



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

**YUCIARA BARBOSA COSTA FERREIRA**

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE VULNERABILIDADE HUMANA À  
INSUFICIÊNCIA DE SANEAMENTO BÁSICO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO  
PORTE: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DA PARAÍBA**

CAMPINA GRANDE – PB

2020

**YUCIARA BARBOSA COSTA FERREIRA**

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE VULNERABILIDADE HUMANA À  
INSUFICIÊNCIA DE SANEAMENTO BÁSICO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO  
PORTE: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues

**Co-orientadora:** Dra. Francine Modesto dos Santos

CAMPINA GRANDE – PB

2020

F383p

Ferreira, Yuciara Barbosa Costa.

Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a experiência do Estado da Paraíba / Yuciara Barbosa Costa Ferreira. – Campina Grande, 2020.

107 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues, Profa. Dra. Francine Modesto dos Santos".

Referências.

1. Saneamento Ambiental. 2. Recursos Hídricos. 3. Saúde Humana – Saneamento Básico. 4. Paraíba – Saneamento Básico – Municípios de Pequeno Porte. 5. Análise Multivariada. 6. Saúde Humana – Índice – Aspectos Socioeconômicos e Institucionais. I. Rodrigues, Andréa Carla Lima. II. Santos, Francine Modesto dos. III. Título.

CDU 628:502.1(813.3)(043)

YUCIARA BARBOSA COSTA FERREIRA

**PROPOSIÇÃO DE UM ÍNDICE DE VULNERABILIDADE HUMANA À  
INSUFICIÊNCIA DE SANEAMENTO BÁSICO EM MUNICÍPIOS DE  
PEQUENO PORTE: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada e aprovada em 05 de junho de 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Orientadora**



---

Dra. Francine Modesto dos Santos  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Coorientadora**



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Kainara Lira dos Anjos  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Examinadora externa**



---

Prof. Dr. Gesinaldo Ataíde Cândido  
Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Examinador externo**

CAMPINA GRANDE - PB  
2020

*Dedico este trabalho à minha mãe, Maria da Paz, que me apoiou em todas as etapas da minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a *Deus*, que me agraciou com o dom da vida e conduziu-me até aqui, dando saúde e força para superar as dificuldades.

À minha mãe, *Maria da Paz Barbosa Costa*, por seu amor incondicional e suas palavras de incentivo nos momentos difíceis, e por me ensinar a nunca desistir dos meus sonhos. Sua atenção, amizade, compreensão, afeto e honestidade em me educar da melhor maneira possível, fizeram de mim o que sou hoje.

Às minhas *tias, avó e primos*, que sempre estiveram presentes através de suas torcidas e das inúmeras demonstrações de carinho, ainda que à distância.

Às minhas amigas, em especial à *Yáscara Maia e Lorena França*, por sempre partilharmos conhecimentos, pelo apoio mútuo, pela cumplicidade, e pela mão que se estendia quando eu precisava. Obrigada também a todos os colegas do *PPGECA* e do *Laboratório de Hidráulica II*, que mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa, me presenteando com momentos de alegria e diversão.

À minha orientadora *Andréa Carla*, pela confiança em meu trabalho, por todos os direcionamentos e pela disponibilidade em me ajudar, sempre de forma carinhosa e com palavras de incentivo.

À minha orientadora *Francine Modesto*, pelos conhecimentos partilhados através de orientações pertinentes.

Ao professor *Francisco Antonio Morais*, da Unidade Acadêmica de Estatística da UFCG, pela sua disponibilidade em esclarecer dúvidas que surgiram no decorrer do trabalho.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)* por ter financiado esta pesquisa e pela concessão da bolsa.

E, por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

## RESUMO

A insuficiência dos serviços de saneamento básico representa uma séria ameaça para a população humana, provocando impactos em diversos setores. Compreender os fatores que elevam a vulnerabilidade de populações e territórios permite identificar as áreas de maior criticidade, e direcionar ações imediatas no sentido de melhorar a qualidade de vida das populações mais afetadas. Este trabalho teve por objetivo desenvolver um índice que sintetiza os aspectos socioeconômicos, institucionais e de saúde humana, diante da insuficiência de saneamento básico nos municípios de pequeno porte do Estado da Paraíba, a partir das três dimensões básicas da vulnerabilidade – risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. A seleção dos indicadores para compor o índice teve como principal referência um trabalho na área de vigilância em saúde ambiental, do Ministério da Saúde. O percurso metodológico de construção e validação do índice se configurou em três etapas: concepção do framework teórico a ser utilizado; ponderação e padronização dos indicadores por meio de técnicas estatísticas multivariadas, tais como a Análise de Componentes Principais (ACP) e a análise de cluster; e validação, que consistiu na aplicação e análise dentro do contexto dos municípios paraibanos de pequeno porte. Os resultados possibilitaram, a partir do uso de técnicas de geoprocessamento, a visualização de aspectos importantes dos processos de vulnerabilidade como, por exemplo, a influência geográfica dos grandes centros urbanos sobre os municípios paraibanos de pequeno porte. Foi possível constatar que a vulnerabilidade também se configura como um forte indicador da iniquidade e da desigualdade social presente nos municípios paraibanos. No panorama geral do estado da Paraíba, verificou-se que a mesorregião do Agreste Paraibano apresenta cenários de vulnerabilidade elevada, em virtude de suas características econômicas, sanitárias e sociodemográficas. Espera-se que a metodologia desenvolvida e os resultados gerados possam subsidiar planos de elaboração de políticas públicas que propiciem melhorias significativas na qualidade de vida de populações mais vulneráveis.

**Palavras-chave:** Índice; Vulnerabilidade; Análise multivariada; Saneamento; Saúde humana; Municípios de pequeno porte.

## ABSTRACT

The lack of basic sanitation services poses a serious threat to the human population, causing impacts in several sectors. Understanding the factors that increase the vulnerability of people and territories allows identifying the most critical and directing immediate actions to improve the quality of life of the most affected communities. This work aimed to develop an index that synthesizes the socioeconomic, institutional and human health aspects, in the face of the lack of basic sanitation in the small municipalities of the State of Paraíba, based on the three basic dimensions of vulnerability - risk, susceptibility and capacity adaptive. The selection of indicators to compose the index had as primary reference a work in the area of surveillance in environmental health, of the Ministry of Health. The methodological path of construction and validation of the index configured in three stages: conception of the theoretical framework to be used; weighting and standardization of indicators using multivariate statistical techniques, such as Principal Component Analysis (PCA) and cluster analysis; and validation, which consisted of application and analysis within the context of small municipalities in Paraíba. The results made possible, from the use of geoprocessing techniques, the visualization of important aspects of the vulnerability processes, such as, for example, the geographic influence of large urban centres on the small municipalities of Paraíba. It was possible to verify that vulnerability is also a reliable indicator of inequity and social inequality present in the places. In the general panorama of the state, it found that the Agreste Paraibano presents scenarios of high vulnerability, due to its economic, sanitary and sociodemographic characteristics. It was expected that methodology developed and the results generated can support plans for the elaboration of public policies that provide significant improvements in the quality of life of the most vulnerable populations.

**Keywords:** vulnerability; multivariate analysis; sanitation; human health; small municipalities.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Localização geográfica, divisão mesorregional e características populacionais do estado da Paraíba. ....	46
<b>Figura 2-</b> Situação atual do abastecimento de água dos municípios paraibanos de pequeno porte operados pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).....	49
<b>Figura 3-</b> Existência de Plano Municipal de Saneamento Básico no contexto dos municípios paraibanos. ....	51
<b>Figura 4-</b> Fluxograma das etapas metodológicas. ....	52
<b>Figura 5-</b> Índice de risco dos municípios de pequeno porte da Paraíba. ....	70
<b>Figura 6-</b> Índice de Susceptibilidade dos municípios de pequeno porte da Paraíba. ....	72
<b>Figura 7-</b> Índice de capacidade adaptativa dos municípios de pequeno porte da Paraíba.....	74
<b>Figura 8-</b> Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento dos municípios de pequeno porte da Paraíba. ....	76

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Enquadramento dos municípios de pequeno porte segundo as quatro mesorregiões paraibanas .....	47
<b>Tabela 2-</b> Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice risco..	65
<b>Tabela 3-</b> Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice susceptibilidade .....	67
<b>Tabela 4-</b> Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice capacidade adaptativa .....	68
<b>Tabela 5-</b> Resultados da análise de cluster hierárquico .....	69

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI).....	23
<b>Quadro 2-</b> Doenças avaliadas e seus respectivos representantes no SIH/SUS .....	24
<b>Quadro 3-</b> Principais marcos históricos do saneamento básico no Brasil.....	26
<b>Quadro 4-</b> Indicadores utilizados como componentes do fator risco .....	55
<b>Quadro 5-</b> Indicadores utilizados como componentes do fator susceptibilidade .....	56
<b>Quadro 6-</b> Indicadores utilizados como componentes do fator capacidade adaptativa.....	57
<b>Quadro 7-</b> Variáveis, indicadores, subíndices e procedimentos matemáticos utilizados para a obtenção do IVHIS .....	62
<b>Quadro 8-</b> Principais desafios e possíveis sugestões para a redução da vulnerabilidade dos municípios de pequeno porte .....	78

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAR	Associação Brasileira de Agências de Regulação
ACP	Análise de Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
AIH	Autorizações para Internações Hospitalares
ANA	Agência Nacional de Águas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CDH	Conselho de Direitos Humanos
CHI	Classificação Hierárquica Ascendente
CID	Classificação Internacional de Doenças
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DDA	Doença Diarreica Aguda
DII	Doenças Infecciosas Intestinais
DIP	Doenças Infecto-Parasitárias
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEDMR	Gerência Executiva de Desenvolvimento Municipal e Regional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET	<i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITB	Instituto Trata Brasil
IVHIS	Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento
IWA	<i>International Water Association</i>
LNSB	Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
OFWAT	<i>Office of Water Services</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PIB	Produto Interno Bruto
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SAB	Semiárido Brasileiro
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SIS	Sistemas de Informações de Saúde
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUCAM	Superintendência de Campanhas de Saúde Pública
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUS	Sistema Único de Saúde
UNICEF	<i>United Nations Children's Fund</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
WSAA	<i>Water Services Association of Australia</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVOS .....	19
<b>1.2.1 Geral</b> .....	19
<b>1.2.2 Específicos</b> .....	19
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	21
2.1 A RELAÇÃO INDISSOCIÁVEL ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA .....	21
2.2 POLÍTICAS PÚBLICAS E ASPECTOS INSTITUCIONAIS DO SETOR DE SANEAMENTO: APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS .....	25
<b>2.2.1 Evolução histórica do saneamento no Brasil</b> .....	25
<b>2.2.2 O saneamento como política pública e social: uma abordagem conceitual</b> .....	29
<b>2.2.3 O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) sob a ótica da Lei nº 11.445/2007</b> .....	33
2.3 O USO DE ÍNDICES E INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE GESTÃO DO SANEAMENTO .....	36
<b>2.3.1 Aspectos conceituais</b> .....	36
<b>2.3.2 Experiências com indicadores no setor do saneamento</b> .....	39
2.3.2.1 <i>Âmbito internacional</i> .....	39
2.3.2.2 <i>Âmbito nacional</i> .....	40
2.4 VULNERABILIDADE: CONCEITOS E APLICAÇÕES.....	42
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	45
3.1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E INSERÇÃO REGIONAL .....	45
3.2 ASPECTOS FÍSICOS: CLIMA E HIDROGRAFIA.....	47
3.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS E DE PLANEJAMENTO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS .....	49
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	52
4.1 DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE .....	53
<b>4.1.1 Definição do framework teórico</b> .....	53
<b>4.1.2 Seleção dos indicadores</b> .....	54
<b>4.1.3 Procedimentos estatísticos</b> .....	58
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	65
5.1 RESULTADOS REFERENTES AO DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE .....	65
<b>5.1.2 Risco (IR)</b> .....	65
<b>5.1.2 Susceptibilidade (IS)</b> .....	66
<b>5.1.3 Capacidade Adaptativa (ICA)</b> .....	67
<b>5.1.4 Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS)</b> ..	68

5.2 RESULTADOS REFERENTES À VALIDAÇÃO DO ÍNDICE PARA O ESTADO DA PARAÍBA.....	69
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>79</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	79
6.2 RECOMENDAÇÕES .....	80
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A – DADOS POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B – DENDROGRAMAS RESULTANTES DA ANÁLISE DE CLUSTER HIERÁRQUICO.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE C – VALORES DO IVHIS PARA OS MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE.....</b>	<b>103</b>

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A complexidade da sociedade atual associada à intensificação dos impactos ambientais, principalmente nas questões relacionadas à precariedade da infraestrutura de saneamento básico, reflete diretamente na promoção da saúde e na qualidade de vida da população (HELLER, 1998; TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012; SILVA *et al.*, 2017). Sob essa perspectiva, o acesso aos serviços de saneamento básico tem sido pauta de repercussões a nível mundial e consta entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), em que o ODS6 aborda estratégias para garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.

O relatório *Progress on drinking water, sanitation and hygiene* (WHO; UNICEF, 2017) divulgado em 2015, indicou que cerca de 2,3 bilhões de pessoas em todo o mundo ainda careciam de um serviço de saneamento básico, enfatizando uma vulnerabilidade ainda maior da população de áreas rurais. Baseando-se nessa mesma publicação, é possível constatar que o padrão de iniquidade, desigualdade e discriminação no acesso aos serviços de saneamento é uma marca característica da maioria dos países do mundo. No âmbito nacional, Heller (2018) considera que o quadro de assimetria do acesso ao saneamento no Brasil é particularmente acentuado, dado o padrão de desigualdade social apresentado pelo país e pelo padrão de políticas públicas excludentes nesse setor.

Dentre os maiores desafios postos para a sociedade brasileira, a inclusão social igualitária frente às questões sanitárias e ambientais pode ser considerada como uma questão fundamental. Em 2010, na Assembleia Geral das Nações Unidas e o Conselho de Direitos Humanos (CDH) reconheceram que o acesso a água potável segura e ao saneamento é um direito humano, que está intrinsecamente aos direitos de ter uma habitação condigna, ao melhor nível possível de saúde e à vida (BOS *et al.*, 2016).

A ausência de instrumentos de planejamento ainda constitui, no Brasil, uma grande lacuna em programas governamentais para o setor de saneamento. Desse modo, na tentativa de permitir um maior direcionamento das ações governamentais, a Lei nº 11.445/2007, conhecida como a Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (LNSB), regulamentada pelos Decretos nº 7.217/2010 e nº 10.203/2020, dá início a uma nova fase na gestão dos serviços públicos de saneamento básico.

Para alcançar o acesso universal aos serviços de saneamento básico, a LNSB define novas atribuições para os municípios, como titulares dos serviços, entre as quais a implantação da política e a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), considerados os instrumentos centrais da gestão dos serviços (PEREIRA; HELLER, 2015). Na perspectiva institucional, o PMSB configura-se como uma importante ferramenta estratégica de planejamento e gestão no setor, cuja finalidade é alcançar a melhoria da qualidade e cobertura dos serviços de saneamento básico, ao impactar positivamente nas condições ambientais, de saúde e na qualidade de vida da população (BRASIL, 2010; GALVÃO JÚNIOR, 2013).

Apesar dos benefícios enumerados e da exigência legal, as experiências de elaboração de planos de saneamento são pouco numerosas, cabendo questionar quais dificuldades os municípios têm enfrentado e indicar iniciativas que contribuam para reduzir esses impasses (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013). As estatísticas decaem principalmente no Nordeste brasileiro, pois dentre o conjunto de 1.794 municípios, apenas 15,8% possuem PMSB (IBGE, 2017). A complexidade é ainda maior quando trata-se dos municípios de pequeno porte, cuja população é de até 50.000 habitantes (IBGE, 2011).

A realidade da maioria dos municípios brasileiros ainda é caracterizada por déficits na cobertura dos serviços de saneamento básico e pela falta de um planejamento efetivo desses serviços (LIMA NETO; SANTOS, 2012). Tal prática resulta em impactos sociais, econômicos e ambientais, principalmente nas regiões menos favorecidas como, por exemplo, as pequenas localidades do semiárido nordestino.

Uma parcela significativa dos municípios de pequeno porte situados no interior dos estados do Nordeste brasileiro, não dispõem de sistemas de saneamento adequados. Em geral, esses sistemas não dispõem de projetos devidamente planejados com a participação da comunidade, e acabam utilizando tecnologias não-condizentes com a realidade socioeconômica, cultural e ambiental local, ou mesmo não dispõem de uma estrutura organizacional que garanta a sua administração, operação, manutenção e possível expansão (BRASIL, 2005).

Portanto, ao considerar a natureza federativa do Estado brasileiro, assume-se que uma forma de aproximar o entendimento da problemática do saneamento é caracterizá-la no contexto dos municípios de pequeno porte, os quais são predominantes no território nacional e onde é possível observar grandes carências no setor do saneamento básico.

No universo de 5.570 municípios no Brasil, cerca de 88% são considerados de pequeno porte (IBGE, 2017). Embora não sofram dos mesmos problemas urbanos dos grandes centros,

a maioria desses municípios apresenta dificuldades operacionais para a prática do planejamento e da gestão do saneamento dada à falta de estrutura institucional e administrativa.

Na tentativa de proporcionar uma visibilidade maior a municípios dessa tipologia, analisar a vulnerabilidade da população frente à inadequação do saneamento é imprescindível para identificar as áreas de maior criticidade e, posteriormente, sugerir ações para melhorar a qualidade de vida das populações mais afetadas. Nesse sentido, o termo vulnerabilidade tem sido utilizado em muitos estudos expressando a multidimensionalidade de um conceito que é empregado em diversas áreas do conhecimento, podendo destacar as ciências sociais, ciências naturais e a engenharia (CUTTER, 2011).

Dentre os diversos conceitos de vulnerabilidade disseminados na literatura científica, esse trabalho baseou-se na proposta de conceituação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), explicada a partir de três elementos fundamentais: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Essa escolha justifica-se pelo fato de que a temática socioambiental do IPCC apresenta relações com o campo do saneamento. Entretanto, foi necessário realizar uma contextualização dos três componentes da vulnerabilidade para compreensão da problemática a ser analisada.

O risco pode ser interpretado como o perigo direto, bem como a natureza e extensão dos problemas de inadequação dos serviços de saneamento; a susceptibilidade demonstra as características sociodemográficas, de pobreza e de ocorrência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Inadequado (DRSAI) que podem tornar a população mais suscetível aos impactos decorrentes da precariedade das condições sanitárias; e a capacidade adaptativa avalia a presença de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico que favoreçam a população, no sentido de amenizar os impactos gerados pela insuficiência ou inadequação do saneamento.

A fim de compreender e quantificar os diversos tipos de vulnerabilidade, índices e indicadores têm sido amplamente difundidos pela comunidade científica para mensurar, caracterizar e identificar a vulnerabilidade de indivíduos, grupos ou comunidades (ALCÂNTARA *et al.*, 2013). Os indicadores são medidas-sínteses utilizadas para compreender as dimensões do mundo social e podem ser aplicados em relação às dinâmicas de desenvolvimento de populações, espaços e ambientes (SCHUMANN; MOURA, 2015).

No Brasil, existem diversos estudos que mensuram a vulnerabilidade por meio de indicadores desenvolvidos para embasar o desenvolvimento de políticas públicas especificamente voltadas para regiões e grupos populacionais considerados mais vulneráveis (IPEA, 2015; MALTA; COSTA; MAGRINI, 2017; SANTOS *et al.*, 2019). Entretanto, a

literatura ainda carece de índices que integrem a dimensão social às características das habitações, acesso ao saneamento básico e indicadores epidemiológicos, principalmente no contexto dos municípios de pequeno porte.

A relevância desse estudo reside não apenas na capacidade de produzir informações, mas também na competência de identificar os fatores que exigem ações imediatas para reduzir a vulnerabilidade de populações e territórios, sendo uma ferramenta útil para a formulação de políticas, para a tomada de decisões nas esferas públicas, para a divulgação de resultados sintéticos nos meios de comunicação, bem como para a disseminação da cultura de uso de indicadores nas agendas de políticas públicas regionais, nacionais e internacionais.

Optou-se pela escolha do estado da Paraíba como unidade de análise do estudo, pois compreende um total de 223 municípios, dos quais 96% são de pequeno porte. No conjunto desses municípios, há diferentes modelos de gestão, apesar da similaridade em termos populacionais e proximidade geográfica, e ainda, aqueles que diante das limitações naturais, encontram alternativas para lidar com situações de escassez hídrica, por exemplo.

A área geográfica foco deste estudo foi o conjunto dos 213 municípios paraibanos com população até 50.000 habitantes. A base de dados utilizada foi proveniente do Censo Demográfico 2010, da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC (IBGE, 2017) e do Atlas esgotos (ANA, 2017) – constituindo o conjunto de dados socioeconômicos, aspectos demográficos e de infraestrutura sanitária. Para doenças e cobertura da atenção básica, utilizou-se os dados fornecidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do período de 2010-2014.

Nessa perspectiva, partindo da premissa de que a ausência de políticas públicas e ações voltadas para a oferta de serviços de saneamento básico contribuem para o aumento dos níveis de vulnerabilidade das populações residentes em municípios de pequeno porte, a proposta do presente estudo se insere nessa problemática e objetiva desenvolver, através de uma investigação que sintetiza aspectos socioeconômicos, institucionais e de saúde humana, um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico no contexto dos municípios de pequeno porte do Estado da Paraíba, buscando responder a seguinte questão: **Como a proposição de um índice de vulnerabilidade relacionado a carência no acesso aos serviços de saneamento básico nos municípios paraibanos de pequeno porte, pode ser contributiva para a redefinição de políticas públicas e ações efetivas capazes de mitigar as situações de maior criticidade?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Propor o desenvolvimento de um índice que sintetiza os aspectos socioeconômicos, institucionais e de saúde humana, diante da insuficiência de saneamento básico nos municípios de pequeno porte, a partir das três dimensões básicas da vulnerabilidade – risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa.

### 1.2.2 Específicos

Com a elaboração desse estudo, almeja-se cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Identificar indicadores socioeconômicos, de saúde humana e de saneamento que figurem como suporte estratégico na compreensão da realidade dos municípios de pequeno porte;
- Desenvolver, a partir de procedimentos estatísticos, um índice sintético de vulnerabilidade e validá-lo através da sua aplicação no contexto dos municípios paraibanos de população até 50.000 habitantes;
- Avaliar o risco, a susceptibilidade e a capacidade adaptativa dos municípios frente às condições humano-ambientais, utilizando técnicas de geoprocessamento;
- Investigar as principais desigualdades e fragilidades intramunicipais, de forma a estabelecer a comparabilidade entre os municípios e suas respectivas mesorregiões;
- Propor soluções capazes de subsidiar a priorização de investimentos e a implementação de políticas públicas segundo as condições de maior criticidade.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação está estruturada em seis capítulos, a saber:

**Capítulo I** – Refere-se à introdução com uma breve contextualização teórica sobre o tema, explicitando o problema pesquisado, bem como a descrição dos seus objetivos e relevâncias, fornecendo um panorama geral da dissertação;

**Capítulo II** – Estrutura o referencial teórico, abordando a relação saúde-saneamento, perpassando pelo enfoque do saneamento básico como política pública e social, pela utilização de indicadores como instrumentos de gestão voltada ao tema, e finalizado com algumas definições e aplicações da ciência da vulnerabilidade.

**Capítulo III** – Apresenta a caracterização e delimitação da área de estudo;

**Capítulo IV** – Expõe os procedimentos metodológicos necessários para o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico.

**Capítulo V** – Apresenta os resultados e discussão da pesquisa, segundo as três dimensões da vulnerabilidade.

**Capítulo VI** – Apresenta as conclusões do estudo, bem como as recomendações para futuros trabalhos.

## CAPÍTULO II

### 2 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1 A RELAÇÃO INDISSOCIÁVEL ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA

O saneamento, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é definido como sendo “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o bem estar físico, mental ou social”, compreendendo o conjunto de ações a fim de alcançar a salubridade ambiental, bem como promover a saúde pública e a qualidade de vida da população.

Uma conceituação mais completa para o saneamento básico é apresentada pela Lei nº 11.445/2007 que o define como:

Conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (BRASIL, 2007).

A incorporação de questões de ordem ambiental e sanitária às preocupações no campo do saneamento, resultaram na perda de força da visão antropocêntrica ao proporcionar uma nova perspectiva da relação sociedade e ambiente (BRASIL, 2019). Por conseguinte, o saneamento passa a ser tratado em termos de saneamento básico e saneamento ambiental.

Por outro lado, o saneamento ambiental é considerando um conceito mais abrangente que constitui-se de um “conjunto de ações que visam proporcionar níveis crescentes de salubridade ambiental em determinado espaço geográfico” (BRASIL, 2004, p. 19). Essas ações, se adequadamente implementadas, podem produzir uma série de efeitos positivos para melhoria da qualidade de vida das populações beneficiadas.

O significado da palavra sanear quer dizer tornar são, sadio, saudável. Diante dessas definições, pode-se concluir que saneamento é indissociável da saúde. O conceito de Promoção de Saúde proposto pela OMS desde a Conferência de Ottawa, em 1986, é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Portanto, parte-se do pressuposto de que entre os fatores determinantes da saúde estão as condições ambientais (BRASIL, 2019).

Diante do exposto, ressalta-se que a importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta às mais antigas civilizações, recebendo conotações distintas de acordo com a cultura, em função da relação entre homem e natureza, e também conforme a lógica de

organização da sociedade em seu processo histórico de reprodução (ANDREAZZI; BARCELLOS; HACON, 2007).

O contexto histórico evidencia que as questões de saneamento, sobretudo antes da Revolução Industrial, caracterizaram os determinantes ambientais da saúde. Segundo Heller (1998, p.74), “os vários marcos que denotaram a preocupação da melhoria do ambiente visando à prevenção de problemas com a saúde humana, tiveram no saneamento seu referencial”. O autor também evidencia em suas discussões que a incorporação de questões inerentes à saúde pública tem a capacidade de produzir uma mudança de paradigma no setor do saneamento, podendo conduzir à potencialização e efetivação dos benefícios das suas ações (HELLER; CASTRO, 2013).

