



Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão de Recursos Naturais - PPGEGRN
Área: Saneamento Ambiental



**PROPOSTA DE MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PARA OS
SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO: MARCO REGULATÓRIO DA
LEI Nº14.026/2020**

ROBERTA LIMA DE LUCENA

Orientadora: Dra. Dayse Luna Barbosa

CAMPINA GRANDE-PB

2024

ROBERTA LIMA DE LUCENA

**PROPOSTA DE MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PARA OS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO BÁSICO: MARCO REGULATÓRIO DA LEI Nº14.026/2020**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de doutor (a) em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Naturais

Linha de Pesquisa: Saneamento Ambiental

Orientadora: Prof.^a Dayse Luna Barbosa

Co-orientadora: Prof.^a Andréa Carla Lima Rodrigues

CAMPINA GRANDE-PB

2024

L935p

Lucena, Roberta Lima de.

Proposta de modelo de regionalização para os serviços de saneamento básico: marco regulatório da Lei Nº 14.026/2020 / Roberta Lima de Lucena. – Campina Grande, 2024.

169 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

“Orientação: Profa. Dra. Dayse Luna Barbosa, Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues”.

Referências.

1. Saneamento Ambiental. 2. Sistema de Abastecimento de Água. 3. Esgotamento Sanitário. 4. Modelo Gravitacional. 5. Universalização do Saneamento. 6. Lei Nº 11.445/2007. I. Barbosa, Dayse Luna. II. Rodrigues, Andréa Carla Lima. III. Título.

CDU 628:502.1(043)

ROBERTA LIMA DE LUCENA

**PROPOSTA DE MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PARA OS SERVIÇOS DE
SANEAMENTO BÁSICO: MARCO REGULATÓRIO DA LEI Nº14.026/2020**

APROVADA EM: 28/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Profª Dra. Dayse Luna Barbosa (Orientadora)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profª Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues (Co-orientadora)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profª Dra. Viviane Farias Silva (Membro interno)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profª Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima (Membro interno)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Profª Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro (Membro externo)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof.: Dr. Valterlin da Silva Santos (Membro externo)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS
 Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata da Trigésima Quarta sessão pública de Defesa de Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Ao Vinte e Oito dia do mês de Agosto de 2024, às 08:00 horas, **de forma presencial** reuniu-se na forma e Termos do Art. 62 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação "Stricto Sensu" da UFCG e do Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Resolução 02/2019 do Colegiado Pleno do Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão – CONSEPE/UFCG, a Banca Examinadora composta pelos professores/pesquisadores Prof.(a) Dr.(a) **Dayse Luna Barbosa/PPGEGRN**, como orientador(a) principal; Prof.(a.) Dr.(a.) **Andréa Carla Lima Barbosa/UFCG** como Coorientadora; Prof.(a.) Dr.(a.) **Vera Lucia Antunes de Lima/PPGEGRN** como membro interno; Prof.(a.) Dr.(a) **Viviane Farias Silva/PPGEGRN**, como membro interno; Prof.(a.) Dr.(a) **Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro/UEPB**, como membro externo; Prof.(a.) Dr.(a) **Valterlin da Silva Santos/UFCG**, como membro externo, a qual foi constituída pela Portaria PPGEGRN 42/2024 da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, juntamente com **Roberta Lima de Lucena** candidato(a) ao Grau de **Doutor(a)** em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais. Abertos os trabalhos, o(a) Senhor (a) Presidente da Banca Examinadora, Prof.(a.) Dr.(a). **Dayse Luna Barbosa/PPGEGRN**, anunciou que a sessão tinha a finalidade de julgamento da apresentação e de defesa da Tese sob o título: **"PROPOSTA DE MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PARA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO: MARCO REGULATÓRIO DA LEI Nº14.026/2020"** Área de Concentração: **Engenharia de Recursos Naturais**, orientada pelo(a) Professor(a) Dra. **Dayse Luna Barbosa**. O(A) presidente concedeu à palavra o(a) candidato(a) para, no prazo de tempo estipulado, efetuar a apresentação de seu trabalho. Concluída a exposição do(a) candidato(a), o(a) Presidente iniciou a segunda etapa do processo de defesa passando a palavra a cada membro da Banca Examinadora para as devidas considerações, correções e arguição do(a) candidato(a). Em seguida, a Banca Examinadora solicitou a saída dos presentes para, em sessão secreta, avaliar a apresentação e defesa. Após chegar a uma decisão final, a Banca Examinadora solicitou o retorno da Assembleia e anunciou, de conformidade com o que estabelece o Art. 57 do Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, o Conceito **APROVADO**, o qual será atribuído após O(a) candidato(a), no prazo máximo de 30 (trinta) dias, efetuar as correções e modificações sugeridas e aprovadas pela Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar pelo Coordenador, pelo candidato e pelos membros da Banca Examinadora.

Campina Grande, 28 de Agosto de 2024.

Assinaturas:

Coordenadora do PPGEGRN _____
 Candidato(a) _____
 Presidente _____
 Examinador _____
 Examinador _____
 Examinador _____
 Examinador _____



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, COORDENADORA DE PÓS GRADUAÇÃO**, em 29/08/2024, às 21:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **DAYSE LUNA BARBOSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/08/2024, às 21:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDREA CARLA LIMA RODRIGUES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2024, às 08:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro, Usuário Externo**, em 30/08/2024, às 09:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROBERTA LIMA DE LUCENA, Usuário Externo**, em 30/08/2024, às 13:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2024, às 13:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VALTERLIN DA SILVA SANTOS, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2024, às 17:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticado>, informando o código verificador **4723553** e o código CRC **901D4468**.

*À Deus, fonte inesgotável de
amor e fortalecimento, à minha
amada filha Ana Teresa e à
minha mãe, amiga e conselheira
de todas as horas, dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar ao meu lado, guiando e iluminado meu caminho, em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, Florisvaldo, por todo amor que me dedica, e a minha mãe, Maria do Carmo, pelo apoio incondicional em todas as horas e pela disponibilidade em cuidar de minha filha, me proporcionando mais tempo para a realização da pesquisa.

À minha filha, por ter dado um significado especial a minha vida e por ser a inspiração diária para minha evolução como ser humano.

Ao meu irmão Daniel, pela grande ajuda para a concretização desse trabalho e as minhas irmãs Adriana, Andréa e Flávia pelo suporte afetivo e emocional.

Aos meus cunhados, Aderson e Clístenes por todo apoio e aos meus sobrinhos, Beatriz, Ana Luísa, Arthur, Guilherme, Cecília, Lara e Lucas pelos momentos de alegria e amor.

Às minhas orientadoras, Andréa e Dayse, por todo apoio, incentivo, motivação, conhecimentos e horas disponibilizadas para estudos e esclarecimentos de dúvidas, muito obrigada. Sem vocês eu não teria conseguido.

Aos professores Janiro Rêgo e Valterlin Santos, pelas horas de auxílio e valiosa colaboração, indispensáveis na realização dessa pesquisa.

À Igor, Mateus, Maressa, Cristiane, Sahara e Carla Caroline por toda ajuda ao longo desses anos, pela disposição, disponibilidade em ajudar e sanar minhas dúvidas.

Às minhas amigas Bárbara e Lívia, pelos momentos compartilhados principalmente durante o primeiro ano do doutorado.

À minha amiga Robertinha, que me ajudou nas horas difíceis e me fez acreditar no meu potencial.

Aos professores, membros da banca examinadora, Viviane Farias, Vera Lúcia, Maria Adriana Freitas e Valterlin Santos pela disponibilidade e valiosas contribuições.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, por proporcionar o ambiente acadêmico e os recursos necessários para a realização desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desse trabalho. Minha gratidão.

RESUMO

O acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é um problema global, que impacta principalmente os países em desenvolvimento e as populações de baixa renda. No Brasil, diante do desafio de universalizar o saneamento básico, o governo federal promulgou a Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do setor e, dentre outras medidas, incentiva a regionalização dos serviços, ou seja, o agrupamento de municípios para o fornecimento em conjunto dos serviços de saneamento. Além disso, a Lei nº 14.026/2020, por meio da regionalização, tem o objetivo de alcançar a universalização do abastecimento de água e esgotamento sanitário até o ano de 2033, buscando ganhos de escala e garantindo a viabilidade técnica e econômico-financeira por meio dos serviços prestados. Sendo assim, este trabalho apresenta como objetivo o desenvolvimento de uma proposta de modelo de regionalização para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, considerando classes de indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água. A metodologia para o desenvolvimento do modelo foi elaborada em seis etapas: na primeira etapa foram definidas as dimensões das estruturas agregadas na regionalização, em seguida foi construído o índice geral para compor o modelo de regionalização proposto; na terceira etapa foi realizada a adequação do modelo gravitacional às características de regionalização do saneamento, na quarta etapa foram definidos critérios para a escolha de municípios polos e da interação entre os municípios e polos, na etapa seguinte foi feita a simulação e validação do modelo de regionalização para o estado da Paraíba, e por fim, na sexta etapa, foi avaliada a sensibilidade o comportamento e eficiência do modelo de regionalização proposto. Os resultados obtidos da aplicação do modelo apresentaram sugestões de agrupamentos com arranjos de quatro, cinco, seis, sete e oito regionais de saneamento. Foram realizadas análises sob aspectos socioeconômicos, operacionais, financeiros, de qualidade de água e a distribuição em seis microrregiões foi a mais satisfatória para o atendimento aos critérios avaliados. Conclui-se que o modelo proposto apresentou sensibilidade às variações impostas a ele e respondeu de forma eficaz a proposta de agrupamento para a regionalização do saneamento.

Palavras-chave: Universalização do saneamento; Lei nº 11.445/2007; Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário; Modelo gravitacional.

ABSTRACT

Access to water supply and sanitation services is a global issue, particularly affecting developing countries and low-income populations. In Brazil, facing the challenge of universalizing basic sanitation, the federal government enacted Law No. 14,026 of July 15, 2020, which updates the sector's legal framework and, among other measures, encourages the regionalization of services, i.e., the grouping of cities to jointly provide sanitation services. Additionally, Law No. 14,026/2020, through regionalization, aims to achieve universal access to water supply and sanitation by 2033, seeking economies of scale and ensuring the technical and economic-financial viability of the services provided. Therefore, this work aims to develop a proposed regionalization model for water supply and sanitation services, considering classes of socioeconomic, operational, financial, and water quality indicators. The methodology for developing the model was elaborated in six stages: in the first stage, the dimensions of the structures aggregated in the regionalization were defined, then the general index was constructed to compose the proposed regionalization model; in the third stage, the gravitational model was adapted to the characteristics of sanitation regionalization, in the fourth stage, criteria were defined for the choice of central municipalities and the interaction between municipalities and centers, in the following stage, the simulation and validation of the regionalization model for the state of Paraíba were carried out, and finally, in the sixth stage, the sensitivity, behavior, and efficiency of the proposed regionalization model were evaluated. The results obtained from the application of the model presented suggestions for groupings with arrangements of four, five, six, seven, and eight sanitation regions. The analyses were conducted on socioeconomic, operational, financial, water quality aspects, and the distribution across six microregions was the most satisfactory in meeting the evaluated criteria. It is concluded that the proposed model showed sensitivity to the variations imposed on it and effectively responded to the proposed grouping for sanitation regionalization.

Keywords: Sanitation universalization; Law N° 11.445/2007; Water supply and sewage system; Gravitational model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha do tempo com os principais marcos do saneamento no Brasil.	8
Figura 2: Princípios da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) sobre Água Governança.	10
Figura 3: Diagramação dos arranjos de regionalização previstos na Lei 13.089/2015..	13
Figura 4: Dimensões das estruturas agregadas na regionalização.....	15
Figura 5: Evolução da situação da Regionalização no Brasil por Estado	27
Figura 6: Microrregiões de Saneamento Básico do Estado da Bahia.....	33
Figura 7: Microrregiões de Saneamento Básico do Estado do Ceará.....	34
Figura 8: As três Microrregiões do Paraná com destaque (em cores) para as regiões ...	35
Figura 9: Microrregiões de saneamento do Estado de Pernambuco.....	37
Figura 10: Microrregiões de Saneamento do Estado da Paraíba.	38
Figura 11: Diagramação das etapas metodológicas da pesquisa	41
Figura 12: Definição das dimensões da estrutura de regionalização.....	41
Figura 13: Processos para a construção do índice geral utilizado no modelo de regionalização.....	43
Figura 14: Fluxograma da análise estatística.....	46
Figura 15: Arranjos: a) considerando o Índice geral de regionalização e b) considerando as classes de indicadores isoladamente	54
Figura 16: Subdivisão de mesorregiões do Estado da Paraíba.	55
Figura 17: Mapa de precipitação média anual do Estado da Paraíba.	55
Figura 18: Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba.....	56
Figura 19: Mapa de Regionalização das Gerências Regionais de a) educação, b) saúde e c) territórios de identidade rural	57
Figura 20: Arranjos de simulações por classes, número de polos e distância entre eles.	59
Figura 21: Fluxograma-resumo das etapas da pesquisa	61
Figura 22: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 4 regionais de saneamento.	74
Figura 23: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 5 regionais de saneamento.	75
Figura 24: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 6 regionais de saneamento.	76
Figura 25: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 7 regionais de saneamento.	76
Figura 26: Mapa do arranjo obtido com o modelo para 8 regionais de saneamento.	77
Figura 27: Distribuição da população para os diferentes arranjos de regionais.	79
Figura 28: Quantidade de municípios por arranjos regionais.....	81
Figura 29: Mapas da distribuição do IDHM.....	83

Figura 30: Distribuição do PIB per capita médio para a divisão de 4, 5, 6, 7 e 8 polos..	87
Figura 31: Situação de atendimento ao abastecimento de água na zona urbana e rural.	89
Figura 32: Situação de atendimento ao esgotamento sanitário na zona urbana e rural..	94
Figura 33: Espacialização do Índice de Suficiência de Caixa para os diferentes arranjos regionais	101
Figura 34: Espacialização das análises de incidência de cloro fora do padrão	103
Figura 35: Arranjo Regional sugerido nesse estudo para o estado da Paraíba	107
Figura 36: Comparação da população por regional para os dois arranjos avaliados....	109
Figura 37: Comparação do número de municípios por regional para os dois arranjos avaliados	110
Figura 38: Comparação do percentual do PIB por regional para os dois arranjos avaliados	113
Figura 39: Comparação do IDHM por regional para os dois arranjos avaliados	114
Figura 40: Espacialização das regionais socioeconômicas, operacional e financeira..	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estrutura da prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico	13
Quadro 2: Critérios para a regionalização da provisão dos serviços de saneamento básico	16
Quadro 3: Potenciais benefícios e restrições da agregação/regionalização.....	22
Quadro 4: Formas de organização na prestação dos serviços de saneamento.....	24
Quadro 5: Indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água sugeridos para a construção do modelo.	45
Quadro 6: Indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água dos municípios da Paraíba.....	63
Quadro 7: Critérios e efeito dos indicadores	72
Quadro 8: Aspectos a serem avaliados para análise da sustentabilidade dos arranjos propostos.....	78
Quadro 9: Resumo da análise dos aspectos avaliados em relação ao número de polos	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Panorama da regionalização no Brasil por Região	29
Tabela 2: Valores de p-valor para análise de correlação	47
Tabela 3: Resultados do Teste de Shapiro-Wilk	65
Tabela 4: Resultados da análise de correlação dos indicadores socioeconômicos.....	66
Tabela 5: Valor do VIF para cada indicador socioeconômico	67
Tabela 6: Resultados da análise de correlação dos indicadores operacionais	68
Tabela 7: Valor do VIF para cada indicador operacional.....	68
Tabela 8: Resultados da análise de correlação dos indicadores financeiros.....	69
Tabela 9: Valor do VIF para os indicadores financeiros	69
Tabela 10: Resultados da análise de correlação dos indicadores de qualidade de água. 70	70
Tabela 11: Valor do VIF para os indicadores de qualidade de água	70
Tabela 12: Indicadores finais após a análise estatística.....	70
Tabela 13: Pesos dos indicadores obtidos pela Entropia de Shannon	73
Tabela 14: Classificação do IDHM	83
Tabela 15: Média do IDHM nas regionais	84
Tabela 16: Percentual de atendimento do índice de abastecimento de água	88
Tabela 17: Percentual de municípios nas regionais com classificação baixa para abastecimento de água	92
Tabela 18: Percentual de atendimento do índice de esgotamento sanitário	93
Tabela 19: Percentual de municípios com classificação muito baixa para esgotamento sanitário de acordo o número de regionais.	97
Tabela 20: Valores do Índice de Suficiência de Caixa para cada regional.....	99
Tabela 21: Indicadores socioeconômicos e demográficos das microrregiões de saneamento da Fundace (2021)	107
Tabela 22: Indicadores socioeconômicos e demográficos do arranjo regional proposto neste estudo	108
Tabela 23: Distribuição dos municípios por população e por percentual em relação a população total para as regionais atuais do estado da Paraíba	111
Tabela 24: Distribuição dos municípios por população e por percentual em relação a população total para as regionais propostas pelo modelo.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
- ANA - Agência Nacional de Água e Saneamento Básico
- BIRD - Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- BNH - Banco Nacional da Habitação
- FGTS - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
- FUNDACE - Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia
- IAS - Instituto de Água e Saneamento
- IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
- OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ODS – Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
- PLANASA - Plano Nacional de Saneamento
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- SEDURB – Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano
- SFS - Sistema Financeiro do Saneamento
- SIG - Sistema de Informações Geográficas
- SINISA - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	3
1.2	OBJETIVOS.....	5
1.2.1	Objetivo Geral	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	EVOLUÇÃO DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: UMA BREVE ABORDAGEM HISTÓRICA	6
2.2	MODELOS DE GOVERNANÇA COMPARTILHADA NO BRASIL	9
2.3	REGIONALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL – Lei nº 14.026/2020 e Lei nº 13.089/2015	11
2.3.1	Dimensões das estruturas agregadas na regionalização.....	15
2.4	MODELOS INTERNACIONAIS DE ORGANIZAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO.....	23
2.5	EXPERIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO NA AMÉRICA DO SUL	25
2.6	PANORAMA DA REGIONALIZAÇÃO NO BRASIL	26
2.7	MODELOS DE REGIONALIZAÇÃO NOS ESTADOS BRASILEIROS	31
2.7.1	Regionalização no Estado da Bahia.....	31
2.7.2	Regionalização no Estado do Ceará	33
2.7.3	A regionalização no Estado do Paraná	35
2.7.4	A regionalização no estado de Pernambuco	36
2.7.5	A regionalização do Estado da Paraíba	37
3	METODOLOGIA	40
3.1	DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES DAS ESTRUTURAS AGREGADAS NA REGIONALIZAÇÃO	41
3.2	CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE GERAL PARA COMPOR O MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTO.....	43
3.2.1	Pré-seleção de indicadores.....	43
3.2.2	Análise estatística dos dados para escolha dos indicadores mais representativos.....	46
3.2.3	Normalização dos indicadores escolhidos.....	47
3.2.4	Atribuição de pesos e agregação de indicadores	48
3.2.5	Obtenção do Índice Geral de Regionalização (IG _{Reg}).....	50
3.3	ADEQUAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL.....	50
3.4	DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS MUNICÍPIOS POLOS E INTERAÇÃO ENTRE MUNICÍPIOS E POLOS.....	52
3.5	SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO NA ÁREA DE ESTUDO.....	54

3.5.1 Caracterização da área de estudo.....	54
3.5.2 Aplicação do modelo de regionalização desenvolvido.....	58
3.6 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E EFICIÊNCIA DO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DO IGREG	62
4.1.1 Pré-seleção de indicadores.....	62
4.1.2 Análise estatística dos dados	65
4.1.3 Resultados da normalização dos indicadores	71
4.1.4 Resultados dos pesos, agregação de indicadores (Entropia de Shannon e Vikor) e obtenção do IGReg	72
4.2 AVALIAÇÃO DOS ARRANJOS REGIONAIS OBTIDOS A PARTIR DO MODELO PROPOSTO	73
4.2.1 Respostas do modelo à distribuição das regionais de água e esgotamento sanitário na Paraíba.....	73
4.2.2 Análise dos arranjos regionais.....	78
4.3 SUGESTÃO DE NOVO ARRANJO REGIONAL DE SANEAMENTO PARA O ESTADO DA PARAÍBA	105
4.3.1 Algumas considerações pertinentes.....	116
4.4 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTO	117
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	120
5.1 CONCLUSÕES.....	120
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	122
REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE A	141
APÊNDICE B	152

1 INTRODUÇÃO

A regionalização da gestão dos serviços de saneamento básico é um dos grandes eixos introduzido pela Lei nº 14.026/2020. Sua justificativa é garantir a viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços e os ganhos de escala com vistas à universalização da prestação e a possibilidade de subsídios cruzados entre municípios mais superavitários e municípios menores e com população de menor poder aquisitivo. Este modelo é comumente adotado pelas companhias estaduais de saneamento.

