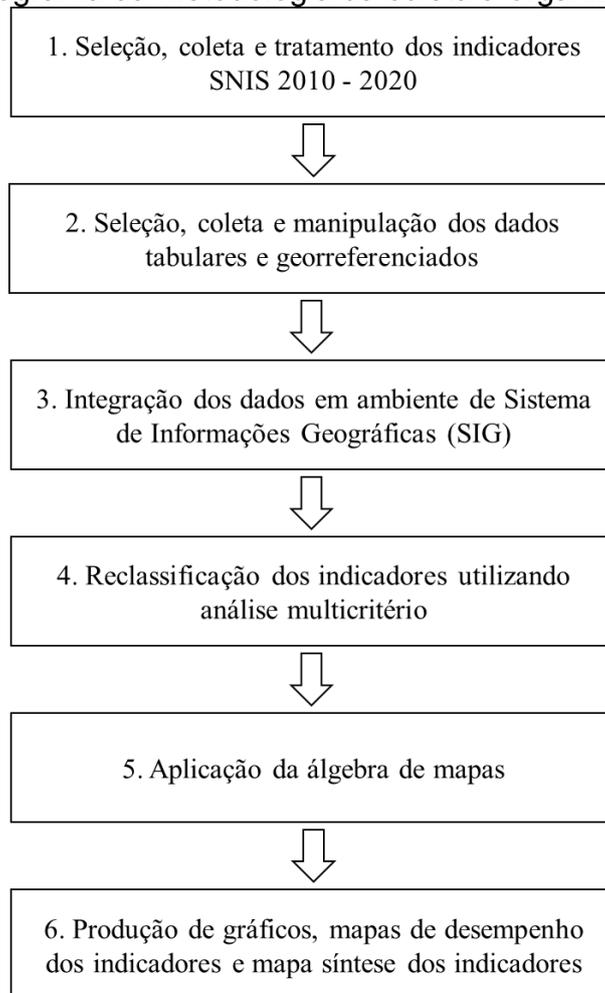
3.2 Objetivos Específicos

- Realizar a caracterização da Região Metropolitana de Recife.
- Selecionar e obter indicadores aplicados ao nível de região metropolitana e municipal.
- Realizar análise temporal (2010 a 2020) dos indicadores de saneamento básico do SNIS adotados nesta pesquisa.
- Realizar análise multicritério em ambiente Sistema de Informações Geográficas, com o cruzamento de camadas de informações para os indicadores adotados.
- Elaborar mapas temáticos de desempenho dos municípios da RMR em relação aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos apontados no SNIS, assim como elaborar mapa síntese desses indicadores.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa possui uma abordagem quantitativa, com objetivo de caráter descritivo/explicativo. Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foram realizadas as etapas metodológicas ordenadas abaixo.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia da coleta a organização dos dados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A Região Metropolitana de Recife (RMR) foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14, em 8 de junho de 1973. Segundo o IBGE (2010), possui uma população de 4.047.088 milhões de habitantes que vivem em 14 municípios. Entre 2000 e 2010, teve uma taxa de crescimento populacional de 1,01% ao ano, o que vem mantendo a RMR como 5ª região metropolitana mais populosa do Brasil, com uma densidade 1.325,89 habitantes/km², além de ser a terceira área

metropolitana mais densamente habitada do país. Possui localização central na faixa litorânea nordestina e situa-se em um espaço privilegiado da região, tanto por sua localização em relação ao mercado mundial, quanto pela sua centralidade em relação às demais capitais do Nordeste – principalmente Salvador e Fortaleza – das quais fica, aproximadamente, cerca de 820 km e 780 km, respectivamente, o que a deixou conhecida como capital do Nordeste.

A RMR, situada na extremidade leste de Pernambuco, compreende 14 municípios, sendo eles: Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, Igarassu, Abreu e Lima, Camaragibe, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata, Araçoiaba, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Moreno, Itapissuma e Recife. Juntos, totalizam uma área de 2.785,44 km² e representam cerca de 3,27% da área do território do estado pernambucano. Concentram 42% da população e mais da metade do PIB estadual, apresentando os melhores indicadores sociais e nível de escolaridade, bem como as maiores potencialidades e condições efetivas de crescimento de Pernambuco (PAZ *et al.*, 2018; IPEA, 2020).

4.2 Descrição dos Métodos

4.2.1 Seleção, coleta e tratamento dos indicadores do SNIS adotados

O conjunto de dados foi composta por informações secundários provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), disponível na plataforma digital do Painel de Informações sobre Saneamento mantido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. No Quadro 1 estão listados os indicadores e suas finalidades.

Quadro 1 - Descrição dos indicadores utilizados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

Código	Indicador	Sigla	Finalidade
IN055	Índice de atendimento total de água	PADA	Indica a parcela da população total (urbana e rural) efetivamente atendida por rede de abastecimento de água em relação à população total residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência
IN049	Índice de perdas na distribuição	IPAD	Expressa o percentual do volume total de água disponibilizado que não foi contabilizado (perdas aparentes) ou perdido (perdas reais) na distribuição
IN024	Índice de coleta de esgoto	PACE	Indica a parcela da população urbana que foi efetivamente atendida por rede coletora de esgoto (com ou sem tratamento) em relação à população urbana residente dos prestadores que responderam o SNIS, no ano de referência.
IN016	Índice de tratamento de esgoto	PATE	Expressa o percentual do volume de esgoto que foi submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto coletado por meio de rede.
IN015	Índice de coleta de resíduos da população total	PACR	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduo em relação à população total do município, expressa a relação entre população total atendida e a população total do município.

Fonte: SNIS (2022).

Todos os indicadores, listados anteriormente, foram obtidos para os 14 municípios inseridos na Região Metropolitana de Recife. Os dados coletados foram organizados em tabelas no Microsoft Excel, onde foram tabelados para elaboração dos gráficos para análise da evolução dos serviços e, posteriormente, inseridos em um *software* de Sistema de Informações Geográficas, a fim, de produzir camadas de informações capazes de subsidiar a análise multicritério.

Os indicadores foram selecionados em função de sua disponibilidade e da sua relevância no monitoramento da sustentabilidade municipal, visto que compuseram o caderno sobre “Indicadores de Desenvolvimento Sustentável” (IBGE, 2015), como também, por terem sido utilizados nos estudos de Carvalho *et al.* (2004), Magalhães Jr. (2010) e Oliveira e Barbosa (2017).

4.3 Obtenção do Banco de Dados

Para obtenção dos dados utilizados na pesquisa, foi realizada consulta às bases de dados referentes aos municípios da Região Metropolitana de Recife (RMR). No Quadro 2 são listados os dados, tipo, fonte de origem e o ano de obtenção.

Quadro 2 - Tipos e fontes de aquisições de outros dados.

Dado	Tipo	Fonte	Ano de referência
Base cartográfica municipal	Arquivo vetorial	Malha de setores - IBGE	2020
Unidades de planejamento hídrico	Arquivo vetorial	ANA	2018
Hidrografia	Arquivo vetorial	SNIRH	2020
PIB per capita	Arquivo tabular	IBGE	2020
Densidade demográfica	Arquivo tabular	BDE - PE	2020
Microrregiões de desenvolvimento do estado	Arquivo tabular	IBGE	2020
Indicadores do saneamento básico	Arquivo tabular	SNIS	2010 - 2020

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4 Integração dos dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG)

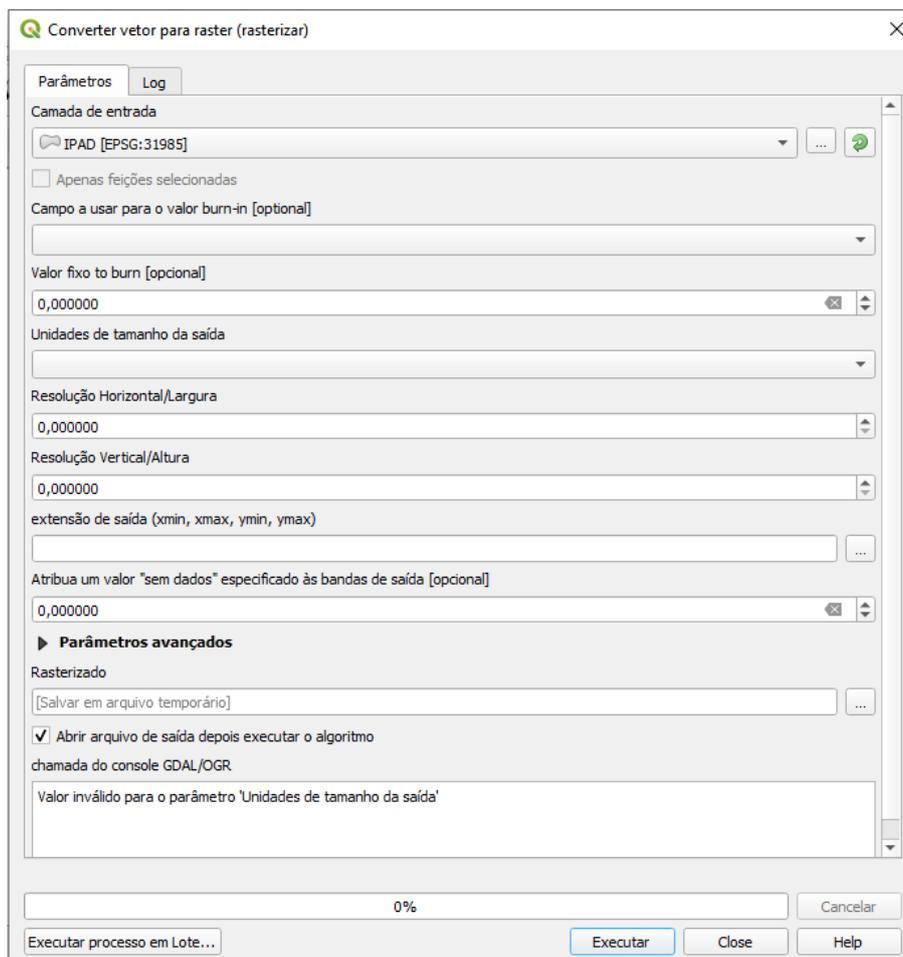
Após toda aquisição dos dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa, foram adicionadas ao ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), onde as informações tabulares e geográficas puderam ser manipuladas seguindo as metodologias explicadas a seguir:

4.4.1 Conversão dos arquivos

Todos os dados foram organizados num BDG e tratados no *software* QGIS versão 3.10.10, um *software* livre de código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica, utilizando a projeção transversa de mercator – Zona 25S e Datum SIRGAS 2000.