Nos dias atuais, o saneamento vem ganhando importância na Agenda de Desenvolvimento Global iniciando em 2008, com o Ano Internacional das Nações Unidas para o Saneamento, seguido pelo reconhecimento como um direito humano (com água em 2010 e como autônomo em 2015). O gerenciamento seguro do saneamento, o tratamento e a reutilização de águas residuais também receberam um lugar central nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A Organização das Nações Unidas (ONU) definiu os ODS como parte de uma nova agenda, lançada em 2015, cujo desafio é estruturar os esforços globais em prol da erradicação da pobreza e da integração efetiva das dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável (UN, 2015).

Dentre os 17 ODS, destaca-se o objetivo de número seis (ODS6), que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Ainda assim, há vários outros objetivos para os quais o saneamento contribui ou é necessário para a consecução, incluindo os relacionados à educação, crescimento econômico, redução de desigualdades e cidades sustentáveis.

Nesse cenário, a utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que têm dificultado a extensão dos benefícios principalmente para os residentes de áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte (BRASIL, 2004).

Em muitos países de baixa e média renda, as áreas rurais são carentes de acesso aos serviços de saneamento básico e as cidades lutam para lidar com a necessidade dos serviços de infraestrutura em decorrência do processo de urbanização. Além disso, os desafios causados pelas mudanças climáticas exigem adaptação contínua para garantir que os sistemas de saneamento salvaguardem a saúde pública (WHO, 2018a).

Diante da problemática abordada, entende-se que a falta de saneamento acarreta diversos impactos negativos sobre a saúde da população, além de elevar os gastos públicos e privados com o tratamento de doenças, considerando que cada R\$1,00 investido em saneamento gera economia de R\$ 4,00 na saúde (SIQUEIRA *et al.*, 2017; WHO, 2015). A OMS ainda aponta que as mortes diarreicas resultantes do saneamento inadequado foram reduzidas pela metade durante o período dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (1990–2015), com atuações significativas na provisão de água e serviços de saneamento (WHO, 2018b).

Segundo a literatura científica, diversos estudos já realizados comprovaram a associação entre saneamento inadequado e casos de diarreia no Brasil (GUIMARÃES *et al.*, 2014; PAIVA; SOUZA, 2018; SIQUEIRA *et al.*, 2017) e em países da América Latina (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012). Nesse contexto, a insuficiência dos serviços de saneamento e as condições de moradia precárias colaboram para o surgimento das chamadas Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), que têm o ambiente como potencial determinante (PRÜSS *et al.*, 2002; GONDIM, 2008; FONSECA; VASCONCELOS, 2011).

A classificação das DRSAI (Quadro 1) divide-as em: (i) doenças de transmissão feco-oral; (ii) doenças transmitidas por inseto vetor; (iii) doenças transmitidas pelo contato com a água; (iv) doenças relacionadas com a higiene; e (v) geo-helminhos e teníases. Essa categorização é realizada em função da forma de transmissão das doenças, de modo a contribuir para a elaboração de programas de proteção à saúde, auxiliar na avaliação e no desenvolvimento de políticas públicas de saneamento ambiental, bem como possibilitar a visualização de medidas de controle comuns a determinado grupo (CAIRNCROSS; FEACHEM, 1993; BENENSON, 1997; HELLER, 1998; FERREIRA *et al.*, 2016).

**Quadro 1-** Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI)

<b>Categoria</b>	<b>Doenças</b>
Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias Febres entéricas Hepatite A
Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue Febre Amarela Leishmanioses Filariose linfática Malária Doença de Chagas
Doenças transmitidas através do contato com a água	Esquistossomose Leptospirose

Doenças relacionadas com a higiene	Tracoma Conjuntivites Micoses superficiais
Geo-helminhos e teníases	Helmintíases Teníases

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010).

Baseando-se nessa classificação de doenças infecto-parasitárias proposta por Cairncross e Feachem (1993), a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) elaborou estudos que apresentam uma seleção de doenças com a finalidade de explorar os Sistemas de Informações de Saúde (SIS), conforme sua distribuição no país. Para isso, foram utilizados o grupo de Doenças Infecto-Parasitárias (DIP) e o de Doenças Infecciosas Intestinais (DII), ambos definidos pela OMS como, respectivamente, capítulo e categoria para tabulação de dados na Classificação Internacional de Doenças (CID-10) (OMS, 1997; BRASIL, 2010).

Ressalta-se ainda que o estudo do perfil epidemiológico das DRSAI tem dois universos distintos. O primeiro, da morbidade, relacionado a casos notificados das doenças e de Autorizações para Internações Hospitalares (AIH), e o segundo, de mortalidade, dimensionado por meio de declarações de óbito. Para subsidiar o presente estudo, a base de dados para essa temática integrou elementos secundários públicos disponíveis no sítio do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) e também por informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a saber: Censo Demográfico (2010), Sistema de Informações Hospitalares (SIH) e o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM).

Neste trabalho, foram levados em consideração os casos gerais de internação hospitalar e óbitos por local de residência para as doenças selecionadas e os municípios alvo, no período de 2010 a 2014. No Quadro 2, estão listadas as doenças que se encontram relacionadas à inadequação do saneamento, bem como os respectivos campos selecionados no banco de dados para representá-las. Todos os campos correspondem às opções disponíveis no Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), conforme a lista de tabulação para morbidade da CID-10.

**Quadro 2-** Doenças avaliadas e seus respectivos representantes no SIH/SUS

<b>Doenças</b>	<b>Representantes no SIH</b>
Doenças infecciosas intestinais	Cólera; Shigelose; Amebíase; Outras doenças infecciosas intestinais; Equinocose
Diarreias	Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível
Febres entéricas	Febres tifoide e paratifoide
Hepatite	Outras hepatites virais

Dengue	Dengue [dengue clássico] e Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue
Febre amarela	Febre amarela
Leishmanioses	Leishmaniose visceral; Leishmaniose cutânea; Leishmaniose cutâneo-mucosa; Leishmaniose não especificada
Filariose linfática	Filariose
Malária	Malária por Plasmodium falciparum; Malária por Plasmodium vivax; Malária por Plasmodium malariae; Outras formas de malária conforme exames parasitológicos; Malária não especificada
Doença de Chagas	Tripanossomíase
Leptospirose	Leptospirose icterohemorrágica; Outras formas de leptospirose; Leptospirose não especificada
Tracoma	Tracoma
Conjuntivites	Conjuntivite e outros transtornos da conjuntiva
Micoses superficiais	Micoses
Helmintíases	Outras helmintíases

Fonte: Adaptado de BRASIL (2010).

É importante ressaltar que todos os campos correspondem às opções disponíveis no Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), conforme a lista de tabulação para morbidade da CID-10. A incidência dessas doenças contribui para a insalubridade do ambiente e irá refletir diretamente no bem estar e na qualidade de vida da população.

O acesso ao saneamento básico, além de ser uma questão de saúde pública, é considerado um direito e, por isso, os serviços devem ser financeiramente acessíveis, prover segurança ao usuário, ser culturalmente aceitáveis e disponíveis para a população em todas as esferas da vida, além de assegurar dignidade e privacidade. Nesse sentido, a ausência de estruturas sanitárias adequadas gera um efeito cascata, prejudicando o desfrute de outros direitos humanos, como o direito à saúde, à vida e à educação. Portanto, a implementação de políticas públicas de saneamento básico no país deve assegurar, sobretudo, condições adequadas de acesso principalmente aos grupos mais vulneráveis e marginalizados.

## 2.2 POLÍTICAS PÚBLICAS E ASPECTOS INSTITUCIONAIS DO SETOR DE SANEAMENTO: APORTES TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

### 2.2.1 Evolução histórica do saneamento no Brasil

A historiografia relativa à estruturação dos serviços de saneamento básico no Brasil é constituída, basicamente, por três fases: na primeira, o Estado estava ausente das questões sanitárias (século XVI até meados do século XIX); na segunda, o Estado assume as ações sanitárias, estabelecendo uma relação entre a melhoria da saúde e a produtividade do trabalho (meados do século XIX até o final dos anos de 1950); e na terceira (a partir da década de 1960),

a saúde passa a ter cada vez mais um caráter assistencialista e o saneamento básico passa a ser tratado como medida de infraestrutura (REZENDE; HELLER, 2008). No **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é apresentada, de forma sumária, a evolução do saneamento básico no país de acordo com os períodos históricos e seus principais acontecimentos.

**Quadro 3-** Principais marcos históricos do saneamento básico no Brasil

Período	Principais acontecimentos
Século XVI até início do século XIX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A história do saneamento básico se confunde com a formação de vilas e cidades durante o período colonial.</li> <li>• As ações de saneamento se resumiam à drenagem dos terrenos e à instalação de chafarizes em algumas cidades.</li> <li>• A maioria das ações sanitárias eram de caráter individual.</li> <li>• Em 1808, várias transformações urbanísticas começaram a ocorrer na cidade.</li> <li>• As intervenções sanitárias não constituem políticas públicas ou ações duradouras, ficando restritas a áreas isoladas.</li> </ul>
Meados do século XIX até início do século XX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na tentativa de melhorar da salubridade do Rio de Janeiro, capital do Brasil naquele período, foi criada a Junta de Higiene Pública em 1829, que incorporou a Inspeção de Saúde dos Portos, e o Instituto Vacínico do Império, em 1846.</li> <li>• As populações foram deslocadas das pequenas comunidades rurais para os centros urbanos, o que criou condições propícias às doenças epidêmicas.</li> <li>• Os primeiros serviços de saneamento no Brasil surgem como resposta à falta de infraestrutura urbana, em um modelo do qual participavam o setor público e empresas privadas.</li> <li>• O Estado delegou a prestação de serviços públicos dos centros urbanos às concessionárias estrangeiras, principalmente inglesas, incluindo o abastecimento de água e o esgotamento sanitário.</li> <li>• Em 1900 foi criada o Instituto Soroterápico Federal (FIOCRUZ).</li> <li>• No ano de 1903 ocorreram as primeiras campanhas de saneamento no Brasil.</li> </ul>
Século XX até início do século XXI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Início das mudanças na orientação do uso da tecnologia em sistemas de esgotos, com a opção pelo sistema separador absoluto, marcada pelos trabalhos de Saturnino de Brito, que defendia planos estreitamente relacionados à visão higienista.</li> <li>• Em 1934 foi implantado o código de águas, considerado o primeiro instrumento de controle do uso de recursos hídricos no Brasil, instituindo o abastecimento público como prioritário.</li> <li>• Na era Vargas (1937-1945), em decorrência da migração para a cidade, o governo cria autarquias e o serviço de saneamento começa a ser desvinculado do sistema de saúde.</li> <li>• Criação do Banco Nacional da Habitação (BNH), em 1964, e do Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), que passou a centralizar recursos e coordenar ações no setor.</li> <li>• Consolidação do PLANASA que entrou em vigor a partir de 1971, considerado a primeira iniciativa cuja finalidade seria construir um sistema de prestação dos serviços de saneamento.</li> <li>• Criação do Sistema Único de Saúde (SUS), segundo a lei nº 8.080/1990.</li> <li>• Criação da Funasa em 1990, resultante da incorporação da Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM) e da Fundação Serviços de Saúde Pública (FSESP).</li> <li>• Instituição da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97).</li> <li>• Em janeiro de 2007, foi promulgada a lei nº 11.445/2007 que inaugurou um novo ciclo do saneamento no Brasil, preenchendo uma histórica lacuna na legislação desse setor.</li> <li>• No ano de 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos segundo a lei nº 12.305/2010.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora com base em Brasil (2019), PNSR (2017) e Menicucci e D'Albuquerque (2018).

Na primeira fase, iniciada no período colonial e que vai até meados do século XIX, a economia era baseada na exploração dos recursos naturais, a população se instalava nas proximidades dos rios, para facilitar a captação de água, e o saneamento básico não estava entre as prioridades do governo (BRASIL, 2019).

Segundo Murtha, Castro e Heller (2015, p. 205), o desenvolvimento de serviços públicos de saneamento no início do século XIX pode ser enquadrado “em um contexto de modernização de serviços urbanos no país, sob a gerência do capital internacional e integrado ao movimento de difusão de um modelo sanitário concebido e difundido a partir da Inglaterra”. Durante esse período, que vai até o final do século XIX, havia uma integração entre as ações de saúde e de saneamento, que representavam o segmento preventivo frente à ameaça de epidemias nas áreas urbanas e à situação sanitária precária na área rural (REZENDE; HELLER; QUEIROZ, 2009).

Diante desse cenário, o Estado assumiu responsabilidades sobre os serviços de água e esgotamento sanitário nos principais centros urbanos do país, e o fez transferindo os serviços mais importantes para as empresas privadas cabendo ao Estado a regulamentação das concessões (MENICUCCI; D’ALBUQUERQUE, 2018).

As constantes epidemias de febre amarela e de outras doenças nas primeiras décadas do século XX, em diversas regiões do país, fizeram com que alguns setores da elite política brasileira se mobilizassem no sentido de exigir a intervenção federal nos assuntos de saúde pública, especialmente nos estados carentes de recursos técnicos e financeiros (HOCHMAN, 1998). Como consequência disso, a noção de responsabilidade prioritariamente individual e local em assuntos de saúde pública, deu lugar a uma concepção coletiva do problema (SOUSA; COSTA, 2016).

A partir de 1950, a expansão da industrialização e do setor de serviços intensificou o processo de urbanização das principais cidades brasileiras, gerando um considerável aumento demográfico sem os investimentos necessários na área de infraestrutura. Durante esse período, “quase 80% dos municípios brasileiros ainda não dispunham de abastecimento regular de água” (COSTA, 1994, p. 59).

Diante do cenário crítico relacionado às questões sanitárias nas principais cidades brasileiras, o acesso à rede de água e esgoto passou a ocupar o centro da agenda pública na década de 1960. Algo que foi possível através da criação do Banco Nacional da Habitação (BNH). Segundo Costa (2010), o BNH foi criado em 1964 com o objetivo de implementar uma política de habitação no país, mas não obteve sucesso durante o período de 1964 a 1966.

Posteriormente, durante as décadas de 1970 e 1980, os investimentos em saneamento básico no Brasil cresceram quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (SOARES; BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002, p. 1715).

Durante esse período, foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) em 1971, que caracterizou como serviço público de saneamento o abastecimento de água e esgotamento sanitário, cujo principal objetivo era corresponsabilizar o Estado na prestação de serviços, eliminar o déficit entre demanda e oferta ampliando a cobertura em áreas urbanizadas, mas que, em contrapartida, não contribuiu para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto, o que é ainda verificado atualmente (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

No mesmo período, o Ministério da Saúde, por meio da Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam), realizava diversas ações de saneamento básico vinculadas à saúde pública (BRASIL, 2019). Após esse período, as iniciativas governamentais revelaram-se pontuais e desarticuladas, enquanto a Política Nacional de Saneamento ficou indefinida até a primeira década do século XXI.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 2002), os avanços ocorridos entre 1989 e 2000 foram identificados em municípios de maior porte, principalmente nos pertencentes às regiões mais desenvolvidas. Assim, os municípios com mais de 300.000 habitantes possuíam quase três vezes mais domicílios ligados à rede geral de esgoto do que os domicílios em municípios com população de até 20.000 habitantes.

Tal fato justifica-se tendo em vista que o serviço prestado aos municípios permaneceu primordialmente sob a responsabilidade dos governos locais, de modo que os municípios de menor porte, em sua grande maioria, eram servidos por entidades municipais, enquanto que geralmente nos municípios de maior porte, predominavam as entidades estaduais. Ressalta-se que essa condição ainda é comum nos dias atuais.

No início do século XXI, a criação do Ministério das Cidades, em 2003, foi o principal movimento de integração das políticas urbanas no sentido de superar a desarticulação dos anos pós-Planasa e tendo como principal referência desse período a publicação da Política Nacional de Saneamento Básico.

Silveira (2012) ressalta que durante vinte anos ocorreu intenso debate na sociedade sobre a definição de novas diretrizes para o saneamento básico, envolvendo diferentes interesses e visões. Contudo, somente em 2007 foi aprovada a atual legislação que rege o setor

de saneamento básico no Brasil. A Lei nº 11.445/2007, regulamentada em 2010, estabeleceu um novo paradigma para o planejamento no setor.

Mais tarde, no ano de 2010, a Lei nº 12.305/2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, proporciona outros avanços para o setor, como a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis como agentes econômicos e ambientais do serviço de manejo de resíduos sólidos.

Os principais acontecimentos históricos do saneamento são fundamentais para compreender o surgimento das políticas públicas no setor. Além disso, os marcos legais relacionados à gestão do saneamento permitem uma análise minuciosa do quadro institucional e regulatório dos serviços ao longo dos anos.

### **2.2.2 O saneamento como política pública e social: uma abordagem conceitual**

A urgência por diretrizes para orientar o cotidiano das populações, garantindo o equilíbrio entre a existência humana e o meio ambiente, remete ao universo das políticas públicas (ROSSETTO; LERÍPIO, 2012). Esse universo engloba tomadas de decisões relacionadas à alocação dos recursos públicos, como também exerce a função de direcionar e fiscalizar os investimentos privados, causando impactos variados.

De uma maneira bem simplificada, pode-se dizer que políticas públicas são planos, programas, projetos e ações implementados pelas diferentes instâncias de governo (municipal, estadual, federal), que têm por objetivo melhorar a qualidade de vida de toda a população ou de determinados segmentos sociais, respeitando as realidades socioeconômicas e culturais locais.

Diante da perspectiva adotada por Menicucci e D’Albuquerque (2018), toda política pública é resultado de um processo decisório de natureza política, que é caracterizado por conflitos entre valores e ideias relacionadas à concepção sobre o papel do Estado, os graus de sua intervenção na sociedade e, conseqüentemente, sobre que ações deve produzir. Essas definições evidenciam o processo de tomada de decisão e o protagonismo do governo como aspectos inerentes no estudo dessa temática.

Por outro lado, para Piccoli, Kligerman e Cohen (2017, p. 408), “as políticas públicas só serão efetivas enquanto participação social se possibilitarem ações de cunho emancipatório com a perspectiva transformadora das realidades.” Na esfera sanitária, tal concepção será concretizada se a população abandonar o pressuposto de que a execução de obras de saneamento é restrita unicamente aos gestores públicos, e empregar a ideia de constituir, juntamente com as instâncias governamentais, ações de caráter participativo que priorizem a preservação da qualidade ambiental. Para que seus resultados sejam alcançados, as políticas públicas devem

ser construídas com plena participação social que, em alguns casos, é assegurada na própria lei que as institui.

Todavia, o Brasil tem apresentado dificuldade em disseminar a participação do poder local e da sociedade na tomada de decisões. Tal fato tem sido pauta de muitas discussões ao longo da trajetória do saneamento, considerado um dos efeitos resultantes do governo militar, instaurado no país em 1964, marcado por uma centralização do poder decisório e de coordenação das políticas públicas no âmbito do governo federal (HELLER *et al.*, 2016).

As ações de saneamento ao longo da história da humanidade têm sido tratadas conforme o contexto social, político, econômico, cultural de cada época e nação, sendo elas de natureza eminentemente coletiva, na qual os indivíduos, a comunidade e o Estado têm papéis a desempenhar (BRASIL, 2011). Em alguns contextos, o saneamento ambiental tem sido tratado como uma política social; por outro lado, é considerado apenas uma política pública. Tendo em vista essa ambiguidade no campo teórico, Moraes e Borja (2005) realizaram uma análise do papel do saneamento como política social nos países desenvolvidos e subdesenvolvidos e concluíram que nos locais onde os serviços de saneamento são extremamente insuficientes, as ações de saneamento ambiental deveriam ser encaradas como uma medida básica de saúde pública; assim sendo, tal abordagem aproximaria as políticas de saneamento às políticas sociais.

Além disso, na visão de Heller e Castro (2007) a formulação de políticas públicas nesse setor refere-se, principalmente, à prática dos seus marcos políticos, legais e institucionais por meio do Estado; e a implementação pertence ao nível da gestão, no que tange à organização dos serviços, podendo ser realizada em nível local ou não, a depender da concepção adotada.

Salienta-se ainda que a compreensão da constituição e do conteúdo de uma política pública de saneamento passa, necessariamente, pelo entendimento dos fatores políticos, sociais e econômicos, que determinam a atuação do Estado no campo das políticas públicas e sociais em cada contexto histórico (BRASIL, 2005). Essa política de saneamento deve, portanto, ser formulada com a participação social, e entendida como o “conjunto de princípios e diretrizes que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação do planejamento, da execução, da operação, da regulação, da fiscalização e da avaliação desses serviços públicos” (MORAES, 1994 *apud* BRASIL, 2009, p. 36).

No entanto, observa-se que o saneamento tem sido tratado predominantemente a partir de abordagens mais técnicas do que políticas (BRITTO *et al.*, 2012). Em contrapartida, Rossetto e Lerípio (2012) entendem que para proporcionar os benefícios do saneamento básico de maneira eficaz, é imprescindível uma integração dos aspectos técnicos com o processo de formulação e implementação de políticas públicas resultantes de vários setores.

A necessidade da intersectorialidade no conteúdo das políticas públicas possibilita, dentre outros fatores, o desenvolvimento de interfaces do saneamento com a política de saúde, a política ambiental, o planejamento do território e das áreas urbanas, a política de recursos hídricos e a política social (HELLER, 2013). Nesse sentido, as conferências setoriais (saúde, cultura, educação e meio ambiente) em diferentes escalas (municipais, estaduais e nacional) também surgem como importantes espaços de consulta a diferentes segmentos da população e definição de diretrizes para a formulação de políticas públicas (BRASIL, 2018).

Entende-se, portanto, que para o sucesso das políticas e da adequada concepção das ações de saneamento, pela sua multidimensionalidade, a contribuição das diversas áreas de conhecimento tem o potencial de incrementar grandes avanços para a atual conjuntura do setor, cujo principal desafio tem sido a incompatibilidade das condições socioeconômicas e culturais de determinada localidade com as intervenções adotadas, desconsiderando os verdadeiros anseios da população a ser beneficiada.

No Brasil, a política pública de saneamento vem sendo marcada, desde 2003, por uma nova fase no marco legal e regulatório, seguida de reestruturações institucionais e retomadas de investimentos (BORJA, 2014). No entanto, há entraves relacionados à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico que envolvem a prioridade do Estado no campo das políticas públicas e sociais, bem como a participação dos níveis estaduais e municipais nas execuções das ações de saneamento (SANTOS, 2016).

Nessa perspectiva, os critérios de priorização de investimentos precisam exceder o aspecto econômico e englobar variáveis sociais, ambientais e de saúde, tornando o papel do governo federal um fator determinante para que a conquista na dimensão da normatividade do setor tenha rebatimento efetivo na esfera da política e da gestão dos serviços de saneamento básico no país.

Dentre os setores da infraestrutura brasileira, os serviços de saneamento básico têm apresentado dificuldades econômicas e institucionais, além dos baixos índices de cobertura. As intervenções no setor, de maneira geral, têm sido fragmentadas e descontínuas, caracterizadas pelo desperdício de recursos e baixa eficácia nas ações implantadas (GALVÃO JÚNIOR; PAGANINI, 2009; GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2009).

Segundo Rossetto e Lerípio (2012), esse *déficit*, ocasionado inicialmente pela desarticulação da Política Nacional de Saneamento no final da década de 1980, foi ampliado pela ausência de investimentos e pelo descompasso entre as agendas governamentais de nível federal, estadual e municipal.

O setor de saneamento, se comparado com outras políticas públicas no Brasil, exibe uma trajetória sinuosa e frágil, com um dos quadros mais atrasados (HELLER, 2018). Oliveira *et al.* (2011) reforçam esse cenário ao considerar que a lenta evolução do setor também reflete investimentos persistentemente baixos.

Estudos apresentados no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (BRASIL, 2013) revelam desigualdades de acesso aos serviços: entre macrorregiões, áreas urbanas e rurais, baseada em renda, escolaridade e cor da pele declarada na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Outra ilustração relevante da discriminação das políticas públicas é a negligência histórica quanto a uma política específica para o saneamento das populações rurais.

Segundo o Ministério da Saúde, os serviços de saneamento no Brasil foram historicamente concentrados em políticas voltadas aos grandes núcleos urbanos, em detrimento das áreas rurais e dos pequenos municípios (BRASIL, 2011). Como consequência, grande parcela da população, principalmente os residentes na área rural, não têm acesso a esses serviços.

Neves-Silva e Heller (2016) apontam que políticas públicas que tenham como finalidade melhorar o acesso à água e ao esgotamento sanitário, estimulando a participação social, a transparência e a responsabilidade, visando à equidade, à justiça e à dignidade, podem proporcionar mudanças estruturantes nos determinantes sociais, principalmente quando se trata de populações vulneráveis.

Sendo assim, fatores relacionados à definição do papel, das hierarquias e das responsabilidades efetivas de cada ator no processo de formulação das políticas públicas do setor, podem nortear a gestão e abrangência dessas políticas, bem como desenharão as possibilidades de sucesso ou fracasso delas (HELLER, 2018).

Apesar dos desafios para implementação da política de saneamento básico no país, acredita-se que a sua trajetória tem revelado grande destaque na gestão e decisões políticas, tendo em vista o seu caráter multidimensional, intersetorial e interdisciplinar. Porém, é importante ressaltar que o acesso a uma prática mais articulada e menos fragmentada tem potencialidade para elevar a eficácia e a efetividade do setor, na direção de soluções mais inclusivas e de longo prazo (BRITTO *et al.*, 2012).

Outro fator que merece destaque dentro do processo de formação das políticas públicas de saneamento básico é o planejamento. Ele deve ser visto e praticado como um processo de decisão político-social e não apenas como um produto técnico, pois depende de informações

precisas, transparência, ética, debate de visões diferentes, e da busca de soluções conjuntas que favoreçam toda a sociedade (MORAES, 2010).

Em outras palavras, Oliveira (2006) destaca que a importância do processo de planejamento em políticas públicas se dá, principalmente, na implementação, pois ela conduz aos resultados finais dos planos, programas ou projetos. Nesse contexto, os planos municipais de saneamento básico funcionam, portanto, como instrumentos frutos da decisão político-social, elaborados para atender os anseios e demandas da população local.

### **2.2.3 O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) sob a ótica da Lei nº 11.445/2007**

O planejamento no exercício de qualquer atividade produtiva, seja ela de caráter público ou privado, é essencial para a eficácia dos resultados. Especificamente no setor de saneamento básico, caracterizado pela escassez de recursos e pelo *déficit* no atendimento, espera-se que o processo de planejamento contribua para a melhoria da prestação dos serviços e para o alcance das metas de universalização (GALVÃO JÚNIOR; BASÍLIO SOBRINHO; SAMPAIO, 2010).