A nova legislação busca impulsionar tal estratégia condicionando a alocação de recursos públicos federais e o financiamento com recursos da União à adesão dos municípios às regionalizações propostas pelos Estados ou União. Sua estrutura apresenta arranjos de regionalização por titularidade compartilhada (regiões metropolitanas; aglomerações urbanas e microrregiões) ou por gestão associada (unidades regionais de saneamento básico ou blocos de referência).

O objetivo central da regionalização é, na verdade, promover maior eficiência e maior qualidade na prestação de serviços públicos locais de água e esgotamento sanitário, por meio de investimentos financeiramente sustentáveis e operações independentes e bem geridas. O processo também deve atuar como fator de efetivo crescimento econômico regional e desenvolvimento sócio-ambiental sustentável. Entretanto, o sucesso da regionalização está diretamente associado a um processo eficiente levando em consideração aspectos multivariados.

A importância atribuída ao tema tem aumentado pelo fato de crescer, igualmente, o debate sobre o direito humano à água potável e saneamento básico, tornando-se ainda mais importante num país como o Brasil, com enormes desigualdades sociais e com atraso consecutivo na implementação da Política Nacional de Saneamento Básico e do princípio da Universalização destes serviços como direitos sociais (Ferreira *et al*, 2021).

A Organização das Nações Unidas (ONU) delineou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), nos quais apresenta metas globais, integradas e indivisíveis, com o propósito de que sejam alcançadas até o ano de 2030. De acordo com a agenda, um dos objetivos busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, e alcançar a qualidade e a sustentabilidade dos recursos hídricos em todo o mundo – ODS 6. Além do ODS 6, outros objetivos do desenvolvimento sustentável estão relacionados a prestação dos serviços de saneamento, como por exemplo, o ODS 3 (Saúde e Bem-estar), ODS 10 (redução das desigualdades), ODS 11

(cidades e comunidades sustentáveis), ODS 14 (vida na água), ODS 15 (vida sobre a terra) e ODS 17 (parcerias e meios de implementação) (ONU, 2015).

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto divulgado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS de 2021, no ano de 2020 nas sedes urbanas e áreas rurais, 84,1% dos brasileiros eram atendidos com abastecimento de água tratada e 55% teriam acesso à coleta de esgoto, porém somente 50,8% da população teriam tratamento do esgoto que foi coletado. Estes dados representam uma população de quase 96 milhões de brasileiros ainda sem coleta de esgoto e aproximadamente 34 milhões de brasileiros sem água tratada disponível (SNIS, 2021).

A manutenção da qualidade de vida da população depende do acesso ao saneamento ambiental, incluindo saneamento básico, com quantidade e qualidade adequadas (Paiva, 2020). Fontoura *et al.* (2018) revelam que, em regiões em que as condições de saneamento são inadequadas, o nível de susceptibilidade da população às doenças de veiculação hídrica aumenta. Conforme dados do Instituto Trata Brasil (2019) mais de 273 mil hospitalizações decorrentes das internações por doenças de veiculação hídrica, em 2019, resultaram num custo de R\$ 108 milhões. Essas doenças infecto-parasitárias são conhecidas como “Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado” (DRSAI) (Santos *et al.*, 2020, Pintanel *et al.* 2021, Lopes *et al.*, 2021, Filho *et al.*, 2022) e são classificadas em: doenças de transmissão feco-oral (bacterianas e não bacterianas); helmintos transmitidos pelo solo e água; tênias (solitárias) e doenças transmitidas por insetos vetores relacionados com as fezes (Oliveira *et al.*, 2015).

De acordo com Silva (2017), os maiores impactos da ausência de saneamento básico ocorrem em áreas com habitações populares precariamente construídas sem infraestrutura de saneamento adequada, acarretando perda da qualidade de vida das pessoas e aumentando os índices de mortalidade infantil, morbidade e mortalidade por causas evitáveis, a exemplo das doenças diarreicas e das parasitoses intestinais (Brasil, 2004).

Conforme dados da Organização Mundial de Saúde (2019), em 2019, as principais doenças de veiculação hídrica incluem doenças diarreicas, (responsável por 8% das mortes em crianças abaixo de 5 anos de idade), cólera, shigelose (70% dos infectados são crianças menores de 5 anos e representam 60% das mortes causadas pela doença), febre tifóide, amebíase e hepatite A e E. Em países com saneamento básico ineficiente, 90% das crianças são contaminadas com alguns desses vírus antes dos 10 anos de idade.

Sendo assim, a maior contribuição que a Lei 14.026/2020 traz para o setor de saneamento é a universalização dos serviços para a população brasileira. Isto se traduz

em distribuir água em quantidade e qualidade para todos e coletar e tratar o esgoto, contribuindo para uma melhor qualidade de vida, a um preço justo (Ferreira *et al.*, 2021).

Dentro desse panorama, o presente estudo tem a finalidade de propor um modelo de regionalização mais robusto, considerando critérios multivariados (socioeconômicos, financeiros, operacionais e de qualidade de água) a partir das hipóteses trazidas pelo Novo Marco Legal da Saneamento para melhorar a gestão dos serviços de saneamento e propiciar um melhor atendimento para a população.

1.1 JUSTIFICATIVA

O acesso à água tratada e à coleta de esgoto sanitário é considerado um direito fundamental da população e garante crescimento econômico, diminuição da mortalidade infantil e redução de gastos públicos (Margulies, 2018). O déficit em saneamento básico traz consequências graves em termos de saúde pública, meio ambiente e cidadania (Hutton; Haller, 2004; Teixeira; Pungirum, 2005).

Júnior e Paganini (2009) apontam diversos fatores responsáveis pelo déficit dos serviços de água e esgoto no país, dentre eles, a fragmentação de políticas públicas; a carência de instrumentos de regulamentação e regulação e insuficiência e má aplicação de recursos públicos.

Com o desafio de universalizar o saneamento básico, o governo federal promulgou a Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020 que atualiza o marco legal do setor e, dentre outras medidas, incentiva a regionalização dos serviços, que é o agrupamento de municípios para provisão em conjunto dos serviços de saneamento.

A referida lei especifica que a prestação regionalizada é importante como forma de buscar ganhos de escala, garantir a universalização e a viabilidade técnica e econômico-financeira, considerando que para a prestação do serviço de forma isolada em algumas situações pode ser extremamente onerosa para os titulares e para a população, o que dificulta o acesso em locais mais distantes ou com menor poder aquisitivo (Cruz, 2021).

De acordo com a Lei 11.445/2007 e com as alterações introduzidas pela Lei 14.026/2020, a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou com recursos geridos ou operados por órgãos ou entidades da União ficaram condicionados à adesão pelos titulares dos serviços públicos de saneamento básico à estrutura de governança correspondente em até 180 (cento e oitenta) dias.

Diante da exiguidade do prazo, os representantes dos municípios formularam seus projetos com as respectivas estruturas regionalizadas para o atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Pires *et. al* (2022), no entanto, afirmam que não houve uniformidade em relação aos critérios metodológicos adotados para justificar os modelos dos arranjos apresentados e poucos estados se preocuparam em buscar uma regionalização levando em conta os comitês de bacias hidrográficas.

Segundo os autores, a falta de articulação com as políticas hídricas existentes indica um retrocesso e pode impactar na sustentabilidade do recurso. Através de um mapeamento das propostas de regionalizações de saneamento básico apresentadas pelos Estados, constataram que o processo de regionalização é complexo para ser realizado em curto espaço de tempo. Para eles, a regionalização precisa ser elaborada com o apoio do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), responsável pelas políticas de saneamento, com um maior envolvimento dos municípios e com um planejamento metodológico mais estruturado.

Em face da recenticidade da publicação da Lei nº 14.026/2020, há escassez de estudos/modelos científicos que sirvam de base para a implantação de processos de regionalização territorial para os serviços de saneamento básico em cumprimento às exigências da lei.

Portanto, fica evidenciada a necessidade de se obter um modelo de regionalização científico resultante de estudos, análises e pesquisas envolvendo dados, estatísticas, mapas, regionalizações existentes, correlações espaciais através do Sistema de Informações Geográficas (SIG), entre outras ferramentas, de tal modo que o resultado do estudo possa servir como padrão científico a ser utilizado pelos Estados conforme às disposições da Lei 14.026/2020.

Diante do exposto, algumas hipóteses foram formuladas para a pesquisa:

- i Um modelo de regionalização adaptado para o saneamento básico, integrando aspectos multivariados, auxilia no atendimento das especificidades existentes entre os municípios de um Estado possibilitando a formação de estruturas regionais mais sustentáveis.
- ii Modelos de regionalização de saneamento podem facilitar a implementação de políticas públicas trazendo como resposta a melhoria da gestão dos serviços.
- iii Um novo modelo de regionalização proposto para a Paraíba, ao incorporar as peculiaridades socioeconômicas, operacionais, financeiras e de qualidade da água proporcionará uma distribuição mais equilibrada entre os arranjos

municipais e, conseqüentemente, uma melhoria dos serviços de saneamento oferecidos, reduzindo as disparidades regionais atualmente existentes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma proposta de modelo de regionalização do saneamento com foco nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, considerando aspectos socioeconômicos, financeiros, operacionais e de qualidade de água.

1.2.2 Objetivos específicos

Para se atingir o objetivo geral proposto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Desenvolver uma metodologia para a construção de um índice geral que integre indicadores variados e que possa ser utilizado para adequar o modelo gravitacional as especificidades do saneamento;
- Validar a proposta de modelo de regionalização através da sua aplicação no Estado da Paraíba;
- Analisar indicadores socioeconômicos, financeiros, operacionais e de qualidade de água que auxiliem a compreensão da realidade de municípios e permitam refinar os agrupamentos regionais pré-estabelecidos;
- Sugerir, diante das opções obtidas pelo modelo, o melhor arranjo de regionalização proposto para a área de estudo;
- Realizar uma análise comparativa da regionalização sugerida pelo modelo proposto com a regionalização atual existente no estado da Paraíba com base nos aspectos socioeconômicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: UMA BREVE ABORDAGEM HISTÓRICA

Segundo Heller (1998), a definição clássica de saneamento baseia-se na formulação da Organização Mundial de Saúde (OMS), onde saneamento “constitui o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem-estar físico, mental ou social”. Sendo assim, é evidente a importância do saneamento enquanto abordagem preventiva e de promoção à mitigação dos impactos ambientais.

A eficiência, a qualidade e a universalidade dos serviços de saneamento básico são fundamentais no intuito de promover a qualidade de vida da população. Dessa forma, o aumento dos investimentos no setor pode constituir como parte de uma estratégia de amplo desenvolvimento econômico e social (Scriptore e Toneto Junior, 2012).

O termo saneamento básico pode ser entendido como uma prestação dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais em áreas urbanas e rurais, com o intuito de promover saúde e qualidade de vida à população (OMS, 2015; Ferreira *et al.*, 2016). O saneamento também pode ser caracterizado como um direito fundamental do indivíduo e da coletividade, além de um serviço público essencial e, portanto, um dever do Poder Público (Sarlet, 2015).

No Brasil, a operação de serviços no setor de saneamento até o começo da década de 1970 era, predominantemente, comandada e executada pelos municípios. Entre as décadas de 1930 e 1940 foi elaborado o Código das Águas, por meio do Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, priorizando o abastecimento público, período caracterizado por ações coordenadas, mas sem priorizar o saneamento básico. Os principais marcos das décadas de 1950 e 1960 foram o surgimento de iniciativas para estabelecer as primeiras classificações e os primeiros parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos definidores da qualidade das águas e a permanência da dificuldade em relacionar os benefícios do saneamento com a saúde (Costa, 2003).

A Lei nº 5.318 de 1967 estabeleceu o primeiro marco político nacional no campo do saneamento básico (que originou o PLANASA), com o objetivo de ampliar a cobertura dos serviços de saneamento básico, até então restritos ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. Em consequência do PLANASA a partir da década de 1970 foi

que o setor passou a adquirir a configuração estrutural que se estendeu até o advento da Lei 11.445/2007.

Na década de 1970 também foi criado o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), junto com o PLANASA foram geridos pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH), com recursos oriundos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS). O PLANASA centralizou a política do setor, propondo a criação das companhias estaduais de saneamento. Desta forma, para os municípios receberem os investimentos federais, teriam que delegar a prestação dos serviços de água e esgoto, pois elas tinham acesso exclusivo aos empréstimos do BNH (Nozaki, 2007).

Segundo Parlatore (2000), somente após a criação do PLANASA é possível falar de uma política nacional de abastecimento de água e esgoto no Brasil, visto que anteriormente a questão era tratada de forma pouco sistematizada e apresentava condições relativamente precárias nas diversas regiões do país.

O plano trouxe uma política de planejamento mais forte, já prevendo o combate ao déficit, o menor custo e tempo de execução de obras, uma política tarifária que buscasse viabilizar o modelo e medidas para a redução de custos operacionais a partir da aposta na economia de escala (empresas grandes para reduzir os custos de transação, melhor planejamento). Ainda assim, o foco do PLANASA foi atingir, particularmente, as áreas metropolitanas em rápido crescimento.

Em 1981, as metas a serem atingidas, durante a década, passam a ser o atendimento da população urbana em 90% com serviço de abastecimento de água de boa qualidade e 65% com serviço de esgotamento sanitário (IBGE, 2002). Apesar da expressiva melhoria nos índices, principalmente da cobertura de água, após a criação do PLANASA e do aumento dos investimentos no setor, não foi possível alcançar a universalização dos serviços, antes da extinção do Plano.

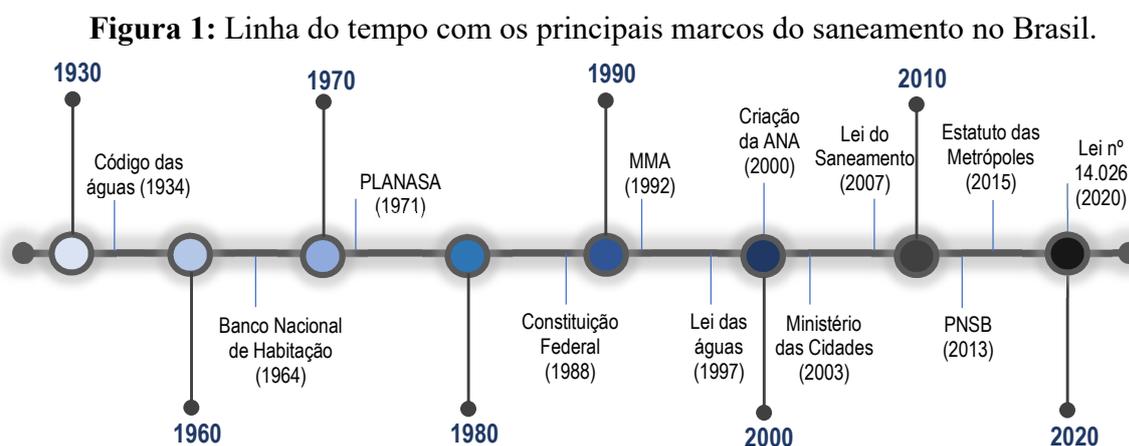
Em meados da década de 1980 essa estrutura foi perdendo força, culminando com a extinção do Banco Nacional da Habitação e com a pulverização das funções exercidas pelo PLANASA. Na década de 1990 se concretiza a possibilidade da privatização dos serviços de saneamento básico, com estrutura de grandes empresas (Nosaki, 2007).

Apesar do incentivo à privatização, ao final da década de 1990 poucos municípios tiveram os serviços de saneamento privatizados. Parte significativa das organizações da sociedade civil relacionadas ao setor, prestadores públicos de serviços e trabalhadores eram contrários à política de privatização e defendiam a prestação dos serviços por entes públicos, impedindo a aprovação do Projeto de Lei nº 4.147, que incorporava as propostas

do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) (Costa; Ribeiro, 2013).

Em 2003 foi criado o Ministério das Cidades, voltado para programas e ações de infraestrutura, sendo responsável pelos investimentos no setor de saneamento básico. A Lei nº 11.445, aprovada em 2007, foi importante para o setor, pois desde a extinção do PLANASA não havia, ainda, um instrumento legal e uma política voltados ao saneamento. No Art. 1º da referida lei foram previstas as diretrizes nacionais e a política federal do saneamento básico. Dessa forma, a estrutura essencial deve estar focada nas diretrizes que serão formuladas pelo governo federal e o que exceder a isso implicará em invasão de competências dos Estados e Municípios (Alochio, 2010).

Na Figura 1 observa-se a linha do tempo com os principais marcos do saneamento no Brasil.



Fonte: Autora (2022)

A Lei nº 14.026/2020 sancionada em 15 de julho de 2020, atualizou o Marco Legal do Saneamento Básico. O Novo Marco, como é conhecido, alterou dispositivos fundamentais de sete leis que regulavam o saneamento no país (Lei nº 9.984/2000, Lei nº 10.768/2003, Lei nº 11.107/2005, Lei nº 11.445/2007, Lei nº 12.305/2010, Lei nº 13.089/2015 e a Lei nº 13.529/2017) (SOUZA, 2020). Uma das atribuições da referida lei é que os estados poderão formar grupos ou blocos de municípios denominados de regionais, e contratar coletivamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Cada regional terá sua própria estrutura de governança, conforme também disposto na Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole).