Através da ferramenta *join*, os dados tabulares foram adicionados à tabela de atributos do *shapefile*, que representa os municípios da RMR. Posteriormente a isto, foi realizada a conversão de arquivo vetorial para matricial. Ressalta-se que durante este processo de conversão vetor para *raster*, o campo selecionado foi a coluna da tabela de atributos para a qual se desejava realizar a conversão, conforme mostra “campo a usar para o valor *burn in*” na Figura 2. Desta forma, o processo foi repetido para os 5 (cinco) indicadores para todos os anos definidos para o estudo (2010 a 2020).

Figura 2 - Janela de configuração dos parâmetros de conversão dos arquivos vetorial para *raster* no ambiente Sistema de Informações Geográficas



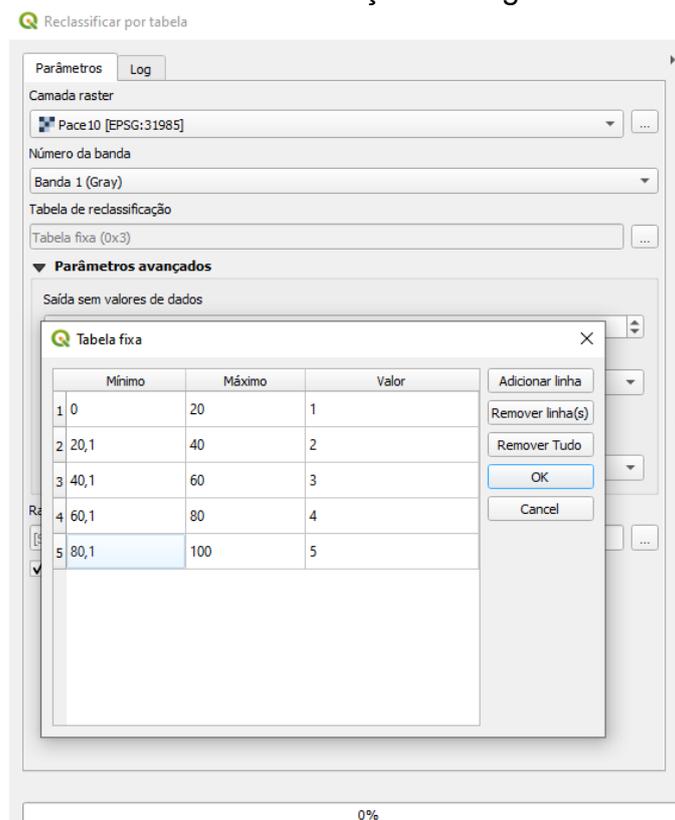
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4.2 Reclassificação das variáveis

A reclassificação de arquivos *raster* consiste em alterar os valores das células do arquivo para valores alternativos, havendo, atualmente, uma variada disponibilidade de métodos para se chegar a este fim, desde que se tenham critérios pré-estabelecidos. No presente trabalho, a Reclassificação foi realizada utilizando-se a análise multicritério, onde na operação “Reclassificar por tabela”, foi inserido uma escala de valor de 1 a 5, sendo 1 atribuído à classe que indicava situação mais crítica (correspondente aos valores de 0 a 20%) e 5, àquela que denotava a melhor situação (correspondente aos valores de 80,1 a 100%) para determinado indicador, como mostra Figura 3. Este procedimento foi repetido para 4 (quatro) dos 5 (cinco) arquivos *raster*, excetuando aquele referente ao Índice de perdas de água na distribuição (IPAD), onde a relação é inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o valor, melhor o desempenho.

Essa operação foi realizada através da ferramenta “Reclassificar por tabela” selecionando-se a guia “Análise de dados *raster*” na Caixa de Ferramentas de Processamento do QGIS, aplicando-se o método de classificação “intervalo idêntico”. Desse modo, os valores dos dados foram divididos em cinco intervalos de tamanhos iguais, gerados automaticamente pelo QGIS.

Figura 3 - Janela de configuração dos valores de reclassificação no ambiente Sistema de Informações Geográficas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4.3 Álgebra de mapas

A álgebra de mapas é o conjunto de procedimentos de análise espacial, que tem por objetivo produzir um novo dado a partir de operações matemáticas aplicadas a dois ou mais camadas de informações. Os elementos da álgebra de mapas associam a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal).

Nesta etapa do estudo, as camadas de informações contendo indicadores foram combinadas para formar o mapa síntese final, com a integração de todas

elas. Definiu-se que os indicadores possuem igual importância para a análise e, portanto, os pesos foram distribuídos igualmente entre eles, resultando num peso igualitário de 0,20 para cada indicador. De posse dos *rasters* reclassificados, procedeu-se com a álgebra de mapas, realizada através da calculadora *raster* na Caixa de Ferramentas. Para este trabalho, o cálculo de álgebra foi realizado a partir da integração de 5 indicadores: População atendida por distribuição de água (PADA), Índice de perdas de água na distribuição (IPAD), População atendida por coleta de esgoto (PACE), População atendida por tratamento de esgoto (PATE), População atendida por coleta de resíduos (PACR), conforme equação abaixo:

$$\text{Mapa Síntese} = \text{PADA} \times 0,20 + \text{IPAD} \times 0,20 + \text{PACE} \times 0,20 + \text{PATE} \times 0,20 + \text{PACR} \times 0,20 \quad (\text{Equação 1})$$

4.5 Elaboração de mapas temáticos de desempenho dos municípios da RMR e mapa síntese

Os mapas temáticos são representações gráficas da superfície terrestre e suas formas, ilustrando dados, atividades ou fenômenos naturais e artificiais, permitindo descrever e designar os diferentes aspectos espaciais sobre um determinado espaço geográfico de acordo com critérios e metodologias preestabelecidos. Apresentam formas distintas de leitura e interpretações da realidade, ofertando ao seu leitor uma melhor visualização das manifestações sociais, ambientais, políticas e culturais de uma região. A produção de mapas temáticos para cada indicador teve por objetivo elaborar um mapa síntese, no qual as informações com todos os indicadores estão apresentadas concisamente em uma única representação gráfica, ou seja, em um único mapa. Para a produção dos mapas temáticos e o mapa síntese deste trabalho foi utilizado o compositor de impressão do QGIS.

Após a realização da álgebra de mapas, foi produzido o mapa síntese com intervalos de classes de acordo com as somas das categorias por tema trabalhado, gerando intervalo de valores correspondente as classes de apresentação da porcentagem do desempenho (Quadro 3).

Quadro 3 – Escala de cores utilizada para a representação do desempenho dos indicadores nos municípios da RMR no mapa síntese dos indicadores

Porcentagem de cobertura do serviço	Coloração	Desempenho
0 – 20 %		Muito baixo
20,1 a 40 %		Baixo
40,1 a 60 %		Médio
60,1 a 80 %		Bom
80,1 a 100 %		Ótimo

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

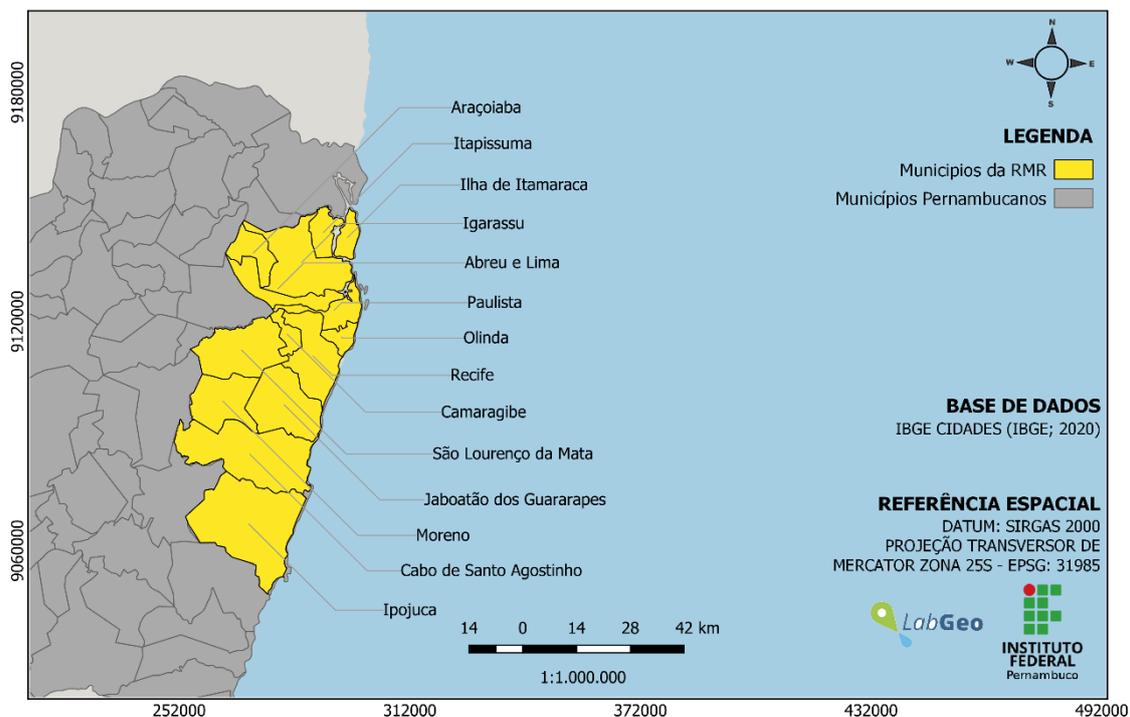
5 RESULTADOS E ANÁLISE

A partir da realização de todas as etapas metodológicas descritas, foi possível prosseguir com a execução do trabalho, para se chegar aos resultados finais, como a criação dos gráficos de análise, seguindo-se da elaboração dos mapas temáticos para os indicadores e para o mapa síntese. Foi observado o desempenho dos indicadores para os municípios da Região Metropolitana de Recife, deste modo, alcançando os resultados destrinchados abaixo.