De maneira geral, o planejamento dos serviços de saneamento tem por finalidade orientar a atuação dos prestadores de serviços, promovendo a valorização, a proteção e a gestão equilibrada dos recursos ambientais, assegurando a sua harmonização com o desenvolvimento socioeconômico municipal e regional (BRASIL, 2011). Sendo assim, Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) devem procurar atender a princípios básicos, os quais deverão ser discutidos e acordados com a sociedade.

No Brasil, têm sido formulados planos de saneamento em âmbitos nacional e municipal, visando nortear os processos de gestão e gerenciamento dos serviços relacionados ao setor. Apesar disso, a realidade de muitos municípios brasileiros é marcada, principalmente, por falhas na cobertura das redes de água e esgoto, assim como pela falta de um planejamento efetivo desses serviços. No universo de 5.570 municípios brasileiros, apenas 41,5% possui PMSB, regulamentado ou não (IBGE, 2017).

Acrescenta-se ainda que ao tratar da política e da gestão em nível municipal, é preciso que o município se aproprie bem das diretrizes nacionais para então construir o diagnóstico de como os serviços de saneamento básico estão organizados em nível local e, a partir disso, projetar as ações necessárias. Além disso, a elaboração do PMSB inicia “o ciclo de organizar ou de reestruturar o saneamento básico no município, na perspectiva de uma política pública, de uma ação de Estado” (BRASIL, 2018, p. 23).

Para agilizar o processo de elaboração dos planos de saneamento básico em âmbito nacional, a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) vem formalizando convênios em vários municípios brasileiros com população de até 50.000 habitantes, tendo em vista os princípios da política nacional de saneamento básico. Os três primeiros planos elaborados que consideraram esses princípios e incluíram os mecanismos de participação social em todas as fases de planejamento foram os PMSB de Morada Nova/CE, Limoeiro do Norte/CE e Ariquemes/RO (LIMA NETO; SANTOS, 2012).

Nessa perspectiva, a Lei federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) estabelece vários instrumentos, além de fortalecer outros já existentes, entre os quais, o planejamento, o controle social, a regulação e o exercício da titularidade (GALVÃO JÚNIOR, 2013). Salienta-se o princípio da universalização do acesso como meta fundamental das políticas públicas a serem implementadas.

No contexto desse quadro legal, a referida lei instituiu em seu Art. 9º (BRASIL, 2007), que o titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, que compreende as definições sobre a elaboração dos planos de saneamento básico, o modelo institucional para a prestação dos serviços, o ente responsável pela regulação e fiscalização, os parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública, os direitos e os deveres dos usuários, o controle social, o sistema de informações e a previsão da intervenção para retomada dos serviços, conforme descrito a seguir.

Para ressaltar a obrigatoriedade do planejamento setorial, a Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (LNSB) também estabelece, conforme seu Art. 11 (BRASIL, 2007), dentre outras condições para a validade dos contratos, a necessidade da elaboração do plano de saneamento básico. Os planos de saneamento passam a ser instrumento importante não só para o planejamento e avaliação da prestação dos serviços como também para a obtenção de financiamento, um referencial para a obtenção de recursos da União.

Entende-se, portanto, que a Política Pública (Art. 9º) e o Plano de Saneamento Básico (Art. 19) são os instrumentos centrais da gestão dos serviços. Por um lado, a Política é mais abrangente, trata de diretrizes, define o modelo jurídico-institucional e as funções de gestão, bem como os direitos e deveres dos usuários; por outro, o Plano “estabelece as condições para a prestação dos serviços de saneamento básico, definindo objetivos e metas para a universalização e programas, projetos e ações necessários para alcançá-la” (BRASIL, 2010, p. 04).

Desta forma, a Política Pública de um município deve ser formulada visando a universalização da prestação dos serviços, sendo o PMSB o instrumento de definição de

estratégias. Sendo assim, os administradores e gestores públicos são, dentro de suas prerrogativas constitucionais, os responsáveis pela formulação da Política Pública e pelo desenvolvimento do PMSB (BRASIL, 2014).

É importante ressaltar que, conforme previsto na LNSB em seu Art. 3º inciso IV, a política e o plano devem ser elaborados com a participação e controle social por meio de “mecanismos e procedimentos que lhe garantem informações, representação técnica e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico” (BRASIL, 2007).

Em relação ao conteúdo mínimo, o Art. 19 da Lei nº 11.445/2007 estabelece que os planos de saneamento devem abranger, pelo menos:

- I - diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- II - objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;
- III - programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;
- IV - ações para emergências e contingências;
- V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas (BRASIL, 2007).

O PMSB é considerado um dos principais instrumentos da Política Municipal de Saneamento Básico e, por se tratar de um instrumento de planejamento do município, deve ser compatível e integrado com as demais políticas públicas de desenvolvimento urbano e regional, tais como: planos diretores, as diretrizes dos planos plurianuais (PPA), os planos de recursos hídricos, de promoção da saúde e outros de relevante interesse social voltados para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (PEREIRA; HELLER, 2015).

No recorte territorial, o PMSB deve englobar integralmente o território do titular, o que significa incluir as áreas urbana e rural do município, inclusive as populações de campo, floresta e das águas, de áreas indígenas, de comunidades quilombolas e tradicionais, além das áreas onde mora população de baixa renda (favelas, ocupações irregulares, assentamentos precários, entre outras denominações) (BRASIL, 2018). Entende-se, portanto, que o plano de saneamento deve propor programas, projetos e ações tanto para o saneamento urbano quanto para o saneamento rural, mediante soluções compatíveis com as características socioculturais e ambientais de cada realidade.

No que tange ao recorte temporal, o PMSB deve ser elaborado com horizonte de 20 (vinte) anos, propondo metas imediatas, de curto, médio e longo prazos, sendo admitidas soluções graduais e progressivas para alcançar a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2007; 2018). A revisão periódica deverá ocorrer em prazo não superior a 4 (quatro) anos, em compatibilidade com a legislação orçamentária do município.

Após a elaboração dos PMSB, Pereira e Heller (2015) recomendam que os municípios avaliem e monitorem sistematicamente os seus planos, com o intuito de aprimorá-los e incorporar elementos que não tenham sido considerados em um momento inicial, observando-se os princípios da universalidade, equidade, integralidade, intersetorialidade, uso de tecnologia apropriada, respeito às peculiaridades locais, qualidade e regularidade.

Em vista disso, constata-se que o comprometimento do município em relação aos requisitos das diretrizes nacionais de saneamento básico busca não apenas deixá-lo apto para o acesso aos recursos federais, mas, sobretudo, instituir no seu território uma dinâmica institucional que por meio do fortalecimento da participação social e da qualificação da gestão pública, contribua para reduzir as desigualdades sociais e melhorar a qualidade de vida da população.

Outro fator importante para ser discutido no planejamento do setor é a utilização dos indicadores para a mensuração do desempenho real dos planos de saneamento, propiciando o monitoramento das condições de vida da população. A Lei nº 11.445/2007 institucionaliza o uso de indicadores de desempenho e passa a integrar o processo de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços. Portanto, com o intuito de definir uma base de referência para avaliar a evolução do sistema de saneamento nos municípios, recomenda-se a utilização de um conjunto de parâmetros específicos, indicadores do seu estado.

## 2.3 O USO DE ÍNDICES E INDICADORES COMO FERRAMENTAS DE GESTÃO DO SANEAMENTO

### 2.3.1 Aspectos conceituais

Indicadores e índices são utilizados como instrumentos de sensibilidade de algum fenômeno e seus conceitos estão amparados em características e propriedades semelhantes; contudo, suas definições e objetivos são distintos (BERNARDES, C.; BERNARDES, R.; GÜNTHER, 2018).

Um fator importante da definição de indicadores e índices refere-se à forma de converter dados brutos em informações úteis para gestores, administradores e tomadores de decisão.

Dessa forma, eles servirão, sobretudo, como instrumentos de comparação que podem ser utilizados em escalas territoriais, populacionais ou temporais (CORVALÁN; BRIGGS; KJELLSTRÖM, 2000).

Segundo a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD, 2001), um indicador pode ser definido como um parâmetro ou valor derivado de parâmetros, de forma a possibilitar a obtenção de informações sobre um determinado fenômeno. Eles são capazes de sintetizar e relevar informações que podem nortear a tomada de decisão dos gestores tanto nos setores públicos quanto nos privados, constituindo-se uma importante ferramenta para elaboração e aperfeiçoamento de políticas públicas condizentes com a realidade em que se encontram (SANTOS, 2008; CUNHA, 2012).

Além disso, os indicadores ainda podem ser definidos como uma medida, na maioria das vezes quantitativa, utilizada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato (JANUZZI, 2017). O papel desempenhado pelos indicadores consiste, dentre outras aplicabilidades, em ajudar a simplificar um conjunto complexo de informações e subsidiar o necessário aprofundamento dos estudos sobre as inter-relações das mudanças sociais, ambientais, sanitárias e as condições de vida e de saúde da população (BRASIL, 2004).

De acordo com Aravéchia Júnior (2010), a escolha ou utilização de indicadores exige a diferenciação de seus graus de importância ou a sua ponderação com o objetivo de sinalizar as prioridades para alcançar metas definidas. Sob o mesmo ponto de vista, Albuquerque (2013) acrescenta que a elaboração de indicadores deve respeitar as peculiaridades da localidade onde serão abordados, permitindo que sua coleta de dados e posterior análise transcorram por meio de premissas quantitativas e qualitativas.

Uma forma de agrupar um conjunto de indicadores e facilitar sua comunicabilidade em virtude do grande número de dados e informações disponíveis, é a construção de outras formas de obter medidas-síntese, como os indicadores compostos ou índices (JANUZZI, 2017). Nesse sentido, os indicadores podem ser derivados de dados primários, secundários ou outros indicadores e classificam-se como analíticos (constituídos de uma única variável) ou sintéticos (constituídos por uma composição de variáveis) (BRASIL, 2014). O índice pode ser definido, portanto, como a integração de indicadores dentro de um parâmetro representado, geralmente, por um número adimensional (SOBRAL *et al.*, 2011).

A gestão do saneamento básico no contexto do desenvolvimento urbano envolve questões intersetoriais, políticas públicas, dentre outros fatores. Logo, a avaliação dos PMSB também está relacionada às ações governamentais, compreendendo a implantação de

programas, a execução de projetos e atividades, a administração de órgãos e entidades (BRASIL, 2014).

Especificamente, tratando-se de PMSB, os indicadores de desempenho objetivam subsidiar o acompanhamento e a verificação do seu cumprimento e aumentar a eficiência e eficácia da atividade de regulação. Silva (2006) verificou que a avaliação de eficiência e eficácia pode ser realizada mediante uma combinação de indicadores confiáveis, englobando diferentes momentos desse processo.

Um indicador de desempenho consiste em uma medida quantitativa da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços que resulta da combinação de duas ou mais variáveis (ALEGRE *et al.*, 2017). Tanto para a gestão dos planos de saneamento como para o acompanhamento de sua execução, o uso desses indicadores como ferramenta de análise é necessário devido ao grande número de informações e variáveis do setor (GALVÃO JÚNIOR; BASÍLIO SOBRINHO; SILVA, 2012).

Daronco (2014) defende que os indicadores de saneamento precisam atender as necessidades político-institucionais de um país, com uma sólida base conceitual, contemplando as necessidades de avaliação e planejamento. Em vista disso, Barcellos (2002), Galvão Júnior, Basílio Sobrinho e Silva (2012), Von Sperling (2010) e Alegre *et al.* (2020) atribuíram alguns requisitos mínimos considerados importantes para indicadores aplicáveis ao setor de saneamento, são eles:

- ✓ Definição de forma clara, concisa e com interpretação inequívoca em relação à problemática analisada;
- ✓ Sensíveis à mudança de condições do ambiente e da sociedade;
- ✓ Facilidade de mensuração, com custo razoável de aquisição e processamento de dados e comunicação;
- ✓ Efetividade para a tomada de decisões;
- ✓ Não exigir análises complexas;
- ✓ Ser reprodutível segundo padrões metodológicos estabelecidos;
- ✓ Considerar o público-alvo que utilizará os resultados dos indicadores;
- ✓ Proporcionar a comparabilidade com critérios legais e/ou outros requisitos existentes ou a definir;
- ✓ Quantidade suficiente para a avaliação objetiva das metas de planejamento;
- ✓ Simplicidade e facilidade de compreensão, tendo em vista que os usuários dos serviços também devem ter acesso às informações;

- ✓ Compatibilidade com indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), na medida do possível, a fim de possibilitar a comparação do desempenho com outras empresas do setor.

A utilização de indicadores no setor do saneamento é fundamental para o planejamento municipal dos serviços. Um conjunto de indicadores analisados de uma forma conjunta propiciará uma análise mais precisa sobre o alcance da universalização da prestação dos serviços de saneamento básico. Portanto, é importante conhecer e explorar os diversos tipos de aplicação dos indicadores nos mais diversos âmbitos do saneamento.

### 2.3.2 Experiências com indicadores no setor do saneamento

O uso de índices e indicadores no Brasil e no mundo vem se tornando uma prática cada vez mais crescente, e podem desempenhar diferentes funções a depender do contexto em que são inseridos. Na Europa, são observados diversos estudos sobre a avaliação de desempenho do setor de saneamento, destacando como se utilizam os indicadores para melhorar performance dos serviços públicos essenciais de natureza coletiva (BARTRAM *et al.*, 2014; SCHWEMLEIN; CRONK; BARTRAM, 2016), sobretudo estudos ligados a provisão de saneamento para populações mais desfavorecidas (BLOKLAND, 2010; NDLOVU, 2011). No Brasil, apesar da existência de pesquisas sobre indicadores de saneamento e saúde (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005; CALIJURI *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2017; NIRAZAWA; OLIVEIRA, 2018), ainda há poucos estudos focados em indicadores para a universalização dos serviços de saneamento.

A fim de visualizar o uso de indicadores nos âmbitos nacional e internacional, a seguir são apresentadas as particularidades de algumas referências identificadas na área do saneamento básico.

#### 2.3.2.1 Âmbito internacional

Diversas organizações desenvolveram na última década conjuntos de indicadores específicos, com diferentes objetivos e prioridades, a *International Water Association (IWA)* destaca-se pela “definição de um grupo de indicadores de desempenho, estruturados de forma a satisfazer as necessidades comuns dos principais tipos de empresas de saneamento” (BEZERRA; PERTEL; MACÊDO, 2019, p. 251).

A IWA vem publicando manuais de indicadores de desempenho para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com ampla colaboração dos agentes do setor em todo o mundo, caracterizando-a como uma das principais referências internacionais para a

formulação de indicadores. O intuito dessas publicações é a padronização de termos para a posterior comparação do desempenho de sistemas em todo o mundo (PERTEL; AZEVEDO; VOLSCHAN JUNIOR, 2016).

Outra iniciativa de cooperação internacional relacionada ao uso de indicadores é a da *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET), promovida pelo Banco Mundial com apoio financeiro do *Department for International Development* (DFID) do Reino Unido, cujo objetivo principal é apoiar o livre acesso à informação comparativa para ajudar a promover melhores práticas entre os prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em todo o mundo (VON SPERLING T.; VON SPERLING M., 2012).

A *Office of Water Services* (OFWAT) também representa outra organização que adota indicadores para a gestão dos serviços de saneamento, atuando como o órgão regulador, econômico e ambiental dos serviços de água e esgotamento sanitário da Inglaterra e do País de Gales. Outro exemplo é a *Water Services Association of Australia* (WSAA), associação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário da Austrália, formada em 1995 com o intuito de promover debates relacionados ao setor de águas urbanas entre o governo e a comunidade, além de estabelecerem práticas e padrões mundialmente reconhecidos por meio de indicadores de desempenho (WSAA, 2020).

Ainda no contexto internacional, é importante ressaltar a atuação da OECD, uma organização econômica intergovernamental formada por 36 países membros que trabalham juntos para enfrentar os desafios econômicos, sociais e ambientais da globalização, e publicou em 2008 um manual denominado *“Handbook on constructing composite indicators”* (OECD, 2008). Esse manual apresenta diretrizes e recomendações para a construção de indicadores compostos e tem sido utilizado como referência mundial em diversos estudos no âmbito ambiental.

#### 2.3.2.2 Âmbito nacional

No ano de 1996, o governo federal criou o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cuja administração é vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Com abrangência nacional, reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços das quatro vertentes do saneamento básico (SNIS, 2019).

Inicialmente, o SNIS apresentava apenas informações sobre a prestação dos serviços de água e esgoto. Posteriormente, em 2002 foram incorporadas informações sobre o serviço de manejo de resíduos sólidos urbanos. O SNIS configura-se como o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro. O sistema compreende uma base de dados que contém indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

As informações do SNIS são coletadas anualmente e provêm de prestadores de serviços ou órgãos municipais encarregados da gestão dos serviços, sendo a base de dados totalmente pública. No âmbito federal, os dados incorporados nesse sistema servem “ao planejamento e à execução de políticas públicas, visando a orientar a aplicação de investimentos, incorporação das áreas de habitação, saneamento, transporte, entre outros” (BRASIL, 2004, p. 69). Na esfera municipal e estadual, os dados colaboram:

[...] para a regulação e a fiscalização da prestação dos serviços e para a elevação dos níveis de eficiência e eficácia na gestão das entidades prestadoras dos serviços, por meio do conhecimento de sua realidade, orientando investimentos, custos e tarifas, bem como incentivando a participação da sociedade no controle social, monitorando e avaliando os efeitos das políticas públicas (BRASIL, 2004, p. 69).

Além do SNIS, também destaca-se a atuação da Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), entidade fundada em 1999, cujos associados são as agências de regulação existentes no Brasil, em nível federal, estadual e municipal (VON SPERLING T.; VON SPERLING M., 2013). Em parceria com o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), a ABAR realizou em março de 2006 uma oficina internacional de indicadores para regulação dos serviços de água e esgoto. Como resultado dessa oficina, foi proposto um conjunto de indicadores para regulação do saneamento, a ser utilizado por todas as agências reguladoras. Esses indicadores poderiam alimentar a base de dados da *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable e Saneamiento de las Americas* (ADERASA), propiciando comparações com o desempenho no plano internacional (XIMENES, 2006).

Ainda no âmbito nacional, deve-se ressaltar a importância do surgimento de uma iniciativa inovadora do Instituto Trata Brasil (ITB), conhecida como Painel Saneamento Brasil, que apresenta um portal com informações de indicadores sobre saneamento básico dos municípios com população acima de 50 mil habitantes. O painel disponibiliza aos cidadãos informações sobre saneamento básico que permitem a comparação entre localidades e indicadores de saneamento ligados a saúde e renda, educação, valorização imobiliária, impactos ao turismo, entre outros (ITB, 2018).

Todavia, apesar da relevância do desenvolvimento e da aplicação de indicadores para o setor de saneamento no país, constatam-se fragilidades na incorporação desses resultados durante o planejamento e a implementação das políticas públicas. No panorama nacional, apesar da iniciativa relevante do Instituto Trata Brasil, observa-se a ausência de uma proposta que contemple a estruturação de informações e indicadores para mensurar e monitorar o acesso ao saneamento básico nos municípios de pequeno porte. Além disso, a falta de uma diretriz geral que indique os indicadores a serem utilizados na elaboração dos planos desses municípios e a não definição destes com base no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), pode conduzir a dificuldades na execução e no acompanhamento das metas dos PMSB (GALVÃO JÚNIOR; SOBRINHO; SILVA, 2012).

A ausência de parâmetros que viabilizem o acompanhamento das condições sanitárias, a fragilidade na estrutura organizacional desses serviços e a implementação de políticas públicas sem a devida participação social em localidades de pequeno porte, formam canais de exclusões para grande parcela da população. Diante disso, a insuficiência de infraestruturas sanitárias e serviços coletivos colocam a população em situações de risco, provocando impactos em diversos setores. Portanto, o estudo da vulnerabilidade no contexto do saneamento é fundamental para identificar e analisar os fatores relacionados à qualidade e às condições de vida das populações mais afetadas.

#### 2.4 VULNERABILIDADE: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Devido a sua aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento, o conceito de vulnerabilidade está inserido em diversas teorias disciplinares que sustentam a origem técnica ou social do conceito (FUCHS; BIRKMANN; GLADE, 2012). Várias definições de vulnerabilidade surgiram e são utilizadas nos mais diversos contextos, adaptando-se para cada área do conhecimento por se tratar de um conceito bastante amplo (MALTA; COSTA; MAGRINI, 2017).

Vulnerabilidade pode ser entendida como “a predisposição física, econômica, política ou social que tem uma comunidade de ser afetada ou de sofrer danos, caso um fenômeno desestabilizador de origem natural ou antrópico se manifeste” (CARDONA, 2004, p. 1). Por outro lado, Cutter (1996) considera que a vulnerabilidade está associada a um risco biofísico e sua respectiva resposta social, dentro de uma área específica.

Para expor a visão multidimensional da vulnerabilidade, Cutter (2011) apresenta a ciência da vulnerabilidade a partir de uma integração multidisciplinar das ciências sociais, das ciências naturais e da engenharia.

As condições naturais ou ambientais que ajudam a compreender a exposição ao risco têm geralmente por base informação proveniente das ciências naturais. A análise do ambiente construído ou das infraestruturas está adstrita às ciências da engenharia, incluindo medições das infraestruturas críticas (oleodutos, redes de transporte, sistemas de comunicação), assim como do edificado (residencial, comercial, industrial, institucional). Por último, é necessário efetuar a medição das condições sociais, geralmente com recurso a dados socioeconômicos e a outros dados demográficos (CUTTER, 2011, p. 61).

Nesse sentido, a ciência da vulnerabilidade permite examinar as interações entre sistemas sociais e estruturas artificiais, como as redes urbanas e de transporte, originando-se, portanto, no potencial de perda e de impacto negativo que estes sistemas e/ou estruturas têm nas pessoas ao falhar (CUTTER, 2011).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) define o termo vulnerabilidade como sendo a propensão de uma determinada população/localidade a ser adversamente afetada por alterações do clima em função de três elementos fundamentais: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa (IPCC, 2007). A intrínseca relação entre esses três elementos pode ser expressa por uma fórmula genérica (Equação 1):

$$V = f(R, S, CA) \quad \text{Eq. (1)}$$

No contexto das mudanças climáticas, o risco (R) é traduzido pela presença de pessoas, sistemas e suas relações, que podem ser adversamente afetados; a susceptibilidade (S) está relacionada ao grau em que um sistema pode ser afetado, de forma adversa ou não, e a capacidade adaptativa (CA) está ligada à habilidade em diminuir ou evitar danos por meio da exploração de oportunidade benéficas existentes nos sistemas (IPCC, 2007; KIENBERGER; LANG; ZEIL, 2009).

Apesar da grande relevância atribuída ao conceito de vulnerabilidade, ainda há carência de um consenso atribuída à sua multidisciplinariedade, envolvendo muitas definições concorrentes (ADGER *et al.*, 2004; KHAN, 2012). Além disso, Adger (2006) e Adger *et al.* (2007) relatam em suas análises que a vulnerabilidade é conceituada a partir de componentes que consideram a exposição e a sensibilidade às perturbações, e a capacidade adaptativa do meio.

Com o intuito de compreender e quantificar os diversos tipos de vulnerabilidade, índices e indicadores têm sido métodos largamente utilizados pela comunidade científica para mensurar, caracterizar e identificar a vulnerabilidade de indivíduos, grupos ou comunidades

(ALCÂNTARA *et al.*, 2013). Para isso são utilizados indicadores, os quais podem ser demográficos, sociais, econômicos, de saúde, climáticos, entre outros.

Segundo Birkmann (2006), um indicador de vulnerabilidade deve atender alguns requisitos: capaz de mensurar dimensões importantes de seus conceitos, relevante para a pesquisa, de fácil interpretação e compreensão, acurado, reproduzível, comparável, de escopo apropriado, rentável e sensível ao fenômeno de estudo. Malta, Costa e Magrini (2017) destacam que a questão da vulnerabilidade é complexa e cada situação, população e região possui a necessidade de uma informação específica, e por esse motivo existem diversos índices, cada um desenvolvido para uma determinada realidade, com objetivos e aplicações diversas. Avaliar a vulnerabilidade de populações consiste no mecanismo pelo qual as organizações podem mensurar os impactos atuais e projetar cenários futuros.

No Brasil, existem diversos estudos que mensuram a vulnerabilidade por meio de indicadores desenvolvidos para embasar o desenvolvimento de políticas públicas especificamente voltadas para regiões e grupos populacionais considerados mais vulneráveis. Alguns exemplos são o Índice de Vulnerabilidade da Saúde (BELO HORIZONTE, 2013), o Índice de Vulnerabilidade Social (IPEA, 2015) e o Índice de Vulnerabilidade Municipal (BARATA *et al.*, 2014).

A ausência de políticas públicas e ações voltadas para a oferta de serviços públicos contribuem para o aumento dos níveis de vulnerabilidade de diversos grupos populacionais. Esse contexto permite a aplicação de estratégias metodológicas nas mais diversas áreas do conhecimento. O processo de vulnerabilidade é dinâmico, pois ao mesmo tempo em que há mudanças positivas no cenário atual de uma localidade, surgem outros fatores que podem elevar a vulnerabilidade em momentos futuros, apontando para um déficit em decorrência da expansão urbana sem infraestruturas adequadas e do descaso da gestão pública. Desse modo, a representação da vulnerabilidade através de índices tem demonstrado eficiência para o acompanhamento de áreas e populações em situações mais desfavorecidas.

Os capítulos a serem abordados posteriormente mostram uma breve caracterização da área de estudo, bem como os procedimentos metodológicos para analisar e mensurar a vulnerabilidade à insuficiência de saneamento nos municípios paraibanos de pequeno porte.

## CAPÍTULO III

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa tem o município como unidade básica de análise, de processamento e de espacialização de informações. Entende-se que esse nível de escala territorial permite ter uma primeira visão de como os impactos decorrentes da insuficiência ou inadequação dos serviços de saneamento básico que afetam uma região, podem ser potencializados devido aos problemas de saúde pública, sociais, econômicos e demográficos de um município. Nesse sentido, faz-se necessário incorporar elementos que possibilitem a caracterização da área de estudo, iniciando-se pelo contexto estadual para, posteriormente, adentrar no cenário dos municípios de pequeno porte. O recorte espacial utilizado na pesquisa corresponde ao conjunto de municípios com até 50.000 habitantes do estado da Paraíba.