2.2 MODELOS DE GOVERNANÇA COMPARTILHADA NO BRASIL

A governança pode ser compreendida como a estrutura por meio da qual são identificadas as metas de gestão. A gestão está relacionada ao planejamento para que as metas sejam atingidas e o gerenciamento está relacionado às atividades de execução, monitoramento e controle (UNESCO, 2006; Pahl-Wostl, 2009; Lautze *et al.*, 2011).

A governança compartilhada entre municípios é estabelecida pelo Estatuto da Metrópole (Lei 13.089/2015) que define como governança interfederativa o compartilhamento de responsabilidades e ações entre entes da Federação em termos de organização, planejamento e execução de funções públicas de interesse comum, mediante a execução de um sistema integrado e articulado de planejamento, de projetos, de estruturação financeira, de implantação, de operação e de gestão.

O sistema de governança é formado por um modelo de estrutura formal, com princípios e diretrizes balizadoras de uma gestão compartilhada (Glass e Newig, 2019; Menezes, 2021; Silva, 2022). Entre os princípios pode-se citar: a prevalência do interesse comum sobre o local; a autonomia dos entes da federação; o compartilhamento de responsabilidades e gestão; a observância das peculiaridades regionais e locais e a gestão democrática (Brasil, 2015).

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE desenvolveu 12 Princípios sobre Governança da Água. Esses princípios estão agrupados em torno de três principais metas de condução da governança: i) sua eficácia, para definição de objetivos de políticas sustentáveis de água e a implementação dessas políticas; ii) sua eficiência para maximização dos benefícios e do bem-estar da sociedade por meio da gestão sustentável da água; e iii) sua capacidade de gerar confiança, engajamento e garantia de inclusão de atores de forma legítima e justa (OCDE, 2015; 2015a; 2018). Na Figura 2 observa-se o ciclo dos princípios da governança.

Figura 2: Princípios da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) sobre Água Governança.



Fonte: OCDE (2015)

Alguns autores analisaram os sistemas e contextos de governança da água, considerando os Princípios da OCDE (Romano e Akhmouch, 2019; Silva, 2021; Santos, 2021). Outros como Colón *et al.* (2018) estudaram o desempenho do sistema hídrico francês e concluíram que ele ainda precisa ser melhorado em alguns princípios. Ménard *et al.* (2018) argumentaram que os princípios da OCDE sobre Governança da Água são passos essenciais para superar algumas lacunas institucionais como aquelas relativas ao processo de formulação e operacionalização de políticas públicas para governança da água.

Bezerra *et al.* (2021) analisaram a aplicação dos princípios da governança da água da OCDE no semiárido brasileiro na bacia do rio Paraíba (macroescala) e seu reservatório Epitácio Pessoa (microescala) após um período de estiagem prolongada. Foram considerados quatro princípios de avaliação: alinhamento das políticas com os princípios da OCDE, a sua implementação, os resultados no terreno e os impactos das políticas. Os resultados indicaram as fragilidades na gestão hídrica e a necessidade de melhorias na integração das escalas de gestão: Nacional, Estadual e bacia hidrográfica.

Dentro desse contexto, observa-se que a boa governança da água busca a descentralização dos processos decisórios, empoderando os atores em escala local a fim de integrar diferentes realidades, tendo como resultado melhor participação, processos decisórios mais democráticos e políticas mais eficientes em escala regional, nacional e até mesmo global (Wilson, 2000; Bloom *et al.*, 2007; Rosberg, 2014). Além disso é

necessária para uma boa gestão, reduzindo os riscos de incerteza e levando a uma tomada de decisão mais rápida e eficiente (Wei *et al.*, 2018).

Os governos devem apoiar a descentralização da gestão e governança dos recursos hídricos, garantindo o funcionamento das instituições locais, bem como a participação da sociedade civil e dos atores hídricos, considerando as necessidades locais para melhorar a tomada de decisão (Tantoh e Simatele, 2018).

Diante do exposto, fica evidenciado que a governança interfederativa faz parte da estrutura de regionalização. Os municípios titulares dos serviços de saneamento, em conjunto com o Estado, deverão instituir as estruturas de prestação regionalizadas e decidir sobre os serviços de saneamento.

2.3 REGIONALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL – Lei nº 14.026/2020 e Lei nº 13.089/2015

De acordo com a Constituição Federal (Brasil, 1988, Arts. 23 e 30) o saneamento é um serviço de interesse local. A competência para a regularização, organização e prestação dos serviços é exclusiva dos Municípios e do Distrito Federal (Morais e Costa, 2019). Estado e Municípios que compartilham instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões - instituídas por lei complementar estadual - poderão exercer a titularidade conjunta no caso de interesse comum (TCESP, 2021).

Nos municípios o serviço pode ser realizado por meio de órgãos próprios ou indiretamente, quando ocorre a transferência da execução para uma outra pessoa jurídica, como uma autarquia, entidade paraestatal, empresas públicas, sociedades de economia mista, ou, ainda, concede os serviços para empresas privadas, caracterizando, em todos os casos, uma gestão descentralizada (ASSEMAE, 2021).

Dentre outras alterações refletidas em um novo modelo de governança proposto, a Lei nº 14.026/20 veda, expressamente, a celebração de contratos de programa e estabelece como diretriz a formação de blocos de municípios para posterior concessão dos serviços (TCESP, 2021) condicionando a estes o acesso a recursos públicos federais e financiamentos com recursos da União ou com recursos geridos ou operados por órgãos ou entidades da União (Brasil, 2020; Souza, 2020). Neste sentido, criou-se uma outra estrutura chamada prestação regionalizada (Schier e Azevedo, 2018; Neto e Aieta, 2020; Vasconcelos, 2022).

O Decreto 10.558/2020 regulamenta a Lei 14.026/20 e estabelece que a alocação de recursos da União ficará condicionada a alguns critérios, entre eles: o desempenho do prestador na gestão técnica, econômica e financeira, que terá de ser constatado ou comprovado por meio de declaração da entidade reguladora; a eficiência e eficácia na prestação dos serviços públicos de saneamento básico, comprovadas por meio de declaração da entidade reguladora; a operação adequada e à manutenção dos empreendimentos anteriormente financiados com os recursos; a observância das normas de referência para regulação da prestação dos serviços emitidas pela ANA e estruturação da prestação regionalizada. O decreto veda aos estados acesso a recursos federais quando o município ou conjunto de municípios beneficiários não estiver inserido em estrutura de prestação regionalizada instituída pelo Estado ou União, podendo comprometer a qualidade dos serviços de saneamento que são prestados pelos municípios.

Diante da solicitação da Confederação Nacional de Municípios (CNM), alegando que os prazos estabelecidos na Lei 14.026/2020 foram mal dimensionados, impossibilitando uma transição gradativa do atual modelo de gestão e prestação dos serviços de saneamento básico para os novos modelos e, conseqüentemente, gerando problemas aos municípios e prestadores de serviços, o governo federal resolveu promulgar o Decreto Federal 11.030/2022.

O Decreto Federal 11.030/2022 altera o Decreto 10.588/2020, mudando os prazos e critérios sobre a regularização de operações, o apoio técnico e financeiro da União e a alocação de recursos públicos federais para o setor de saneamento. O prazo para adesão às unidades regionais de saneamento básico com vistas a recebimento de recursos federais foi prorrogado por um ano, até 31 de março de 2023, mediante algumas condições estabelecidas no art. 7º do Decreto 10.588/2020.

A Lei Federal nº 13.089/2015, conhecida como Estatuto da Metrópole, estabelece diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas instituídas pelos Estados, normas gerais sobre o plano de desenvolvimento urbano integrado e outros instrumentos de governança interfederativa e critérios para o apoio da União às ações que envolvam a governança interfederativa no campo do desenvolvimento urbano (Levin, 2019; Monteiro, 2021).

Sendo assim, de acordo com as Leis Federais nº 14.026/2020 e nº 13.089/2015 a prestação regionalizada é a modalidade de prestação integrada de um ou mais componentes dos serviços públicos de saneamento básico em determinada região cujo

território abranja mais de um município, podendo ser estruturada segundo diferentes modalidades (BRASIL, 2020), conforme descrito no Quadro 1.

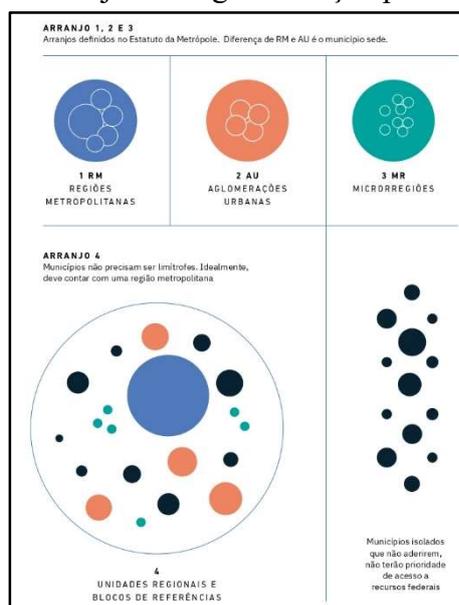
Quadro 1: Estrutura da prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico

MODALIDADE	AMPARO LEGAL	COMPOSIÇÃO
Região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião	Instituída pelos Estados mediante lei complementar, de acordo com o § 3º do art. 25 da Constituição Federal e instituída nos termos da Lei nº 13.089/2015.	Composta de agrupamento de municípios limítrofes
Unidade regional de saneamento básico	Instituída pelos Estados mediante lei ordinária.	Constituída pelo agrupamento de municípios não necessariamente limítrofes, para atender adequadamente às exigências de higiene e saúde pública, ou para dar viabilidade econômica e técnica aos Municípios menos favorecidos.
Bloco de referência	Estabelecido pela União nos termos do § 3º do art. 52 da Lei Nº 14.026/2020.	Agrupamento de municípios não necessariamente limítrofes, e formalmente criado por meio de gestão associada voluntária dos titulares.

Fonte: BRASIL (2020)

Na Figura 3 tem-se uma diagramação dos arranjos de regionalização previstos no Estatuto da Metrópole (Lei 13.089/2015).

Figura 3: Diagramação dos arranjos de regionalização previstos na Lei 13.089/2015



Fonte: IAS (2021)

A justificativa da regionalização da prestação dos serviços se dá no ganho de escala pelos 90% da população com coleta e tratamento de esgotos e 99% da população com água potável. O Novo Marco estabelece também metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, redução de perdas e melhoria dos processos de tratamento, tendo a data limite de 31 de dezembro de 2033 para atingir tais metas (Brasil, 2020; Paganini e Bocchiglieri, 2021).

Segundo Camargo (2022) os defensores mais otimistas alegam que a ampliação da urbanização no país - principalmente pós a industrialização e a mecanização no campo - e a redução do espaço urbano em decorrência do aumento da população, gerou sérias necessidades de ampliação do abastecimento de água e demais serviços de saneamento, tais como esgotamento e tratamento de esgoto, coleta e destinação correta de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais; e que o Estado não atenderia amplamente essas necessidades, sendo, portanto, fundamental a iniciativa privada.

Por outro lado, essa transferência da gestão do Estado para o setor privado tem sido alvo de críticas, que apontam para a desigualdade na distribuição dos serviços públicos, aumento de preço e aumento de conflito pela desigual distribuição do recurso (Valdovinos, 2021).

Segundo Rouse (2009), no processo de regionalização, as companhias devem ter um determinado porte para se tornarem viáveis operacionalmente, sendo capazes de atrair uma boa gestão tanto do setor público como do privado, além de proporcionarem um suporte tecnológico necessário aos serviços.

Foster (2005) acrescenta que o processo de regionalização dos serviços de saneamento também é caracterizado por fatores positivos como aumento da eficiência através de economias de escala (Ghinis e Fochezatto; 2019, Freitas, 2021) maior acesso e gerenciamento integrado dos recursos (Granjeiro *et al.*, 2020, Santos e Santana, 2022), fortalecimento da capacidade profissional devido à maior escala de operação; acesso ao financiamento e/ou a participação do setor privado (Andersson, Otoo e Nolasco, 2018, Appiah-Effah *et al.* 2019); e divisão de custos entre áreas de serviços de alto e baixo custo (Cruz e Ramos, 2016; Valente, 2019; Machete *et al.* 2021).

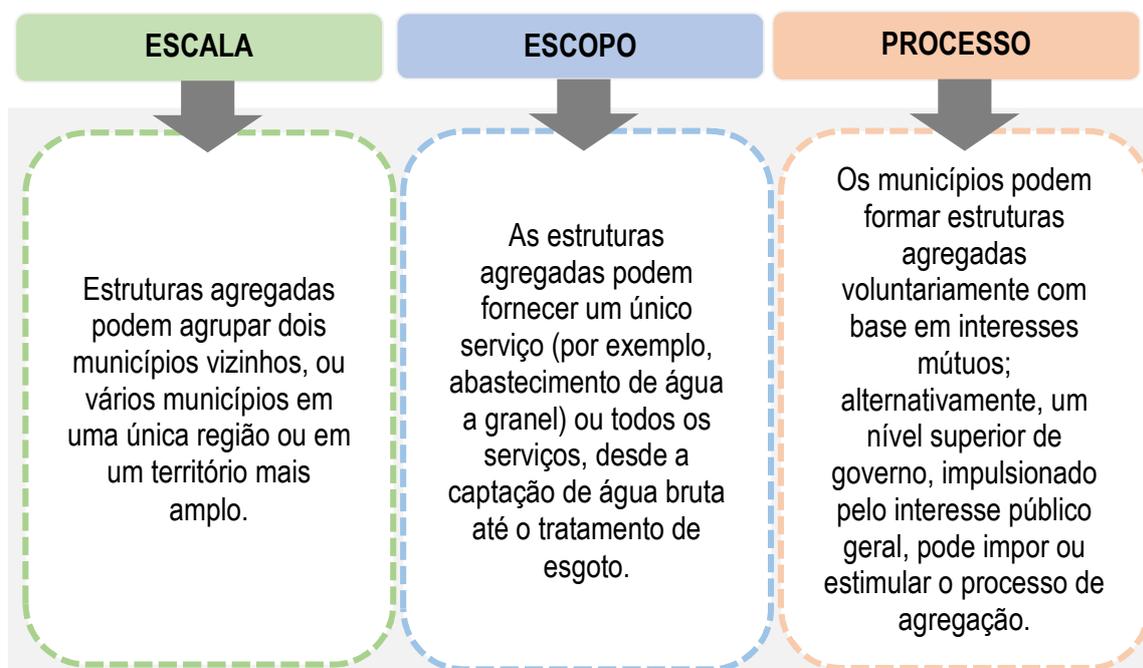
O processo de regionalização consiste em concentrar e integrar os serviços prestados por um conjunto de unidades administrativo-territoriais. A nova unidade regional abrange uma determinada área geográfica delimitada por uma bacia hidrográfica e/ou limites administrativos. É também a diretriz estratégica para que a operação regional dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário seja realizada em uma

área com o máximo de aglomerações urbanas de um município ou bacia hidrográfica. (FRONE, 2008).

2.3.1 Dimensões das estruturas agregadas na regionalização

Para efeitos de regionalização, a agregação pode ser definida como o agrupamento de vários municípios numa única estrutura administrativa para a prestação regional de um determinado serviço (Frone, 2008). Kingdom (2005) destaca que essas estruturas agregadas variam ao longo de três dimensões: escala (Ford e Warford, 1969, Baranzini e Faust, 2010), escopo (Martins *et al*, 2006; Revollo e Londoño, 2010) e processo (Torres, 2004; Nauges e Berg; 2008, Prieto *et al.*, 2009), conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Dimensões das estruturas agregadas na regionalização



Fonte: Autora (2022)

Fundamentado por este trabalho, Heller (2012) sintetiza alguns critérios a serem levados na regionalização no setor de saneamento. Estes são apontados no Quadro 2. Dada a heterogeneidade do território brasileiro, é difícil destacar um critério único para a realização de agrupamentos municipais com objetivos relativos ao saneamento básico (FUNDACE, 2021).

Quadro 2: Critérios para a regionalização da provisão dos serviços de saneamento básico

CARACTERÍSTICAS-CHAVE		POSSIBILIDADES
ESCALA	Qual pode ser a escala da estrutura de agregação?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Um pequeno número de cidades vizinhas; 2. Várias cidades, vizinhas ou não; 3. Todas as cidades em uma determinada região ou em uma bacia hidrográfica; 4. Maioria das cidades de um país ou de um estado.
ESCOPO	Quais serviços podem ser agregados?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produção da água (fornecimento da água); 2. Todo o serviço de abastecimento de água; 3. Abastecimento de água e esgotamento sanitário; 4. Abastecimento de água e energia.
	Quais funções operacionais podem ser agregadas?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Operação; 2. Gestão; 3. Contratos; 4. Investimento; 5. Financiamento; 6. Todas as funções, com fusão dos ativos e de pessoal.
PROCESSOS	A agregação poderá ser temporária ou permanente?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temporária, para um objetivo específico, como acesso a investimentos ou acesso à participação do setor privado; 2. Permanente, com limites práticos de saída; 3. Com incentivos (por exemplo, financeiros e políticos); 4. Compulsória.

Fonte: Adaptado de Kingdom (2005), apud Heller (2012).

Os principais fatores que impulsionam a agregação/regionalização são: i) a maior eficiência por meio de economias de escala (Bikker e Linde, 2016; Medeiros e Rodrigues, 2021), ii) o acesso a e gestão integrada de recursos hídricos (Perin e Sierra, 2018; Moura *et al.*, 2020; Ferrão *et al.* 2021), iii) o acesso ao financiamento e/ou à participação do setor privado (Vasques, 2020; Pereira, 2021) e iv) o compartilhamento de custos entre áreas de serviço de maior e menor custo (Cruz e Ramos, 2016; Narzetti e Marques, 2020).

i. Maior eficiência por meio de economias de escala

Um dos fatores que estimulam a regionalização de serviços públicos é a necessidade de melhorar sua eficiência (Cavalcanti, Teixeira e Pontes, 2020). Frequentemente, em pequenos municípios, os serviços de água e esgoto são ineficientes e a população não pode usufruir de todos os benefícios oferecidos pelo saneamento (Lisboa, Heller e Silveira, 2013, Heinig, 2021). O principal motivador para melhorar o acesso a esses serviços é, portanto, gerar economias de escala para reduzir os custos unitários e compartilhar os custos totais de produção sobre uma base de demanda maior.

O estudo de Tynan e Kingdom (2005) fornece uma primeira visão da relação entre o tamanho de um provedor e seus custos unitários usando dados de países de baixa, média e alta renda. Esta pesquisa econométrica avalia as economias de escala dos provedores de água e esgoto, investigando os custos operacionais em função do tamanho da empresa, usando diversos indicadores específicos de produção dos serviços prestados. Isso mostra eventualmente que as concessionárias de água poderiam reduzir os custos operacionais por cliente aumentando sua escala de operação. O estudo observou que um fator de escala relativamente consistente é de aproximadamente 0,8, ou seja, uma duplicação na produção levaria a um aumento de 80% nos custos. Observou também que a evidência de economias de escala (ao aumentar seu tamanho) é muito mais forte para concessionárias menores (servindo menos de 125.000 pessoas) do que para as maiores, para as quais as economias começam a cair. A principal conclusão obtida é que os pequenos fornecedores de serviços de água vizinhos podem ser capazes de reduzir os custos dos clientes fundindo e operando como uma concessionária regional maior.