5.1 Caracterização da Região Metropolitana de Recife

Os mapas temáticos gerados no ambiente de SIG possibilitaram a visualização de todo o conteúdo inserido no banco de dados de forma simplificada. Deste modo, foi possível analisar a realidade de cada um dos municípios que fazem parte da Região Metropolitana de Recife, assim como compreender o desempenho de cada um em relação ao conjunto de indicadores utilizados no trabalho. A Figura 4 demonstra a localização dos municípios analisados.

Figura 4 - Mapa de localização da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco

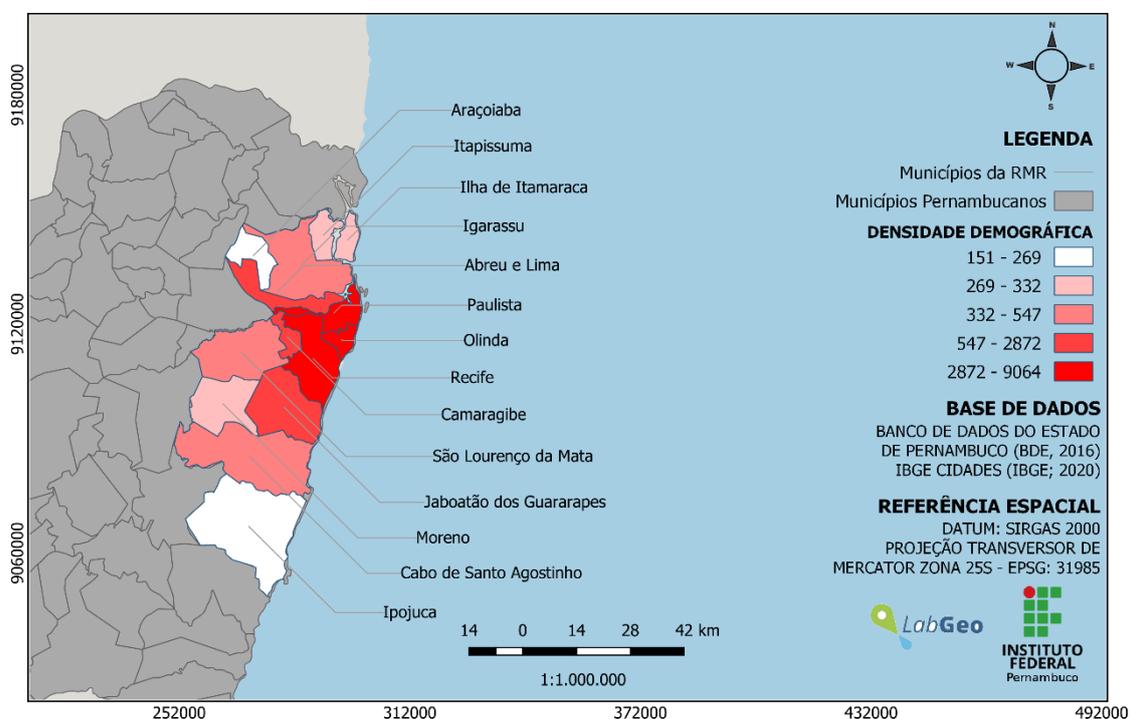


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.1.1 Densidade populacional

A mesorregião metropolitana de Pernambuco, na área de influência de Recife, possui 41,9% da população do estado. Os municípios com maior densidade populacional são Recife, Olinda e Paulista, que possuem uma população de acima de 300 mil habitantes, seguidos de Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe e Abreu e Lima (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de densidade demográfica da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco



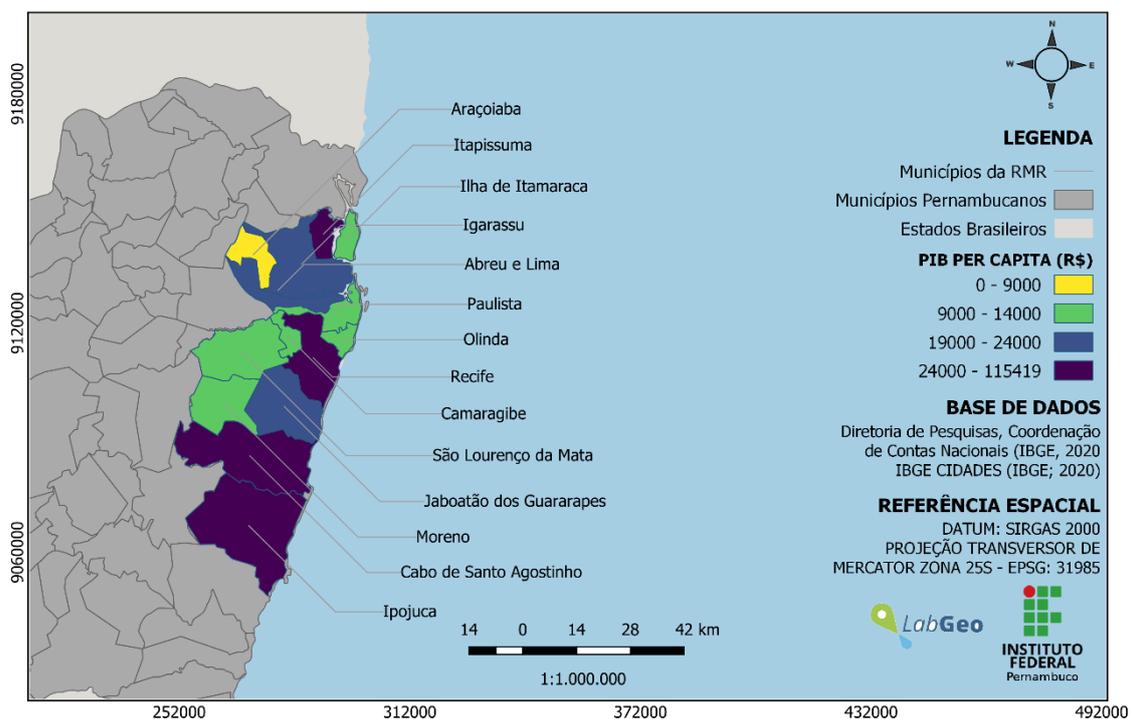
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.1.2 Produto Interno Bruto per capita

O PIB, isoladamente, não representa como a riqueza gerada está sendo distribuída entre a população residente na região. Para isso, utilizou-se o PIB per capita, que representa o PIB dividido pela população residente nas cidades e, assim, melhor representa a distribuição de renda na RMR (Figura 6). Desde o início dos anos 2000, há uma redistribuição na participação dos PIB, já que novos atores surgiram na economia e durante as duas últimas décadas se fortaleceram como protagonistas do atual dinamismo regional metropolitano, tais

como: Complexo Industrial e Portuário de Suape; e a implementação do distrito industrial nos municípios de Goiana e de Itapissuma, abrangendo conglomerado de indústrias correlatas a montadoras e siderúrgicas. Além disso, a posição geográfica favorece a grande movimentação turística durante todo ano, sendo uma das capitais e regiões metropolitanas mais visitadas da região nordeste (BANCO DO NORDESTE, 2015).

Figura 6 - Mapa da distribuição do PIB per capita da Região Metropolitana de Recife/Pernambuco

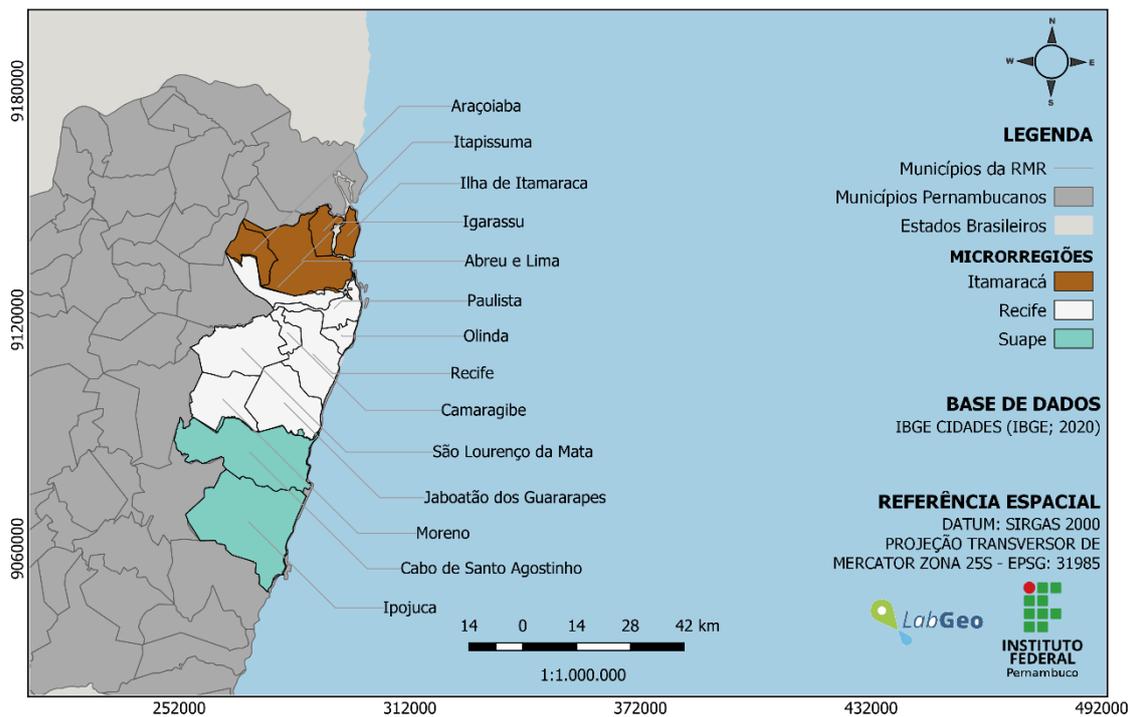


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.1.3 Microrregiões de desenvolvimento