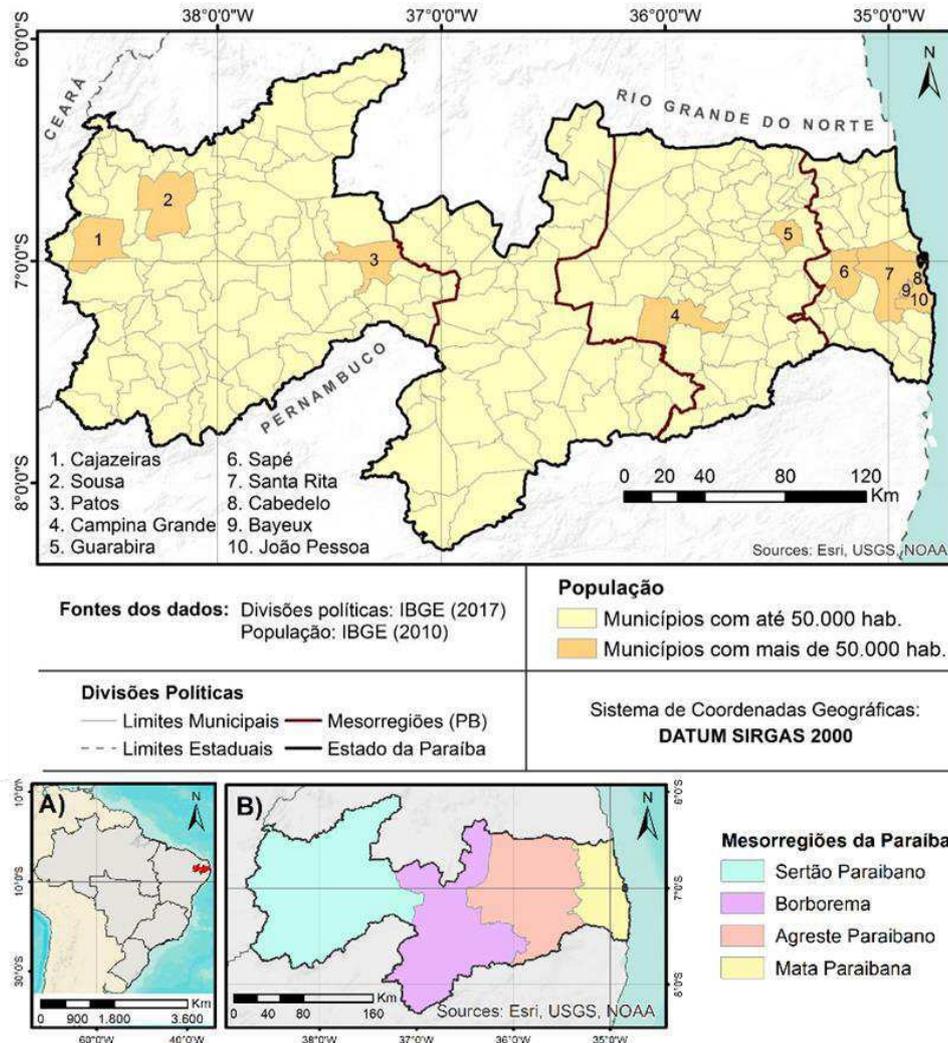
#### 3.1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E INSERÇÃO REGIONAL

O estado da Paraíba está situado no Nordeste brasileiro e abrange uma área territorial de 56.467,239 km<sup>2</sup>. Sua população estimada é de 4.018.127 pessoas, caracterizando-o como a 14<sup>a</sup> unidade da federação mais populosa do país (IBGE, 2019). A Paraíba é constituída por 223 municípios distribuídos em 23 microrregiões e em quatro mesorregiões, sendo estas: Agreste Paraibano, Borborema, Mata Paraibana e Sertão Paraibano.

Segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013), a Paraíba possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio, de 0,658, ocupando a 23<sup>a</sup> posição dentre 27 estados brasileiros (IBGE, 2019). Segundo a mesma fonte, sua taxa de mortalidade infantil (mortalidade de crianças com menos de um ano de idade) é de 21,7 óbitos a cada mil nascidos vivos, um valor acima da média do país para o mesmo ano, que foi de 16,7 óbitos por mil nascidos vivos.

No que tange ao recorte espacial de interesse da pesquisa (Figura 1), dentre o total de municípios do estado da Paraíba, 213 (95,5%) são considerados de pequeno porte, segundo a classificação do IBGE (2011). Apenas dez municípios apresentam faixas populacionais acima de 50.000 habitantes e, portanto, não serão considerados nesse estudo.

**Figura 1-** Localização geográfica, divisão mesorregional e características populacionais do estado da Paraíba.



Fonte: Elaboração própria.

Quanto à inserção regional, a Paraíba tem 91% do seu território pertencente ao Semiárido Brasileiro (SAB), que é uma região delimitada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017) e abrange 1.272 municípios, contidos ao longo dos nove estados nordestinos e em Minas Gerais. Os critérios para que uma municipalidade faça parte do SAB são, de acordo com a Resolução SUDENE nº 107/2017: (i) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; (ii) índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; (iii) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Se, pelo menos, um dentre os critérios for constatado, a localidade está apta a adentrar em tal delimitação. A Paraíba, por sua vez, tem 194 dos seus municípios incluídos nessa

limitação, o que corresponde a 87% da sua totalidade. Ainda segundo essa delimitação, a população que reside nessa área é de 2.498.117 (62% do total do estado) (SUDENE, 2017). Destaca-se que os municípios pertencentes a essa delimitação são beneficiados com políticas de crédito e benefícios fiscais.

Em termos populacionais, a mesorregião com maior número de municípios de pequeno porte em relação a sua quantidade total é a Borborema (100%), seguida do Agreste Paraibano (97%), Sertão Paraibano (96,4%) e Mata Paraibana (83%). A Tabela 1 apresenta as quatro mesorregiões, suas respectivas totalidades de municípios e aspectos relacionados ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos seus municípios de pequeno porte.

**Tabela 1** – Enquadramento dos municípios de pequeno porte segundo as quatro mesorregiões paraibanas

Mesorregião	Total de municípios	Total de Municípios de peq. porte	IDHM baixo (0,500-0,599)	IDHM médio (0,600-0,699)	IDHM alto (0,700-0,799)
Sertão Paraibano	83	80	57	23	-
Borborema	44	44	22	21	1
Agreste Paraibano	66	64	50	14	-
Mata Paraibana	30	25	22	3	-

Fonte: IBGE (2010).

Observa-se que apenas a mesorregião da Borborema apresenta uma quantidade significativa (47,7%) de municípios com melhores condições de desenvolvimento humano. Por outro lado, os municípios de pequeno porte das demais mesorregiões encontram-se em uma situação mais crítica, como é o caso da Mata Paraibana.

De acordo com o último Censo Demográfico do IBGE (2010), cerca de 42% desses 213 municípios em análise são predominantemente rurais (Apêndice A).

### 3.2 ASPECTOS FÍSICOS: CLIMA E HIDROGRAFIA

Sob o ponto de vista climático, de acordo com Alvares *et al.* (2013), a Paraíba localiza-se em uma região de classificação climática predominantemente de zona tropical – com verão seco e de zona seca – Semiárida – com baixas latitude e altitude.

Os baixos índices de precipitação, a irregularidade do seu regime, temperaturas elevadas durante todo o ano, as baixas capacidades de armazenamento de água no solo, entre outros fatores, contribuem para os reduzidos valores de disponibilidade hídrica observados no Nordeste Brasileiro, em particular na região Semiárida e no

Nordeste Setentrional (estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que tem 88% do seu território no Semiárido (ANA, 2019, p. 15).

Segundo o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), é provável que o semiárido nordestino tenha sua precipitação reduzida em até 20% até 2040, com aumento médio de 0,5°C a 1°C na temperatura. O Estado da Paraíba, inserido nesse cenário, registrou uma proporção de que 91,9 % dos seus municípios são atingidos pela seca (IBGE, 2017). A intensificação das secas em áreas marcadas pela escassez hídrica promove a competição pelo acesso à água atingindo, principalmente, a população de baixa renda, caracterizada pela dificuldade de adaptação.

No que se refere aos recursos hídricos, o estado da Paraíba tem apresentado desafios significativos. A maioria dos rios são intermitentes, as chuvas são concentradas em poucos meses do ano e caracterizadas pelo forte padrão de variabilidade interanual. O cenário é intensificado pela alternância entre anos de pluviosidade regular e anos consecutivos de valores abaixo da média, produzindo secas prolongadas com escassez hídrica aguda. O período 2012-2017 foi marcado pelo agravamento das condições climáticas em diversas sub-regiões do Estado, resultando na necessidade de obras emergenciais para garantir o abastecimento de água da população.

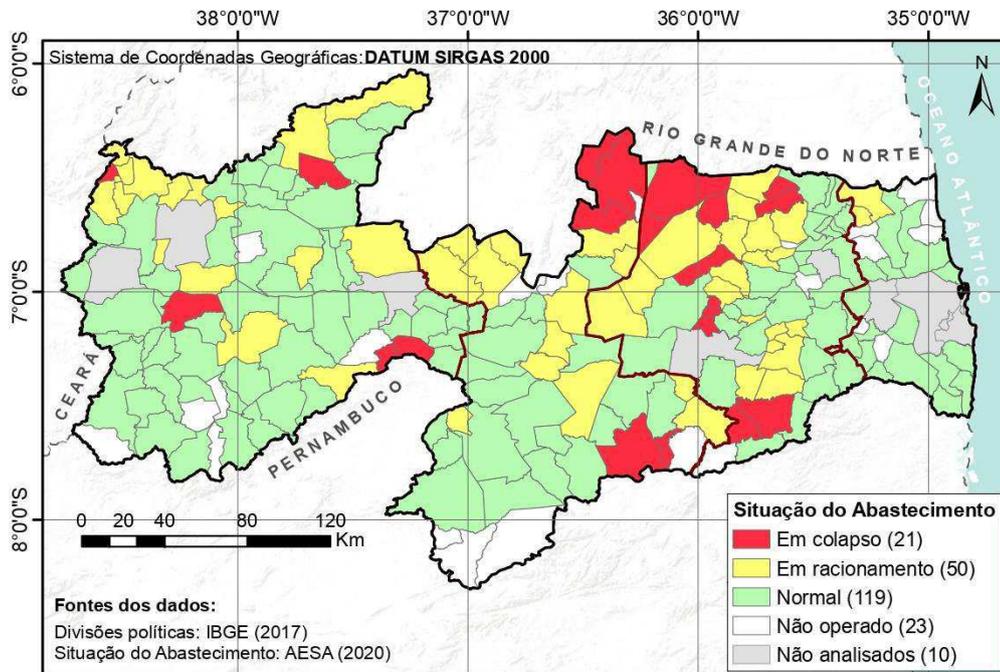
O Agreste Paraibano, localizado na parte intermediária do Estado, é a mesorregião que apresenta os cenários mais críticos quando se trata do sistema de abastecimento de água dos municípios Paraibanos (Figura 2). Os rios, nesta zona, são quase sempre temporários, pois reduzem suas águas ou secam completamente nos períodos de grande estiagem. Um fator marcante que determina esta condição é a irregularidade do regime de chuvas, tornando o clima mais seco.

A Paraíba divide-se em onze bacias hidrográficas, e as maiores são a bacia hidrográfica do rio Piranhas e a do rio Paraíba, respectivamente. O abastecimento de água no Estado se dá, em sua grande maioria, por meio de águas superficiais, dentre os quais destaca-se os maiores mananciais de suprimento de água da Paraíba, que são:

- a. Sistema Coremas – Mãe D'água (Mesorregião do Sertão Paraibano) que tem uma capacidade de 1.289,1 hm<sup>3</sup>;
- b. Açude Epitácio Pessoa – popularmente conhecido como “Boqueirão” (Mesorregião da Borborema) que tem uma capacidade total de 466,5 hm<sup>3</sup>;
- c. Açude Engenheiro Ávidos (Mesorregião do Sertão Paraibano) e possui uma capacidade total de armazenamento de 293,6 hm<sup>3</sup>;

- d. Reservatório Acauã – Argemiro de Figueiredo (Mesorregião da Mata Paraibana) que detém um volume total de 253,0 hm<sup>3</sup>.

**Figura 2-** Situação atual do abastecimento de água dos municípios paraibanos de pequeno porte operados pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).



Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 ASPECTOS INSTITUCIONAIS E DE PLANEJAMENTO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS

A Constituição Estadual da Paraíba, promulgada em 5 de outubro de 1989, com última atualização em 2015, traz em seu Art. 7º § 3º, que é atribuição do Estado, juntamente com a União e os Municípios:

IX - promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;

XIII - instituir, por lei, plano plurianual de saneamento básico, estabelecendo diretrizes e programas para as ações nesse campo, com dotações previstas no plano plurianual, na lei de diretrizes orçamentárias e no orçamento do Estado (PARAÍBA, 2015).

Nos termos do seu art. 178 consta que o Estado e os municípios devem promover o desenvolvimento socioeconômico a partir de programas habitacionais e melhorias das condições de higiene e saneamento nos bolsões de pobreza. Por fim, em seu art. 186 afirma que: “na liberação de recursos do erário estadual e na concessão de outros benefícios em favor de objetivos de desenvolvimento urbano e social, o Estado atenderá, prioritariamente, ao

Município já dotado de plano diretor, para o fim de garantia de saneamento básico” (PARAÍBA, 2015).

Já a lei estadual nº 9.260/2010, que institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico e dá outras providências, estabelece em seu Art. 9º:

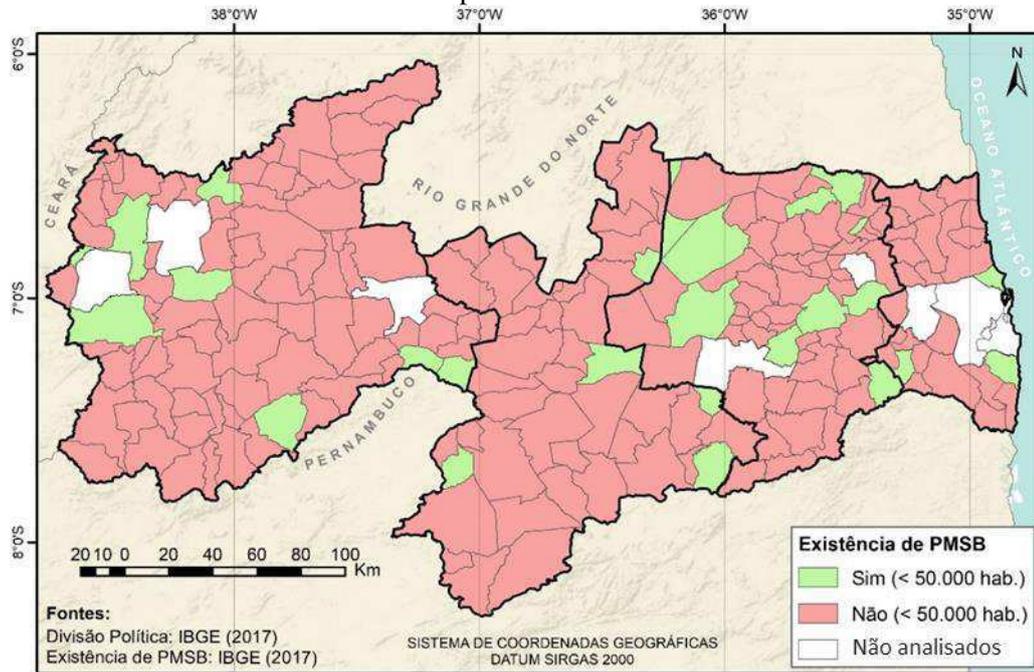
Fica instituída a Política Estadual de Saneamento Básico como sendo o conjunto de princípios, diretrizes, planos, programas e ações a cargo dos diversos órgãos e entidades da administração direta e indireta do Estado da Paraíba, com o objetivo de proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental à população, especialmente por meio do acesso à água potável e aos demais serviços públicos de saneamento básico, bem como o controle social de sua execução podendo ser implementada através da cooperação e coordenação federativas (PARAÍBA, 2010).

Ainda sobre ao arcabouço legal da Paraíba relacionado ao setor do saneamento, a Lei n.º 6.308/1996 dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecendo em seu Art. 13º que os Planos das Bacias Hidrográficas, devem conter, entre outros elementos, as diretrizes gerais a nível regional capazes de orientar Planos Diretores Municipais e, dentre eles, o de saneamento.

Por outro lado, em relação às atuais condições dos serviços de saneamento básico, baseando-se nas estatísticas divulgadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), apenas 36,1% da população paraibana atendida com rede de abastecimento de água (74,3%) também usufrui de esgotamento sanitário em seus domicílios. Além disso, o estudo também revela que 47,4% dos municípios ainda não possuem nenhum tipo de sistema de drenagem urbana. Essas informações apontam que dentre as quatro vertentes do saneamento, o acesso aos serviços de esgotamento sanitário e de drenagem e manejo de águas pluviais, requerem mais investimentos e melhorias.

No que se refere à existência do PMSB nos municípios de pequeno porte, a Paraíba foi o terceiro estado que apresentou a menor proporção de municípios com PMSB de todo o Brasil em 2017. Conforme os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), dentre os 223 municípios, apenas 30 apresentaram plano (Figura 3), representando um índice de 13,4%, ficando atrás apenas de Alagoas (9,2%) e Maranhão (8,2%). O cenário é mais crítico para a realidade dos municípios de pequeno porte, em que apenas 12,7% dos municípios possuem PMSB (IBGE, 2017).

**Figura 3-** Existência de Plano Municipal de Saneamento Básico no contexto dos municípios paraibanos.



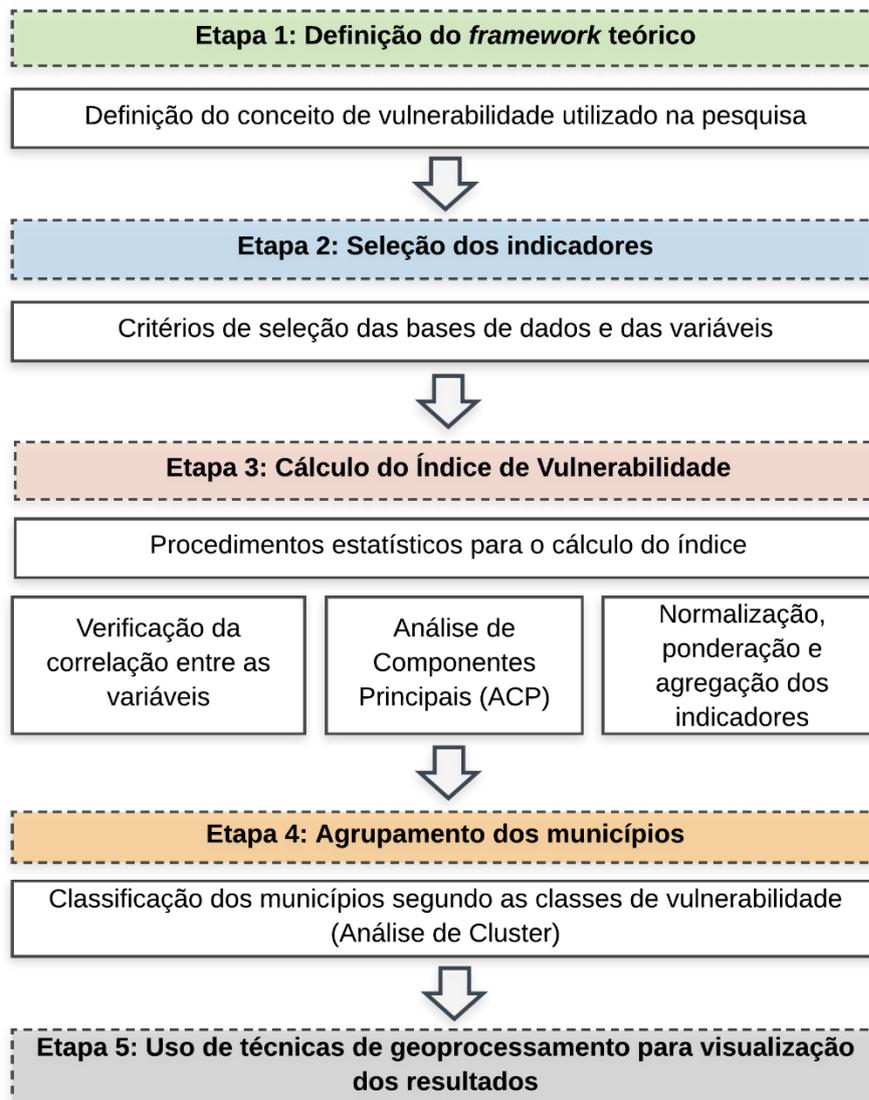
Fonte: Elaboração própria.

## CAPÍTULO IV

### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o propósito de dar suporte aos estudos sobre a vulnerabilidade de populações e territórios à insuficiência de saneamento básico, foram realizadas cinco etapas metodológicas para o desenvolvimento e aplicação do índice proposto, descritas conforme a Figura 4.

**Figura 4-** Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Elaboração própria.

A pesquisa caracteriza-se como sendo de método dedutivo, buscando responder o conteúdo da premissa através da análise de dados. Quanto aos seus objetivos esta pesquisa é classificada como descritiva, uma vez que “tem como objetivo principal a descrição das

características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 2002, p. 42). Sua natureza é quali-quantitativa, tendo em vista que aborda aspectos quantificáveis e qualificáveis, cuja finalidade é diagnosticar um problema que se coloca na realidade estudada: a insuficiência de saneamento básico e seus impactos na população.

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2012), da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC (IBGE, 2017) e do Atlas esgotos (ANA, 2017) – constituindo o conjunto de dados socioeconômicos, aspectos demográficos e de infraestrutura sanitária. Para doenças e cobertura da atenção básica, utilizou-se dos dados fornecidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do período de 2010-2014.

#### 4.1 DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Para a formulação do índice proposto, denominado Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS), e considerando o caráter multidimensional do conceito de vulnerabilidade, utilizou-se de procedimentos de análise multivariada para classificação dos municípios, envolvendo Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Cluster.

##### 4.1.1 Definição do framework teórico

Segundo Hammond *et al.* (1995) *apud* Silva (2015) a construção de indicadores para fins de política pública tem a obrigação de explicitar tanto a métrica adotada quanto o modelo conceitual subjacente, inerente ao indicador. Nesse sentido, com o propósito obter uma métrica de vulnerabilidade municipal para efeitos comparativos, optou-se pelo desenvolvimento de um índice composto, também chamado de índice sintético, por conter diferentes indicadores. Os índices compostos integram e sintetizam aspectos multidimensionais, atuando como redutores de complexidade e proporcionando a comparabilidade entre as unidades de análise (BARATA *et al.*, 2014).

Em vista disso, o índice a ser desenvolvido segue a mesma proposta do IPCC (2007) e é constituído por três subíndices que correspondem aos elementos fundamentais da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Juntos, esses componentes originam o IVHIS, responsável por retratar as condições de vulnerabilidade de cada município.

O subíndice risco ( $I_R$ ) pode ser interpretado como o perigo direto, bem como a natureza e extensão dos problemas de inadequação dos serviços de saneamento. Considera-se, portanto, que um domicílio com saneamento considerado inadequado conjuga as formas mais

degradantes à saúde e ao meio ambiente, simultaneamente. Além disso, foram agrupadas informações referentes à incidência de impactos ambientais decorrentes da falta de saneamento básico em cada município.

O subíndice susceptibilidade ( $I_s$ ) retratou as características sociodemográficas, de pobreza e de ocorrência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), que podem tornar a população mais susceptível aos impactos decorrentes da precariedade das condições sanitárias. Os indicadores de pobreza construídos agregam as informações sobre acesso a saneamento básico, reconhecido como um fator de influência no bem-estar da população e elemento fundamental na análise das condições de vida das famílias.

Nesse sentido, se além do rendimento monetário de valor baixo, o domicílio apresenta um acesso precário a condições mínimas de salubridade e saneamento, estes situam-se em situação de extrema vulnerabilidade e, portanto, configuram-se como o público-alvo prioritário das políticas públicas para a melhoria da qualidade de vida (IBGE, 2011). Ademais, como tratam-se predominantemente de municípios inseridos na realidade do semiárido nordestino, caracterizados por cenários de escassez hídrica, também optou-se por incluir no  $I_s$  dados que revelem o registro de municípios atingidos pela seca.

Já o subíndice de capacidade adaptativa ( $I_{CA}$ ), além de integrar informações relacionadas diretamente a melhoria da qualidade de vida da população, também procurou avaliar a presença de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico que favoreçam a população, no sentido de amenizar os impactos gerados pela insuficiência ou inadequação do saneamento.

O fundamento teórico para a construção do índice baseou-se na literatura científica internacional e nacional voltada para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental e de saúde, bem como seus impactos (GUIMARÃES *et al.*, 2014; MAVHURA; MANYENA; COLLINS, 2017; CARMO; GUIZARDI, 2018; SANTOS *et al.*, 2019).

#### 4.1.2 Seleção dos indicadores

A seleção dos indicadores para compor o índice teve como principal referência um trabalho na área de vigilância em saúde ambiental do Ministério da Saúde intitulado “Vigilância em Saúde Ambiental: Dados e Indicadores Seleccionados” (BRASIL, 2012). No entanto, alguns indicadores sugeridos não expressavam as particularidades dos municípios de pequeno porte e, portanto, não foram incluídos na construção do índice.

Além disso, optou-se por acrescentar alguns indicadores considerados relevantes para a temática abordada e a realidade a ser retratada, permitindo uma análise mais detalhada de cada

localidade. Foram utilizados 30 indicadores, alocados nos três subíndices e listados nos Quadros 4, 5 e 6.

Considera-se que a presença dos indicadores que compõem o  $I_R$ , contribui para o aumento da vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico, isto é, valores altos do IVHIS; essa linha de pensamento também é válida para os nove indicadores do  $I_S$ . Em contrapartida, para avaliar o  $I_{CA}$ , quanto maior o valor dos seus indicadores, menor será o valor do IVHIS.