De acordo com Komives *et al.* (2005), o setor de saneamento é caracterizado pela alta proporção dos custos fixos na estrutura de custo total (representados pelas estações de tratamento de água e esgotos, redes de distribuição de água e de coleta de esgotos) e pela redução dos custos marginais com a escala de produção. Assim, a grande justificativa para o agrupamento de municípios para a prestação regionalizada são as economias de escala, que ocorrem quando o custo médio diminui quando há um aumento da produção.

Guerrini *et al.* (2018) fizeram um estudo para medir a eficiência de 43 concessionárias de água italianas, com o objetivo principal de identificar condutores específicos de desempenho entre escala de operações, densidade do cliente, qualidade da rede de água e estações de tratamento de águas residuais e estrutura de propriedade. Os resultados mostraram que as economias de escala afetam o setor hídrico italiano, beneficiando primeiro as concessionárias que atendem menos de 50.000 clientes, seguidas pelas que atendem de 50.000 a 150.000 clientes. Da mesma forma, a densidade

populacional melhora a eficiência, e as empresas que operam em áreas densamente povoadas, como as cidades, alcançam o menor custo de entrega por metro cúbico de água.

Muitos estudos empíricos realizados em todo o mundo abordaram a relação entre a eficiência das concessionárias de água, o tamanho geográfico e a densidade populacional das áreas atendidas (Guerrini *et al.*, 2018). A maioria dos estudos confirmou a presença de economias de escala na indústria hídrica (Shih *et al.*, 2006; Guerrini *et al.*, 2011; Carvalho e Marques, 2014), mas vários outros encontraram deseconomias de escala em vários países (Ford e Warford, 1969; Bhattacharyya *et al.*, 1995; Aida *et al.*, 1998; Saal e Parker, 2000; Antonioli e Filippini, 2001; Mizutani e Urakami, 2001; Saal *et al.*, 2007; Alsharif *et al.*, 2008).

Na indústria hídrica, por exemplo, existem economias de densidade na presença de maior densidade populacional ou aumento da água fornecida por quilômetro de rede, pois os custos da infraestrutura necessária para a prestação do serviço são reduzidos. Fabbri e Fraquelli (2000) descobriram que maior densidade de clientes leva à redução de custos, efeito confirmado por Antonioli e Filippini (2001) e Guerrini *et al.* (2013).

ii. Acesso e gestão integrada de recursos hídricos

O conceito de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) (Miranda e Reynard, 2020, Haroun *et al.* 2019) tem como objetivo maximizar o bem-estar econômico e social resultante de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais (Withanachchi, 2018).

A necessidade de melhorar o acesso aos recursos hídricos dentro de uma localidade, região ou país é um fator propulsor para a regionalização. O processo de agregação/regionalização pode ser prosseguido quando o governo nacional (ou regional) procura implementar a gestão integrada dos recursos hídricos, seja para alocar recursos de forma eficaz, para abordar considerações ambientais ou para melhorar a eficiência da gestão existente (Frone, 2008).

No estudo de Zhang *et al.* (2021) foi analisada a gestão de recursos hídricos da China e uma estrutura de gestão de integração de recursos hídricos é proposta. O Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos possui características de multi-problemas, multi-demanda, multifunção, multi-recursos, multi-espço, integração multi-método e multi-sistema. Com base nisso, são apresentadas sugestões na perspectiva de proteção e desenvolvimento, sistema de políticas, gestão divisora/transregionais e prevenção de riscos.

Silva *et al.* (2017) analisaram como o Brasil está gerindo seus recursos hídricos, com o objetivo de avaliar sua proximidade com o modelo de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), através de uma pesquisa qualitativa, exploratória e baseada em fontes secundárias, bibliográficas e documentais. Os resultados demonstram que o Brasil tem avançado no que se refere ao direito, à gestão e ao uso das águas, mas ainda precisa possibilitar ações que estejam apoiadas em um ambiente mais participativo e descentralizado para estender homoganeamente seus mecanismos de gestão hídrica.

iii. Acesso ao financiamento e/ou à participação do setor privado

O déficit no acesso aos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto demonstra a urgência no enfrentamento da questão do saneamento básico no Brasil. Na última década, diversas alternativas com vistas à universalização dos serviços foram propostas, destacando as possibilidades de intervenção a partir dos investimentos promovidos pelo Estado ou propiciando maior participação do setor privado (Kuhn e Faustino, 2019).

O acesso ao financiamento de longo prazo pode atuar como um dos principais impulsionadores da agregação/regionalização. A combinação de grandes necessidades de investimento com níveis de recuperação de custos relativamente baixos é típica no setor de água, de modo que o acesso ao financiamento de longo prazo é um elemento crucial para um desenvolvimento sustentável neste setor (Frone, 2008).

Nesse sentido, as parcerias público-privadas (PPPs) oferecem aos governos uma oportunidade de acessar capital privado e habilidades para construir ou atualizar, operar e gerenciar serviços públicos de infraestrutura hídrica até então prestados e executados pelo setor público. O acesso às finanças privadas acelera a prestação de serviços públicos de água nos países em desenvolvimento, onde muitos governos enfrentam restrições orçamentárias (Ameyaw *et al.*, 2017).

Em contrapartida, os argumentos utilizados para promover as políticas de privatização dos serviços de água e saneamento negam as experiências prévias internacionais. De acordo com estudo do Instituto Transnacional – TNI, centro de pesquisas com sede na Holanda, 311 cidades em 36 países reestatizaram seus serviços de tratamento de água e esgoto. A reestatização ocorreu tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos como, por exemplo, na França, na Alemanha, na Bolívia e em Moçambique.

Os principais motivos de tais reestatizações se deram pelo fato de as empresas concessionárias dos serviços públicos serem ineficientes por atenderem somente certas

áreas das cidades, não havendo qualquer incentivo para que se atenda áreas mais pobres, bem como por centralizarem o serviço majoritariamente na distribuição de água, deixando de lado o esgotamento sanitário (Hukka; Katko, 2003).

O "novo" marco induz à privatização dos serviços de saneamento ao fragilizar a autonomia municipal relativa à titularidade do serviço, bem como representa a fragmentação da própria Política Nacional de Saneamento porque o manejo dos resíduos sólidos e a drenagem das águas pluviais, que são dois pilares da política, sequer são considerados na lei. Outra preocupação que está relacionada a privatização é a possibilidade de aumento tarifário, considerando a demonstração das experiências em outras cidades e países. No geral, o que pode acontecer no Brasil, é não somente o aumento de preço, mas também a redução da qualidade dos serviços como resultado da dinâmica privatista (Gonçalves e Silva, 2020).

De acordo com Silva (2020) o setor privado só possui interesse de disputar ativos em regiões mais populosas em que o retorno financeiro é maior. Por conseguinte, depreende-se que a desigualdade social e a questão da injustiça hídrica se aprofundarão, tendo em vista que grandes empresas do mercado não farão investimentos em regiões pouco rentáveis como cidades de pequeno porte, áreas rurais e periferias das grandes cidades.

iv. O compartilhamento de custos entre áreas de serviço de maior e menor custo

O acesso aos serviços de saneamento nos países em desenvolvimento é limitado pelas condições de desigualdade social e pela acessibilidade dos serviços para as famílias mais pobres. A distribuição desigual da renda e a concentração de domicílios pobres nas áreas periurbana e rural exigem investimentos específicos e condições de pagamento diferenciadas para os serviços. Assim, de acordo com o princípio da equidade, políticas públicas inclusivas para ampliar o acesso, incluindo modelos eficientes de subsídios para famílias pobres e vulneráveis, são fundamentais para a coesão econômica e social da população (Marques, 2010).

Segundo Branco e Cruz (2021), o subsídio cruzado intermunicipal praticado no setor de saneamento brasileiro pode ser definido como: “um subsídio implícito, não manifestamente declarado, em que as prestadoras financiariam a manutenção e a expansão de serviços em municípios e regiões deficitárias financeiramente - quanto a operação dos serviços de saneamento - por meio dos recursos angariados em municípios superavitários”.

Narzetti e Marques (2020) estudaram os modelos de subsídios no setor de saneamento para famílias de baixa renda em países da América do Sul e constataram que a subvenção cruzada tem sido normalmente implementada através das diferentes estruturas tarifárias, como tarifas fixas e variáveis ou aumento de estruturas tarifárias de blocos, onde as famílias que consomem quantidades menores de água e geram menos águas residuais pagam menos por metro cúbico do que as famílias que consomem mais, como mecanismo de repartição de receitas. No entanto, os subsídios raramente são bem direcionados aos pobres, uma vez que essa parcela da população não está conectada a redes de água ou esgoto na mesma medida que outros grupos, por viverem longe das redes existentes e porque os custos de conexão são altos e inacessíveis (Kayaga e Franceys, 2007, Bardasi e Wodon, 2008).

Conforme apresenta Silva (2015), devido às desigualdades sociais, as deficiências do setor de saneamento estão presentes de forma predominante em locais ocupados por população de baixa renda, tendo em vista a incompatibilidade dos custos da prestação dos serviços com a capacidade de pagamento desses usuários.

Scriptore e Toneto Junior (2012) acrescentam que o déficit de acesso aos serviços de saneamento no país está fortemente concentrado em domicílios rurais, municípios pequenos e de baixa renda per capita, entre outras características. Esta situação reduz a atratividade dos investimentos pelo maior montante necessário para prover os serviços em áreas mais distantes, com menor densidade populacional, menor escala e menor capacidade de pagamento

Branco e Cruz (2021) analisaram a prática de subsídios cruzados entre municípios nos serviços de saneamento no Estado do Rio de Janeiro. Eles constataram, através da análise de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da metodologia Stand Alone (Porter, 2004), que os municípios fluminenses são majoritariamente deficitários, principalmente aqueles concedidos à CESB (Companhia Estadual de Saneamento Básico) do estado, opostamente aos municípios superavitários, grande parte concedidos à iniciativa privada, o que indica a essencialidade dos subsídios cruzados para a manutenção dos serviços em regiões e municípios de baixa renda.

Após a apresentação de alguns fatores que influenciam a regionalização dos serviços de saneamento nos municípios, o Quadro 3, a seguir, tem um resumo dos principais benefícios e restrições deste processo.

Quadro 3: Potenciais benefícios e restrições da agregação/regionalização

AGREGAÇÃO ADMINISTRATIVA E REGIONALIZAÇÃO DE PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ÁGUA			
BENEFÍCIOS POTENCIAIS	Economias de escala nas funções de compras e suporte; economias de escala na concepção de obras para cidades vizinhas.	As instalações existentes podem limitar o potencial de ganhos de eficiência, pois não podem ser redesenhadas; resistência do trabalho contra reduções de pessoal.	RESTRICÇÕES POTENCIAIS
	Acesso melhor e mais fácil aos recursos hídricos em áreas escassas.	Falta de incentivos para compartilhar água; o acesso a partilha levaria a um aumento de tarifas para os municípios.	
	Abordagem mais integrada à gestão de recursos hídricos.	Os limites administrativos muitas vezes não estão alinhados aos limites das bacias hidrográficas; conflitos e falta de coordenação entre os usuários de água.	
BENEFÍCIOS POTENCIAIS	Aumento da capacidade profissional através da transferência de gestão, know-how técnico e experiência.	Falta de reconhecimento local da necessidade de apoio e custos potencialmente mais altos de suporte externo; distância entre centros populacionais	RESTRICÇÕES POTENCIAIS
	Acesso a financiamento bancário e doadores internacionais.	Maior risco para os municípios devido a responsabilidades conjuntas para os empréstimos.	
	Acesso a participação do setor privado; pode ser combinado com economias de escala para melhorar a eficiência das operações.	Participação do setor privado na prestação dos serviços pode gerar resistência popular e política.	
	Compartilhamento de custos entre serviços de alto e baixo custo.	Resistências das comunidades com custos mais baixos para subsidiar aquelas com custos mais altos.	
	O aumento da cooperação entre municípios pode levar à cooperação para outros serviços públicos de projetos	Perda da responsabilidade democrática; potencial limitado para competição comparativa direta entre provedores de serviços	
	Abordagem mais eficaz para a proteção ambiental e desenvolvimento sustentável no setor de água para a região atendida.	Vontade política necessária aos níveis central e local	

Fonte: Frone (2008)

2.4 MODELOS INTERNACIONAIS DE ORGANIZAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO

No estudo realizado por Marques (2010) foi feito o levantamento das principais formas de arranjos institucionais ou organizações do setor de Saneamento Básico no cenário internacional (Proskuryakova *et al.*, 2018, Agramont, 2019, Hollander *et al.*, 2020). Tais modelos são essencialmente úteis nos momentos de debate público e político de reorganização do setor no Brasil.

As organizações são classificadas em três modelos: o Inglês, o Francês e o Operador Público, também denominado de Modelo Germânico-Holandês (Weber, Staub-Bisang, e Alfen, 2016).

O modelo inglês foi implementado pela Inglaterra e País de Gales no final da década de 1980 e a prestação dos serviços de água e esgoto são totalmente privatizadas (Hall *et al.*, 2019, Molinos *et al.* 2019, Helm, 2020). Para o estabelecimento do modelo, o governo argumentava que a privatização proporcionaria melhores condições de acesso das companhias ao mercado de capitais, o que viabilizaria os investimentos necessários à reabilitação da infra-estrutura do setor e ao atendimento dos padrões ambientais estabelecidos pela Comunidade Européia. Além disso, a presença de empreendedores privados e a utilização de práticas comerciais orientadas pelo mercado levariam a ganhos de desempenho e eficiência do setor (Glynn *et al.*, 1992, Amparo e Calmon, 2000).

Na França, as autoridades municipais ou intermunicipais são responsáveis pela prestação de serviços de água e saneamento desde a Revolução Francesa (Bauby e Similie, 2017). Ao contrário do resto da Europa, onde as autoridades públicas gerenciam diretamente os serviços de água, as autoridades municipais francesas optaram em grande parte por delegar a gestão de seus serviços de água a empresas privadas desde meados do século XIX (Bauby, 2014, Pempetzoglou e Patergiannaki, 2019). A França possui a maior taxa de participação do setor privado na prestação de serviços de água na Europa, com a notável exceção da Inglaterra e País de Gales que, no final da década de 1980, privatizaram totalmente os serviços de água e saneamento por meio de alienação completa (Bakker, 2005, Brisman *et al.* 2018).

O modelo francês caracteriza-se por mecanismos contratuais de parceria público-privada e regulação do mercado, que evolui a transferência de autarquias locais para a gestão de empresas privadas de propriedade ou poderes comunais. Esse modelo de gestão delegada (que inclui contratos de concessão e gestão) é a forma de privatização mais comum no mundo atual (Petitet, 2014, Spronk e Sing, 2019).

No Modelo do Operador Público ou Modelo Germânico-Holandês, desenvolvido na Alemanha e na Holanda, o setor público é o responsável pelo gerenciamento e propriedade dos ativos, sendo, portanto, caracterizado por um elevado grau de participação das autarquias locais na gestão dos serviços de abastecimento de água e de águas residuais (Van Ast e Gerrits, 2019). Nesse caso, a infraestrutura de abastecimento de água está incluída no capital autorizado das sociedades anônimas abertas como contribuição do município, o que permite controlar a maioria das ações. O Estado, em nível nacional, regional e municipal, autorregula os serviços, intervindo diretamente no mercado. É um modelo que proporciona um maior bem-estar para a população, mas que depende dos arranjos jurídicos e do grau de desenvolvimento do país, sendo recomendados apenas para países altamente desenvolvidos (Marques, 2010).

O Modelo Brasileiro apresenta aspectos dos três modelos de organização de prestação de serviços descritos, sendo a característica predominante de similaridade a propriedade municipal dos ativos observada no modelo francês. Quanto ao aspecto de regulação a maior proximidade de semelhança, ainda mais com o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico (NMRS), é com o Modelo Inglês, apesar da diferença crucial da quantidade de agências reguladoras e da atribuição apenas de referência da ANA, enquanto no Reino Unido toda as normas de regulação econômica são determinadas por apenas uma agência (Lebeis, 2021).

No Quadro 4 tem a síntese das formas de organização na prestação dos serviços de saneamento em função dos modelos existentes.

Quadro 4: Formas de organização na prestação dos serviços de saneamento

FUNÇÕES/MODELOS	INGLÊS	FRANCÊS	PRESTADOR PÚBLICO	BRASILEIRO
Responsável pela Política Setorial	Governo	Governo	Governo	Governo
Propriedade dos Ativos	Empresa Privada	Município	Empresa Pública	Município
Gerenciamento dos Serviços	Empresa Privada	Empresa Privada	Empresa Pública	Município
Regulação	Agência Autônoma	Auto-regulado: Contrato	Auto-regulado: Estado	Agência Autônoma
Controle Social	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato

Fonte: Marques (2010)

2.5 EXPERIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO NA AMÉRICA DO SUL

Na América do Sul, Argentina, Bolívia, Chile e Peru apresentam diferentes níveis de cobertura dos serviços de saneamento básico com relação a estrutura tarifária e a política de subsídios tarifários adotados para fornecer acesso básico a esses serviços.

Na Argentina, estima-se que dos 44 milhões de habitantes (2015), 84,4% têm acesso à água e 58,4% ao esgoto pela rede pública. Nos últimos 10 anos, o país aumentou a cobertura em 4% para os serviços de água e mais de 10% para o serviço de esgoto. Não há estatísticas confiáveis sobre o nível de tratamento de águas residuais. No entanto, algumas fontes estimam que entre 15% e 20% do que é coletado é tratado (Argentina, 2017).

As lacunas de cobertura se intensificam e afetam diretamente os setores sociais mais vulneráveis. A cobertura da rede de água pode ser compreendida em duas dimensões distintas: áreas com indicadores de necessidades básicas insatisfeitas (NBI), onde há 73% de cobertura, e áreas que não apresentam NBI, onde a cobertura sobe para 85%. Para a cobertura da rede de saneamento, as populações com indicadores NBI têm cobertura de 31,2%, enquanto nos setores sem indicadores NBI há cobertura de 56,3%. Isso demonstra que as áreas mais vulneráveis precisam de mais investimentos para ampliar a cobertura das necessidades básicas (Argentina, 2017).

Na Bolívia, a cobertura de água atinge uma média de 85,6% da população e a coleta de esgoto atinge apenas 59,2% da cobertura nacional. Atualmente, a política do governo nacional contribui para a expansão e construção de sistemas de água e esgoto que são transferíveis para os municípios e, ao mesmo tempo, alguns desses sistemas são transferidos para as respectivas Empresas Públicas de Água e Esgoto (Empresas Públicas de Saneamento e Água —EPSA) que operam e gerenciam o sistema de saneamento (Bolívia, 2018).