A regionalização federal de Pernambuco, em meso e microrregiões geográficas, obedece aos critérios estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de acordo com esse processo de divisão resultou em uma divisão do Estado em cinco Mesorregiões. A mesorregião Metropolitana do Recife compreende quatro microrregiões e 14 municípios, tendo uma área de 2,8 mil km², correspondendo a 2,8% do território pernambucano (Figura 7).

Figura 7 - Mapa das microrregiões de desenvolvimento do estado de Pernambuco.

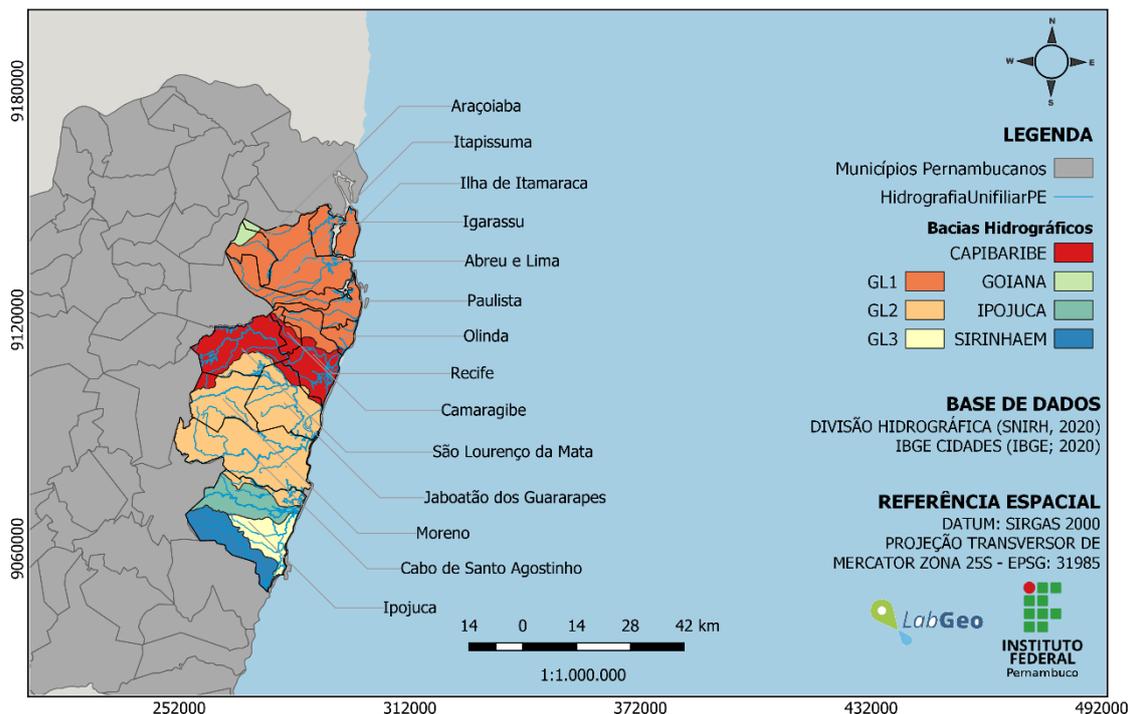


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.1.4 Rede Hidrográfica

Na RMR existem 6 bacias hidrográficas que desaguam em sua faixa litorânea (Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Grupos Litorâneos 1 - GL1, Grupos Litorâneos 2 - GL2, e Grupos Litorâneos 3 - GL3); enquanto a bacia Goiana ocupa parcialmente os territórios de Araçoiaba e Igarassu, mas desagua na Região de desenvolvimento da Mata Norte, conforme apresenta a Figura 8 (PAZ *et al.*, 2018).

Figura 8 - Rede hidrográfica e bacias hidrográficas presente na Região Metropolitana de Recife/Pernambuco



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2 Mapas de análise temporal (2010 a 2020) dos indicadores de saneamento básico do SNIS

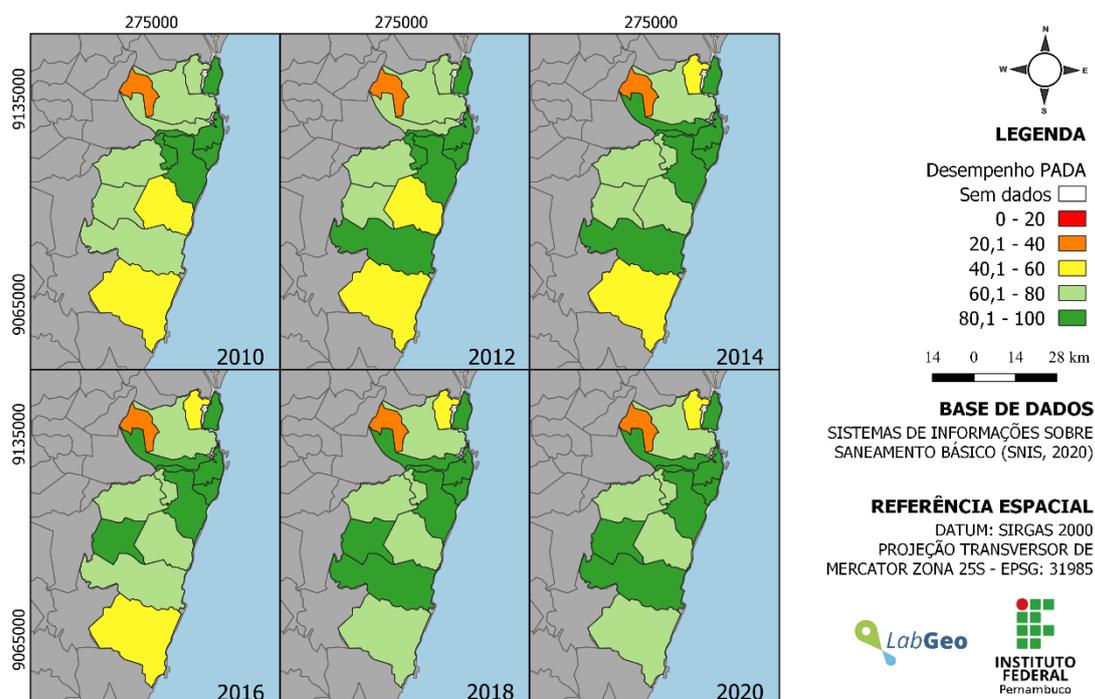
A partir da realização das etapas de pesquisas, coleta, tratamento e organização dos dados, também foi possível acompanhar a evolução da média anual de cada índice estudado.

5.2.1 População atendida pela distribuição de água

No primeiro indicador, que trata da População atendida por distribuição de água (PADA) apresentado na Figura 9, apenas sete municípios apresentaram o maior percentual de cobertura, sendo considerado um “Ótimo” desempenho. Destacam-se, neste sentido, os municípios Moreno, Cabo de Santo Agostinho, Recife, Olinda, Paulista, Abreu e Lima e Ilha de Itamaracá com 80,1 a 100% da população atendida pelo serviço. Contrapondo-se a esse resultado, merecem atenção os municípios de Araçoiaba e Itapissuma, que apresentaram desempenho “Baixo” (faixa de 20,1 – 40%) e “Médio” (faixa de 40,1 – 60%)

respectivamente, que se mostraram com os menores percentuais para o indicador em questão.

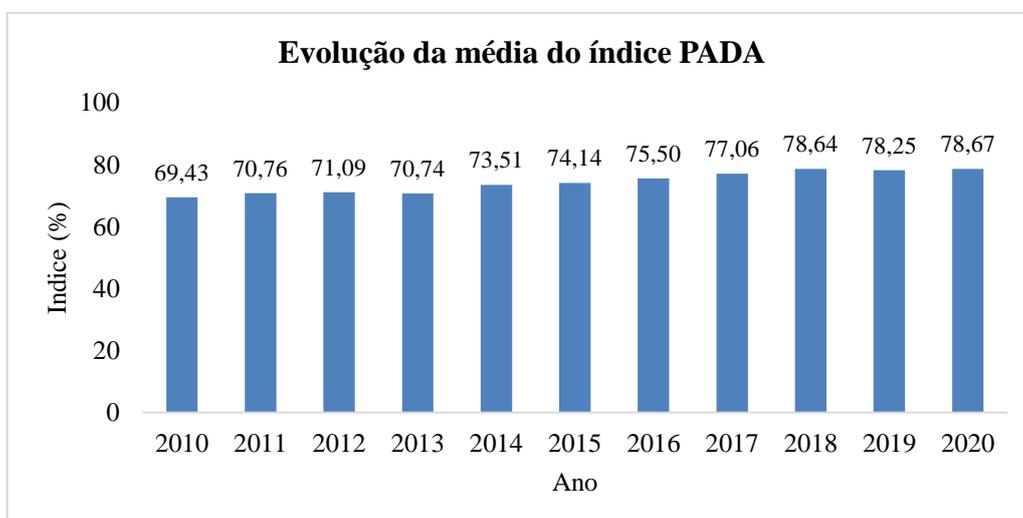
Figura 9 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Distribuição de Água na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tratando-se da média anual, é observado um leve crescimento com uma taxa de 9,24% na relação entre o primeiro e último ano amostrado, o que representa um baixo crescimento de 0.924% ao ano (Figura 10).