**Quadro 4-** Indicadores utilizados como componentes do fator risco

<b>RISCO</b>			
<b>Nº</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>
1	Domicílios com abastecimento de água inadequado	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujo abastecimento de água não provem de rede geral de distribuição e a população total residente em domicílios particulares permanentes.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
2	Domicílios com esgotamento sanitário inadequado	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujo esgotamento sanitário não é realizado por rede coletora de esgoto ou fossa séptica, e a população total residente em domicílios particulares permanentes.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
3	Domicílios com destino de lixo de forma inadequada	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujo lixo não é coletado por serviço de limpeza, e a população total residente em domicílios particulares permanentes.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
4	Domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário, e a população total residente em domicílios particulares permanentes. Banheiro exclusivo é definido como cômodo que dispõe de chuveiro ou banheira e aparelho sanitário.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
5	População em domicílios sem coleta e sem tratamento de esgoto	Porcentagem da população sem nenhum tipo de coleta e tratamento de esgoto.	Atlas esgotos (ANA, 2017)
6	Ocorrência de impactos ambientais devido à falta de saneamento	Ocorrência de impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência decorrente da falta de saneamento como, por exemplo, a destinação inadequada do esgoto doméstico.	Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
7	Concentração de poluentes na água exigindo ampliação na captação e no tratamento da água durante períodos de estiagem	Identificação de elevadas concentrações de poluentes na água exigindo ampliação na captação e no tratamento da água durante períodos de estiagem.	Pesquisa Munic (IBGE, 2017)

Fonte: Elaborado a partir de ANA (2017) e IBGE (2017, 2010).

**Quadro 5-** Indicadores utilizados como componentes do fator susceptibilidade

<b>SUSCEPTIBILIDADE</b>			
<b>Nº</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>
1	Taxa de mortalidade até os 5 anos de idade	Frequência com que ocorrem os óbitos de crianças antes de completar 5 anos de idade em uma população, em relação ao número de nascidos vivos em determinado ano civil. Expressa-se para cada mil crianças nascidas vivas.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
2	Razão de dependência	Percentual da população considerada dependente (0 a 14 anos e 65 anos e mais de idade) em relação à população potencialmente ativa (15 a 64 anos de idade)	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
3	Taxa de analfabetismo (15 anos ou mais)	Razão entre a população de 15 anos ou mais de idade que não sabe ler nem escrever um bilhete simples, e o total de pessoas nesta faixa.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
4	Porcentagem de vulneráveis à pobreza	Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita igual ou inferior a R\$ 255,00 mensais, em reais de agosto de 2010, equivalente a 1/2 salário mínimo nessa data. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
5	Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Básico Inadequado (DRSAI)	Proporção das internações hospitalares, no SUS, por DRSAI em relação ao número total de internações, por município e para cada ano de internação, no período de 2010 a 2014. As doenças consideradas no estudo como DRSAI são: Cólera, Shigelose, Amebíase, doenças infecciosas intestinais, Equinocose, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, Febres entéricas, Hepatite A, Dengue, Febre Amarela, Leishmanioses, Filariose linfática, Malária, Doença de Chagas, Esquistossomose, Leptospirose, Tracoma, Conjuntivites, Micoses superficiais, Helmintíases e Teníases.	Ministério da Saúde - Departamento de Informática do SUS (DATASUS)
6	Mortalidade proporcional por DRSAI	Proporção de óbitos por DRSAI em relação ao total de óbitos por doenças infecciosas e parasitárias, por município e para cada ano de ocorrência, no período de 2010 a 2014.	Ministério da Saúde - Departamento de Informática do SUS (DATASUS)
7	Internações por Doença Diarreica Aguda (DDA) em menores de 5 anos	Proporção das internações por DDA em crianças menores de 5 anos em relação ao número total de internações de crianças menos de 5 anos.	Ministério da Saúde - Departamento de Informática do SUS (DATASUS)
8	Ocorrência de seca nos últimos 4 anos	Município atingido pela seca no período de 2014 a 2017.	Pesquisa Munic (IBGE, 2017)

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2017, 2010) e DATASUS (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

**Quadro 6-** Indicadores utilizados como componentes do fator capacidade adaptativa

CAPACIDADE ADAPTATIVA			
Nº	Indicador	Descrição	Fonte
1	Índice de Gini	Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar <i>per capita</i> . Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda domiciliar <i>per capita</i> de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda). O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
2	Esperança de vida ao nascer	Número médio de anos que as pessoas deverão viver a partir do nascimento, se permanecerem constantes ao longo da vida o nível e o padrão de mortalidade por idade que prevalecem no ano do Censo.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
3	IDHM	Mede o nível de Desenvolvimento Humano dos municípios utilizando como critérios indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB <i>per capita</i> ).	Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013)
4	Renda <i>per capita</i>	Razão entre o somatório da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos. Valores em reais de 01/agosto de 2010.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
5	Taxa de urbanização	Porcentagem da população da área urbana em relação à população total.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
6	PIB <i>per capita</i>	Valor do Produto Interno Bruto (PIB) anual em reais(R\$), a preços de mercado per capita.	Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010)
7	Existência de Política Municipal de Saneamento Básico		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
8	Existência de Plano Municipal de Saneamento Básico		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
9	Existência de Conselho Municipal de Saneamento Básico		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
10	Existência de Fundo Municipal de Saneamento Básico		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
11	Existência de Plano Municipal de Habitação		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
12	Existência de Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
13	Existência de instrumento de gestão ambiental sobre saneamento básico		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
14	Existência de legislação sobre gestão de bacias hidrográficas		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)
15	Existência de instrumento de gestão ambiental sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos		Pesquisa Munic (IBGE, 2017)

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010, 2017) e PNUD (2013).

### 4.1.3 Procedimentos estatísticos

A formulação da metodologia baseada unicamente em critérios estatísticos objetivou, dentre outros fatores, a redução da subjetividade presente em métodos participativos que incorporam opiniões de especialistas, por exemplo. Para a avaliação da vulnerabilidade, a agregação de diversos indicadores tem sido uma técnica bastante utilizada devido a vantagem de incorporar uma vasta gama de variáveis, levando a um modelo mais abrangente da realidade. Logo, uma solução bastante difundida é o emprego de técnicas estatísticas multivariadas para fins de redução de dados, atentando-se a perda mínima de informação no decorrer do processo. Devido a complexidade dos cálculos efetuados, utilizou-se o software estatístico XLSTAT (versão 2019.3.2) para o processamento das técnicas empregadas.

Para formulação de índices ou indicadores compostos, a realização de procedimentos estatísticos representa uma etapa fundamental para estudar a estrutura geral do conjunto de dados a serem analisados, avaliar sua adequação e orientar as escolhas metodológicas subsequentes (por exemplo, ponderação, agregação) (OECD, 2008). Inicialmente, é indispensável verificar se a estrutura do índice está bem definida e se o conjunto de indicadores é suficiente ou apropriado para descrever o fenômeno a ser analisado. Essa decisão pode ser baseada na opinião de especialistas ou na estrutura estatística do conjunto de dados.

As técnicas multivariadas têm sido utilizadas em várias pesquisas, conforme se comprova pelas recentes publicações nacionais e internacionais que abordam metodologias para determinação de índices e indicadores, relacionadas às áreas de políticas públicas e aos estudos de vulnerabilidade social, socioambiental, à mudança do clima, entre outras. Destacam-se, por exemplo, os trabalhos de M. Silva, J. Silva e Borges (2015), Alcântara, Strauch e Ajara (2013), Mavhura, Manyena e Collins (2017) e Santos *et al.* (2019). Citam-se também as publicações da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz (BARATA *et al.*, 2014), que apresenta uma metodologia desenvolvida para sintetizar, no Índice de Vulnerabilidade Municipal (IVM) do Estado do Rio de Janeiro, os aspectos socioambientais e de saúde humana sensíveis às variações climáticas; e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (MARGUTI *et al.*, 2018), que demonstram métodos e conceitos para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para os municípios brasileiros, sustentado na construção de indicadores a partir da análise de componentes principais.

Na construção de índices baseados em análise estatística multivariada, a variância é responsável por traduzir a informação contida em cada variável. Quando os índices são desenvolvidos a partir da combinação linear de variáveis, é desejável que eles apresentem a maior variância possível, ou seja, que contenham o máximo de informação fornecida pelo

conjunto de variáveis selecionadas (KUBRUSLY, 2001). Logo, um método que cria combinações lineares com essa propriedade (máxima variância), é a Análise de Componentes Principais (ACP).

A ACP é um método estatístico bastante utilizado quando se pretende analisar dados multivariados e permite investigações com um grande número de dados disponíveis. Além disso, a técnica transforma um conjunto de variáveis quantitativas correlacionadas em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas, as componentes principais de dimensões equivalentes (FERNANDO, 2014).

As principais funções da ACP consistem em: reduzir uma grande quantidade de variáveis observadas a um número reduzido de componentes principais e permitir a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perdas significativas de informações. Essas componentes representam as dimensões latentes (construtos) que resumem ou explicam o conjunto de variáveis estatísticas originais (HAIR *et al.*, 2009). É importante ressaltar que essa redução de variáveis será possível apenas se as variáveis iniciais não forem independentes e possuírem coeficientes de correlação não-nulos (LAROS, 2012).

Antes de iniciar os procedimentos estatísticos propriamente ditos, foi necessário observar quais critérios devem ser satisfeitos para utilização da técnica multivariada previamente escolhida, vista que ela pode ser afetada de várias formas se não atender suas premissas conceituais inerentes às suposições estatísticas (TABACHINICK; FIDELL, 2007). O planejamento de uma ACP compreende três estágios iniciais: a verificação da adequabilidade da base de dados, a determinação da técnica de extração, o número de fatores a serem extraídos e a tomada de decisão quanto à rotação dos fatores (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Primeiramente, verificou-se a adequabilidade da base de dados. Em relação ao nível de mensuração, a literatura recomenda que se deve priorizar a utilização de variáveis contínuas ou discretas. Nesse processo, Hair *et al.* (2009) aconselham evitar a inclusão de variáveis qualitativas, e caso seja necessário, recomenda-se a inclusão de variáveis dicotômicas (podem assumir apenas dois valores). Acrescenta-se ainda que para tornar variáveis dicotômicas em quantificáveis, uma maneira simples de solucionar o problema é realizar a seguinte codificação: Sim = 1 e Não = 0.

No que concerne ao padrão de correlação entre as variáveis, a matriz de correlações deve exibir um número substancial de valores superiores a 0,30 (HAIR *et al.*, 2009). O teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), cujos valores variam entre 0 e 1, foi usado para avaliar a

adequação do emprego da análise fatorial. Quanto mais próximo de 1, mais adequada será a utilização da técnica. Favero *et al.* (2009) sugere a seguinte escala para interpretar o valor da estatística KMO: entre 0,90 e 1, muito boa; entre 0,80 e 0,89, boa; entre 0,70 e 0,79, mediana; entre 0,60 e 0,69, razoável; entre 0,50 e 0,59, ruim e abaixo de 0,5 considera-se que a ACP pode ser inadequada.

Quanto ao número de observações, sugere-se que a amostra deve ser superior a 50 observações, sendo aconselhável no mínimo 100 casos para assegurar resultados mais robustos (HAIR *et al.*, 2009). A quantidade de observações nesse trabalho refere-se, portanto, aos 213 municípios de pequeno porte do estado da Paraíba.

Por fim, a estatística *Bartlett Test of Sphericity* (BTS), realizada no intuito de identificar a existência de correlações significativas entre as variáveis, deve ser estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Após verificar a adequabilidade da base de dados, a próxima etapa consiste em determinar a técnica de extração dos fatores que, para esse estudo, refere-se ao emprego das componentes principais.

Definido o método de extração, determina-se o número de fatores que serão extraídos. O principal objetivo dessa etapa é determinar a quantidade de fatores que melhor representa o padrão de correlação entre as variáveis observadas (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Apesar de não existir um critério consensual para definir quantos fatores devem ser extraídos, a literatura aponta alguns métodos que podem auxiliar o pesquisador na tomada de decisão, são eles: critério de Kaiser, critério *a priori*, critério de percentagem de variância e critério do gráfico *Scree* (FAVERO *et al.*, 2009). O presente estudo utiliza o critério de Kaiser, que sugere apenas a extração de fatores com autovalores ou *eigenvalue* acima de um. Isso porque se o fator apresenta baixo *eigenvalue*, ele está contribuindo pouco para explicar a variância nas variáveis originais. Adicionalmente, também utiliza-se o critério da variância acumulada para determinar a quantidade de fatores que devem ser extraídos. Para esse último, Hair *et al.* (2009) sugerem o patamar de 60% como sendo aceitável.

Os fatores extraídos geralmente são rotacionados para tornar o resultado empírico facilmente interpretável, mantendo as suas propriedades estatísticas iguais (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010). Há dois principais tipos de rotação: ortogonal e oblíqua. As rotações ortogonais são mais fáceis de reportar e de interpretar e, por esse motivo, optou-se por esse tipo de rotação nesse trabalho. Para isso, assume-se que os componentes principais ( $F_i$ ) são independentes, determinados a partir de combinações lineares das variáveis iniciais  $X_i$ , de acordo com a Equação 2:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k \quad (\text{Eq. 2})$$

Cada uma das “k” variáveis observadas é descrita linearmente em termos das “k” componentes não correlacionadas ( $F_i$ ); “ $a_{ik}$ ” são os pesos ou cargas fatoriais que compõem a combinação linear. As cargas fatoriais “ $a_{ik}$ ” expressam os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e seus respectivos componentes.

Por fim, a última etapa para a realização da ACP refere-se à interpretação e nomeação dos fatores através das cargas fatoriais. Em cada componente principal, considerou-se que as variáveis mais representativas são aquelas cujas cargas fatoriais são maiores ( $a_{ik} > 0,30$ ), conforme estabelecido por Hair *et al.* (2009).

Para o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade proposto, fez-se o uso da propriedade de ortogonalidade, testando se os escores fatoriais são ortogonais e observando a matriz de variância e covariância entre os mesmos. Presumiu-se que os escores associados aos municípios tenham apresentado distribuição simétrica em torno da média zero. Desta forma, uma metade dos escores fatoriais tem sinais positivos enquanto a outra possui sinais negativos. Entende-se, portanto, que os municípios com os menores índices apresentam escores fatoriais negativos.

Com o propósito de evitar que altos escores fatoriais negativos elevem a magnitude dos índices associados aos municípios, originou-se a seguinte transformação nos escores fatoriais cujo objetivo foi trazê-los para o primeiro quadrante, padronizando-os conforme a Equação 3.

$$I_p = \frac{I_o - I_{\text{mín}}}{I_{\text{máx}} - I_{\text{mín}}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:  $I_p$  é o valor padronizado do índice,  $I_o$  é o valor observado do indicador a ser padronizado,  $I_{\text{mín}}$  e  $I_{\text{máx}}$  são os valores mínimo e máximo observados para os escores fatoriais entre todos os municípios, contidos no intervalo fechado entre zero e um.

Diante disso, para cada dimensão da vulnerabilidade foram calculados os seus respectivos índices (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa). Suas variáveis foram descritas como quantitativas ou qualitativas, conforme detalhado no Quadro 7.

**Quadro 7-** Variáveis, indicadores, subíndices e procedimentos matemáticos utilizados para a obtenção do IVHIS

Subíndice	Variáveis/Indicadores	Tipo de variável
RISCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porcentagem de domicílios com abastecimento de água inadequado;</li> <li>▪ Porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário inadequado;</li> <li>▪ Porcentagem de domicílios com destino de lixo de forma inadequada;</li> <li>▪ Porcentagem de domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário;</li> <li>▪ Porcentagem da população em domicílios sem coleta e sem tratamento de esgoto.</li> </ul>	Quantitativa contínua
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ocorrência de impactos ambientais devido à falta de saneamento;</li> <li>▪ Concentração de poluentes na água exigindo ampliação na captação e no tratamento da água durante períodos de estiagem.</li> </ul>	Qualitativa dicotômica
SUSCEPTIBILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Taxa de mortalidade até os 5 anos de idade;</li> <li>▪ Razão de dependência;</li> <li>▪ Taxa de analfabetismo (15 anos ou mais);</li> <li>▪ Porcentagem de vulneráveis à pobreza;</li> <li>▪ Internações por DRSAI;</li> <li>▪ Mortalidade proporcional por DRSAI;</li> <li>▪ Internações por DDA em menores de 5 anos.</li> </ul>	Quantitativa contínua
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ocorrência de seca entre os anos 2014-2017.</li> </ul>	Qualitativa dicotômica
CAPACIDADE ADAPTATIVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esperança de vida ao nascer;</li> <li>▪ IDHM;</li> <li>▪ Renda per capita;</li> <li>▪ Taxa de urbanização;</li> <li>▪ PIB per capita.</li> </ul>	Quantitativa contínua
	Existência de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Política Municipal de Saneamento Básico;</li> <li>▪ Plano Municipal de Saneamento Básico;</li> <li>▪ Conselho Municipal de Saneamento Básico;</li> <li>▪ Fundo Municipal de Saneamento Básico;</li> <li>▪ Plano Municipal de Habitação;</li> <li>▪ Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;</li> <li>▪ Instrumento de gestão ambiental sobre saneamento básico;</li> <li>▪ Legislação sobre gestão de bacias hidrográficas;</li> <li>▪ Instrumento de gestão ambiental sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos.</li> </ul>	Qualitativa dicotômica

Finalmente, é realizado o cálculo do IVHIS que incorpora os subíndices mencionados anteriormente por meio da Equação 4:

$$IVHIS = \frac{I_R + I_S + (1 - I_{CA})}{3} \quad (\text{Eq. 4})$$

A ACP é, em geral, utilizada como uma etapa intermediária para a aplicação de outras técnicas multivariadas. Com os resultados obtidos até essa etapa, é preciso decidir os intervalos de vulnerabilidade para a classificação dos municípios, tendo em vista que a diferenciação entre

as localidades é um fator importante. Uma possível solução para resolver esse impasse é a utilização da técnica multivariada denominada análise de cluster.

A análise de *cluster* (*cluster analysis*), também conhecida como análise de agrupamento, é outra ferramenta para classificar grandes quantidades de informações em conjuntos gerenciáveis, cuja finalidade principal é agregar indivíduos ou objetos com base nas características que eles possuem (HAIR *et al.*, 2009). Em outras palavras, seu principal objetivo é classificar objetos ou casos em grupos relativamente homogêneos chamados de *clusters*. Assim, os objetos em cada grupo tendem a ser semelhante entre si, mas diferentes de objetos em outros agrupamentos.

Três questões fundamentais devem ser consideradas na aplicação da análise de *cluster*, são elas: Como será medida a similaridade dos dados? Como formar os agrupamentos? Quantos grupos serão formados? Para definir a semelhança e a diferença entre os indivíduos é usada uma função de distância (similaridade ou dissimilaridade), que precisa ser definida considerando o contexto do problema em questão. As medidas de distância representam a similaridade, isto é, a proximidade entre as observações ao longo das variáveis. A distância euclidiana é frequentemente empregada na literatura científica e utilizada para calcular medidas específicas, assim como a distância euclidiana simples e a quadrática ou absoluta (SEIDEL *et al.*, 2008).

Para os procedimentos de aglomeração deve-se, ainda, optar por um método específico. Para agrupamentos hierárquicos utiliza-se, em geral, o método de Ward, no qual a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos é calculada como a soma de quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis (HAIR *et al.*, 2009). Já o método *K-means* configura-se como um agrupamento não hierárquico e é um dos mais utilizados quando se têm muitos objetos para agrupar, com pequenas variações. Nesse último método, a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos é calculada como a soma dos quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis.

Estudos recorrentes, bem como manuais de análise multivariada têm sugerido que se aplique a análise de cluster sobre os escores dos componentes, ou seja, sobre cada valor do IVHIS gerado (MACEDO; BASSANI, 2010). Sendo assim, as informações municipais foram agrupadas por meio da técnica de agrupamento hierárquico chamada de método de *Ward*, que tem se revelado um dos melhores, e mais usados métodos hierárquicos de aglomeração (KUBRUSLY, 2001). O principal objetivo desse método é a classificação dos municípios em tipologias, de forma que haja uma homogeneidade de valores do IVHIS dentro do mesmo grupo e uma heterogeneidade entre os diversos grupos (*clusters*). Em síntese, o uso da ACP teve como

objetivo verificar o relacionamento existente entre variáveis utilizadas, e a CHA permitiu realizar a formação de agrupamentos dos municípios segundo os fatores observados na ACP.

As técnicas de agrupamentos visam a redução da subjetividade, pois quantificam a similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos (GUIMARÃES; ASMUS; BURDORF, 2013). Neste trabalho, a partição foi realizada segundo uma função de agrupamento com base na distância Euclidiana, conhecida como a medida de dissimilaridade mais comumente usada em agrupamentos. Houve um estabelecimento de pontos centrais (centroides) e os integrantes de cada grupo foram identificados pelo método dos mínimos quadrados.

A última etapa do percurso metodológico da pesquisa consiste na validação do IVHIS, ou seja, sua aplicação no contexto dos municípios paraibanos de pequeno porte. Portanto, para uma melhor compreensão da distribuição da vulnerabilidade e da relação espacial entre os municípios, utilizou-se de técnicas de geoprocessamento realizadas em ambiente SIG (ArcGIS Desktop 10.6) com o propósito de representar os valores do IVHIS e de cada subíndice.

## CAPÍTULO V

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 RESULTADOS REFERENTES AO DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Conforme mencionado no capítulo anterior, a construção do Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS) foi baseada na obtenção de três subíndices ( $I_R$ ,  $I_S$  e  $I_{CA}$ ). Foram aplicadas técnicas de análise multivariada em componentes principais e de agrupamento, ao conjunto de 30 variáveis dos municípios de pequeno porte da Paraíba. Os resultados estatísticos provenientes da ACP para cada subíndice do IVHIS são apresentados a seguir.

##### 5.1.2 Risco (IR)

A partir da análise de correlação aplicada às variáveis do subíndice risco, foi possível constatar que a maioria delas está fortemente correlacionada, com alta significância ( $p > 0,001$ ). Observou-se um valor para o teste de KMO de 0,682, o que significa que a ACP obteve uma modelagem adequada. Além disso, a ACP revelou que 68,7% do total da variância do modelo foram explicados por dois fatores ( $F1 = 46,6\%$  e  $F2 = 22,1\%$ ), sendo estes identificados a partir dos critérios de Kaiser e pelos autovalores, conforme apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2**-Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice risco

Fatores	Condições iniciais			Componentes rotacionados	
	Autovalores	Variabilidade (%)	% Variância acumulada	Variabilidade (%)	% Variância acumulada
F1	2,329	46,576	46,576	46,560	46,560
F2	1,107	22,132	68,708	22,147	68,708
F3	0,655	13,109	81,817	13,109	81,817
F4	0,616	12,329	94,145	12,329	94,145
F5	0,293	5,855	100,000	5,855	100,000

A rotação Varimax apresentou cargas fatoriais mais elevadas no primeiro fator, o qual explicou 46,6% da variância dos dados e compreende as variáveis: a) Domicílios com abastecimento de água inadequado, b) Domicílios com esgotamento sanitário inadequado, c) Domicílios com destino de lixo de forma inadequada e d) Domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário.

O segundo fator, responsável por 22,1% da variância, foi representado pela variável: população em domicílios sem coleta e sem tratamento de esgoto. O cálculo para o  $IR_{quant}$  é representado pela Equação 5:

$$IR_{quant} = \frac{f_1 \times 0,466 + f_2 \times 0,221}{0,687} \quad (\text{Eq. 5})$$

Por outro lado, as variáveis qualitativas foram quantificadas por meio da Equação 6:

$$IR_{quali} = \frac{\sum_{i=1}^2 f_i}{2} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:  $f_i$  representa o código do município quanto a ocorrência de impactos ambientais devido à falta de saneamento e a presença de elevadas concentrações de poluentes na água em períodos de estiagem, podendo ser 0 ou 1.

Ao considerar os procedimentos necessários para realização da ACP, as variáveis mostraram-se compatíveis com a técnica utilizada. Após a obtenção dos subíndices de risco referentes às variáveis quantitativas e qualitativas, calcula-se o  $IR_{final}$  por meio da média ponderada (Equação 7):

$$IR_{final} = \frac{IR_{quant} \times 5 + IR_{quali} \times 2}{7} \quad (\text{Eq. 7})$$

### 5.1.2 Susceptibilidade (IS)

Ao analisar a matriz de correlações das variáveis que representam a susceptibilidade, notou-se a existência de correlações bastante significativas, reforçando a adequabilidade da técnica de ACP. O teste de KMO registrou um valor de 0,660, considerado razoável para a aplicação da ACP.

Nesse sentido, a ACP revelou que 61,1% do total da variância do modelo foi explicada por três fatores (Tabela 3). A rotação Varimax apresentou cargas fatoriais mais elevadas no primeiro fator constituído pelas variáveis: a) Razão de dependência; b) Índice de Gini; c) Taxa de analfabetismo (15 anos ou mais) e d) Porcentagem de vulneráveis à pobreza. Devido a

natureza das variáveis compondo esse fator, entende-se que ele expressa os índices de pobreza e de desigualdade social.

**Tabela 3**-Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice susceptibilidade

Fatores	Condições iniciais			Componentes rotacionados	
	Autovalores	Variabilidade (%)	% Variância acumulada	Variabilidade (%)	% Variância acumulada
F1	2,379	29,738	29,738	28,843	28,843
F2	1,510	18,876	48,614	18,492	47,336
F3	1,000	12,486	61,100	13,765	61,100
F4	0,873	10,912	72,013	10,912	72,013
F5	0,759	9,489	81,502	9,489	81,502
F6	0,633	7,911	89,413	7,911	89,413
F7	0,504	6,297	95,710	6,297	95,710
F8	0,343	4,290	100,000	4,290	100,000

O segundo fator, responsável por 18,9% da variância, foi composto pelas variáveis e) Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Básico Inadequado (DRSAI) e f) Internações por Doença Diarreica Aguda (DDA) em menores de 5 anos, que agrupa informações relacionadas à incidência de doenças relacionadas ao saneamento inadequado.

Contabilizando 12,5% da variância, o terceiro fator incluiu as variáveis g) taxa de mortalidade até os 5 anos de idade e h) Mortalidade proporcional por DRSAI.