A maioria dos EPSAs categoriza os clientes de acordo com suas características; residencial, comercial ou industrial. Os sistemas tarifários incluem tarifas fixas e variáveis, mas a parte variável da tarifa segue o esquema IBT, permitindo assim subsídios cruzados entre clientes. Um mecanismo relevante para garantir a acessibilidade do sistema de saneamento na Bolívia foi a implementação da tarifa residencial solidária para a população pobre com desconto na tarifa fixa e na tarifa variável até 10 m³ em relação à tarifa residencial e uma tarifa solidária para idosos acima de 60 anos e lares com atividades sociais, que é uma tarifa fixa para consumo não superior a 15 m³ e aplicável a todas as EPSAs do país (Bolívia, 2018).

De acordo com o relatório do Informe de Gestão do Setor Sanitário elaborado pela Superintendência de Serviços Sanitários (SISS) do Chile, o sistema de saneamento pode servir de referência para outras áreas da América do Sul, pois o serviço de abastecimento de água potável é quase universal, com níveis de cobertura de 99,94%. A cobertura de coleta de esgoto é de 97,4%, dos quais 99,98% são tratados. De acordo com o SISS (2021) o avanço da cobertura do sistema de saneamento foi devido à revisão do marco legal em 1988 que autorizou a transição da propriedade pública para a propriedade privada nos sistemas de saneamento, 55 concessionárias de saneamento atendem áreas de concessão exclusiva em 16 regiões do Chile.

O modelo de subsídio direto beneficia os clientes de baixa renda por meio de contribuições estaduais e municipais de diferentes porcentagens, dependendo do nível socioeconômico de cada família, para cobrir os primeiros metros cúbicos consumidos. Este benefício é deduzido mensalmente e é indicado na fatura, pois o beneficiário paga apenas a diferença após a aplicação do subsídio (Donoso, 2018).

O modelo de subsídios diretos do lado da demanda, que tem um marco legal e regulatório explícito com cobertura nacional, é financiado por recursos do governo geral e beneficia clientes de todas as regiões. De fato, subsídios diretos oferecem um contraste interessante com subsídios indiretos ou subsídios cruzados. Desta forma, o modelo de subsídio de água chileno promove um melhor direcionamento do benefício para clientes pobres do que outros esquemas encontrados em países em desenvolvimento (Contreras, 2018).

No Peru, de acordo com o Instituto Nacional de Estatística e Informática – INEI (2020), 90,8% da população urbana e 76,3% da população da área rural tem acesso ao serviço de abastecimento de água. Com relação a cobertura da rede esgoto, 74,8% da população do país possui acesso, o que equivale a mais de 24 milhões de pessoas. A cobertura de esgotamento sanitário é maior na área urbana (89,7%) do que na área rural (19,5%). Para a população em situação de pobreza, a Superintendência Nacional de Serviços de Saneamento (SUNASS) é responsável pela supervisão e implementação do subsídio cruzado conforme está definido na lei nº 30.045 de 2013 sobre a modernização dos serviços de água e esgoto (SUNASS, 2017).

2.6 PANORAMA DA REGIONALIZAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, os Estados estão se organizando para regionalizar os serviços de saneamento básico e atender os preceitos do Novo Marco Legal do Saneamento.

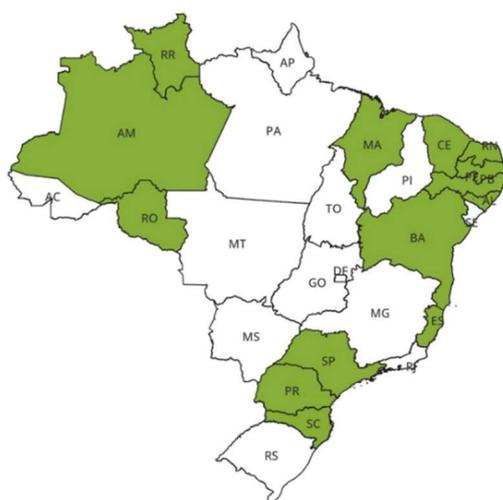
O estudo realizado pelo Instituto de Água e Saneamento - IAS (2024) apresenta a situação da regionalização no país após a publicação da Lei 14.026/2020. Dos 26 estados, 23 estão com legislação aprovada (Acre, Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins), o estado de Minas Gerais ainda está em vias de aprovação da lei de regionalização e os Estados do Amapá e Rio de Janeiro regionalizou a prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário por meio de uma concessão.

A Figura 5 mostra a evolução da situação dos processos de regionalização no Brasil nos anos de 2021 a 2024 e a Tabela 1 apresenta os dados da regionalização por região do Brasil (IAS, 2024).

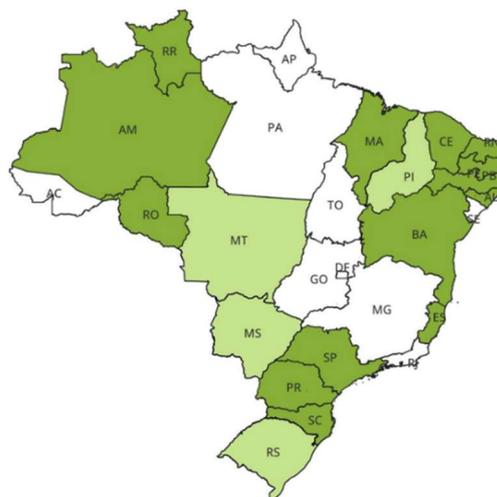
No ano de 2021 o prazo para os estados aprovarem as leis de regionalização era até o mês de julho de 2021, no entanto apenas 14 estados (AL, BA, AM, CE, ES, MA, PB, PE, PR, RN, RO, RR, SC e SP) conseguiram aprovar a referida lei (Figura 5a). O decreto nº 10.588/2020 prorrogou esse prazo para instaurar as instâncias de governança para fins de acesso a recursos federais até março de 2022, mas apenas 4 estados (MS, MT, PI, e RS) conseguiram instaurar (Figura 5b). Novamente esse prazo foi adiado através do decreto nº 11.030/2022 e a nova data para instaurar as instâncias de governança pelos municípios ficou estabelecida até dezembro de 2025 (Figura 5c).

Figura 5: Evolução da situação da Regionalização no Brasil por Estado

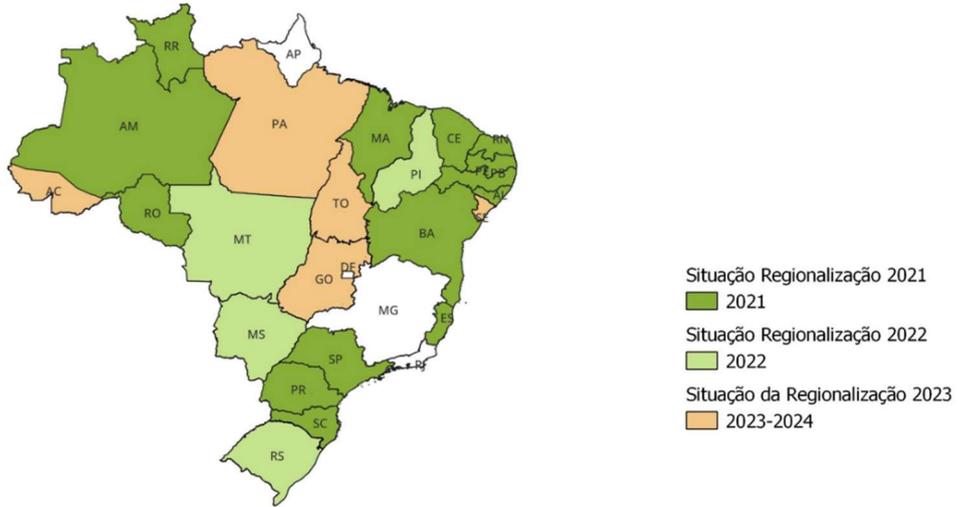
a) 2021



b) 2022



c) 2023-2024



Fonte: IAS (2024)

Tabela 1: Panorama da regionalização no Brasil por Região

Região	Estado	Nº total de municípios (IBGE)	População Total (IBGE)	Modelo de Regionalização	Regiões de Saneamento	Lei Complementar/ Ordinária	Data de Aprovação
Norte	Acre	22	830.018	Microrregião	01	454/2023	27/12/2023
	Amazonas	62	4.207.714	Microrregião	01	214/2021	13/07/2021
	Amapá	-	-	-	-	-	-
	Pará	144	8.120.131	Microrregião	01	171/2023	21/12/2023
	Rondônia	52	3.526.220	Unidade Regional	01	4.955/2021	19/01/2021
	Roraima	15	631.181	Microrregião	01	300/2021	14/07/2021
	Tocantins	139	1.511.460	Unidade Regional	03	4293/2023	06/12/2023
Nordeste	Alagoas	102	3.315.543	Unidade Regional Reg. Metropolitana	02 01	8.358/2020	03/12/2020
						18/1998	19/11/1998
						38/2013	14/11/2013
	Bahia	417	14.930.634	Microrregião Reg. Metropolitana	19 1	40/2014	17/06/2014
						48/2019	10/06/2019
						51/2022	29/03/2022
	Ceará	184	9.187.103	Microrregião	3	41/2014	13/06/2014
						247/2021	18/06/2021
						239/2021	30/12/2021
						262/2022	30/03/2022
						455/2021	13/07/2021
						168/2021	22/06/2021
						182/2023	27/01/2023
Rio Grande do Norte	167	3.534.165	Microrregião	2	682/2021	17/07/2021	
Sergipe	75	2.318.822	Microrregião	1	398/2023	26/07/2023	

Tabela 1: Panorama da regionalização no Brasil por Região (continuação)

Região	Estado	Nº total de municípios (IBGE)	População Total (IBGE)	Modelo de Regionalização	Regiões de Saneamento	Lei Complementar/ Ordinária	Data de Aprovação
Centro-Oeste	Goiás	246	7.113.540	Microrregião	3	182/2023	22/05/2023
	Mato Grosso	141	3.526.220	Unidade Regional	5	11976/2022	21/12/2022
	Mato Grosso do Sul	79	2.757.013	Unidade Regional	2	5.989/2022	14/12/2022
	Distrito Federal	-	-	-	-	-	-
Sudeste	Espírito Santo	62	4.207.714	Microrregião	1	968/2021 PL nº 2.884/2021	14/07/2021
	Minas Gerais	853	21.292.666	Unidade Regional Bloco de Referência	22 01	Res. Cisb nº 02/2022 Portaria MDR nº 3.701/2022	23/12/2022
	Rio de Janeiro	-	-	-	-	-	-
	São Paulo	645	46.289.333	Unidade Regional	4	17.383/2021	05/07/2021
Sul	Paraná	399	11.516.840	Microrregião	3	237/2021	14/07/2021
	Rio Grande do Sul	497	11.422.973	Unidade Regional	2	15.795/2022	24/01/2022
						Decreto 1.372/2021	14/07/2021
	Santa Catarina	295	7.252.502	Reg. Metropolitana	11	495/2010 636/2014	26/01/2010 09/09/20214

Fonte: IAS (2024)

2.7 MODELOS DE REGIONALIZAÇÃO NOS ESTADOS BRASILEIROS

Como já mencionado anteriormente, a Lei nº14.026/2020 determina que a prestação regionalizada ocorra através da integração de um ou mais componentes dos serviços públicos de saneamento. Atualmente identifica-se como modelos de prestação regionalizada: região metropolitana, aglomeração urbana, microrregião, unidade regional de saneamento básico, bloco de referência, consórcio público e convênio de cooperação (Brasil, 2020).

De acordo com Ogata (2021), existem diversas legislações a cerca desses modelos, como por exemplo, o próprio estatuto (Lei Federal nº 13.089/15) trata da região metropolitana, aglomeração urbana e microrregião. A unidade regional de saneamento e o bloco de referência estão previstos na Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e os consórcios públicos e o convênio de cooperação, modelos que também instrumentalizam o bloco de referência e a unidade regional de saneamento, são objeto da lei de consórcios públicos (Lei Federal nº 11.107/05 e Decreto Federal nº 6.017/07).

Sendo assim, como o Brasil é um país com diferentes características socioeconômicas e geográficas, não há um modelo de regionalização padronizado para ser aplicado em todas as regiões, cada estado está propondo estudos próprios de regionalização para seus serviços de saneamento. O modelo de alguns desses estados está descrito nas alíneas seguintes.

2.7.1 Regionalização no Estado da Bahia

O Estado da Bahia possui 417 municípios e devido à grande extensão territorial a proposta de regionalização prevê a divisão dos blocos em 19 microrregiões de saneamento básico e duas Regiões Metropolitanas (RM de Salvador e RM de Feira de Santana). A adesão pelos municípios a esses agrupamentos urbanos é compulsória, estabelecida por Lei Complementar estadual, como a LC nº 48/2019 (sancionada em 09/07/2021) das microrregiões, composta por municípios limítrofes (com sistemas de saneamento básico integrados) e para cada microrregião ou RM é instituída uma instância de governança interfederativa (IAS, 2021b).

O processo de regionalização da gestão do saneamento básico no Estado da Bahia teve início antes da aprovação da Lei Federal nº 14.026/2020 (marco legal do saneamento básico) uma vez que a Lei Complementar estadual nº 48/2019 foi aprovada em 2019 e o

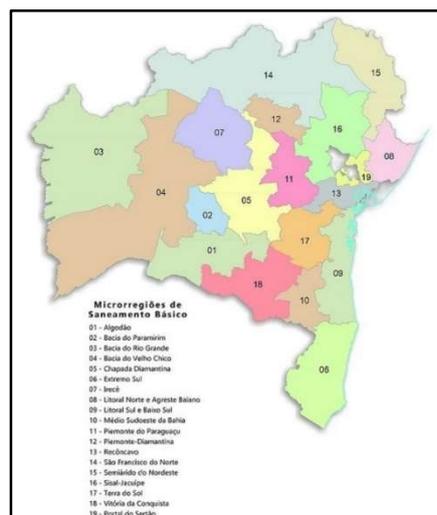
Estado já estava considerando os princípios da regionalização nas suas políticas de saneamento.

A Lei Complementar nº 48/2019 está alinhada com os princípios da regionalização preconizados na Lei Federal nº 11.445/2007 (que já previa a prestação regionalizada dos serviços), com o Estatuto da Metrópole, Lei Federal nº 13.089/2015 (que previa as microrregiões) e também reforça a Política Estadual de Saneamento determinada pela Lei estadual nº 11.172/2008 (que trata sobre convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico e previa, inclusive, os planos regionais para municípios que compõem os vários tipos de unidades regionais em que o serviço público de saneamento básico seja considerado função pública de interesse comum) (IAS, 2021b).

A divisão em microrregiões do Estado da Bahia considerou estudos e trabalhos de planejamento territorial anteriores, como por exemplo, a existência de 27 (vinte e sete) Territórios de Identidade (Flores, 2016; Dias, 2017), que é uma divisão territorial constituída a partir da especificidade de cada região, as Regiões Administrativas e as Regiões Econômicas (Souza, 2008; IAS, 2021b).

Além destes territórios, também foram utilizados como base para a divisão das microrregiões os Sistemas Integrados de Abastecimento de Água - SIAAs (que utilizam adutoras e redes de distribuição para o transporte da água de um município para outro), cuja localização é fundamental para a formação dos blocos de municípios com vistas à prestação dos serviços de saneamento básico, além das regiões hidrográficas (RPGAs - Região de Planejamento e Gestão das Águas) e seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica (Almeida, 2015; IAS, 2021b).

A Figura 6 mostra a divisão da Bahia nas microrregiões de saneamento básico.

Figura 6: Microrregiões de Saneamento Básico do Estado da Bahia

Fonte: Bahia (2019)

2.7.2 Regionalização no Estado do Ceará

O Estado do Ceará é formado por 184 municípios e possui três regiões metropolitanas: Fortaleza, Cariri e Sobral. Para fins de planejamento, os 184 municípios cearenses são classificados atualmente em 14 regiões de planejamento (Medeiros *et,al*, 2017), conforme determinado pela Lei Complementar Estadual nº 154, de 20 de outubro de 2015. Essas regiões de planejamento são utilizadas para o monitoramento de políticas públicas e para a elaboração dos instrumentos de planejamento legal (Ceará, 2021).

A metodologia para proposição das regiões de planejamento contemplou uma pesquisa bibliográfica e documental objetivando avaliar a correlação espacial das diferentes regiões, empregando, principalmente, o material referente às regionalizações das microrregiões administrativas, territórios de identidade, microrregiões geográficas do IBGE e o trabalho do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE atinente ao modelo gravitacional para delimitação de clusters municipais (Ceará, 2021).

Por meio da análise integrada dos dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi possível a elaboração da superposição georreferenciada das regiões antes adotadas analisando a correlação espacial entre elas, a avaliação da base econômica de cada região, assim como a rede de fluxos aferida através do sistema viário, chegando-se a uma proposta de agregação municipal contemplando quatorze regiões (Ceará, 2021).

A proposta de regionalização atinente as microrregiões de água e esgoto do estado do Ceará abrange a formatação de três áreas territoriais, especificamente: Centro-Norte,

Centro-Sul e Oeste. Para a definição desta regionalização recorreu-se a uma metodologia similar a empregada na concepção das regiões de planejamento, isto é, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental acerca de regionalizações adotadas no Estado e buscou-se avaliar a correlação espacial de aspectos vinculados a infraestrutura hídrica cearense, utilizando, para tanto, ferramentas de Sistema de Informações geográficas – SIG (Ceará, 2021).

Sendo assim, no processo de criação das microrregiões de água e esgoto levou-se em consideração a delimitação das bacias hidrográficas, a divisão da infraestrutura operacional dos serviços de saneamento básico, bem como as particularidades sociais, econômicas e políticas dos territórios envolvidos, todos estes aspectos analisados de forma integrada em ambiente SIG. Destaca-se ainda, que a divisão proposta inclui, em cada microrregião, uma das três regiões metropolitanas existentes atualmente no Ceará (Fortaleza, Sobral e Cariri), de forma a assegurar escala suficiente para a prestação dos serviços. A Figura 7, ilustra as microrregiões do Estado do Ceará.