Figura 10 - Desempenho médio anual do indicador PADA na Região Metropolitana de Recife



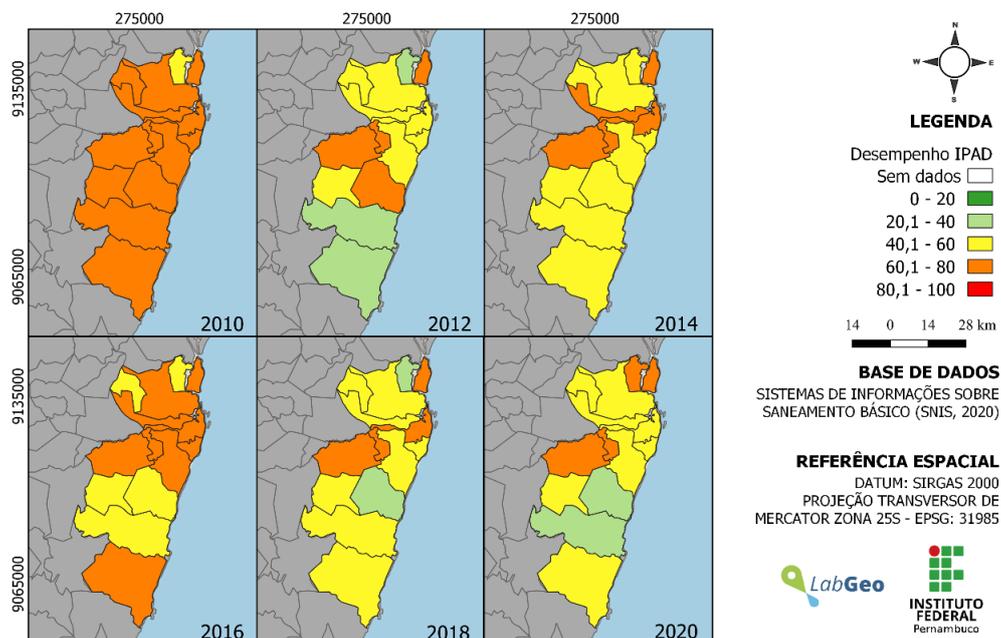
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

O acesso à água potável é fundamental para assegurar boas condições de saúde e higiene a população. Apresenta-se também como um dos principais indicadores dos objetivos do desenvolvimento sustentável, importante para a caracterização da qualidade de vida da população e para o acompanhamento de políticas públicas de saneamento ambiental.

5.2.2 Índice de perdas de água na distribuição

Se tratando do índice de perdas de água, podemos destacar o desempenho de Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho. Esses municípios apresentaram uma melhoria minimamente satisfatória ao longo dos 10 anos, atingindo um desempenho considerado “Bom”, ou seja, com perdas de água que giram em torno de 20,1% a 40%. Destacam-se negativamente os municípios de Camaragibe, Ilha de Itamaracá, Itapissuma e São Lourenço da Mata, que não apresentaram evolução dos dados e mantiveram um desempenho considerado “Muito baixo” em todos os anos amostrados, exceto Itapissuma que apresentou variações ao longo dos anos. Os demais municípios não apresentaram mudanças significativas, alternando o desempenho de “Baixo” para “Médio” (Figura 11).

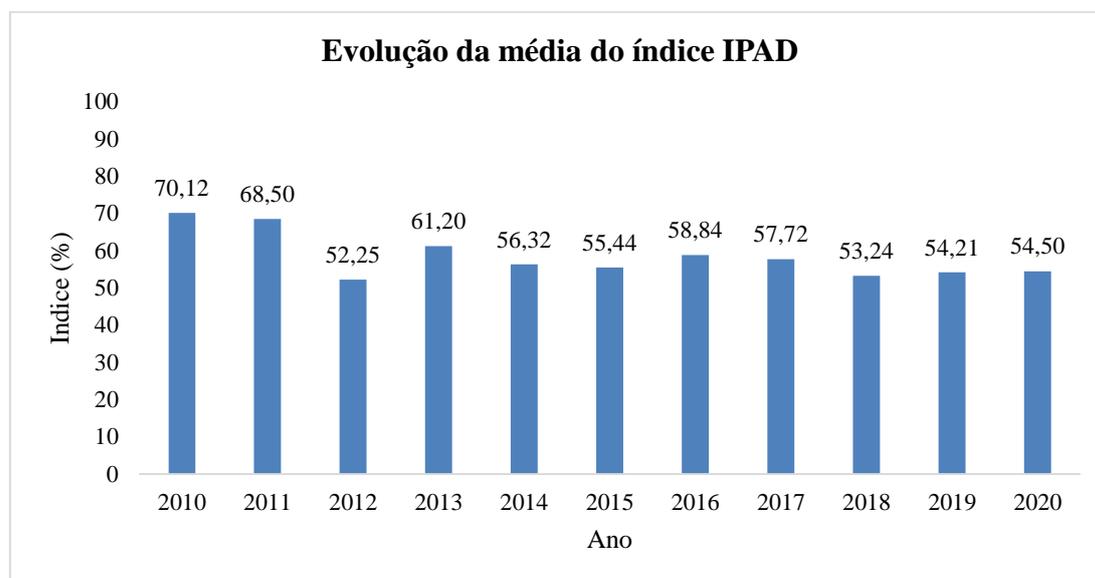
Figura 11 - Desempenho bianual do Índice de Perdas de Água na Distribuição na Região Metropolitana de Recife.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

De modo macro, é observado na Figura 12 uma tímida evolução nas perdas de água na distribuição na RMR para a década analisado. Os valores observados para o indicador apresentaram uma redução nas perdas, mas demonstraram instabilidade e aumento em outros anos, indicando a necessidade de maiores esforços visando à diminuição das perdas. Ainda é possível observar que a média do último indicador auferido é de 54,50%. Tal valor é superior à média nacional divulgada no SNIS de 2020, que foi de 40,14%.

Figura 12 - Desempenho médio anual do indicador Índice de Perdas de Água na Distribuição na Região Metropolitana de Recife



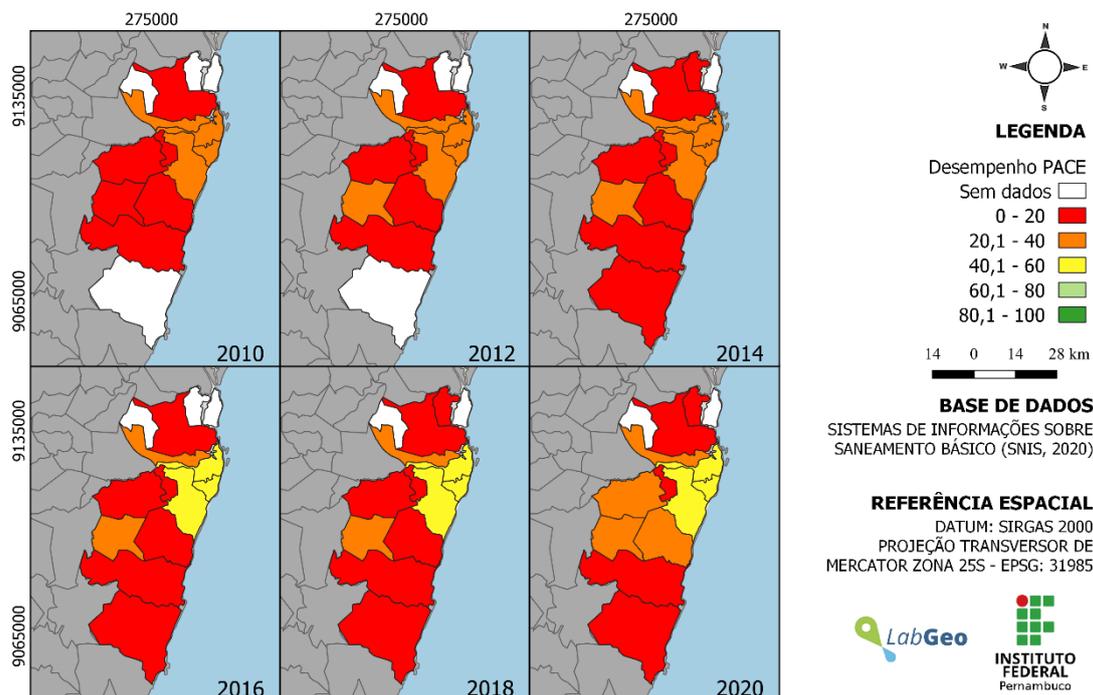
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

No sistema de abastecimento, há perdas de água em decorrência de várias causas, como, por exemplo: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Estes desperdícios trazem impactos negativos ao meio ambiente, à receita e aos custos de produção das empresas, onerando o todo o sistema e, conseqüentemente, afetando a todos os usuários do recurso. Portanto, considera-se um índice relevante para medir a eficiência dos prestadores de serviço (TRATA BRASIL, 2022).