Em seguida, prosseguiu-se com o cálculo do IS das variáveis quantitativas (Equação 8):

$$IS_{\text{quant}} = \frac{f_1 \times 0,297 + f_2 \times 0,189 + f_3 \times 0,125}{0,611} \quad (\text{Eq. 8})$$

O subíndice de susceptibilidade para a variável qualitativa ( $IS_{\text{quali}}$ ) expressa se o município foi atingido pela seca entre os anos 2014-2017, podendo ser 0 ou 1. O valor do  $IS_{\text{final}}$  é calculado a partir da Equação 9:

$$IS_{\text{final}} = \frac{IS_{\text{quant}} \times 8 + IS_{\text{quali}} \times 1}{9} \quad (\text{Eq. 9})$$

### 5.1.3 Capacidade Adaptativa (ICA)

Os coeficientes da matriz de correlação de Pearson revelaram um número substancial de valores superiores a 0,30, indicando que a ACP pode ser realizada. O valor do teste KMO de 0,660 demonstra a adequabilidade da amostra quanto ao grau de correlação entre as

variáveis. A realização da ACP indicou que 69,8% do total da variância do modelo foi explicada por dois fatores (F1=49,5% e F2=20,3%), em que F1 agrupa as variáveis: a) Esperança de vida ao nascer; b) IDHM; c) Renda *per capita* e d) Taxa de urbanização; e F2 representa o PIB *per capita*. As equações realizadas para a obtenção do valor final do ICA (Equações 9, 10 e 11) são apresentadas a seguir:

$$ICA_{\text{quant}} = \frac{f_1 \times 0,495 + f_2 \times 0,203}{0,698} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$ICA_{\text{quali}} = \frac{\sum_{i=1}^9 f_i}{9} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:  $f_i$  representa o código do município quanto a existência de instrumentos de gestão relacionados ao saneamento.

$$ICA_{\text{final}} = \frac{ICA_{\text{quant}} \times 5 + ICA_{\text{quali}} \times 9}{14} \quad (\text{Eq. 11})$$

Os resultados obtidos para a ACP são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4**-Autovalores e variância total explicada pelos fatores da ACP do subíndice capacidade adaptativa

Fatores	Condições iniciais			Componentes rotacionados	
	Autovalores	Variabilidade (%)	% Variância acumulada	Variabilidade (%)	% Variância acumulada
F1	2,474	49,478	49,478	46,986	46,986
F2	1,017	20,334	69,811	22,825	69,811
F3	0,809	16,172	85,983	16,172	85,983
F4	0,528	10,552	96,536	10,552	96,536
F5	0,173	3,464	100,000	3,464	100,000

#### 5.1.4 Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS)

Após a obtenção dos fatores gerados pelas ACP de cada subíndice, realizou-se a transformação nos escores fatoriais, de forma a evitar que altos escores fatoriais negativos elevem a magnitude dos índices associados aos municípios (Equação 3). Finalmente, procedeu-se com o cálculo final do IVHIS, conforme a Equação 4.

Posteriormente, prosseguiu-se com a análise de cluster para agrupar os valores de cada subíndice em classes distintas. Segundo Mingoti (2005), essa técnica é bastante utilizada para a classificação de municípios ou regiões conforme suas variáveis físicas, econômicas, sociais, demográficas, dentre outras. Para essa etapa, foi utilizada uma técnica de agrupamento hierárquica chamada de método de *Ward*, que tem se revelado um dos melhores, e mais usados métodos hierárquicos de aglomeração (KUBRUSLY, 2001).

Com o intuito de analisar a estrutura hierárquica formada pela união entre os elementos e visualizar o processo de agrupamento, utilizou-se os dendrogramas gerados (Apêndice B), que é a forma mais usual de representação dos resultados de métodos hierárquicos. Esse diagrama representa uma árvore hierárquica de vínculos na qual pode-se verificar no seu eixo vertical a perda de informação (dissimilaridade) conforme o avanço dos estágios de aglomeração. Um bom ponto de decisão da clusterização final, isto é, da escolha do número de grupos, é onde os valores de distância mudam consideravelmente.

Os resultados dessa técnica demonstraram que os valores do IVHIS e dos seus subíndices ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_{CA}$ ) deveriam ser agrupados em três classes (Tabela 5).

**Tabela 5-**Resultados da análise de cluster hierárquico

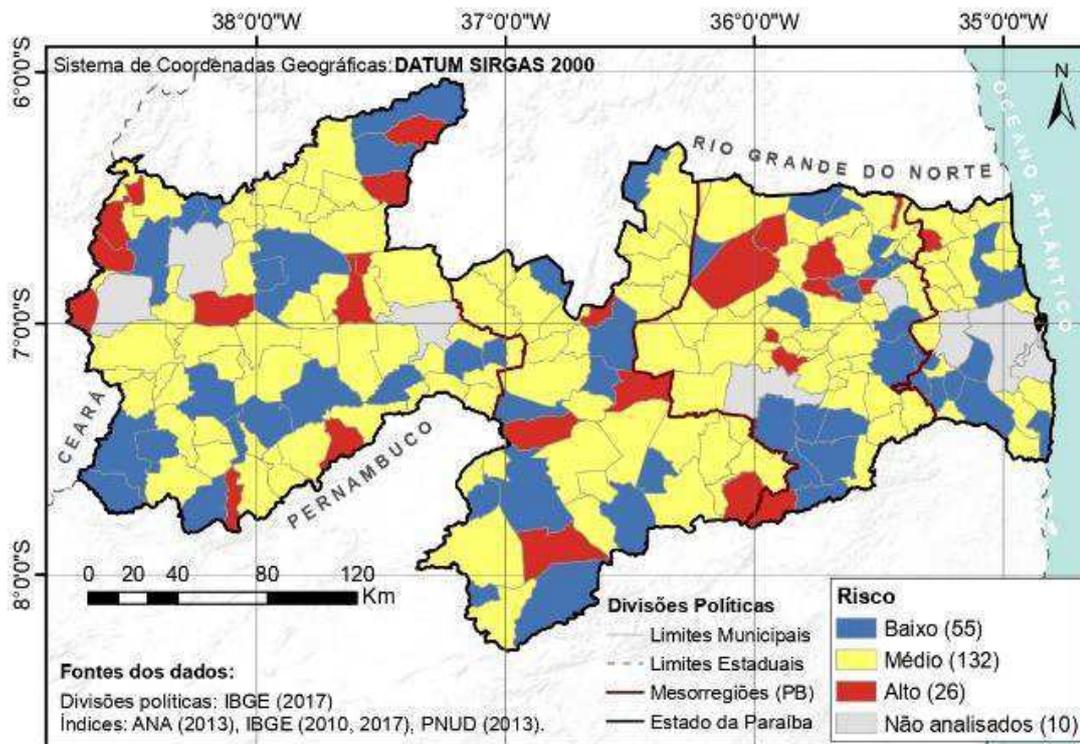
Índices	Centróides das classes (municípios)	Classificação
$I_R$	Prata	0,000 – 0,328 (baixo)
	Várzea	0,329 – 0,649 (médio)
	Pilõezinhos	0,650 – 1,000 (alto)
$I_S$	Boqueirão	0,000 – 0,441 (baixa)
	Pilõezinhos	0,442 – 0,629 (média)
	Araçagi	0,630 – 1,000 (alta)
$I_{CA}$	Baraúna	0,000 – 0,296 (baixa)
	São José de Piranhas	0,297 – 0,521 (média)
	Pedra Branca	0,521 – 1,000 (alta)
IVHIS	São João do Rio do Peixe	0,000 – 0,566 (baixo)
	Mari	0,567 – 0,693 (médio)
	Natuba	0,694 – 1,000 (alto)

## 5.2 RESULTADOS REFERENTES À VALIDAÇÃO DO ÍNDICE PARA O ESTADO DA PARAÍBA

Após a realização dos procedimentos estatísticos, obteve-se os valores do IVHIS para cada município paraibano de pequeno porte (Apêndice C), de acordo com as três dimensões da vulnerabilidade – risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Destaca-se que o valor final obtido tem fins comparativos e, portanto, a pontuação zero não indica ausência de vulnerabilidade, da mesma forma que a pontuação igual a um não significa vulnerabilidade

completa, e sim que determinado município é mais ou menos vulnerável em relação aos demais (SANTOS, 2016). A Figura 5 apresenta os resultados referentes ao fator risco.

**Figura 5-** Índice de risco dos municípios de pequeno porte da Paraíba.



Fonte: Elaboração própria.

O Índice de Risco ( $I_R$ ) refletiu que cerca de 62% dos municípios paraibanos de pequeno porte apresentaram um risco mediano. Os valores mais próximos a um (1) indicam um risco alto e os mais próximos a zero (0) revelam um risco baixo. No total de 213 municípios, 26 apresentaram médias de inadequação mais significativas, identificados pela coloração em vermelho. As mesorregiões que mais se destacam em relação aos municípios com maior incidência de problemas sanitários são: o Sertão, com um percentual de 42,3% (11), e o Agreste com 34,6% (9).

Na mesorregião do Sertão Paraibano, esses municípios com situações mais críticas encontram-se bem distribuídos, sem a tendência específica em alguma área. No entanto, verifica-se que o principal fator que contribuiu para a elevação do risco nesses 11 municípios, está relacionado aos altos índices de domicílios com esgotamento sanitário inadequado. Destaca-se a situação do município de São Bento, em que 100% dos seus domicílios apresentam abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados, serviços considerados os mais

essenciais para melhoria da qualidade de vida da população, conforme apontam os estudos de Heller (1998).

Já o Agreste, concentra a segunda maior cidade do Estado em contingente populacional, sendo esta Campina Grande, intitulada a rainha da Borborema. Verifica-se que todos os municípios que estão imediatamente ao Sul dessa localidade, apresentaram uma baixa vulnerabilidade ao risco, indicando, assim, que pode haver a influência de um grande centro urbano na redução do risco dos pequenos municípios localizados em seu entorno. Os valores mais significativos, caracterizados como os mais preocupantes, estão todos ao norte da mesorregião em questão, apresentando, assim, uma tendência de áreas mais vulneráveis.

Solânea foi o município do Agreste cujo valor do índice foi considerado de extremo risco (1,0). Os indicadores que contribuíram fortemente para essa situação crítica foram: a alta porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário inadequado (aproximadamente 100%) e com destino de lixo de forma inadequada (cerca de 80%). Segundo Oliveira (2018), o processo de expansão urbana do município acarretou em uma segregação socioespacial, na qual uma parcela significativa da população vem ocupando espaços com habitações precárias e, portanto, não usufrui das infraestruturas urbanas de saneamento básico.

A região da Borborema, por sua vez, é composta unicamente por municípios de pequeno porte que não apresentam um índice de risco distribuído sob algum padrão geográfico. Nota-se que as municipalidades que apresentam um risco mais elevado estão isoladas, assim como no Sertão, o que significa que não há uma influência entre recortes geográficos vizinhos.

A menor dentre as regiões, em termos de área e de quantidade de municípios, é a Mata Paraibana, onde localiza-se a capital do Estado, João Pessoa. A maior densidade populacional da Paraíba gira em torno da respectiva sede, com os municípios de Cabedelo, Bayeux, Santa Rita e Sapé. Dentre as dez localidades que apresentam mais de 50.000 habitantes, cinco estão na mesorregião da Mata. Todas as suas municipalidades apresentam risco baixo-médio, com exceção de Pedro Régis, que apresentou uma situação mais crítica.

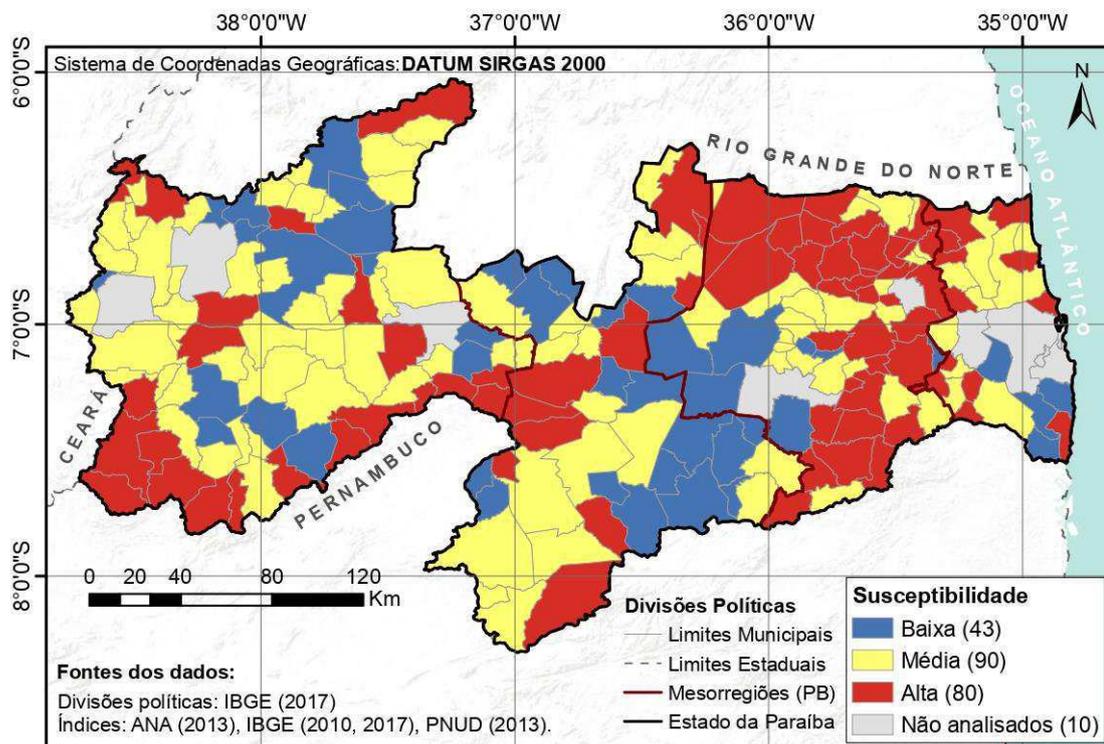
Verifica-se que o município de Pedro Régis tem uma população majoritariamente rural e esse cenário é agravado pelas condições inadequadas de saneamento básico, principalmente em relação ao esgotamento sanitário inadequado, em que mais de 85% dos domicílios localizados na zona rural utilizam fossas rudimentares, sem nenhum tipo de tratamento do efluente.

No total, 25,8% das localidades encontram-se em situações de baixo risco, 62,0% estão enquadrados na categoria mediana e 12,2% registraram elevados índices significativos de inadequação dos serviços de saneamento básico. Portanto, quanto ao subíndice em análise, os

municípios de pequeno porte da Paraíba apontam, em geral, para uma classificação predominantemente de baixo-médio risco.

Quanto à susceptibilidade (Figura 6), os resultados demonstram que cerca de 80% (170) dos municípios apresentaram uma susceptibilidade média-alta, dentre os quais 47% exibiram valores mais significativos.

**Figura 6-** Índice de Susceptibilidade dos municípios de pequeno porte da Paraíba.



Fonte: Elaboração própria.

Constata-se que a mesorregião em que a população tem sido mais afetada é o Agreste Paraibano. Dentre os seus 66 municípios, mais de 50% registraram um  $I_s$  elevado, enquanto apenas 10,6% indicam uma melhor qualidade de vida da população. Nesses últimos, ações para aumentar a resiliência da população, considerando os parâmetros analisados no  $I_s$ , devem ser objeto de planejamento e políticas públicas adequadas para reduzir as iniquidades sociais e a incidência das DRSAl.

É possível identificar as áreas de maior criticidade como, por exemplo, os municípios situados no extremo norte do Agreste, caracterizados por apresentarem índices de pobreza mais elevados, além de precariedades e inadequações em termos de saneamento básico. Nesses municípios, é notável a elevada importância dos benefícios do Programa Bolsa Família, o que não só aponta para o papel chave de políticas e serviços públicos que aliviem os efeitos da

pobreza e da escassez de oportunidades econômicas, mas também corrobora para o alto grau de vulnerabilidade dessa população (PARAÍBA, 2018).

O Sertão Paraibano, juntamente com a Borborema, registraram susceptibilidades majoritariamente média-baixas. Os níveis mais altos do sertão são verificados nos municípios situados no extremo sul da mesorregião, na fronteira com o Estado de Pernambuco. Ainda nesse cenário, destaca-se também o município de Cacimbas que, dentre todos os municípios de pequeno porte da Paraíba, apresentou os valores mais elevados para os seguintes indicadores: taxa de mortalidade até os 5 anos de idade, internações por DRSAl e vulneráveis à pobreza.

Paiva e Souza (2018) também já constataram, a partir de dados secundários de todos os estados brasileiros, que as internações por doenças de veiculação hídrica estão associadas às condições de saneamento básico, escolaridade e cobertura por serviços de atenção básica; enquanto Viana, Freitas e Giatti (2016) revelaram a existência de uma relação direta entre as altas taxas de internações por DRSAl, os altos índices de pobreza extrema e as condições precárias de saneamento na Amazônia legal. Dessa forma, entende-se que a nítida interface entre a propagação de doenças e os índices de atendimento dos serviços de saneamento, indica uma explicação estrutural de profunda crise da saúde pública no Brasil.

A Mata Paraibana, mesorregião que detém a maior densidade demográfica registrada no Estado, possui localidades de médio e grande porte ao sul, entre as quais está a capital João Pessoa, que registraram baixas fragilidades nesse aspecto, com exceção de Pitimbu. Apesar desse município apresentar um risco baixo, Costa, Gadelha e Filgueira (2019) constataram que a presença de lixões à céu aberto e o consumo de água fora dos padrões de potabilidade instituídos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, refletem prejuízos à saúde humana, deixando a população mais suscetível à incidência de DRSAl.

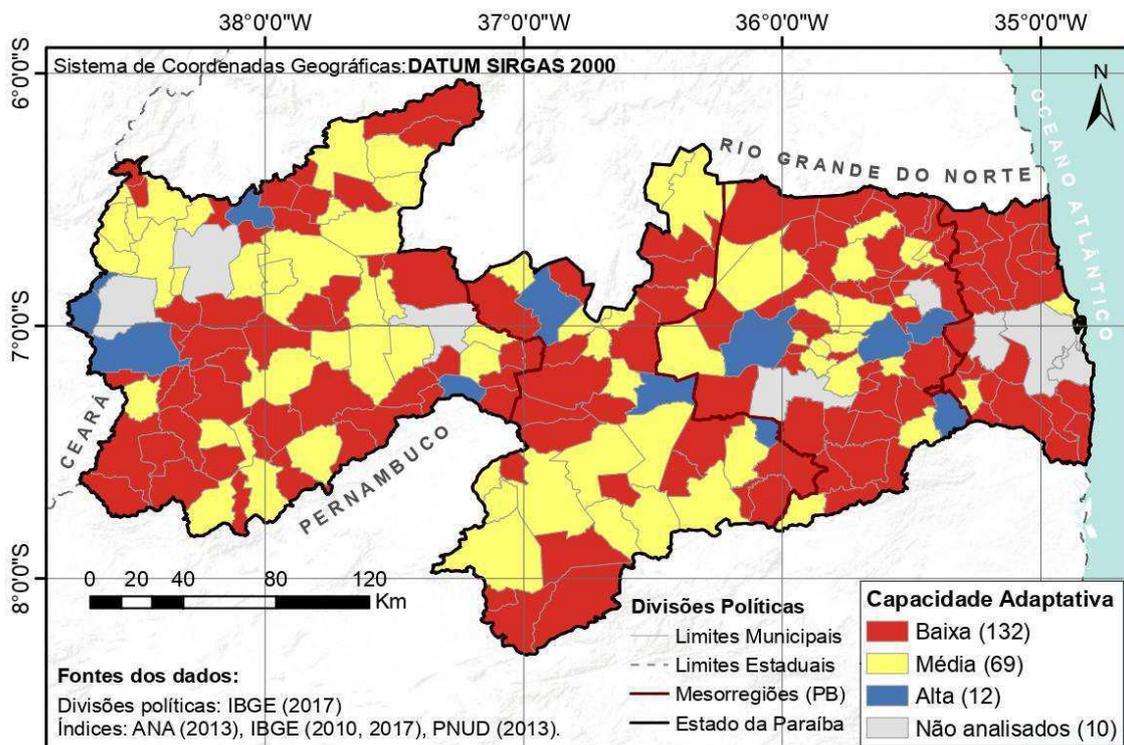
Ainda nessa mesorregião, observa-se também que o município de Pedro Régis apresenta um quadro mais crítico, tendo em vista que, conforme constatado anteriormente, a insuficiência de serviços de coleta e tratamento de esgoto cria um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças, tais como a diarreia e inúmeras verminoses.

Em síntese, no caso de desenvolvimento de um plano de ação para reduzir a vulnerabilidade dos municípios de pequeno porte da Paraíba, em que a susceptibilidade caracterizasse o fator prioritário de investimentos, o Agreste seria a mesorregião de urgente intervenção. Dessa forma, sugere-se que a adoção integrada de políticas de saneamento, a educação e a assistência à saúde, que considerem as desigualdades intramunicipais, possam contribuir para a melhoria das condições de saúde da população.

O risco e a susceptibilidade dos municípios representam a sua fragilidade, mas a ausência de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico que propiciem melhorias para a população, podem acentuar os impactos gerados pelos problemas sanitários existentes. Para isso, analisar a capacidade adaptativa é de suma importância. O último fator de análise para composição do índice de vulnerabilidade sanitária é o único, dentre os outros subíndices, que quanto mais próximo de 1 for o seu valor, menor será a vulnerabilidade.

Ao analisar o panorama geral do estado, conforme apresentado na Figura 7, verifica-se que 62% dos municípios da Paraíba apresentam baixa capacidade adaptativa, ou seja, não dispõem de políticas públicas e serviços que promovam melhorias na qualidade de vida da população.

**Figura 7-** Índice de capacidade adaptativa dos municípios de pequeno porte da Paraíba.



Fonte: Elaboração própria.

Dentre as variáveis analisadas nesse subíndice, nota-se que apenas 5,2% dos municípios têm alguma legislação referente à gestão de bacias hidrográficas. Entretanto, Santos (2007) destaca que para o planejamento efetivo das ações de saneamento básico é importante a sua articulação com programas e atividades de outras áreas, especialmente aquelas relacionadas à

gestão dos recursos hídricos, em que o fator de interação entre saneamento e preservação de fontes hídricas concentra-se no contexto da gestão de bacias hidrográficas.

A mesorregião com a maior predominância de municípios com baixa capacidade adaptativa foi a Mata paraibana, dentre os seus 25 municípios de pequeno porte selecionados, 23 demonstraram um cenário desfavorável. Essa situação se deve, principalmente, à ausência de instrumentos e políticas correlatos ao saneamento básico.

Em relação aos casos extremos, observa-se que os municípios Gado Bravo e Cacimbas, localizados no Agreste e Sertão paraibano, respectivamente, demonstram um quadro de atenção. Ao analisar os indicadores que contribuíram fortemente para uma baixa capacidade adaptativa desses municípios, verifica-se que ambos não apresentam nenhum instrumento de gestão do saneamento básico e, além disso, mais de 75% da população reside na zona rural.

Por outro lado, os municípios Teixeira e Santa Cruz, ambos situados no Sertão, apresentam cenários positivos, com elevados índices de capacidade adaptativa. Os únicos instrumentos de gestão associados ao saneamento não apresentados foram: a coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos em Teixeira, e o plano municipal de habitação em Santa Cruz.

É importante ressaltar as diferenças entre esses municípios, tendo em vista que Teixeira é mais urbanizado e possui, aproximadamente, o dobro da população de Santa Cruz. No entanto, há uma similaridade no fato de que ambos estão próximos a municípios de médio porte: Patos, o terceiro município mais importante no estado considerando os aspectos econômico, político e social; e Sousa, o principal polo do Noroeste estadual. Logo, percebe-se que apesar de serem municípios de pequeno porte pertencentes a mesma mesorregião, há particularidades inerentes a cada um.

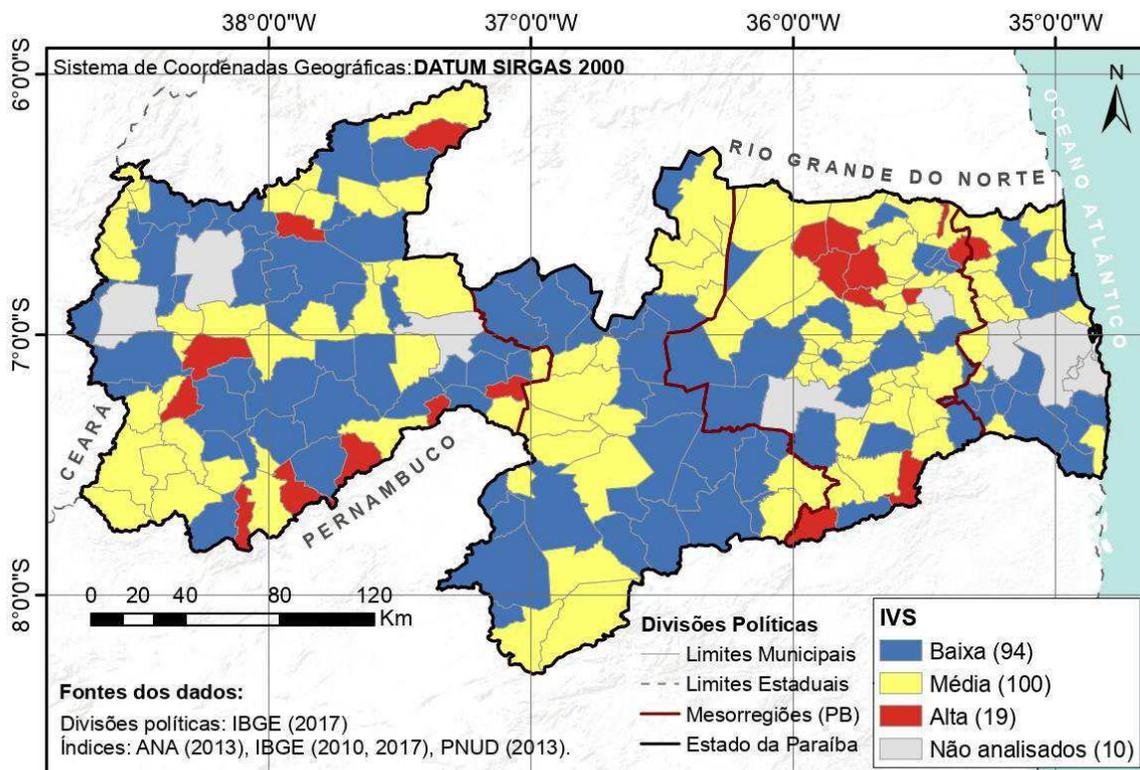
Nota-se que a ausência de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) interfere fortemente nas outras variáveis, isto é, se não há PMSB dificilmente terá outros instrumentos de gestão associados ao saneamento básico. Haja vista que a existência do PMSB é a condição de acesso aos recursos federais, Lisboa, Heller e Silveira (2013) identificaram em seus estudos as principais dificuldades para a elaboração e implementação dos PMSB em municípios de pequeno porte, são elas: a indisponibilidade de recursos financeiros; a limitação quanto à qualificação profissional e capacidade técnica municipal; a falta de integração dos órgãos vinculados às áreas do saneamento e a vontade política.