Figura 7: Microrregiões de Saneamento Básico do Estado do Ceará

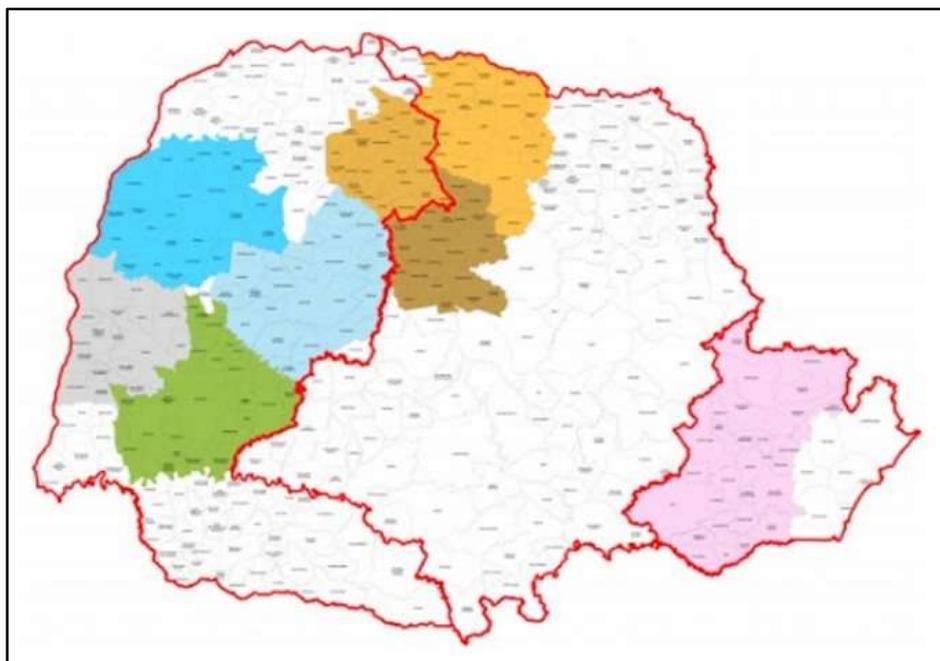


Fonte: Ceará (2021)

2.7.3 A regionalização no Estado do Paraná

A proposta de regionalização do saneamento básico no Estado do Paraná, presente na Lei Complementar nº 237/2021 aprovada em 09/07/2021, consiste na criação de três microrregiões dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário: Oeste, Centro-leste e Centro-litoral. A Figura 8 apresenta as três microrregiões de saneamento do Estado (IAS, 2021c).

Figura 8: As três Microrregiões do Paraná com destaque (em cores) para as regiões metropolitanas inseridas em cada uma.



Fonte: IAS (2021c)

Na divisão dos municípios buscou uma homogeneidade de indicadores entre as três microrregiões, como: populacionais; de necessidade de expansão dos serviços de água e esgoto; e em termos de infraestrutura operacional dos serviços existentes. Também foram consideradas as particularidades sociais, econômicas e geopolíticas dos territórios envolvidos (IAS, 2021c)

Outra premissa foi que cada microrregião contivesse pelo menos uma das regiões metropolitanas do Estado. Cada uma das três microrregiões tem natureza jurídica de autarquia intergovernamental de regime especial, com caráter deliberativo e normativo, e personalidade jurídica de Direito Público, e deverá desempenhar as funções de planejamento, regulação, fiscalização e prestação, direta ou contratada, dos serviços

públicos de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de manejo de águas pluviais urbanas (Paraná, 2021).

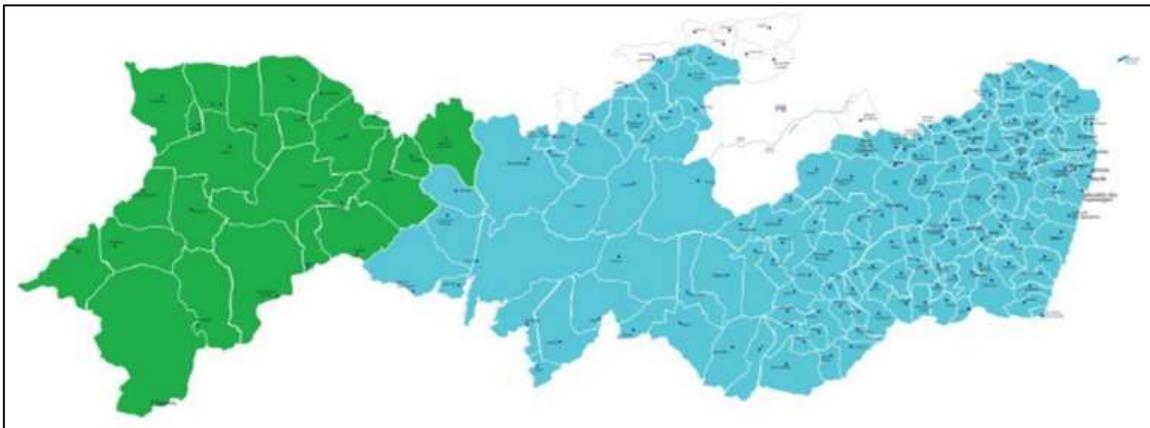
A proposta visa garantir a prestação regionalizada de serviços de água e de esgoto para a geração de ganhos de escala necessários para a universalização e a viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços, com uniformização do planejamento, da regulação e da fiscalização. Deve garantir que aqueles municípios que atuam isoladamente na prestação de serviços por autarquias ou empresas privadas tenham condições de buscar financiamentos federais, não podendo a microrregião interferir nessas opções já consolidadas (IAS, 2021c).

2.7.4 A regionalização no estado de Pernambuco

O Estado de Pernambuco é formado por 185 municípios e a regionalização é proposta em uma formatação de 2 (duas) microrregiões: Sertão e RMR Pajeú, levando em consideração a divisão dos recursos hídricos e a delimitação das bacias hidrográficas, a divisão da infraestrutura operacional dos serviços de saneamento básico, bem como as particularidades sociais, econômicas e políticas dos territórios envolvidos.

A divisão proposta inclui, em cada microrregião, uma das regiões metropolitanas, de forma a assegurar escala suficiente para a prestação dos serviços, cuja viabilidade econômico-financeira deverá ser atestada pelos estudos que serão promovidos atendendo ao previsto no § 2º da nova redação do artigo 8º da Lei nº 11.445/2007. (FUNDACE, 2021a).

A Microrregião de Águas e Esgoto do RMR Pajeú será formada pelos Municípios integrantes da Região Metropolitana do Recife e os Municípios do Litoral e do centro do Estado. Ela contempla a maior parte dos municípios do Estado, englobando toda a Região Metropolitana do Recife e outros municípios de grande porte, que buscam garantir a sustentabilidade necessária para a universalização dos serviços de água e esgoto nos municípios de menores porte e grau de desenvolvimento. A segunda Microrregião, a do Sertão, contém a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro e outros três municípios pernambucanos. A Figura 9 ilustra o mapa das microrregiões de saneamento do Estado de Pernambuco (FUNDACE, 2021a).

Figura 9: Microrregiões de saneamento do Estado de Pernambuco

Fonte: FUNDACE (2021a)

2.7.5 A regionalização do Estado da Paraíba

No Estado da Paraíba, foi realizado um amplo levantamento de informações econômicas e sociais de todos os municípios e de diferentes experiências de regionalização já existentes para realizar as simulações. Para a proposta de regionalização foram considerados diversos aspectos: municípios limítrofes, sistemas integrados, bacias hidrográficas, presença de adutoras, obras de integração, regionalização da saúde, entre outros fatores (FUNDACE, 2021b).

Além disso, foram feitos Estudos de Viabilidade Econômica (EVE) onde buscou-se identificar qual modelo de regionalização possibilitaria o significativo aumento dos investimentos necessários à universalização com o menor impacto tarifário possível (FUNDACE, 2021b).

Sendo assim, o conjunto de análises com indicadores econômicos, sociais, geográficos, cenário de partida, viabilidade econômica resultou na proposta de regionalização do planejamento do abastecimento de água e do esgotamento sanitário contemplando a criação de quatro microrregiões de saneamento básico: Alto Piranhas; Borborema; Espinharas e Litoral, conforma mostra Figura 10 (FUNDACE, 2021b).

Figura 10: Microrregiões de Saneamento do Estado da Paraíba.



Fonte: FUNDACE (2021b)

A criação de microrregiões pelos estados é permitida na Constituição Federal de 1988, mediante lei complementar. A microrregião deve ser composta por municípios limítrofes – ou seja, deve existir continuidade territorial – com o intuito de integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum. No Estado da Paraíba as microrregiões foram criadas mediante a Lei Complementar nº 168 de 22 de junho de 2021 (FUNDACE, 2021b).

As Microrregiões ficaram divididas da seguinte forma: Microrregião do Alto Piranhas com 38 municípios e uma área próxima a 9.443 Km²; a Microrregião da Borborema composta por 84 municípios em uma área de aproximadamente 24.204 Km²; a Microrregião do Espinharas formada por 46 municípios como uma área total de cerca de 14.317 Km² e a Microrregião do Litoral formada por 55 municípios com área de quase 8.503 Km² (FUNDACE, 2021b).

Em todas as microrregiões há municípios com taxas de urbanização baixas associados a municípios com taxas médias e mais elevadas e maiores concentrações populacionais em locais mais urbanizados; porém, existindo populações em municípios menos urbanizados. Assim, pode-se garantir economias de escala em cada microrregião, ao mesmo tempo que se contemple a prestação em municípios menores e com custos maiores e todos os municípios poderão se beneficiar das economias de escala, das

vantagens do planejamento regional e dos esforços necessários de investimentos para alcançar a universalização dos serviços que trarão grandes benefícios em termos de saúde, qualidade ambiental e geração de emprego no Estado (FUNDACE, 2021b).

Assim, a regionalização atualmente aplicada para o Estado da Paraíba e a metodologia proposta nesse trabalho serão comparadas com a finalidade de sugerir melhorias ao estudo existente.

3 METODOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTO

Os modelos de regionalização apresentados no item 2.7 desse trabalho apontam diferentes estratégias utilizadas pelos Estados da federação brasileira para integrar os serviços de água e esgotamento sanitário, permitindo uma gestão associada entre municípios. Essa diversidade deve-se ao fato dos Estados possuírem características espaciais, sociais, econômicas, operacionais e de governança distintas. Todavia, é consenso entre os modelos avaliados a necessidade de vinculação de ao menos uma região metropolitana ou um município com alta taxa de urbanização (aglomeração urbana) para cada microrregional formada, com o intuito de garantir os ganhos de escala indispensáveis para a manutenção dos sistemas e universalização da prestação dos serviços.

Além dessa condição, outras são agregadas aos modelos estaduais de regionalização, mas até o momento, não existe uma metodologia unificada em que seja possível incorporar as particularidades de cada localidade e gerar um ou mais arranjos municipais para orientar o processo de gestão e a escolha de uma alternativa de regionalização assertiva e sustentável. Por outro lado, as metodologias existentes não estão acessíveis em detalhes, tornando-se difícil o seu entendimento e, conseqüentemente, a aplicação em áreas diferentes daqueles para as quais foram feitas.

Diante do exposto e considerando como objetivo principal desse trabalho o desenvolvimento de uma proposta de modelo de regionalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para ser aplicado nos estados brasileiros, cinco etapas metodológicas foram seguidas: i) Definição da estrutura de regionalização; ii) Construção de um índice geral para compor o modelo de regionalização proposto; iii) Adequação do modelo gravitacional às características de regionalização do saneamento; iv) Escolha dos municípios polos e interação entre os polos e os demais municípios; v) Simulação e validação do modelo no estado da Paraíba. A linha de evolução das etapas da pesquisa está esquematizada na Figura 11 e será detalhada nos próximos itens.

Figura 11: Diagramação das etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Autora (2024)

3.1 DEFINIÇÃO DAS DIMENSÕES DAS ESTRUTURAS AGREGADAS NA REGIONALIZAÇÃO

As dimensões das estruturas de regionalização foram definidas considerando os critérios propostos por Kingdom (2005) e adaptados por Heller (2012). A Figura 12 apresenta as dimensões abordadas e os critérios associados a elas.

Figura 12: Definição das dimensões da estrutura de regionalização



Fonte: Autora (2024)

Assim, as características do modelo proposto perpassam pelas dimensões da seguinte forma:

- Quanto à ESCALA definiu-se uma estrutura de agregação feita a partir de municípios limítrofes associados a pelo menos um município de maior

porte com a finalidade de possibilitar a viabilidade técnica e econômico-financeira (redução de custos unitários e compartilhamento de custos totais, conforme estudos realizados por Komives *et al.* (2005) e Guerrini *et al.* (2018) e garantir a universalização dos serviços exigida pela Lei nº 14.026/20.

- ii) Quanto ao ESCOPO, foram considerados na construção do modelo a regionalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, uma vez que a Lei nº 14.026/20 estabelece, em seu art. 11, que os serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033. Outra questão associada a dimensão escopo é que o modelo utiliza como base de julgamento, indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade. Indicadores da classe socioeconômica avaliam as características dos municípios com relação as condições de desenvolvimento, assim, municípios mais desenvolvidos comumente apresentam melhores índices de cobertura do saneamento básico. Segundo Caldeira e Aquino (2020) diversos índices socioeconômicos têm sido utilizados na obtenção de modelagens matemáticas que sejam capazes de fazer predição de fatores quantitativos correlatos ao planejamento e à expansão dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Já na classe operacional, os indicadores verificam a qualidade dos serviços prestados e identificam os municípios dentro do Estado que necessitam de mais investimentos no setor. Essa classe de indicadores avalia os percentuais de atendimento de abastecimento de água e esgotamento sanitário e as perdas nos sistemas de distribuição. Indicadores da classe financeira medem a autossuficiência ou a deficiência dos municípios na prestação dos serviços. No processo de regionalização, municípios mais desenvolvidos e com uma concentração de renda maior, deverão ajudar os municípios deficitários através do subsídio cruzado. Por fim, os indicadores de qualidade apontam o acesso a água tratada e a rede coletora de esgoto que visam reduzir os índices de doenças e os gastos com o sistema público de saúde. Além disso, municípios com altos índices de atendimento do saneamento apresenta

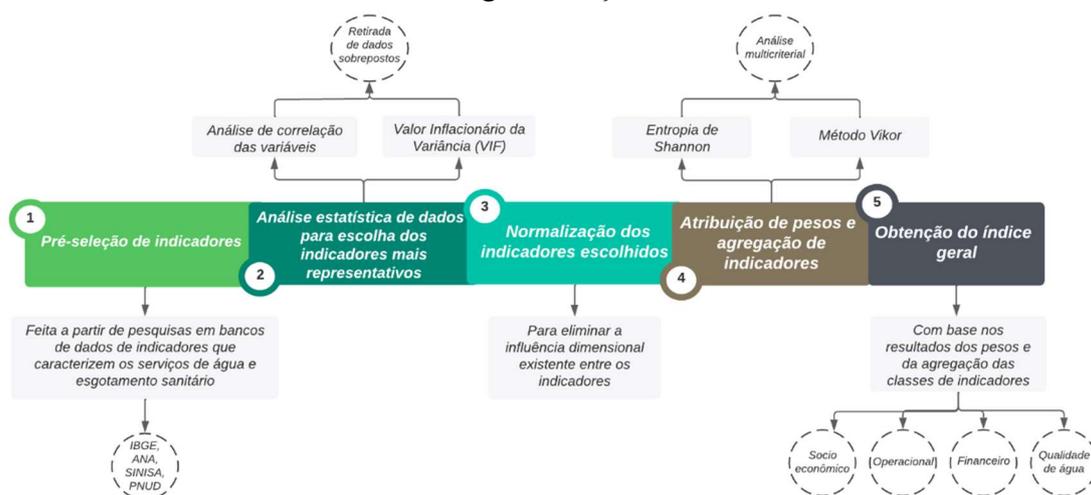
uma maior geração de emprego e renda trazendo um maior conforto e estabilidade para a população.

- iii) Quanto ao PROCESSO estabeleceu-se que a agregação dos municípios tem caráter permanente e com incentivos do governo. Esse agrupamento é instituído pelo estado mediante lei complementar estadual.

3.2 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE GERAL PARA COMPOR O MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTO

Os processos que envolvem a construção do índice geral para compor o modelo de regionalização proposto neste estudo estão descritos no fluxograma ilustrado na Figura 13.

Figura 13: Processos para a construção do índice geral utilizado no modelo de regionalização



Fonte: Autora (2024)

3.2.1 Pré-seleção de indicadores

O índice geral deve ser construído levando em consideração indicadores de desempenho dos serviços de água e esgotamento sanitário. Com o objetivo de criar um modelo versátil, que pudesse se adequar as peculiaridades de cada área e, ao mesmo tempo, garantir que restrições relacionadas aos dados disponível não limitassem o seu uso, optou-se por não determinar indicadores obrigatórios para a formação do índice.

Desse modo, entendeu-se que estabelecer uma lista de indicadores para compor o índice geral seria uma decisão que condicionaria a sua aplicação apenas para Estados

onde os dados referentes a esses indicadores existissem. Além disso, outros indicadores que o modelador julgasse como indispensáveis dentro da realidade dos municípios da região estudada, poderiam não ser contemplados na análise, o que resultaria em uma resposta distante da realidade e das necessidades da área.

Por outro lado, ao mesmo tempo que apresenta flexibilidade em relação a escolha de indicadores para compor o índice geral, o modelo de regionalização deve ser robusto, pois precisa atender aos princípios e diretrizes da gestão compartilhada, sendo capaz de avaliar aspectos distintos e representativos e respeitar as metas de condução da governança, quais sejam: eficácia, eficiência e confiabilidade, como abordado mais detalhadamente no item 2.2.

Desse modo, determinou-se para o modelo proposto que a lista de indicadores previamente selecionada pelo modelador, deveria contemplar indicadores representativos de pelo menos quatro classes de avaliação: socioeconômica, operacional, financeira e de qualidade da água.

Vários estudos, a exemplo de Barreto *et al.* (2021), Cruz *et al.* (2020), Dorsa *et al.* (2019), Itaboraí (2021), Santos e Mendes (2023) e Sousa *et al.* (2023) consideram relevantes para a composição de um modelo de regionalização alguns indicadores dentro das classes indicadas. Assim, o Quadro 5, apresenta como sugestão uma lista de indicadores que podem ser utilizados pelo modelador para compor o índice geral, somados a outros que julgar representativos. É importante ressaltar que a designação dos indicadores descritos no quadro, tem a função de nortear o decisor para uma primeira escolha, mas não tem caráter obrigatório, podendo ser suprimidos se necessário.

Os dados referentes aos indicadores podem ser obtidos em sites oficiais tais como, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para todos os municípios brasileiros, sendo importante realizar, após a coleta de dados, a tabulação, organização e exclusão de falhas.

Sempre que são utilizados os dados do SINISA é necessário advertir que “(...) o SINISA–AE ainda carece de instrumentos de auditoria e validação das informações fornecidas, visto que o sistema não dispõe de incentivos para o correto preenchimento do formulário de pesquisa por parte dos prestadores” (Freitas *et al.*, 2018).

Quadro 5: Indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água sugeridos para a construção do modelo.