5.2.3 População atendida pela coleta de esgoto

O indicador representa a proporção da população total (urbana e rural) com acesso a esgotamento sanitário adequado no domicílio. Observa-se que nenhum dos municípios está coberto por este serviço de maneira satisfatória, visto que apenas três deles - Recife, Olinda e Paulista – tem, atualmente, uma cobertura de coleta entre 40,1% e 60%, considerado “Médio”. Dos demais municípios, dois apresentaram um “Baixo” desempenho e oito deles apresentaram um desempenho considerado “Muito baixo”, o que corresponde a uma taxa de cobertura entre 0 e 20%. Os municípios de Araçoiaba e Ilha de Itamaracá, até a data de coleta dos dados, não apresentaram dados referentes ao indicador (Figura 13).

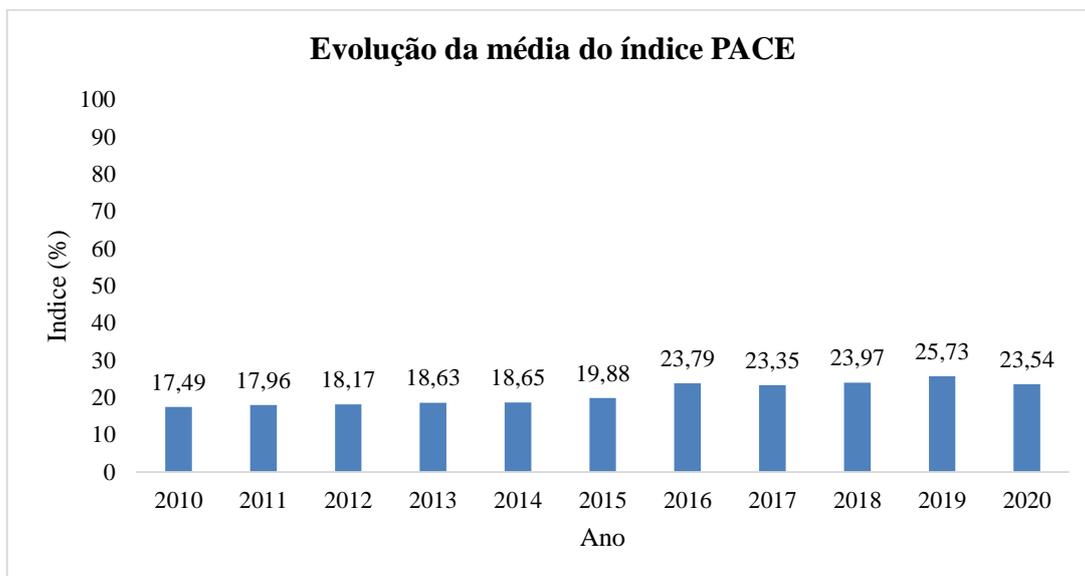
Figura 13 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Coleta de Esgoto na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Sob a perspectiva da Região Metropolitana, nas médias anuais ao longo do período analisado, é notável que não houve nenhuma evolução significativa nos indicadores de coleta de esgoto. Pelo contrário, a tendência é de estagnação, com raras exceções. Pode-se inclusive constatar que o dado observado ao final do período (2020) é inferior àquele constatado cinco anos antes (2016) como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pela Coleta de Esgoto na Região Metropolitana de Recife



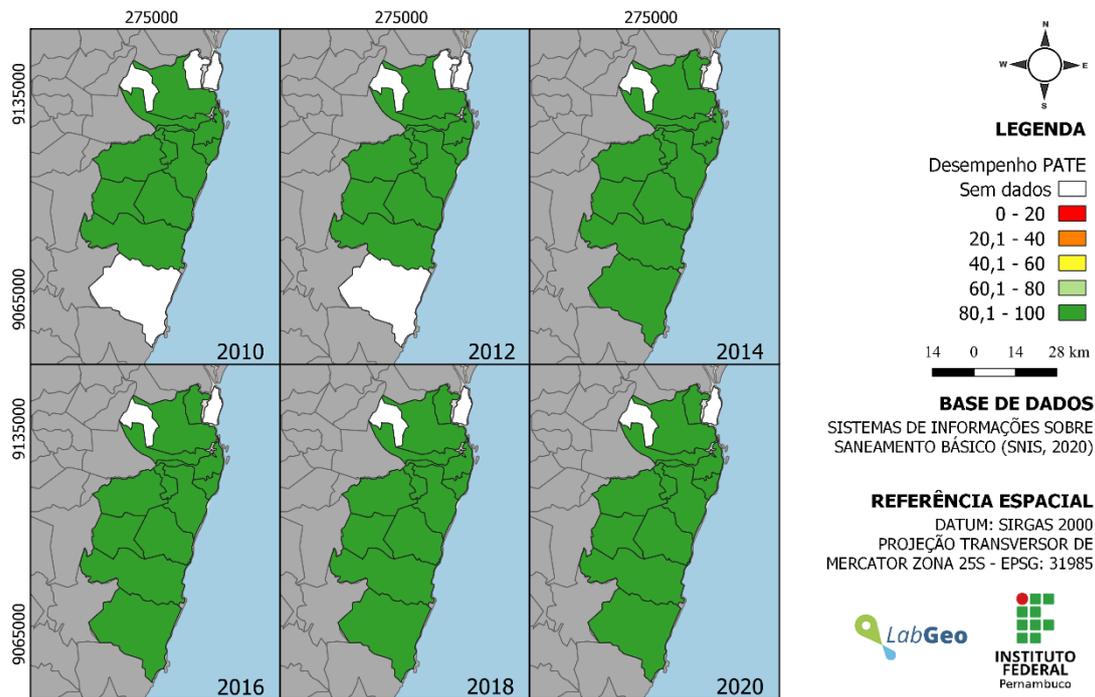
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

O acesso às redes de esgotamento sanitário é fundamental para a garantia das boas condições de saúde da população humana, pois possibilita o controle de vetores e a redução dos casos de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). Porém, os resultados evidenciam uma grave ineficácia do serviço de coleta de esgoto, o que implica dizer que a maior parte desses resíduos são lançados sem tratamento adequado nos corpos hídricos ou no próprio ambiente urbano.

5.2.4 População atendida pelo tratamento de esgoto

Deve-se notar que a situação do tratamento do esgoto coletado apresenta uma homogeneidade quando se comparam seus diversos municípios, excetuando-se dois, que até o último ano amostrado não disponibilizaram dados, os outros doze municípios apresentam desempenho entre 80,1 e 100% de cobertura do referente serviço (Figura 15).

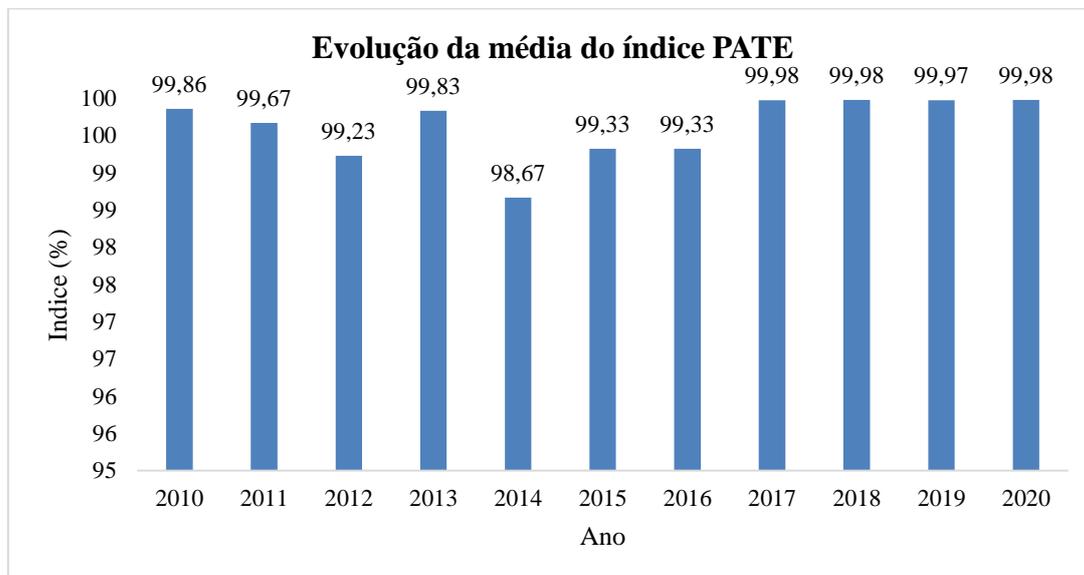
Figura 15 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pelo Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao realizar uma análise mais detalhada, observando a média anual do indicador a nível metropolitano, a tendência de homogeneidade observada no mapa anterior é mantida, observando uma maior estabilidade dos dados médios para os últimos quatro anos (Figura 16).