Resumidamente, entende-se que sistemas adaptados são mais estáveis a variações, de modo que as ações governamentais visam promover o desenvolvimento socioeconômico da comunidade; em contrapartida, sistemas vulneráveis tem estratégias de desenvolvimento comprometidas pelos impactos da insuficiência de saneamento básico, os quais reduzem a

efetividade de políticas sociais, econômicas e de promoção à saúde. Isso significa que antes de investir em educação e saúde, é necessário promover a universalização dos serviços de saneamento básico, de forma que todos tenham acesso a um ambiente saudável e equilibrado.

Por último, as localidades de pequeno porte e suas respectivas populações foram analisadas segundo o IVHS (Figura 8), integrando os três fatores discutidos anteriormente (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa).

**Figura 8-** Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento dos municípios de pequeno porte da Paraíba.



Fonte: Elaboração própria.

A maior parte dos municípios analisados ficou concentrada na faixa média de vulnerabilidade (46,9%). O Agreste Paraibano concentrou 52,6% dos municípios mais vulneráveis. Nesse cenário, é possível identificar um grupo de municípios vizinhos que apresentam índices elevados de vulnerabilidade, são eles: Damião, Arara, Solânea, Casserengue e Cacimba de Dentro. Vale ressaltar que a homogeneidade apresentada por tais localidades deve-se às peculiaridades da microrregião em que eles estão inseridos, caracterizada pela intermitência dos rios, escassez hídrica, má qualidade da água nos lençóis subterrâneos, baixa oferta de emprego pelo setor agropecuário, altos índices de pobreza e de inadequação dos

sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e a ausência de instrumentos de planejamento e gestão correlatos ao setor de saneamento básico (PARAÍBA, 2018).

Em contrapartida, a Borborema compreende os municípios com menores índices de vulnerabilidade, apesar de 100% serem considerados de pequeno porte. A mesorregião da Mata Paraibana também apresentou um quadro mais favorável, uma vez que Pedro Régis foi o único município com situação crítica de vulnerabilidade.

O Sertão, por sua vez, abrange o segundo e o terceiro municípios mais vulneráveis de toda a Paraíba: Água Branca e Cacimbas, respectivamente. Nota-se que ambos estão localizados ao sul da mesorregião, especificamente na divisa com o estado de Pernambuco. Essas situações de elevada criticidade justificam-se pelo fato de que os dois municípios apresentaram elevados índices de risco e de susceptibilidade, e quase nenhuma estratégia visando a melhoria da qualidade de vida da população.

Ademais, esse panorama geral também permitiu visualizar a influência geográfica dos municípios de médio e grande porte sobre os pequenos municípios, haja vista que as municipalidades circunvizinhas aos grandes centros urbanos apresentaram os menores índices de vulnerabilidade. Essa constatação representa a grande dependência e fragilidade dessas localidades, e pode ser explicada por circunstâncias em que grande parte da população usufrui dos benefícios oferecidos pelos municípios de maior porte.

Logo, essa relação de dependência apresenta-se como um alerta, pois em situações que os grandes centros urbanos começarem a revelar grandes problemas de infraestrutura sanitária e falhas contínuas nas políticas públicas assistencialistas e de promoção à saúde, a população dos municípios de pequeno porte será altamente atingida.

Atualmente, a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), é a instituição do governo federal responsável em promover o fomento às soluções de saneamento para prevenção e controle de doenças, atuando a partir de critérios epidemiológicos, socioeconômicos e ambientais, voltados para a promoção e proteção da saúde. A Funasa é a principal fonte de recursos para os municípios de pequeno porte avançarem no setor de saneamento.

Esse órgão, vinculado ao Ministério da Saúde, estabelece alguns critérios de priorização para aplicação de recursos financeiros nos municípios, tais como: elevados riscos de transmissão de doenças relacionadas à falta ou inadequação das condições de saneamento; menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH); menores índices de cobertura dos serviços de abastecimento de água; maiores Taxas de Mortalidade Infantil (TMI), segundo dados do Ministério da Saúde; municípios inseridos nos Bolsões de Pobreza identificados pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome/MDS; e a existência de Plano

Municipal de Saneamento Básico (PMSB), elaborado ou em elaboração, nos moldes da Lei nº 11.445/2007.

Observa-se que a maioria desses critérios estão incorporadas ao índice proposto e, a partir da sua aplicação no contexto dos municípios paraibanos, foi possível traçar os principais desafios e algumas sugestões para reduzir as condições de maior criticidade (Quadro 8).

**Quadro 8-** Principais desafios e possíveis sugestões para a redução da vulnerabilidade dos municípios de pequeno porte

Eixo	Desafios	Sugestões
Disposição do lixo	Grande parcela dos municípios ainda encaminha seus resíduos para locais inadequados como, por exemplo, os lixões a céu aberto.	- Fomentar a implantação de consórcios intermunicipais objetivando a destinação final dos resíduos sólidos urbanos para aterros sanitários.
Esgotamento em áreas rurais	Pouco mais de 70% da população rural dos municípios é atendida por solução precária de esgotamento (fossa rudimentar) ou não é atendida por nenhuma forma.	- Os Governos e Instituições de Fomento poderiam vincular: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A realização de investimento público à adesão das comunidades a sistemas de organização multicomunitários;</li> <li>▪ A execução dos investimentos em infraestrutura sanitária à realização de trabalhos técnicos sociais.</li> </ul>
Tecnologias e soluções alternativas	Cerca de 54% da população não dispõe de coleta e tratamento de esgoto adequados.	- A União poderia fortalecer programas de concessão de estímulo financeiro aos prestadores de serviço de saneamento que investirem na implantação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).
Políticas públicas	A falta de um planejamento urbano que abranja todas as camadas do perímetro urbano penaliza a população de classes de baixa renda, fazendo com que seja acentuada sua situação de desigualdade no acesso aos serviços de saneamento básico, causando uma segregação socioespacial nos territórios.	- Fortalecer a participação de toda a sociedade civil na elaboração e acompanhamento de políticas públicas.  - Investir em melhores condições de moradia das camadas periféricas, para assim, posteriormente, possibilitar a regularização das habitações e inovação em tecnologia voltada para a gestão do saneamento básico.
Planejamento	Mais de 85% dos municípios não têm PMSB.	- Os gestores deveriam promover o desenvolvimento de cursos de capacitação para possibilitar a qualificação específica durante a elaboração do plano de saneamento;  - Fomentar a participação em consórcios públicos de saneamento.

Fonte: Autoria própria.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 6.1 CONCLUSÕES

Esse trabalho demonstrou que a utilização de índices e indicadores pode ser uma importante ferramenta de auxílio à decisão e de gestão, visto que atuam como redutores da complexidade e diversidade da realidade em análise. O Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS) integrou e sintetizou uma vasta gama de variáveis que, representadas por um único valor, propiciaram a análise de diferentes dimensões em torno da problemática do saneamento inadequado e seus impactos na sociedade.

A definição do marco teórico-conceitual apresentada no trabalho evidenciou que a vulnerabilidade é algo complexo de mensurar, tendo em vista que sua natureza multidisciplinar engloba aspectos sociais, econômicos, demográficos, institucionais e de saúde humana. Com isso, a metodologia desenvolvida ressaltou aspectos de uma visão integrada, multifacetada e multidimensional.

A possibilidade de utilizar procedimentos estatísticos na elaboração e ponderação dos indicadores constituiu um ponto favorável para transmitir robustez à metodologia empregada. As técnicas multivariadas de Análise dos Componentes Principais (ACP) e análise de cluster forneceram parâmetros satisfatórios, considerando a grande quantidade de dados analisados.

No que concerne à validação do índice proposto, o uso de técnicas de geoprocessamento favoreceu a visualização de aspectos importantes dos processos de vulnerabilidade, enfatizando a influência geográfica entre os municípios paraibanos, as áreas de prioridade de articulação intersetorial de políticas, e favorecendo o monitoramento do ciclo de políticas específicas no desenvolvimento das territorialidades.

Os resultados apresentados nessa pesquisa indicaram que o valor obtido para o IVHIS, em cada município, é o reflexo dos indicadores utilizados e da sua capacidade de representar fielmente o processo desejado. Destaca-se que situações de vulnerabilidade não são permanentes, elas são dinâmicas e podem mudar. A acepção da vulnerabilidade como parâmetro de avaliação implica na análise de diversos fatores, na intenção de revelar quão exposta, suscetível e incapaz pode estar uma população ante os impactos da insuficiência ou inadequação dos serviços de saneamento básico.

Esse estudo apontou que, dentre os 213 municípios de pequeno porte da Paraíba, Damião apresentou maiores fragilidades em relação aos demais devido, principalmente, seus

altos índices de inadequação dos serviços de saneamento, a elevada incidência de DRSAI e valores expressivos de pobreza. Dessa forma, considera-se que a vulnerabilidade também se constitui um forte indicador da iniquidade e da desigualdade social.

A mesorregião que deve ser objeto de atenção prioritária na implantação de políticas públicas no estado é o Agreste Paraibano, em virtude dos cenários de maior criticidade. Outra questão notável foi a fragilidade dos municípios de pequeno porte. A partir dos resultados do IVHIS para a realidade paraibana, foi explicitada uma possível relação de dependência entre esses municípios e os grandes centros urbanos.

Para efeitos de políticas públicas, a identificação dos municípios onde as altas vulnerabilidades socioeconômicas, demográficas e sanitárias coincidem, ajuda a decidir para onde devem ser orientados os maiores esforços, no sentido de melhorar a qualidade de vida das populações mais afetadas. Ainda, em um contexto atual de ampliação da trajetória de urbanização brasileira, identificar, medir e caracterizar a vulnerabilidade de grupos populacionais e de seus territórios é fundamental para informar o desenho das políticas públicas dentro dos novos cenários que começam a se estabelecer.

Ressalta-se que para aplicação do IVHIS em outros contextos, a periodicidade dos dados é de grande importância. Nesse caso, a principal limitação foi a obtenção de dados atualizados em uma escala municipal, principalmente para a realidade dos municípios de pequeno porte. Para tentar suprir esse problema, optou-se por utilizar variáveis extraídas de bancos confiáveis e reconhecidos nacionalmente.

Acredita-se que esta pesquisa, a partir da metodologia utilizada e das informações geradas, possa subsidiar planos de elaboração de políticas públicas que ajudem a controlar e/ou reduzir a vulnerabilidade de populações e localidades mais desfavorecidas, assim como colaborar para a disseminação dos estudos do tema.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Sugere-se, em futuros trabalhos:

- Utilizar outras metodologias para realizar a ponderação dos indicadores, a fim de possibilitar comparações e análises;
- Aplicar a metodologia desenvolvida em outros estados que apresentem características similares a realidade dos municípios de pequeno porte;
- Traçar um modelo de priorização de investimentos em saneamento básico considerando os resultados obtidos pelo índice de vulnerabilidade proposto;

- Investigar as possíveis causas da influência dos grandes centros urbanos sob os municípios de pequeno porte no âmbito do saneamento.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADGER, W.N. *et al.* Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, C. E. Hanson, P. J. van der Linden (Eds.), **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of working group ii to the fourth assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, p. 719-743, 2007.

ADGER, W.N. *et al.* **New indicators of vulnerability and adaptive capacity**. Noewich: **UK Tyndall Centre for Climate Change Research** (Technical Report 7), 2004.

ADGER, W.N. Vulnerability. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília: ANA, 2017.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: Informe Anual**. Brasília: ANA, 2019.

ALCÂNTARA, V.S.; STRAUCH, J.C.M; AJARA, C. Metodologia para análise da vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso na macrorregião da Costa Verde. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 3, p. 555-570, 2013.

ALEGRE, H. *et al.* **Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores**. 3.<sup>a</sup> Geração do Sistema Avaliação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2020. 354 p. Disponível em: < <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/guias>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ALEGRE, H. *et al.* **Performance Indicators For Water Supply Services**. 3<sup>a</sup> Edition. London: International Water Association (IWA), 372p., 2017.

ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDREAZZI, M.A.R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 22, n. 3, p. 211-217, 2007.

ARAVÉCHIA JÚNIOR, J.C. **Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) para a região Centro-Oeste**: Um estudo de caso no Estado de Goiás. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília. Brasília – DF, 2010.

BARATA, M.M.L. *et al.* **Mapa de vulnerabilidade da população dos municípios do estado do Rio de Janeiro frente às mudanças climáticas**: Relatório Final. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2014. Disponível em: < [http://www.fiocruz.br/ioc/media/20150722\\_Relatorio\\_Final\\_RJ.pdf](http://www.fiocruz.br/ioc/media/20150722_Relatorio_Final_RJ.pdf)>. Acesso em: 8 mai. 2019.

BARCELLOS, C. Constituição de um sistema de indicadores socioambientais. *In: MINAYO M.C.*, organizadora. **Saúde e Ambiente Sustentável: Estreitando Nós**. Rio de Janeiro: Fiocruz, p. 313-329, 2002.

BARTRAM, J. *et al.* Global monitoring of water supply and sanitation: history, methods and future challenges. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 8, p. 8137-8165, 2014.

BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Belo Horizonte. **Índice de Vulnerabilidade da saúde**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2013.

BENENSON, A. **Manual para el control de las enfermedades transmisibles**. Washington: Organización Panamericana de la salud, 541p., 1997.

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.

BEZERRA, S.T.M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J.E.S. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 249-258, 2019.

BIRKMANN, J. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. *In: Birkmann, J. (ed) Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies*. United Nations University Press, Tokyo, 2006.

BLOKLAND, M. **Benchmarking for Pro-poor Water Services Provision: Perspectives and Indicators**. Delft: UNESCO-IHE - Institute for Water Education, 2010.

BORJA, P.C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. **Saúde e Sociedade**, v. 23, p. 432-447, 2014.

BOS, R. *et al.* **Manual Sobre os Direitos Humanos à Água Potável e Saneamento para Profissionais**. IWA Publishing, 2016. Disponível em: <[https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/12/9781780408750.full\\_.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/12/9781780408750.full_.pdf)>. Acesso em: 13 nov. de 2019.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 246p., 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Diretrizes para a definição da política e elaboração de planos municipais e regionais de saneamento básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Política e Plano Municipal de Saneamento Ambiental: experiências e recomendações**. Brasília: Ministério das Cidades/OPAS, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Política e Plano Municipal de Saneamento Ambiental: experiências e recomendações**. Brasília: Ministério das Cidades/OPAS, 2ª ed., 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS). **Instrumentos das políticas e da gestão dos serviços públicos de saneamento básico**. Berenice de Souza Cordeiro (coord.) - Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos v.1. Brasília: Editora, 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 5. ed., 545p. Brasília: Funasa, 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Política e plano municipal de saneamento básico: convênio Funasa/Assemae**. 2ª ed., 188p. Brasília: Funasa, 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Termo de referência para elaboração de plano municipal de Saneamento Básico**. Brasília: Funasa, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica**. Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Vigilância em Saúde Ambiental: dados e indicadores selecionados**. Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República.

BRITTO, A.L.N.P.; REZENDE, S.C.; HELLER, L.; CORDEIRO B.S. Da Fragmentação à Articulação: a política nacional de saneamento e seu legado histórico. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR)**, v.14, p.63-82, 2012.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. **Environmental Health Engineering in the Tropics: an introductory text**. Chichester: Wiley, 1993.

CALIJURI, M.L. *et al.* Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.

CARDONA, O.D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. **Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People**. London: Earthscan, 2004. p. 37-51.

CARMO, M.E.; GUIZARDI, F.L. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, p. e00101417, 2018.

CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.J.; KJELLSTRÖM, T. The need for information: environmental health indicators. In: CORVALÁN, C.; BRIGGS, D.; ZIELHUIS, G. (Orgs.). **Decision-making in environmental health: from evidence to action**. Londres: E & FN Spon WHO, 2000.

COSTA, A.M. **Análise Histórica do Saneamento no Brasil**. 1994. 163f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – ENSP – Fiocruz, Rio de Janeiro, 1994.

COSTA, B.S. **Universalização do saneamento básico: Utopia ou realidade - A efetivação do capital social na política pública do saneamento básico**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

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, 2019.

CUNHA, T.B. **Análise Integrada da Salubridade Ambiental e Condições de Moradia: Aplicação no Município de Itaguaçu da Bahia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2012.

CUTTER, S.L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59-69, 2011. (Tradução de Victor Ferreira).

CUTTER, S.L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

DARONCO, G.C. **Proposição e aplicação de metodologia para avaliação e auditoria de planos municipais de saneamento básico**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FAVERO, L. *et al.* **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2009.

FERNANDO, A.M.M.P. **Análise Fatorial para Variáveis Ordinais**. 2014. Dissertação (Mestrado em modelação, análise de dados e sistemas de apoio à decisão), Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 2014.

FERREIRA, P.S.F. *et al.* Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v.6, n.2, p.214-229, 2016.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JUNIOR, J.A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opin. Publica**, v. 16, n.1, 2010, p.160-185.

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

FUCHS, S.; BIRKMANN, J.; GLADE, T. Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges. **Natural Hazards**, v. 64, n. 3, p. 1969-1975, 2012.

GALVÃO JUNIOR, A.C.; BASILIO SOBRINHO, G.; SAMPAIO, C.C. **A Informação no Contexto dos Planos de Saneamento Básico**. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2010.

GALVÃO JUNIOR, A.C.; BASILIO SOBRINHO, G.; SILVA, A.C. Painel de indicadores para planos de saneamento básico. In: PHILLIPI JR, A.; GALVÃO JUNIOR, A. C. (Eds). **Gestão de Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. São Paulo: Editora Manole, p. 1040 – 1068, 2012.

GALVÃO JÚNIOR, A.C. *et al.* Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 43, n. 1, p. 207-227, 2009.

GALVÃO JÚNIOR, A.C.; PAGANINI, W.S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.

GALVÃO JÚNIOR, A.C. Planos municipais de saneamento básico. **Revista DAE**, n. 193, p.7-15, 2013.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

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. **Território, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008.

GUIMARÃES, E.F. *et al.* Os indicadores do saneamento medem a universalização em áreas de vulnerabilidade social? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 2014.

GUIMARÃES, R.M.; ASMUS, C.I.R.F.; BURDORF, A. Caracterização da exposição de população a organoclorados: uma aplicação da análise de cluster. **Rev. bras. epidemiol.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 231-239, 2013.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R. E; TATHAM, R.L. **Análise Multivariada de Dados**. 6 ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2009.

HELLER, L.; CASTRO, J.E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.3, p.284-295, 2007.

\_\_\_\_\_. **Política pública e gestão de serviços de saneamento**. Ed. Ampl. Belo Horizonte: UFMG; Rio de Janeiro: Fiocruz, 567 p., 2013.

HELLER, L. Política de saneamento vis-à-vis à política de saúde: encontros, desencontros e seus efeitos. In: D'ALBUQUERQUE, R.; BRITTO, A. L.; SARTI, F.; ULTREMARE, F.; HELLER, L (org.). **Saneamento como política pública: um olhar a partir dos desafios do SUS**. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz/Fiocruz, p. 133-143, 2018.

\_\_\_\_\_. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

\_\_\_\_\_. Saneamento básico: a dívida social crônica e persistente. *In*: Ana Fonseca; Eduardo Fagnani. (Org.). **Políticas sociais, desenvolvimento e cidadania**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2013, v. 2, p. 369-397.

HELLER, L.; REZENDE, S.C.; CORDEIRO, B.S.; BRITTO, A.L. Políticas públicas de saneamento básico no Brasil: tensões entre o legado conservador e o avanço progressista. *In*: MENICUCCI, T.; GONTIJO, J. G. L. **Gestão e políticas públicas no cenário contemporâneo – tendências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz, 2016.

HOCHMAN, G. **A era do saneamento: as bases da política de saúde pública no Brasil**. São Paulo: Hucitec. 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

\_\_\_\_\_. **IBGE-Cidades**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indicadores Sociais Municipais**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão: Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC)**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/financas-publicas/19879-suplementos-munic2.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **Produto interno bruto dos municípios: 2010-2015**. IBGE, Coordenação de Contas Nacionais – Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: technical summary**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Editores: COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. Brasília: IPEA, 77 p., 2015.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**, 2018. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/index?id=25>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

JANNUZZI, P.M. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações**. Campinas: Alínea; 2012.

KHAN, S. Vulnerability assessments and their planning implications: a case study of the Hutt Valley, New Zealand. **Natural Hazards**, v. 64, n. 2, p. 1587-1607, 2012.

KIENBERGER, S.; LANG, S.; ZEIL, P. Spatial vulnerability units--expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. **Natural Hazards & Earth System Sciences**, v. 9, n. 3, p. 767-778, 2009.

KUBRUSLY, L.S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, v. 21, n. 1, p. 107-117, 2001.

LAROS, J.A. O uso da análise fatorial: algumas diretrizes para pesquisadores. In: **Análise fatorial para pesquisadores**, v. 1, p. 145-166, 2012.

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**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LIBÂNIO, P.A.C.; CHERNICHARO, C.A.L.; NASCIMENTO, N.O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

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

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.

MACEDO, C.E.G.; BASSANI, V.D.S. Vulnerabilidade socioeconômica em Porto Alegre: uma abordagem com base em análise multivariada. In: XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, **Anais...**, Caxambu: ABEP, 2010.

MALTA, F.S.; COSTA, E.M.; MAGRINI, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22 n. 12, p. 3933-3944, 2017.

MARGUTI, B.O. *et al.* **Métodos e conceitos para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social com base nas PNADs e desagregações**: Relatório institucional. Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: < <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9451>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

MAVHURA, E.; MANYENA, B.; COLLINS, A.E. An approach for measuring social vulnerability in context: The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe. **Geoforum**, v. 86, p. 103-117, 2017.

MENICUCCI, T.; D'ALBUQUERQUE, R. Política de saneamento vis-à-vis à política de saúde: encontros, desencontros e seus efeitos. In: D'ALBUQUERQUE, R.; BRITTO, A. L.; SARTI, F.; ULTREMARE, F.; HELLER, L (org.). **Saneamento como política pública: um olhar a partir dos desafios do SUS**. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz/Fiocruz, p. 9-52, 2018.

MINGOTI, S.A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada**. Belo Horizonte: UFMG. 2005.

MORAES, L.R.S.; BORJA, P.C. Política de saneamento ambiental como uma política pública e social. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Organização Pan-Americana da Saúde. **Política e plano municipal de saneamento ambiental: experiências e recomendações**. Brasília, DF: Organização Pan-Americana de Saúde: Ministério das Cidades, 2005. p. 26-38.

MORAES, L.R.S. Política e Plano Municipal de Saneamento Básico: Contribuições Conceituais e Metodológicas. **Revista VeraCidade**, v. 5, n. 6, 2010.

MURTHA, N.A.; CASTRO, J.E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 193-210, 2015.

NDLOVU, H.N. **Developing and Testing Indicators for Pro-Poor Water and Sanitation Benchmarking: Case Studies in Bulawayo and Pietermaritzburg** MSc Thesis WM.11.07 (Working Paper). Delft: UNESCOIHE – Institute for Water Education, 2011.

NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 1861-1870, 2016.

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.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental indicators: towards sustainable development**. Paris: OECD, 2001.

\_\_\_\_\_. **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide**. Paris: OECD, 2008.

OLIVEIRA, B.; RIBEIRO, C. **O que é análise de cluster?** Disponível em: <<https://operdata.com.br/blog/analise-de-cluster/>>. Acesso em: 8 out. 2019.

OLIVEIRA, F.L.B. **Vulnerabilidade socioambiental e expansão urbana: análise do município de Solânea – PB**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

OLIVEIRA, G.J. *et al.* Cenários e condições para universalização do saneamento no Brasil – Parte 1. Informações FIPE, v. 364, p. 18-24, 2011.

OLIVEIRA, J.A.P. Desafios do planejamento em políticas públicas: diferentes visões e práticas, **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 1, p. 273-288, 2006.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde**. 10. rev. São Paulo: USP/OPAS, 1997.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo GT1. Rio de Janeiro: PBMC, 2013.

PAIVA, R.F.P.; SOUZA, M.F.D.P.D. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. e00017316, 2018.

PARAÍBA. Assembleia Legislativa do Estado da Paraíba. **Constituição Estadual da Paraíba, promulgada em 5 de outubro de 1989 e atualizada em 2015**. Diário Oficial do Estado da Paraíba, João Pessoa, PB, 2015.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.260, de 25 de novembro de 2010. **Institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico (...) e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado da Paraíba, João Pessoa, PB, 2010.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia – SEIRHMACT. **Projeto Segurança Hídrica da Paraíba – PSH/PB: Plano gestão ambiental e social da primeira fase do ramal do Curimataú - sistema adutor transparaíba** (versão preliminar para consulta). 2018.

PEREIRA, T.S.T.; HELLER, L. Planos municipais de saneamento básico: avaliação de 18 casos brasileiros. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 395-404, 2015.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J.P.S.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Uso de Indicadores de Perdas para Seleção de Um Benchmarking Entre as Companhias Estaduais de Serviço de Distribuição de Água no BRASIL. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 159-168, 2016.

PICCOLI, A.S.; KLIGERMAN, D.C.; COHEN, S.C. Políticas em saúde, saneamento e educação: trajetória da participação social na saúde coletiva. **Saúde e Sociedade**, v. 26, n. 2, p. 397-410, 2017.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

PRÜSS, A. *et al.* Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 5, p. 537-542, 2002.

REZENDE, S.C; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 387 p., 2008.

REZENDE, S.C.; HELLER, L.; QUEIROZ, A.C.L. Água, saneamento e saúde no Brasil interseções e desacordos. **Anuario de Estudios Americanos**, v. 66, n. 2, p. 57-80, 2009.

ROSSETTO, A.M.; LERÍPIO, A.A. Gestão de políticas públicas de saneamento básico. *In*: PHILIPPI JR., A.; GALVÃO JR., A. C. (eds.). **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole, p. 18-41, 2012.

SANTOS, R. B. *et al.* Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: a experiência do estado do Espírito Santo. **Saúde e Sociedade**, v. 28, n. 1, p. 299-321, 2019.

SANTOS, R.B. **Vulnerabilidade socioambiental e de saúde dos municípios do estado do Espírito Santo frente aos impactos das mudanças climáticas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Centro de Pesquisas René Rachou, Belo Horizonte, 2016.

SANTOS, R.M. **A utilização do indicador de Salubridade Ambiental – ISA como Ferramenta de Planejamento Aplicado à cidade de Aquidauana/MS**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana – MS, 2008.

SCHUMANN, L.M.A.; MOURA, L.B. A. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 2105-2120, 2015.