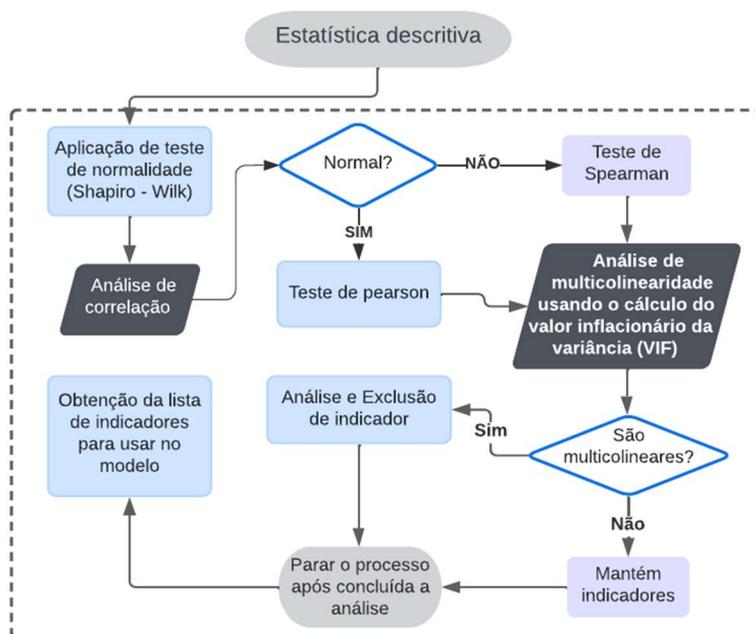
Classe	Indicador	Descrição/Equação	Fonte base para
Socioeconômico	IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda..	PNUD
	PIB per capita (R\$)	Média de produção e riqueza do estado distribuída por cada habitante.	IBGE
	Grau de Urbanização (%)	Percentual de população urbana de cada estado em relação à população total.	IBGE
Operacionais	Índice de atendimento urbano de água (%)	$\frac{\text{Pop. urbana atendida. com abastec. de água}}{\text{Pop. urbana residente do mun. com abastec. de água}} \times 100$	SINISA
	Índice de atendimento rural de água (%)	$\frac{\text{Domic. rurais atend. por rede, nascente, poço ou cisterna}}{\text{Total de domicílios rurais}} \times 100$	IBGE
	Atend. Urbano por rede coletora de esgoto (%)	$\frac{\text{População urbana atendida por rede coletora}}{\text{População urbana total}} \times 100$	ANA
	Atendimento Urbano com tratamento de esgoto (%)	$\frac{\text{População urbana atendida com tratamento de esgoto}}{\text{População urbana total}} \times 100$	ANA
	Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	$\frac{\text{Domicílios rurais atend. por rede coletora ou fossa séptica}}{\text{Total de domicílios rurais}} \times 100$	IBGE
Financeiro	Indicador de desempenho financeiro (%)	$\frac{\text{Soma das receitas operacionais diretas de água e esgoto}}{\text{Despesas totais com os serviços}} \times 100$	SINISA
	Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	$\frac{\text{Arrecadação total}}{\text{Desp. de exploração + desp. amortização + desp. juros + desp. fiscais}} \times 100$	SINISA
Qualidade	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (percentual)	$\frac{\text{Quant. de amostras de cloro residual com resultados fora do padrão}}{\text{Quant. de amostras de cloro residual (analisadas)}} \times 100$	SINISA
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão (percentual)	$\frac{\text{Quantidade de amostras de turbidez fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras de turbidez (analisadas)}} \times 100$	SINISA
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (percentual)	$\frac{\text{Quantidade de amostras de coliformes totais fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras de coliformes totais (analisadas)}} \times 100$	SINISA

Fonte: Autora (2024)

3.2.2 Análise estatística dos dados para escolha dos indicadores mais representativos

Após a pré-seleção dos indicadores deve-se realizar uma análise estatística para verificação de correlação e multicolinearidade entre indicadores, ou seja, presença de indicadores cujas informações se sobreponham, e tornando-se desnecessária a utilização de ambos no modelo. A sequência da análise estatística deve seguir o fluxograma apresentado na Figura 14.

Figura 14: Fluxograma da análise estatística



Fonte: Autora (2024)

Seguindo o fluxograma, a análise estatística inicia-se a partir da aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, onde a distribuição é considerada normal quando $p\text{-valor} > 0,05$ e não-normal quando $p\text{-valor} \leq 0,05$. Após os resultados do teste de normalidade devem ser aplicados os testes de correlação. Quando a amostra apresenta distribuição normal a correlação é feita pelo teste de Pearson, caso contrário, é aplicado o teste de Spearman. Os coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman variam entre -1 e +1. Valores próximos de -1 e +1 indicam forte correlação linear e próximos de 0 indicam ausência de correlação linear. A análise do coeficiente de correlação deve ser realizada conforme valores e convenção de cores indicados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de p-valor para análise de correlação

Valor de p (+ ou -)	Interpretação	Cor
0,00 a 0,19	Muito fraca	
0,20 a 0,39	Fraca	
0,40 a 0,69	Moderada	
0,70 a 0,89	Forte	
0,90 a 1,00	Muito Forte	

Fonte: Siegel (1975)

Outro fator importante que precisa ser analisado é a multicolinearidade entre os indicadores. Ela é definida como a presença de um alto grau de correlação entre as variáveis independentes (Freund; Wilson; Sa, 2006), ou seja, as informações de uma variável podem estar sendo consideradas de forma repetida, não acrescentando nenhuma informação ao processo. Quando esse tipo de problema ocorre, uma das soluções adotadas é a exclusão da variável para se obter uma melhor estimativa do modelo de regressão.

Um dos métodos utilizados para diagnosticar esse tipo de problema é o Fator de Inflação da Variância (VIF). O VIF pode ser calculado pela Equação 1.

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

Onde: p é o número das variáveis preditoras; R^2 é o coeficiente de correlação múltipla, resultante da regressão de X_j nos outros p-1 regressores.

Usualmente valores de VIF maiores que dez, são sugestivos que a multicolinearidade pode estar causando problemas na estimação do modelo.

Após a análise estatística dos indicadores previamente selecionados para o estudo, devem ser excluídos aqueles que apresentaram problemas de correlações fortes e multicolinearidade e mantidos apenas os mais representativos de cada classe (socioeconômica, operacional, financeira e de qualidade) para compor o índice geral do modelo de regionalização.

3.2.3 Normalização dos indicadores escolhidos

Os indicadores escolhidos apresentam unidades diferentes, pois representam grandezas distintas. Sendo assim, é necessário organizá-los em uma mesma escala de valores (Carvalho, 2023). Segundo Wu et al. (2022) a normalização é empregada para organizar valores na escala de 0 a 1 de acordo com o efeito que os indicadores

representam para o índice final, e para eliminar a influência dimensional existente entre eles. O efeito de cada indicador sobre o índice deve ser analisado verificando se terá consequências positivas ou negativas para a regionalização dos serviços de saneamento. Portanto, quando o efeito do indicador for positivo (+), significa que, quanto maior o valor, melhor é para o índice, e quando for negativo (-), quanto menor o valor, melhor é para o índice.

A normalização dos valores deverá ser realizada conforme Equação 2, para os indicadores com efeito positivo e Equação 3, para os indicadores com efeito negativo.

$$Y_{ij} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

$$Y_{ij} = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

Onde: Y_{ij} = valor normalizado (variando de 0 a 1); x_i = valor original do indicador; x_{\max} = valor máximo do indicador para todos os municípios; x_{\min} = valor mínimo do indicador para todos os municípios.

3.2.4 Atribuição de pesos e agregação de indicadores

A obtenção do índice geral utilizado para a adequação do modelo gravitacional, aqui denominado de IG_{Reg} , é feita a partir de uma análise multicriterial com a etapa de ponderação, calculada pela Entropia de Shannon (Shannon, 1951) e a agregação dos indicadores, realizada pelo método Vikor (Yu, 1973).

O método de Entropia de Shannon foi escolhido por considerar a análise de sensibilidade dos parâmetros operacionais do receptor, verificando a especificidade e precisão dos resultados estimados (Ramos Filho, 2022, Araújo, 2023, Brum, 2023). O modelo multicritério Vikor também é bastante difundido e usado em pesquisa de diversas áreas.

Pelo método de Shannon, quanto maior o grau de variação do indicador, mais informações ele fornece. Dessa forma, o indicador que desempenhar uma avaliação integral maior, recebe um maior peso. A partir de uma abordagem multicritério, considerando os municípios como alternativas m (a_1, a_2, \dots, a_m) e os indicadores como critérios (c_1, c_2, \dots, c_m) a matriz inicial pode ser representada pela Equação 3.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} = [a_{ij}]_{m \times n} \quad (3)$$

onde: a_{ij} , i é a alternativa e j os critérios.

As etapas para o cálculo da entropia seguem a ordem descrita a seguir.

Etapa 1: Normalização (r_{ij}) da matriz decisão, conforme a Equação 3.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Etapa 2: Cálculo da entropia (e_j), conforme Equação 5.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \times \ln(r_{ij}), j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Onde, $k = 1/\ln m$

Etapa 3: Cálculo dos pesos (w_{ij}) de cada critério, conforme Equação 6.

$$w_{ij} = \frac{1-e_j}{\sum_{i=1}^n (1-e_j)}, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

O método VIKOR (*VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*), cujo significado pode ser interpretado como “Otimização Multicritério e Solução de Compromisso”, é baseado em uma função de agregação de proximidade ao ideal e foi desenvolvido a partir da métrica utilizada no método de programação por compromisso por Yu (1973).

O método Vikor deverá ser utilizado para agregar os valores dos indicadores de cada classe para cada município formando o índice final. De acordo com Opricovic e Tzeng (2002; 2004; 2007) o processo de agregação é feito a partir de três etapas:

1) Determinação do maior f_i^* e do menor f_i^- de toda a função, $i = 1, 2, \dots, n$, de acordo com as Equações 7 e 8, respectivamente.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (7)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (8)$$

Onde: f_i^* = valor máximo apresentado pelo indicador i nos municípios analisados; f_i^- = valor mínimo do indicador i dos municípios analisados; f_{ij} = valor do indicador i atribuído ao município j .

2) Cálculo dos valores S_j (é o grupo de utilidade máxima) e R_j (é o peso individual mínimo), $j = 1, 2, \dots, n$ nas relações, em que w_i são os pesos dos critérios obtidos pelo método da Entropia de Shannon. Os valores de S_j e R_j são obtidos pelas equações 9 e 10.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (9)$$

$$R_j = \max_j \left[\frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_{ij})} \right] \quad (10)$$

Onde: w_i = peso estratégico (obtido pela entropia de Shannon); f_i^* = valor máximo apresentado pelo indicador i no conjunto de municípios analisados; f_i^- = valor mínimo do indicador i dos municípios da Paraíba; f_{ij} = valor do indicador i atribuído ao município j .

3) Cálculo dos valores, Q_j $j = 1, 2, \dots, j$, conforme a Equação 11.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v) \times (R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (11)$$

Onde: $S^* = \min_j S_j$; $S^- = \max_j S_j$; $R^* = \min_j R_j$; $R^- = \max_j R_j$ e geralmente o valor de $v = 0,5$; Q_j = valor do índice final do município; S^- = maior grupo de máxima utilidade do conjunto de municípios; R_j = peso individual mínimo; R^* = menor peso individual mínimo; R^- = maior peso individual mínimo.

3.2.5 Obtenção do Índice Geral de Regionalização (IG_{Reg})

Após a conclusão das etapas descritas nos itens anteriores, o modelador terá como produto um Índice geral de regionalização (IG_{Reg}) que será utilizado dentro do modelo gravitacional. Esse índice, construído a partir dos resultados dos pesos (Entropia de Shannon) e da agregação das classes de indicadores (socioeconômico, operacional, financeiro e de qualidade de água) deverá ser consistente, robusto e sensível para gerar respostas coerentes dentro do modelo de regionalização. Desse modo, os processos indicados neste trabalho para a sua construção devem ser seguidos e são partes integrantes da edificação do modelo proposto.

3.3 ADEQUAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL

O modelo gravitacional tem sua origem na lei da gravitação universal, formulada por Isaac Newton no século XVII, cuja tese defendida e cristalizada foi a de que a atração entre dois corpos é diretamente proporcional a massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. A Lei de Newton é expressa pela Equação 13.

$$F = G \frac{M_1 M_2}{d^2} \quad (13)$$

Onde: F = força de atração entre as massas de dois corpos 1 e 2, respectivamente; d = distância entre dois corpos; e G = coeficiente de gravitação universal.

Nesse contexto, foi por volta do século XIX que a então “Lei de Newton” foi incorporada por diversas áreas do conhecimento, tais como as ciências sociais e exatas. Isard (1960) foi o introdutor do modelo gravitacional no ramo econômico, mais especificamente, dentro da economia regional, com o intuito de avaliar o potencial da mobilidade do trabalho entre as diferentes regiões dos Estados Unidos.

O modelo gravitacional apresenta uma visão geográfica e pode ser aplicado em variados processos de regionalização e concentração, utilizando dados demográficos, econômicos, de produção agropecuária e industrial, de mão-de-obra especializada e demais dados que podem afetar o fluxo e determinar a importância dos espaços geográficos. No caso de estudos regionais, os resultados servem para definir áreas administrativas, delimitar regiões polarizadas, qualificar e quantificar a oferta de serviços, entre outros (Rocha, 2020).

As variáveis do modelo gravitacional utilizadas para explicar a regionalização de determinado espaço geográfico são o peso ou massa de cada unidade espacial e a distância ou intervalo espacial ou fricção de distância, que atua como agravante na redução de relações entre duas unidades espaciais.

Em alguns estudos de economia regional, as massas são substituídas pelas populações (Vianna *et al.*, 2006). Já Rocha (2020) propôs uma regionalização econômica para o estado do Paraná utilizando o modelo gravitacional e considerando as massas como sendo a média dos PIBs municipais.

A metodologia para regionalização do saneamento no Ceará, utiliza o modelo Gravitacional e considera que a massa de cada município é definida pela população ponderada pelo Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Além de considerar o PIB, o IDM abrange diversos aspectos do desenvolvimento socioeconômico do município. Em seguida, é calculado o índice de interação, que utiliza as massas e as distâncias para a definição das regiões de planejamento (Vianna, *et al.*, 2006).

Acompanhando a mesma linha de pensamento realizada por Vianna *et al.*, (2006), o modelo matemático aqui proposto utiliza como base o modelo gravitacional, porém a massa é obtida multiplicando a população do município avaliado pelo índice geral IG_{reg} (Equação 12) do município, que considera aspectos socioeconômicos, financeiros, operacionais e de qualidade da água. Essa adequação teve como principal objetivo incorporar ao modelo, variáveis que pudessem representar da melhor maneira possível

os aspectos a serem considerados dentro de um processo de regionalização de saneamento.

Assim, as massas observadas na Equação 13 referentes ao modelo gravitacional serão alteradas para a Equação 14.

$$M_i = P_i \times IG_{reg} \quad (14)$$

Onde: M_i = massa espacial por município i ; P_i = população do município i ; e IG_{reg} = índice geral de regionalização do município i .

Logo, a Equação 13, após a reescrita, é representada pela Equação 15.

$$F = G \frac{(P_1 \cdot IG_{reg(1)}) \cdot (P_2 \cdot IG_{reg(2)})}{d^2} \quad (15)$$

3.4 DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS MUNICÍPIOS POLOS E INTERAÇÃO ENTRE MUNICÍPIOS E POLOS

Segundo Lemos, Diniz e Guerra (1999), a hierarquia dos micropolos pode ser medida pela capacidade de atender a demanda de bens e de serviços especializados. Para Rochefort (2003), alguns centros urbanos são capazes de centralizar decisões e polarizar outras unidades quando direcionam a produção do crescimento econômico através da concentração produtiva dos setores econômicos.

Dentro de um modelo de regionalização, a prestação de serviços de saneamento básico segue um raciocínio semelhante, centros urbanos maiores são mais capazes de subsidiar o serviço para pequenos municípios garantindo a sustentabilidade econômica da regional. Nesse estudo, considerou-se para cada microrregional formada, a existência de um município suporte, aqui denominado “polo”. Logo, para a divisão em quatro regionais, por exemplo, a área de estudo terá quatro polos.

Vianna *et al.*, (2006) consideram dois critérios para a obtenção dos municípios polos. São eles: i) Massa espacial: os polos são escolhidos seguindo a ordenação decrescente da massa; ii) Não-Proximidade: os polos devem se distanciar, no mínimo, 70 km entre si. Esses critérios foram utilizados na pesquisa.

Após a definição do número de microrregiões é necessário estabelecer os respectivos municípios que fazem parte de cada uma delas. Neste momento será

calculado o Índice de Interação entre cada município polo e os demais municípios da região.

O Índice de Interação (Equação 16) representa uma medida de interação mútua (I_{ij}) entre os municípios i e j . Esta equação mostra que a atração entre dois corpos é proporcional ao produto das suas massas ($M_i \times M_j$) e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles (D_{ij}).

$$I_{ij} = \frac{G \times (M_i \times M_j)}{D_{ij}^2} \quad (16)$$

Onde: M_i e M_j são as massas dos municípios i e j , g é a constante gravitacional e D_{ij} é a distância entre os municípios.

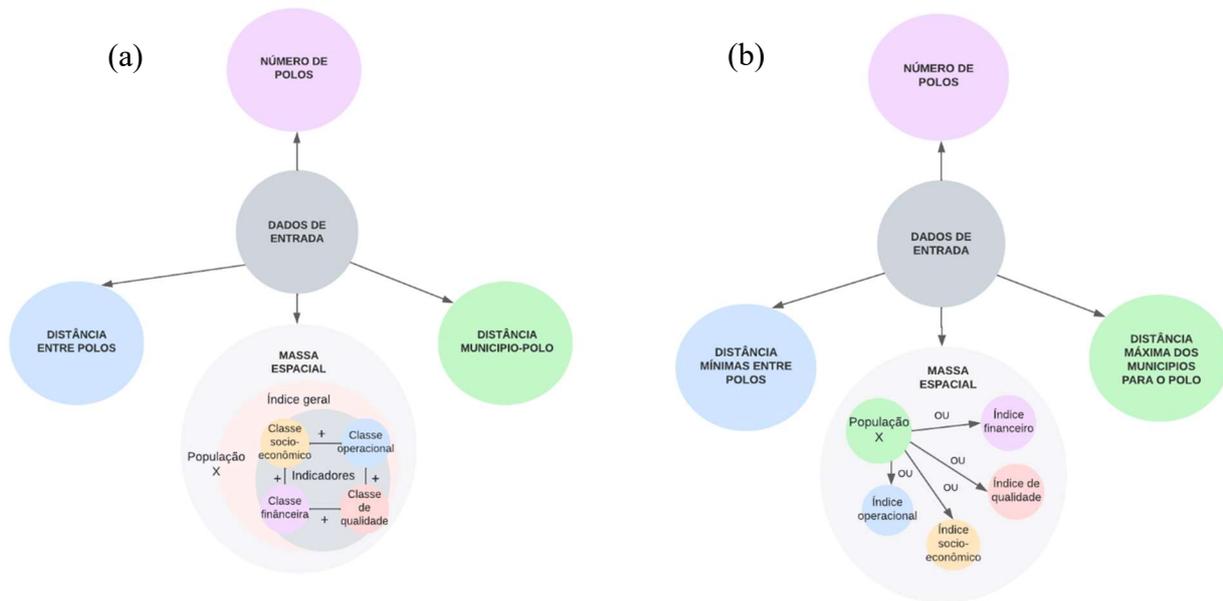
Portanto, através da Equação 16 pode-se obter todos os índices de interação entre os municípios considerando limites de proximidade variáveis entre o município e o polo, a critério do modelador. Para a definição dos municípios polos e dos municípios associados a cada regional, foi desenvolvido um programa em linguagem Python que deve ser alimentado com dados da massa espacial obtida por meio da Equação 14.

O código do programa permite ao usuário a escolha da quantidade de polos desejável, garantindo uma maior flexibilidade ao processo. Outras duas variáveis de entrada do programa são a distância entre polos, respeitando o mínimo de 70 km conforme critério estabelecido por Vianna *et al.* (2006) e a distância entre municípios e polo (Figura 15a), obtidas através da API do Google Maps ou outro serviço semelhante.