Figura 16 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pelo Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

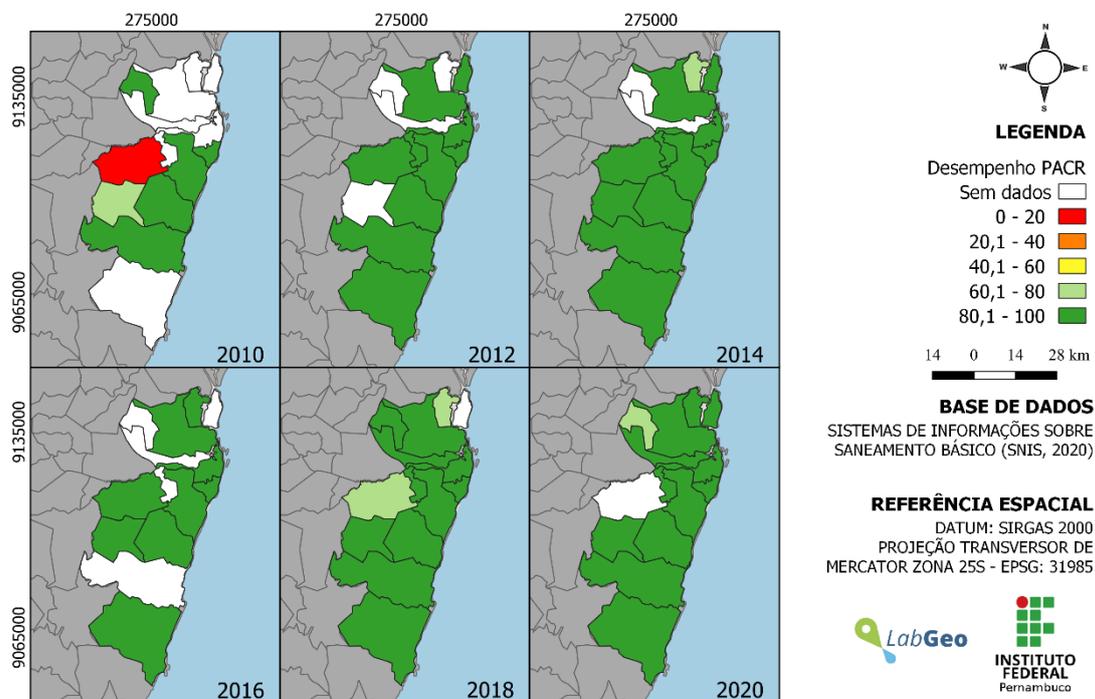
Embora a coleta dos esgotos residenciais traga significativa melhoria da qualidade ambiental do entorno imediato das áreas residenciais, por si só não é capaz de eliminar os efeitos ambientais nocivos decorrentes do lançamento de esgotos em corpos d'água. Por esta razão, o tratamento do esgoto coletado é condição essencial para a preservação da qualidade de vida e qualidade da água dos corpos d'água receptores, para a proteção da população e das atividades que envolvem outros usos dessas águas. Como, por exemplo, abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, aquicultura e recreação, como previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Importante reforçar que o indicador deste tópico se refere ao volume de esgoto submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto coletado por meio da rede pública, e não em relação a população total do município atendida. Vale destacar também, que a utilizado deste indicador, em conjunto com o indicador PACE, configura o melhor parâmetro para avaliação dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, visto que nos permite expor os contrapontos entre os dois cenários, do que é tratado e do que é efetivamente coletado.

5.2.5 População atendida pela coleta de resíduos

Observa-se na Figura 17 que a maioria dos municípios possui de 80,1 a 100% ou de 60,1 a 80% de cobertura desse serviço. Contudo, 1 município se destaca negativamente por não apresentar dados.

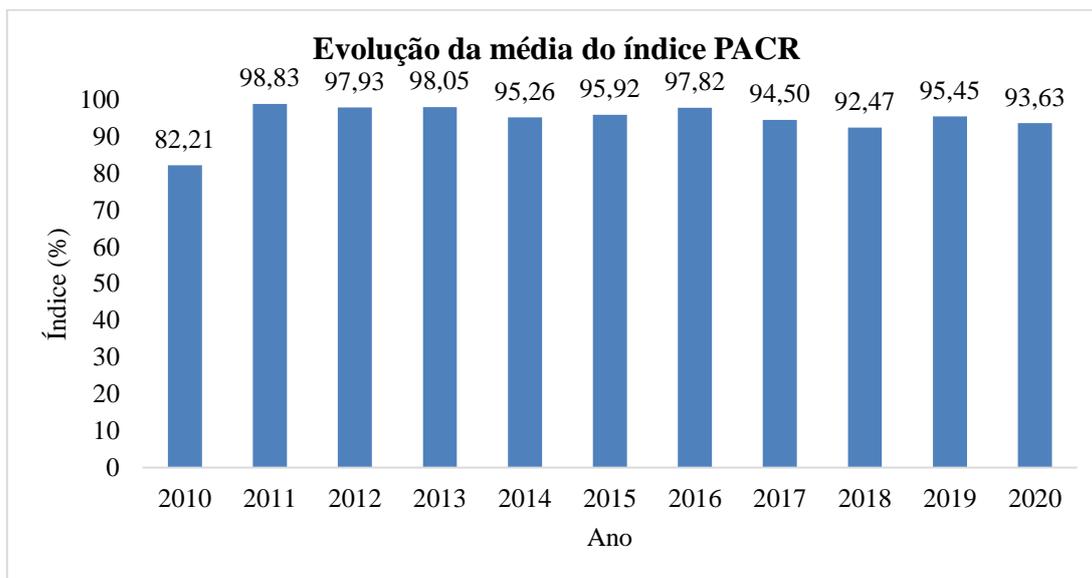
Figura 17 - Desempenho bianual do indicador População Atendida pela Coleta de Resíduos na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observando a média dos dados para a RMR, nota-se uma leve queda da cobertura dos serviços nos últimos 4 anos (Figura 18).

Figura 18 - Desempenho médio anual do indicador População Atendida pela Coleta de Resíduos na Região Metropolitana de Recife



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados na plataforma SNIS (2022).

Informações sobre a coleta de lixo produzido são de extrema importância, pois fornece um indicador que pode ser associado à questão do saneamento básico, à saúde da população e à proteção do meio ambiente. Resíduos não coletados ou dispostos de forma inadequada favorecem a proliferação de vetores de doenças, bem como a contaminação do solo e águas. E, por fim, a coleta deficiente de resíduos sólidos pode catalisar eventos de enchentes e inundações, as quais acabam afetando, principalmente, populações periféricas.

Destaca-se, ainda, que em relação aos resíduos sólidos tem-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 que se articula diretamente com a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei nº 11.445, de 2007 e juntas integram a Política Nacional do Meio Ambiente, que define os critérios, diretrizes e procedimentos para gestão desses resíduos.

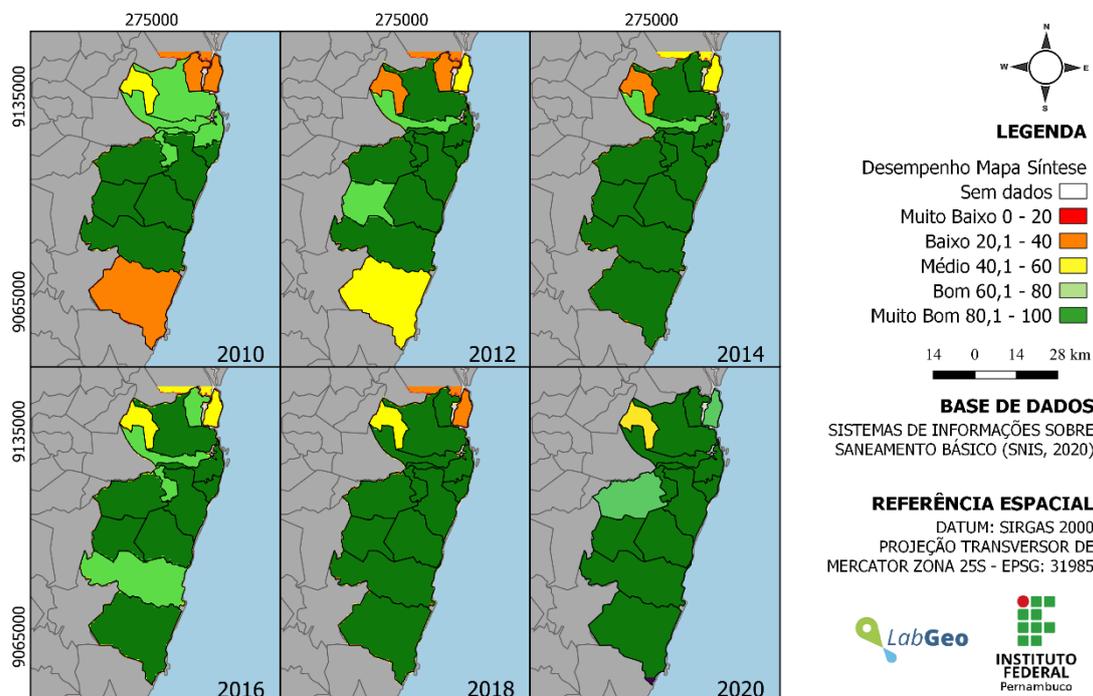
Em 2010, a PNRS previu acabar com os locais de descarte irregular em quatro anos. Já em 2020, passados 10 anos da lei, houve a aprovação do Marco Legal do Saneamento Básico, que prorrogou o prazo em capitais e regiões metropolitanas para 2021, e em cidades com menos de 50 mil moradores, para 2024; prazo que recebeu novo adiamento após a publicação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares (BRASIL, 2022), prevê acabar com os lixões e aterros controlados nos próximos dois anos. Além disso, prevê reciclar ou

recuperar 48,1% dos resíduos sólidos urbanos gerados até 2040; uma taxa que hoje é de apenas 2%.

5.3 Mapa de análise multicritério em ambiente sistema de informações geográficas

Em relação a análise multicritério, o mapa síntese gerado possibilitou a visualização de todos os indicadores de forma única, de modo que é possível compreender o desempenho geral de cada um dos municípios que fazem parte do território da RMR ao longo do período. Observa-se na Figura 19 que boa parte dos municípios vem apresentando pequenas evoluções, mesmo que não uniforme, com desempenhos que performam do médio a muito bom, apresentando pequenas variações a exemplo do Cabo de Santo Agostinho (2016); Ilha de Itamaracá (2018) e São Lourenço da Mata (2020). Vale salientar que a análise dos cinco indicadores de forma única fornece uma síntese do desempenho geral do município.

Figura 19 - Desempenho bianual da síntese dos indicadores na Região Metropolitana de Recife - 2010 a 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Cabe destacar que, apesar de algumas melhoras, o indicador relacionado ao saneamento básico precisa melhorar, sendo necessário ações voltadas a implementação de políticas públicas voltadas para esse indicador. Ainda vale ressaltar, que os municípios pertencentes a RMR apresentou um desempenho médio, requerendo maior atenção do governo para questões, como, por exemplo, de perda de água e coleta de lixo.