SCHWEMLEIN, S.; CRONK, R.; BARTRAM, J. Indicators for monitoring water, sanitation, and hygiene: a systematic review of indicator selection methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 333, p. 1-15, 2016.

SEIDEL, E.J. *et al.* Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, v. 30, n. 1, p. 07-15, 2008.

SILVA, A.A. **Indicadores para avaliação de efeitos de intervenções de saneamento básico: a questão da sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, M.; SILVA, J.D.; BORGES, E. Análises de Componentes Principais para Elaborar Índices de Desempenho No Setor Público. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 291-309, 2015.

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.

SILVA, R.T. Aspectos conceituais e teóricos. *In:* GALVÃO JUNIOR, A.; SILVA, A. C. (eds.). **Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto**. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, p. 29-53, 2006.

SILVEIRA, R.B. **Princípios no planejamento em saneamento básico: estudo comparativo de três experiências brasileiras**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

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.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2018. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SOUSA, A.C.A.; COSTA, N.R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.23, n.3, p.615-634, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. **Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência.

TABACHNICK, B.; FIDELL, L. **Using multivariate analysis**. Needham Heights: Allyn & Bacon, 2007.

TEIXEIRA, J.C.; GOMES, M.H.R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, p. 419-425, 2012.

UN- UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. **General Assembly Resolution 70 session**. United Nations, New York, USA, 2015.

VIANA, R.L.; FREITAS, C.M.; GIATTI, L.L. Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. **Saúde e Sociedade**, v. 25, n. 1, p. 233-246, 2016.

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 – MG, 2010.

VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.

VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M. Sistema de informações para gestão do saneamento básico. In: GALVÃO JUNIOR, A.C.; PHILIPPI JUNIOR, A. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole, p. 823-858, 2012.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines**. World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2017.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF. **Water, Sanitation and Hygiene in Health Care Facilities: Status in Low and Middle Income Countries and Way Forward**. World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2015.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Water, Sanitation and Hygiene strategy 2018-2025**. World Health Organization: Geneva, Switzerland (WHO/CED/PHE/WSH/18.03), 2018a.

\_\_\_\_\_. **Guidelines on sanitation and health.** World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2018b.

WSAA - Water Services Association of Australia. 2020. Disponível em: <<https://www.wsaa.asn.au/about-us>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

XIMENES, M.M.A.F. A ABAR e a construção de instrumentos para a regulação. In: GALVÃO JR, A.C.; SILVA, A.C. **Regulação: indicadores para prestação de serviços de água e esgoto.** Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda. ARCE, p. 11-28, 2006. Disponível em: <[http://www.aesabesp.org.br/arquivos/livro\\_indicadores.pdf](http://www.aesabesp.org.br/arquivos/livro_indicadores.pdf)>. Acesso em: 08 dez. 2019.

**APÊNDICE A – DADOS POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE**

<b>Municípios</b>	<b>População rural</b>	<b>População urbana</b>	<b>Mesorregião</b>
Água Branca	5388	4061	Sertão Paraibano
Aguiar	2829	2701	Sertão Paraibano
Alagoa Grande	10948	17531	Agreste Paraibano
Alagoa Nova	9887	9794	Agreste Paraibano
Alagoinha	4542	9034	Agreste Paraibano
Alcantil	3175	2064	Borborema
Algodão de Jandaíra	1135	1231	Agreste Paraibano
Alhandra	6854	11153	Mata Paraibana
Amparo	1026	1062	Borborema
Aparecida	4038	3638	Sertão Paraibano
Araçagi	10420	6804	Agreste Paraibano
Arara	3729	8924	Agreste Paraibano
Araruna	9551	9328	Agreste Paraibano
Areia	9231	14598	Agreste Paraibano
Areia de Baraúnas	910	1017	Sertão Paraibano
Areial	1870	4600	Agreste Paraibano
Aroeiras	9551	9531	Agreste Paraibano
Assunção	676	2846	Borborema
Baía da Traição	4920	3092	Mata Paraibana
Bananeiras	13183	8668	Agreste Paraibano
Baraúna	1033	3187	Borborema
Barra de Santa Rosa	6201	7956	Agreste Paraibano
Barra de Santana	7475	731	Borborema
Barra de São Miguel	3247	2364	Borborema
Belém	2981	14112	Agreste Paraibano
Belém do Brejo do Cruz	1883	5260	Sertão Paraibano
Bernardino Batista	2217	858	Sertão Paraibano
Boa Ventura	2229	3522	Sertão Paraibano
Boa Vista	3019	3208	Agreste Paraibano
Bom Jesus	1412	988	Sertão Paraibano
Bom Sucesso	3005	2030	Sertão Paraibano
Bonito de Santa Fé	3405	7399	Sertão Paraibano
Boqueirão	4882	12006	Borborema
Borborema	1379	3732	Agreste Paraibano
Brejo do Cruz	3225	9898	Sertão Paraibano
Brejo dos Santos	1564	4634	Sertão Paraibano
Caaporã	2814	17548	Mata Paraibana
Cabaceiras	2818	2217	Borborema
Cachoeira dos Índios	6143	3403	Sertão Paraibano
Cacimba de Areia	1883	1674	Sertão Paraibano

Cacimba de Dentro	7590	9158	Agreste Paraibano
Cacimbas	5173	1641	Sertão Paraibano
Caiçara	2030	5190	Agreste Paraibano
Cajazeirinhas	2033	1000	Sertão Paraibano
Caldas Brandão	2413	3224	Agreste Paraibano
Camalaú	2862	2887	Borborema
Capim	1495	4106	Mata Paraibana
Caraúbas	2382	1517	Borborema
Carrapateira	665	1713	Sertão Paraibano
Casserengue	3600	3458	Agreste Paraibano
Catingueira	1928	2884	Sertão Paraibano
Catolé do Rocha	7436	21323	Sertão Paraibano
Caturité	3519	1024	Borborema
Conceição	6930	11433	Sertão Paraibano
Condado	2022	4562	Sertão Paraibano
Conde	6913	14487	Mata Paraibana
Congo	1745	2942	Borborema
Coremas	3730	11419	Sertão Paraibano
Coxixola	989	782	Borborema
Cruz do Espírito Santo	8817	7440	Mata Paraibana
Cubati	2097	4769	Borborema
Cuité	6516	13462	Agreste Paraibano
Cuité de Mamanguape	4133	2069	Mata Paraibana
Cuitegi	1281	5608	Agreste Paraibano
Curral de Cima	4736	473	Mata Paraibana
Curral Velho	1095	1410	Sertão Paraibano
Damião	2622	2278	Agreste Paraibano
Desterro	3102	4889	Sertão Paraibano
Diamante	2798	3818	Sertão Paraibano
Dona Inês	5862	4655	Agreste Paraibano
Duas Estradas	799	2839	Agreste Paraibano
Emas	1185	2132	Sertão Paraibano
Esperança	9464	21631	Agreste Paraibano
Fagundes	5940	5465	Agreste Paraibano
Frei Martinho	1126	1807	Borborema
Gado Bravo	7468	908	Agreste Paraibano
Gurinhém	8077	5795	Agreste Paraibano
Gurjão	1031	2128	Borborema
Ibiara	2345	3686	Sertão Paraibano
Igaracy	2035	4121	Sertão Paraibano
Imaculada	6289	5063	Sertão Paraibano
Ingá	6581	11599	Agreste Paraibano
Itabaiana	4750	19731	Agreste Paraibano
Itaporanga	5563	17629	Mata Paraibana
Itapororoca	6141	10856	Sertão Paraibano

Itatuba	4246	5955	Agreste Paraibano
Jacaraú	5910	8032	Mata Paraibana
Jericó	2809	4729	Sertão Paraibano
Juarez Távora	1607	5852	Agreste Paraibano
Juazeirinho	7652	9124	Borborema
Junco do Seridó	2274	4369	Borborema
Juripiranga	651	9586	Mata Paraibana
Juru	5467	4359	Sertão Paraibano
Lagoa	2377	2304	Sertão Paraibano
Lagoa de Dentro	3395	3975	Agreste Paraibano
Lagoa Seca	15330	10570	Agreste Paraibano
Lastro	1506	1335	Sertão Paraibano
Livramento	3412	3752	Borborema
Logradouro	2219	1723	Agreste Paraibano
Lucena	1578	10152	Mata Paraibana
Mãe D'Água	2450	1569	Sertão Paraibano
Malta	708	4905	Sertão Paraibano
Mamanguape	8069	34234	Mata Paraibana
Manaíra	4732	6027	Sertão Paraibano
Marcação	4760	2849	Mata Paraibana
Mari	3721	17455	Mata Paraibana
Marizópolis	816	5357	Sertão Paraibano
Massaranduba	8418	4484	Agreste Paraibano
Mataraca	859	6548	Mata Paraibana
Matinhas	3639	682	Agreste Paraibano
Mato Grosso	1501	1201	Sertão Paraibano
Maturéia	2082	3857	Sertão Paraibano
Mogeirol	6908	5583	Agreste Paraibano
Montadas	1834	3156	Agreste Paraibano
Monte Horebe	2007	2501	Sertão Paraibano
Monteiro	10591	20261	Borborema
Mulungu	4933	4536	Agreste Paraibano
Natuba	6932	3634	Agreste Paraibano
Nazarezinho	4096	3184	Sertão Paraibano
Nova Floresta	2641	7892	Agreste Paraibano
Nova Olinda	2843	3227	Sertão Paraibano
Nova Palmeira	1809	2552	Borborema
Olho D'Água	3063	3868	Sertão Paraibano
Olivedos	1725	1902	Agreste Paraibano
Ouro Velho	881	2047	Borborema
Parari	557	699	Borborema
Passagem	1124	1109	Sertão Paraibano
Paulista	6068	5720	Sertão Paraibano
Pedra Branca	1356	2365	Sertão Paraibano
Pedra Lavrada	4400	3075	Borborema

Pedras de Fogo	10674	16358	Mata Paraibana
Pedro Régis	3617	2148	Mata Paraibana
Piancó	4187	11278	Sertão Paraibano
Picuí	6102	12120	Borborema
Pilar	3518	7673	Mata Paraibana
Pilões	3646	3332	Agreste Paraibano
Pilõezinhos	2408	2747	Agreste Paraibano
Pirpirituba	2432	7894	Agreste Paraibano
Pitimbu	6640	10384	Mata Paraibana
Pocinhos	7414	9618	Agreste Paraibano
Poço Dantas	2774	977	Sertão Paraibano
Poço de José de Moura	2553	1425	Sertão Paraibano
Pombal	6357	25753	Sertão Paraibano
Prata	1410	2444	Borborema
Princesa Isabel	6755	14528	Sertão Paraibano
Puxinanã	8706	4217	Agreste Paraibano
Queimadas	18813	22236	Agreste Paraibano
Quixabá	1066	633	Sertão Paraibano
Remígio	4628	12953	Agreste Paraibano
Riachão	1240	2026	Agreste Paraibano
Riachão do Bacamarte	1601	2663	Agreste Paraibano
Riachão do Poço	2877	1287	Mata Paraibana
Riacho de Santo Antônio	536	1186	Borborema
Riacho dos Cavalos	4289	4025	Sertão Paraibano
Rio Tinto	9919	13057	Mata Paraibana
Salgadinho	2305	1203	Borborema
Salgado de São Félix	6726	5250	Agreste Paraibano
Santa Cecília	4790	1868	Agreste Paraibano
Santa Cruz	3483	2988	Sertão Paraibano
Santa Helena	2667	2702	Sertão Paraibano
Santa Inês	2109	1430	Sertão Paraibano
Santa Luzia	1240	13479	Borborema
Santa Teresinha	2373	2208	Sertão Paraibano
Santana de Mangueira	3100	2231	Sertão Paraibano
Santana dos Garrotes	3530	3736	Sertão Paraibano
Santarém (Joca Claudino)	1775	840	Sertão Paraibano
Santo André	1773	865	Borborema
São Bentinho	1293	2845	Sertão Paraibano
São Bento	5839	25040	Sertão Paraibano
São Domingos	1861	994	Sertão Paraibano
São Domingos do Cariri	1386	1034	Borborema
São Francisco	2001	1363	Sertão Paraibano
São João do Cariri	1997	2347	Borborema
São João do Rio do Peixe	11316	6885	Sertão Paraibano
São João do Tigre	2867	1529	Borborema

São José da Lagoa Tapada	4249	3315	Sertão Paraibano
São José de Caiana	3281	2729	Sertão Paraibano
São José de Espinharas	3143	1617	Sertão Paraibano
São José de Piranhas	8301	10795	Sertão Paraibano
São José de Princesa	3524	695	Sertão Paraibano
São José do Bonfim	1872	1361	Sertão Paraibano
São José do Brejo do Cruz	726	958	Sertão Paraibano
São José do Sabugi	1431	2579	Borborema
São José dos Cordeiros	2342	1643	Borborema
São José dos Ramos	3135	2373	Mata Paraibana
São Mamede	1819	5929	Borborema
São Miguel de Taipu	3719	2977	Mata Paraibana
São Sebastião de Lagoa de Roça	6382	4659	Agreste Paraibano
São Sebastião do Umbuzeiro	1138	2097	Borborema
Seridó	5633	4597	Borborema
Serra Branca	4555	8418	Borborema
Serra da Raiz	1069	2135	Agreste Paraibano
Serra Grande	1199	1776	Sertão Paraibano
Serra Redonda	3442	3608	Agreste Paraibano
Serraria	2771	3467	Agreste Paraibano
Sertãozinho	1180	3215	Agreste Paraibano
Sobrado	6490	883	Mata Paraibana
Solânea	7361	19332	Agreste Paraibano
Soledade	3508	10231	Agreste Paraibano
Sossêgo	1587	1582	Agreste Paraibano
Sumé	3824	12236	Borborema
Tacima	5894	4368	Agreste Paraibano
Taperoá	5997	8939	Borborema
Tavares	7487	6616	Sertão Paraibano
Teixeira	4522	9631	Sertão Paraibano
Tenório	1140	1673	Borborema
Triunfo	4911	4309	Sertão Paraibano
Uiraúna	4235	10349	Sertão Paraibano
Umbuzeiro	5312	3986	Agreste Paraibano
Várzea	669	1835	Borborema
Vieirópolis	4049	996	Sertão Paraibano
Vista Serrana	1926	1586	Sertão Paraibano
Zabelê	603	1472	Borborema









**APÊNDICE C – VALORES DO IVHIS PARA OS MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE  
PEQUENO PORTE**

<b>Municípios</b>	<b>IR</b>	<b>IS</b>	<b>ICA</b>	<b>IVMIS</b>
Água Branca	0,722	0,877	0,106	0,831
Aguiar	0,528	0,856	0,230	0,718
Alagoa Grande	0,491	0,722	0,623	0,530
Alagoa Nova	0,649	0,654	0,352	0,650
Alagoinha	0,413	0,599	0,283	0,576
Alcantil	0,760	0,460	0,273	0,649
Algodão de Jandaíra	0,434	0,517	0,099	0,617
Alhandra	0,495	0,256	0,264	0,496
Amparo	0,458	0,676	0,221	0,638
Aparecida	0,532	0,504	0,361	0,558
Araçagi	0,498	0,713	0,164	0,682
Arara	0,712	0,762	0,145	0,776
Araruna	0,222	0,803	0,132	0,631
Areia	0,476	0,580	0,343	0,571
Areia de Baraúnas	0,431	0,476	0,112	0,598
Areial	0,688	0,511	0,363	0,612
Aroeiras	0,249	0,780	0,107	0,641
Assunção	0,602	0,608	0,309	0,634
Baía da Traição	0,424	0,534	0,109	0,616
Bananeiras	0,369	0,852	0,267	0,652
Baraúna	0,412	0,631	0,197	0,615
Barra de Santa Rosa	0,687	0,659	0,346	0,666
Barra de Santana	0,500	0,571	0,272	0,600
Barra de São Miguel	0,517	0,290	0,500	0,436
Belém	0,092	0,646	0,342	0,465
Belém do Brejo do Cruz	0,240	0,790	0,182	0,616
Bernardino Batista	0,335	0,851	0,352	0,611
Boa Ventura	0,607	0,337	0,342	0,534
Boa Vista	0,609	0,111	0,186	0,511
Bom Jesus	0,611	0,419	0,602	0,476
Bom Sucesso	0,564	0,470	0,216	0,606
Bonito de Santa Fé	0,421	0,698	0,327	0,598
Boqueirão	0,421	0,350	0,508	0,421
Borborema	0,369	0,668	0,207	0,610
Brejo do Cruz	0,295	0,470	0,367	0,466
Brejo dos Santos	0,565	0,471	0,222	0,605
Caaporã	0,422	0,363	0,172	0,538
Cabaceiras	0,477	0,306	0,172	0,537
Cachoeira dos Índios	0,669	0,450	0,581	0,513
Cacimba de Areia	0,095	0,390	0,301	0,395

Cacimba de Dentro	0,620	0,709	0,218	0,703
Cacimbas	0,482	1,000	0,005	0,826
Caiçara	0,340	0,652	0,193	0,600
Cajazeirinhas	0,552	0,573	0,222	0,634
Caldas Brandão	0,266	0,357	0,133	0,496
Camalaú	0,702	0,557	0,206	0,684
Capim	0,527	0,544	0,105	0,655
Caraúbas	0,000	0,428	0,494	0,311
Carrapateira	0,554	0,484	0,244	0,598
Casserengue	0,519	0,883	0,259	0,714
Catingueira	0,363	0,610	0,437	0,512
Catolé do Rocha	0,444	0,395	0,427	0,471
Caturité	0,485	0,413	0,626	0,424
Conceição	0,279	0,706	0,187	0,600
Condado	0,687	0,639	0,341	0,662
Conde	0,424	0,248	0,265	0,469
Congo	0,407	0,656	0,366	0,566
Coremas	0,493	0,547	0,220	0,607
Coxixola	0,419	0,288	0,288	0,473
Cruz do Espírito Santo	0,235	0,381	0,252	0,455
Cubati	0,451	0,638	0,360	0,576
Cuité	0,449	0,646	0,265	0,610
Cuité de Mamanguape	0,397	0,656	0,032	0,674
Cuitegi	0,403	0,737	0,320	0,606
Curral de Cima	0,348	0,756	0,091	0,671
Curral Velho	0,533	0,618	0,292	0,620
Damião	0,805	0,770	0,051	0,841
Desterro	0,533	0,762	0,217	0,693
Diamante	0,534	0,558	0,169	0,641
Dona Inês	0,641	0,824	0,495	0,657
Duas Estradas	0,446	0,482	0,289	0,547
Emas	0,517	0,543	0,391	0,556
Esperança	0,559	0,552	0,232	0,626
Fagundes	0,296	0,706	0,117	0,628
Frei Martinho	0,177	0,542	0,427	0,431
Gado Bravo	0,230	0,677	0,000	0,636
Gurinhém	0,267	0,629	0,167	0,577
Gurjão	0,714	0,322	0,561	0,491
Ibiara	0,122	0,759	0,166	0,572
Igaracy	0,386	0,592	0,294	0,561
Imaculada	0,406	0,772	0,231	0,649
Ingá	0,476	0,681	0,262	0,632
Itabaiana	0,619	0,471	0,584	0,502
Itaporanga	0,320	0,422	0,240	0,500
Itapororoca	0,580	0,540	0,283	0,612

Itatuba	0,220	0,640	0,202	0,553
Jacaraú	0,411	0,686	0,122	0,658
Jericó	0,512	0,601	0,212	0,633
Juarez Távora	0,646	0,666	0,320	0,664
Juazeirinho	0,091	0,652	0,145	0,533
Junco do Seridó	0,521	0,469	0,404	0,529
Juripiranga	0,398	0,636	0,279	0,585
Juru	0,412	0,430	0,413	0,476
Lagoa	0,576	0,829	0,115	0,763
Lagoa de Dentro	0,566	0,764	0,139	0,730
Lagoa Seca	0,814	0,527	0,378	0,654
Lastro	0,324	0,371	0,155	0,513
Livramento	0,325	0,669	0,105	0,630
Logradouro	0,827	0,517	0,142	0,734
Lucena	0,495	0,686	0,348	0,611
Mãe D'Água	0,297	0,477	0,267	0,502
Malta	0,343	0,537	0,462	0,472
Mamanguape	0,407	0,488	0,215	0,560
Manáira	0,301	0,695	0,363	0,545
Marcação	0,497	0,797	0,264	0,677
Mari	0,630	0,451	0,208	0,624
Marizópolis	0,572	0,476	0,449	0,533
Massaranduba	0,499	0,538	0,398	0,547
Mataraca	0,430	0,648	0,115	0,654
Matinhas	0,451	0,420	0,080	0,597
Mato Grosso	0,382	0,454	0,336	0,500
Maturéia	0,595	0,669	0,138	0,709
Mogei	0,520	0,570	0,185	0,635
Montadas	0,410	0,494	0,158	0,582
Monte Horebe	0,458	0,464	0,250	0,557
Monteiro	0,387	0,526	0,323	0,530
Mulungu	0,276	0,763	0,557	0,494
Natuba	0,459	0,853	0,053	0,753
Nazarezinho	0,565	0,575	0,176	0,654
Nova Floresta	0,530	0,542	0,355	0,572
Nova Olinda	0,572	0,575	0,213	0,645
Nova Palmeira	0,451	0,532	0,253	0,577
Olho D'Água	0,280	0,607	0,210	0,559
Olivedos	0,540	0,460	0,226	0,592
Ouro Velho	0,350	0,298	0,296	0,451
Parari	0,551	0,540	0,236	0,618
Passagem	0,328	0,589	0,254	0,554
Paulista	0,590	0,400	0,440	0,517
Pedra Branca	0,000	0,533	0,375	0,386
Pedra Lavrada	0,351	0,506	0,128	0,577

Pedras de Fogo	0,094	0,560	0,249	0,468
Pedro Régis	0,695	0,781	0,193	0,761
Piancó	0,370	0,459	0,302	0,509
Picuí	0,456	0,697	0,357	0,599
Pilar	0,216	0,609	0,381	0,482
Pilões	0,320	0,721	0,209	0,611
Pilõezinhos	0,761	0,530	0,134	0,719
Pirpirituba	0,288	0,650	0,193	0,582
Pitimbu	0,257	0,692	0,141	0,603
Pocinhos	0,517	0,336	0,598	0,418
Poço Dantas	0,548	0,697	0,225	0,674
Poço de José de Moura	0,408	0,476	0,330	0,518
Pombal	0,285	0,416	0,521	0,393
Prata	0,209	0,397	0,334	0,424
Princesa Isabel	0,562	0,556	0,349	0,590
Puxinanã	0,380	0,596	0,166	0,603
Queimadas	0,065	0,291	0,207	0,383
Quixaba	0,435	0,358	0,371	0,474
Remígio	0,323	0,604	0,311	0,539
Riachão	0,237	0,607	0,273	0,524
Riachão do Bacamarte	0,494	0,711	0,274	0,644
Riachão do Poço	0,304	0,733	0,156	0,627
Riacho de Santo Antônio	0,387	0,379	0,253	0,504
Riacho dos Cavalos	0,542	0,363	0,118	0,596
Rio Tinto	0,206	0,575	0,160	0,540
Salgadinho	0,348	0,539	0,081	0,602
Salgado de São Félix	0,615	0,669	0,477	0,603
Santa Cecília	0,923	0,813	0,317	0,807
Santa Cruz	0,476	0,247	0,698	0,341
Santa Helena	0,814	0,492	0,332	0,658
Santa Inês	0,262	0,698	0,167	0,598
Santa Luzia	0,398	0,368	0,571	0,398
Santa Teresinha	0,484	0,732	0,372	0,615
Santana de Mangueira	0,507	0,712	0,194	0,675
Santana dos Garrotes	0,143	0,293	0,219	0,406
Santarém	0,747	0,461	0,295	0,638
Santo André	0,183	0,259	0,304	0,379
São Bentinho	0,420	0,480	0,288	0,537
São Bento	0,730	0,463	0,361	0,610
São Domingos	0,021	0,502	0,313	0,403
São Domingos do Cariri	0,199	0,332	0,263	0,423
São Francisco	0,346	0,441	0,267	0,506
São João do Cariri	0,427	0,456	0,322	0,520
São João do Rio do Peixe	0,311	0,486	0,328	0,490
São João do Tigre	0,160	0,784	0,228	0,572

São José da Lagoa Tapada	0,713	0,636	0,284	0,688
São José de Caiana	0,645	0,562	0,127	0,693
São José de Espinharas	0,485	0,470	0,193	0,587
São José de Piranhas	0,357	0,577	0,619	0,438
São José de Princesa	0,679	0,648	0,157	0,724
São José do Bonfim	0,334	0,465	0,258	0,514
São José do Brejo do Cruz	1,000	0,594	0,284	0,770
São José do Sabugi	0,143	0,279	0,294	0,376
São José dos Cordeiros	0,678	0,643	0,261	0,687
São José dos Ramos	0,164	0,685	0,156	0,564
São Mamede	0,349	0,551	0,283	0,539
São Miguel de Taipu	0,143	0,652	0,217	0,526
São Sebastião de Lagoa de Roça	0,562	0,426	0,311	0,559
São Sebastião do Umbuzeiro	0,468	0,569	0,244	0,598
Seridó	0,435	0,401	0,224	0,537
Serra Branca	0,601	0,469	0,312	0,586
Serra da Raiz	0,473	0,662	0,441	0,565
Serra Grande	0,375	0,534	0,138	0,590
Serra Redonda	0,511	0,497	0,150	0,619
Serraria	0,317	0,723	0,255	0,595
Sertãozinho	0,307	0,558	0,422	0,481
Sobrado	0,340	0,543	0,209	0,558
Solânea	1,000	0,679	0,362	0,773
Soledade	0,339	0,370	0,310	0,466
Sossêgo	0,128	0,658	0,412	0,458
Sumé	0,000	0,573	0,471	0,367
Tacima	0,447	0,605	0,221	0,610
Taperoá	0,367	0,634	0,233	0,589
Tavares	0,505	0,796	0,159	0,714
Teixeira	0,429	0,641	0,760	0,437
Tenório	0,681	0,421	0,500	0,534
Triunfo	0,857	0,470	0,335	0,664
Uiraúna	0,426	0,637	0,421	0,548
Umbuzeiro	0,143	0,621	0,116	0,549
Várzea	0,475	0,113	0,411	0,393
Vieirópolis	0,052	0,466	0,307	0,404
Vista Serrana	0,714	0,377	0,206	0,629
Zabelê	0,239	0,511	0,273	0,492