6 CONSIDERAÇÕES

Tendo em vista o que foi analisado, pode-se inferir que o panorama socioambiental estadual, em particular em relação aos indicadores de saneamento básico na Região Metropolitana de Recife, não evoluiu significativamente no período estudado. Embora alguns indicadores econômicos apresentassem crescimento, indicadores dos serviços de saneamento básico não acompanharam este ritmo, demonstrando um desequilíbrio entre crescimento e qualidade de vida dos munícipes. Levando-se em conta o déficit social existente e as mudanças demográficas e econômicas ocorridas em Pernambuco nas últimas décadas, será de grande importância que o poder público invista no fortalecimento das políticas públicas voltados ao saneamento básico, a fim de alcançar a sua universalização.

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que os municípios apresentaram alguns déficits de caráter crônico em relação à prestação de serviços ao longo dos anos. Com os dados apresentados nesse estudo, fica evidente que é preciso alcançar uma melhor distribuição da água, evitar perdas de água tão elevadas, cuidar melhor das estruturas do esgotamento sanitário e planejar de forma eficiente o gerenciamento dos resíduos sólidos. Garantir a eficiência e universalização dos serviços passam por alternativas que envolve: manutenção periódica nas redes de distribuição; maior automação dos sistemas; implementação de tecnologias de inteligência artificial; implantação de sistema comercial adequado; e combate às fraudes.

É importante enfatizar que, além das soluções técnicas e administrativas, o estado precisa adotar políticas públicas assistencialistas eficientes para mitigar os efeitos desse cenário sobre a população. Todavia, o planejamento e investimentos em saneamento básico devem atender a requisitos legais, técnicos, ambientais, sociais e econômicos, de forma que se solidifique o conceito dos objetivos do desenvolvimento sustentável.

A aplicação dos indicadores SNIS permitiu identificar, bem como acompanhar a evolução do desempenho do saneamento básico. A análise dos indicadores de forma conjunta, por meio da álgebra de mapas; e de forma segregada analisando-os individualmente retratou o desempenho geral da região; ressalta-se que indicadores relativos a drenagem urbana também traria

significantes contribuições na construção deste trabalho, porém não havia disponibilizados dados completos para o período recortado, o que poderia comprometer a metodologia utilizada. Vale destacar que os dados disponibilizados no SNIS são autodeclarados pelos próprios municípios ou prestadores de serviços, e diante desse fato, ressalta-se a importância da transparência na gestão das informações e atuação constante dos órgãos fiscalizadores da prestação dos serviços de saneamento, representados pelas respectivas agências reguladoras e fiscalizadoras.

Ao caracterizar os indicadores de saneamento básico da Região Metropolitana do Recife, este estudo visou contribuir para o enfrentamento dos desafios envolvendo o desenvolvimento dos municípios, a superação de desigualdades socioespaciais e ao fortalecimento de governanças democráticas da sociedade, que se apresentam no nível local, bem como no nível regional, visto que muitos dos problemas identificados neste estudo são decorrentes em outros municípios e outros estados do nosso país.

Por fim, o uso do Sistema de Informações Geográficas constituiu-se uma significativa ferramenta de suporte às análises realizadas, proporcionando confiabilidade nos resultados, facilidade no manuseio e agilidade na execução do processamento dos dados. A análise com álgebra de mapas permitiu combinar variáveis, caracterizar, agrupar e classificar municípios que apresentaram baixo desempenho dos serviços. Dessa maneira, possibilitou análises comparativas diversas, proporcionando uma melhor visualização da realidade, com metodologias de análise que poderão ser replicados e dando suporte à tomada de decisão futura.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75 p. ISBN: 978-85-8210-057-8 Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-Publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

BANCO DO NORDESTE. **Perfil socioeconômico de Pernambuco**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2015. ISBN: 978-85-7791-249-0.

BEEKHUIZEN, L.S. **Indicadores socioambientais do município de Mangaratiba**: Mapeamento, diagnóstico e análise por geoprocessamento. 2019. Monografia (Bacharelado em Ciência Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2019.

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

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Casa Civil, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 10 ago. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares** [recurso eletrônico]. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 10 set. 2022.

CALDO, L.A.; MAGALHAES FILHO, F.J.C. SIG aplicado ao uso de indicadores de saneamento em municípios da Bacia do Alto Paraguai. 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro, **Anais...**, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 485-495, 2014.

CAPOANE, V; COSTA, L.F.F.; KUPLICH, T.M. Identificação Das Áreas Susceptíveis a Transferência De Poluentes Para Os Sistemas Aquáticos Utilizando Álgebra De Mapas. **Caminhos de Geografia**, v. 16, p. 114-124, 2017. DOI: 10.14393/rcg186210.

CARVALHO, I.; PEPLAU, G.R.; CARVALHO, G.S.; PEDROSA, V.A. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais...**, 2004.

CAMPOS, M.V.C.V.; RIBEIRO, M.M.R.; VIEIRA, Z.M.C.L. A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 209-222, 2014.

CIRILO, J.A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, n. 106, p. 45-58, set. 2015.

DE JESUS, C.F.P.; DIAS, N.W.; SOARES CRUZ, M.A. Vulnerabilidade socioambiental na bacia do rio Japarutuba em Sergipe a partir da álgebra de mapas. VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - Geonordeste, Aracaju, SE, 26 a 30 de novembro, **Anais...**, 2012.

FERREIRA, I.L. **O Geoprocessamento na gestão de Recursos Hídricos: a análise espacial na proposta de enquadramento dos corpos de água**. 2013. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa de população - 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_20160913.pdf. Acesso em: 09 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil: 2015. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais e Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p. ISSN: 1517-1450.

_____. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

_____. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 8 fev. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). O Processo de Contratação e Elaboração do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Recife. **Projeto Governança Metropolitana no Brasil**. Relatório de Pesquisa, Brasília, 2020.

KHANNA, N. Measuring environmental quality: an index of pollution. **Ecological Economics**, v. 35, n. 2, p. 191-202, 2000.

LEONETI, A.B.; PRADO, E.L.; OLIVEIRA, S.V.W.B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

MAGALHÃES JR, A.P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2010.

MELO, F.; SILVA FILHO, J.; ANDRADE, S.; VIEIRA, Z. Análise do saneamento básico e saúde pública na cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 74-78, 2017.

MIRANDA, A.B.; TEIXEIRA, B.A.N.; indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 269, n. 4, p. 269-279, 2004.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M. **Referencial básico para a construção de um sistema de indicadores urbanos**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1997.

OLIVEIRA, F.G.S.; BARBOSA, I.M.B.R. **Plano de Trabalho: Avaliação da sustentabilidade hidroambiental em bacias hidrográficas usando a álgebra de mapas**. PIBIC - Relatório final. Recife: IFPE, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **OMS: Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global**. Organização das Nações Unidas, 2014. Disponível: <https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/> Acesso em: 15 jul. 2020

PAZ, D.; LAFAYETTE, K.; SOBRAL, M.C.; HOLANDA, M.J.; XIMENES, T. Riscos de impactos ambientais proveniente da deposição irregular de Resíduos da Construção Civil em bacias hidrográficas da Região Metropolitana do Recife. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 325–336, 2018. DOI: 10.14295/ras.v32i3.29149.

PEIXOTO, F.S.; FELIX NETO, J.S.; GOMES, I.N.; DIAS, G.H. Índice de saneamento ambiental da área urbana do município de Mossoró – RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, p. 2130-2139, jan. 2018.

QGIS. **QGIS - A liderança do SIG de código aberto**. Site oficial QGIS. 2021. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso em: 09 abr. 2022.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RUFINO, I.A.A.; ALMEIDA FILHO, D.F.; OLIVEIRA, A.L. Geoprocessamento no apoio aos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança na gestão das águas subterrâneas. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, p. 001 de 005. 27-30 de julho, **Anais...**, 2010.

SANTIN, J.R.; GOELLNER, E. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso. **Sequência**, Florianópolis, n. 67, p. 199-221, dez. 2013 DOI: 10.5007/2177-7055.2013v34n67p199

SCHMITZ, A.P.; BITTENCOURT, M.V.L. Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. **Estudos Econômicos de São Paulo**, v. 47, n. 2, p. 329-363, jun. 2017.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. **Índices Versus Indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países**. *Ambiente & Sociedade*, v. 10, n. 2, 2007. DOI: 10.1590/S1414-753X2007000200009

SILVA, R.N.; ALBUQUERQUE, T.N. Enquadramento de corpos de água: um instrumento da política nacional de recursos hídricos. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ**, n. 32, dez. 2018.

SILVA, S.A.; GAMA, J.A.S.; CALLADO, N.H.C.; SOUZA, V.C.B. Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 699-709, ago. 2017.

SILVA LEAL, F.C.B.; BARBOSA, I.M.B.R. **Vulnerabilidade à inundação na bacia hidrográfica do rio Una - PE utilizando Análise Hierárquica de Processo**. PIBIC - Relatório final, IFPE, Campus Recife, 2019.

SISTEMA NACIONAL SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020**. Sistema Nacional sobre Saneamento, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2020>. Acesso em: 10 set. 2021.

_____. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2020**. Sistema Nacional sobre Saneamento, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2020>. Acesso em: 10 set. 2021.

_____. **Série Histórica 2020**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Ministério das Cidades, 2020. Disponível: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 18 set. 2021.

TRATA BRASIL, **Estudo de perdas de água do Instituto Trata Brasil de 2022 (SNIS2020)**: Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil. São Paulo, 30 de maio de 2022 Disponível: https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Perdas_d%C3%A1gua/Relat%C3%B3rio_Completo.pdf Acesso: 20 jun 2020.