Após a realização das simulações, obtém-se como respostas dentro da amostra avaliada, a indicação de quais municípios devem ser polos, os municípios incluídos na regional pelo índice de interação e os municípios incluídos na regional pelo critério da distância entre município e polo.

Para permitir respostas mais direcionadas, foi feita uma adequação no código do programa já existente, considerando as classes de indicadores isoladamente. Desse modo, o processo de regionalização também pode ser observado, caso o modelador deseje, apenas sob a ótica socioeconômica ou financeira, ou operacional ou de qualidade da água (Figura 15b).

Figura 15: Arranjos: a) considerando o Índice geral de regionalização e b) considerando as classes de indicadores isoladamente



Fonte: Autora (2024)

3.5 SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO NA ÁREA DE ESTUDO

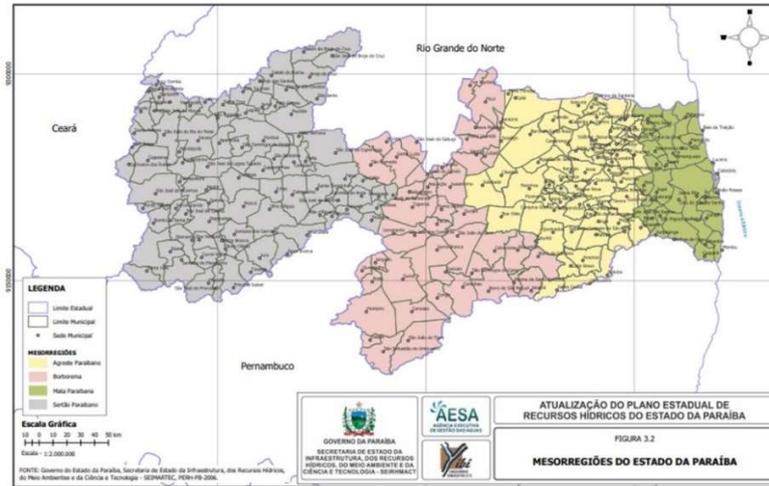
A etapa de simulação tem o objetivo de verificar o desempenho do modelo de regionalização proposto e validar suas respostas a partir da utilização de dados de indicadores dos 223 municípios pertencentes ao estado da Paraíba. Essa etapa compreende a caracterização da área de estudo e a aplicação do modelo desenvolvido.

3.5.1 Caracterização da área de estudo

De acordo com o IBGE (2022) a Paraíba tem uma área territorial de 56.467,24 km², possui uma população de 3.974.687 habitantes caracterizando-o como a 13^a unidade da federação mais populosa do país.

O Estado da Paraíba está localizado a leste da Região Nordeste e é constituído por 223 municípios distribuídos em 23 microrregiões e em quatro mesorregiões, sendo estas: Agreste Paraibano, Borborema, Mata Paraibana e Sertão Paraibano, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16: Subdivisão de mesorregiões do Estado da Paraíba.

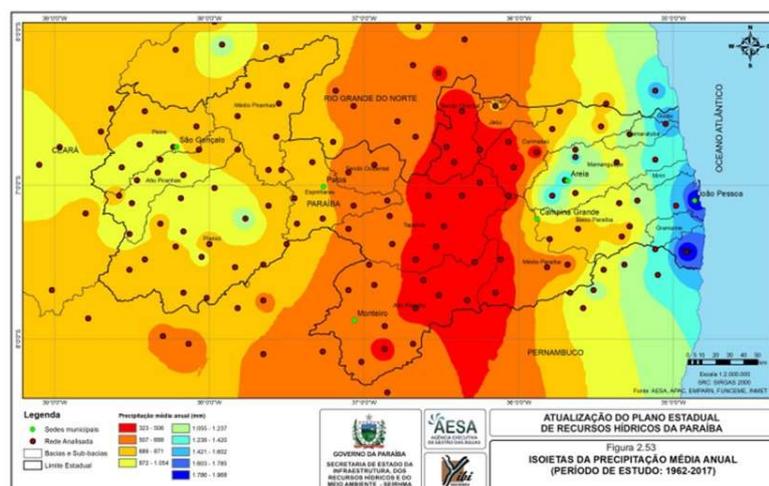


Fonte: PERH (2018)

Sob o ponto de vista climático, de acordo com Álvares *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). A Figura 17 mostra o mapa da de precipitação média anual na Paraíba.

Figura 17: Mapa de precipitação média anual do Estado da Paraíba.

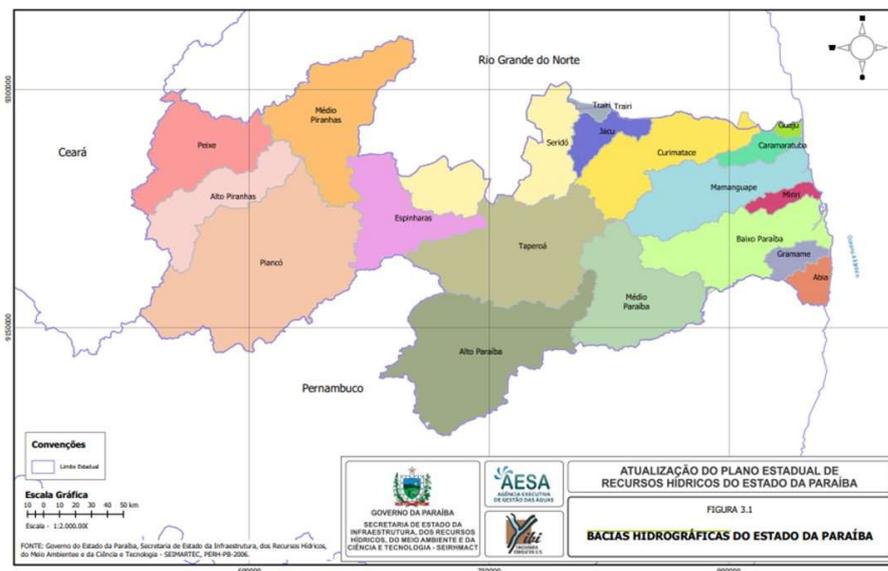


Fonte: PERH (2018)

De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2020), a Paraíba possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) médio, de 0,658, ocupando a 23ª posição dentre 27 estados brasileiros (IBGE, 2019).

Com relação a hidrografia (Figura 18), a Paraíba está dividida em onze bacias hidrográficas, são elas: Bacia do Rio Piranhas, Bacia do Rio Paraíba, Bacia do Rio Jacu, Bacia do Rio Curimataú, Bacia do Rio Camaratuba, Bacia do Rio Guaju, Bacia do Rio Mamanguape, Bacia do Rio Gramame, Bacia do Rio Miriri, Bacia do Rio Trairi e Bacia do Rio Abiaí.

Figura 18: Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba



Fonte: PERH (2018)

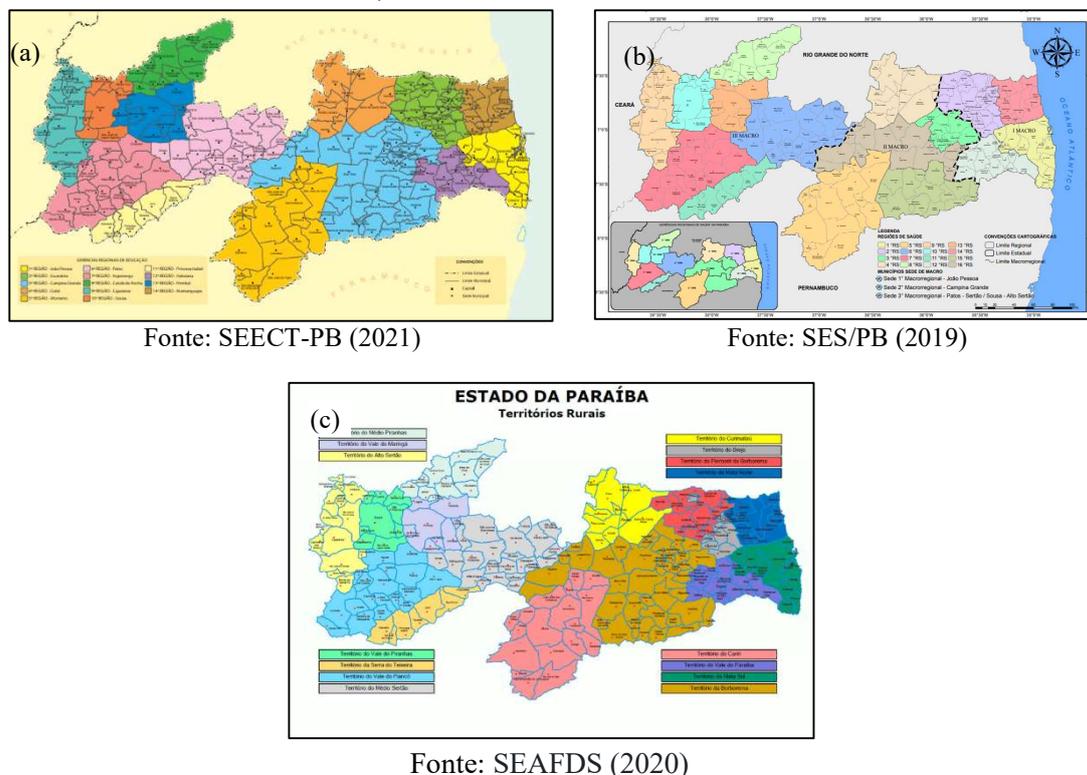
De acordo com Ferreira (2020) com relação às atuais condições dos serviços de saneamento básico, baseando-se nas estatísticas divulgadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), apenas 36,1% da população paraibana atendida com rede de abastecimento de água (74,3%) também usufrui de esgotamento sanitário em seus domicílios.

Além dessas regionalizações apresentadas, a Paraíba apresenta outras divisões territoriais relacionadas as gerências regionais de educação, as macrorregiões de saúde e os territórios de identidade rural conforme ilustrado nas Figuras 19a, b e c, respectivamente).

No estado da Paraíba a Secretaria de Educação (SEE) está organizada em 14 Gerências Regionais de Educação (Figura 19a) e é responsável pela definição e execução das políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade da educação, além de

garantir o atendimento à demanda da população em relação à educação básica e profissional.

Figura 19: Mapa de Regionalização das Gerências Regionais de a) educação, b) saúde e c) territórios de identidade rural



De acordo com a Resolução nº 43/2018 (Paraíba, 2018) a atual configuração da regionalização da saúde na Paraíba organiza o estado em 16 regiões de saúde distribuídas em 3 Macrorregiões. A primeira Macrorregião de Saúde, com sede em João Pessoa, é composta por quatro Regiões de Saúde; a segunda com sede em Campina Grande é composta por cinco Regiões de Saúde e a terceira com sede em Patos e Sousa é composta por sete Regiões de Saúde, conforme mostra a Figura 19b.

A regionalização tem como principal objetivo a garantia do direito à saúde da população, reduzindo as desigualdades sociais e territoriais por meio da identificação e reconhecimento das Regiões de Saúde. Considerando para a conformação de uma Região de Saúde, o conjunto dos municípios deverá desenvolver a capacidade resolutiva assistencial de cada região objetivando a garantia do acesso às ações e serviços de saúde de forma integral em todos os níveis de atenção, que envolvem as ações de promoção, prevenção, tratamento e reabilitação (Paraíba, 2018).

A Secretaria de Desenvolvimento Territorial (SDT/MDA) do Ministério do Desenvolvimento Agrário considera que os Territórios Rurais são aqueles onde os critérios multidimensionais que os caracterizam, apresentam, explícita ou implicitamente, a predominância de elementos rurais. Nesses territórios, incluem-se os

espaços urbanizados que compreendem pequenas e médias cidades, vilas e povoados (Silva, 2013). O Estado da Paraíba apresenta um total de 15 territórios de identidades rurais (Figura 19c), conforme a Nota Técnica n° 01/2020, que dispõe sobre a adequação dos territórios rurais paraibanos alinhados as regiões geoadministrativas do Estado da Paraíba.

3.5.2 Aplicação do modelo de regionalização desenvolvido

A aplicação do modelo de regionalização foi feita para o estado da Paraíba e seguindo todos os procedimentos descritos nesse capítulo. Antes de realizar a simulação, algumas possibilidades foram pensadas, levando-se em consideração os números de polos, as distâncias entre eles, as distâncias entre polos e municípios e o uso dos índices por classe separadamente ou agregados formando o índice geral.

Assim, realizou-se simulações para a Paraíba considerando 4, 5, 6, 7 e 8 polos, com distâncias de 70, 100 e 120 km entre polos, distâncias de 100 e 120 km entre município e polo, e usando o índice geral ou os indicadores independentes (socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água), conforme diagramações ilustradas nas Figuras 20a e 20b.

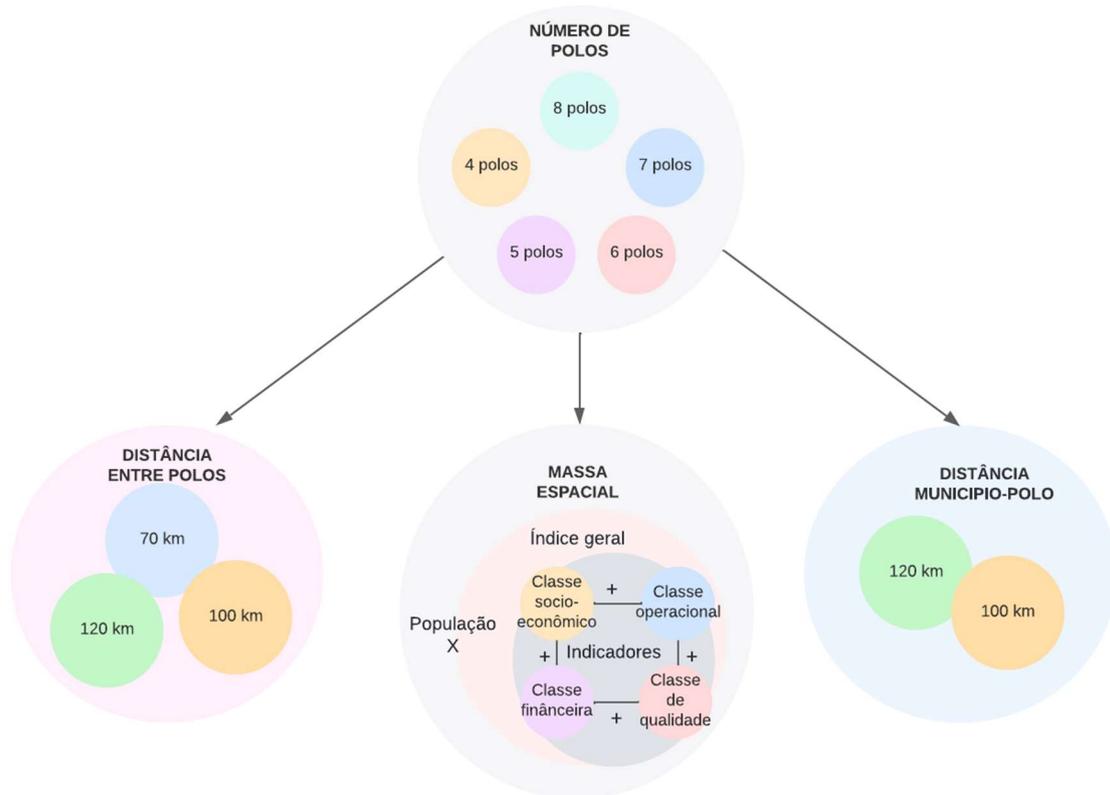
Devido ao grande número de possibilidades geradas, foi realizada uma análise preliminar, excluídas aquelas combinações que não atendiam as especificidades da área de estudo e escolhidas, para construção dos resultados, a distância mínima entre polos de 70 km e máxima de 100 km entre municípios e polos. Assim como adotado pela metodologia do trabalho do Vianna (2006), para os municípios que distam mais de 100 km de qualquer polo, a alocação foi determinada por aquele polo que se situa em menor distância. Os resultados foram apresentados na forma de mapas, tabelas e gráficos e a espacialização dos mapas foi feita utilizando o software QGIS 3.28.

A melhor resposta para o modelo foi calculando o índice de interação com a distância entre polos de 70 km e a distância entre os municípios e o polo de 100 km.

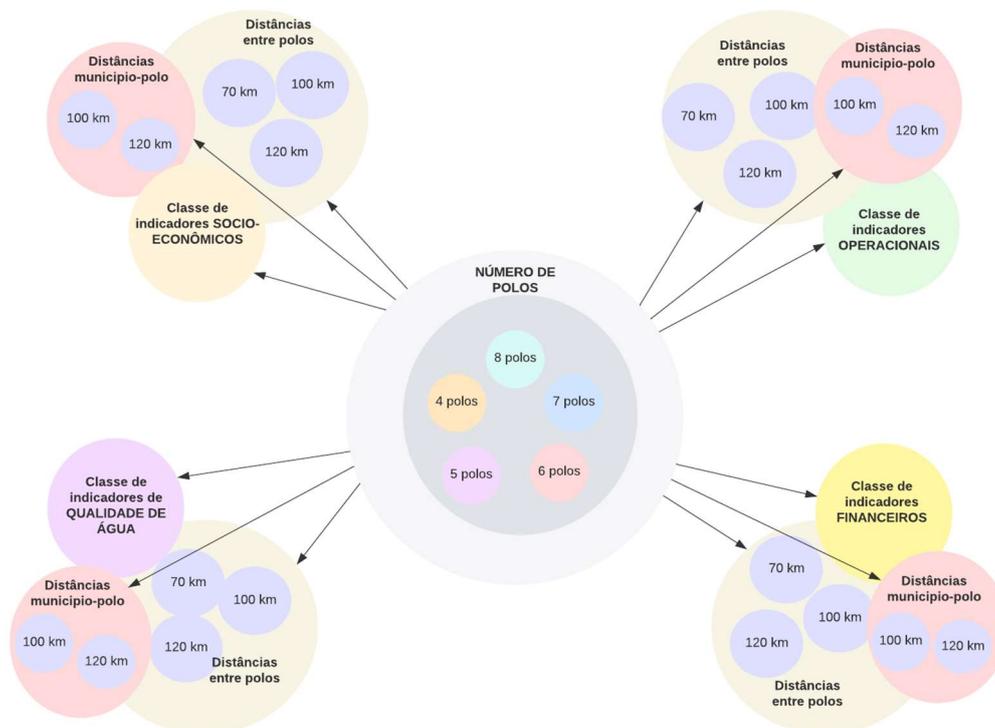
Após a aplicação do modelo, observou-se que alguns municípios ficaram espacialmente em regionais inadequadas, sendo necessário fazer um refinamento usando como base o índice de interação e a distância entre os possíveis polos que esse município pode pertencer.

Figura 20: Arranjos de simulações por classes, número de polos e distância entre eles.

a) Arranjo considerando o Índice geral de regionalização.



b) Arranjo considerando as classes de indicadores isoladamente.

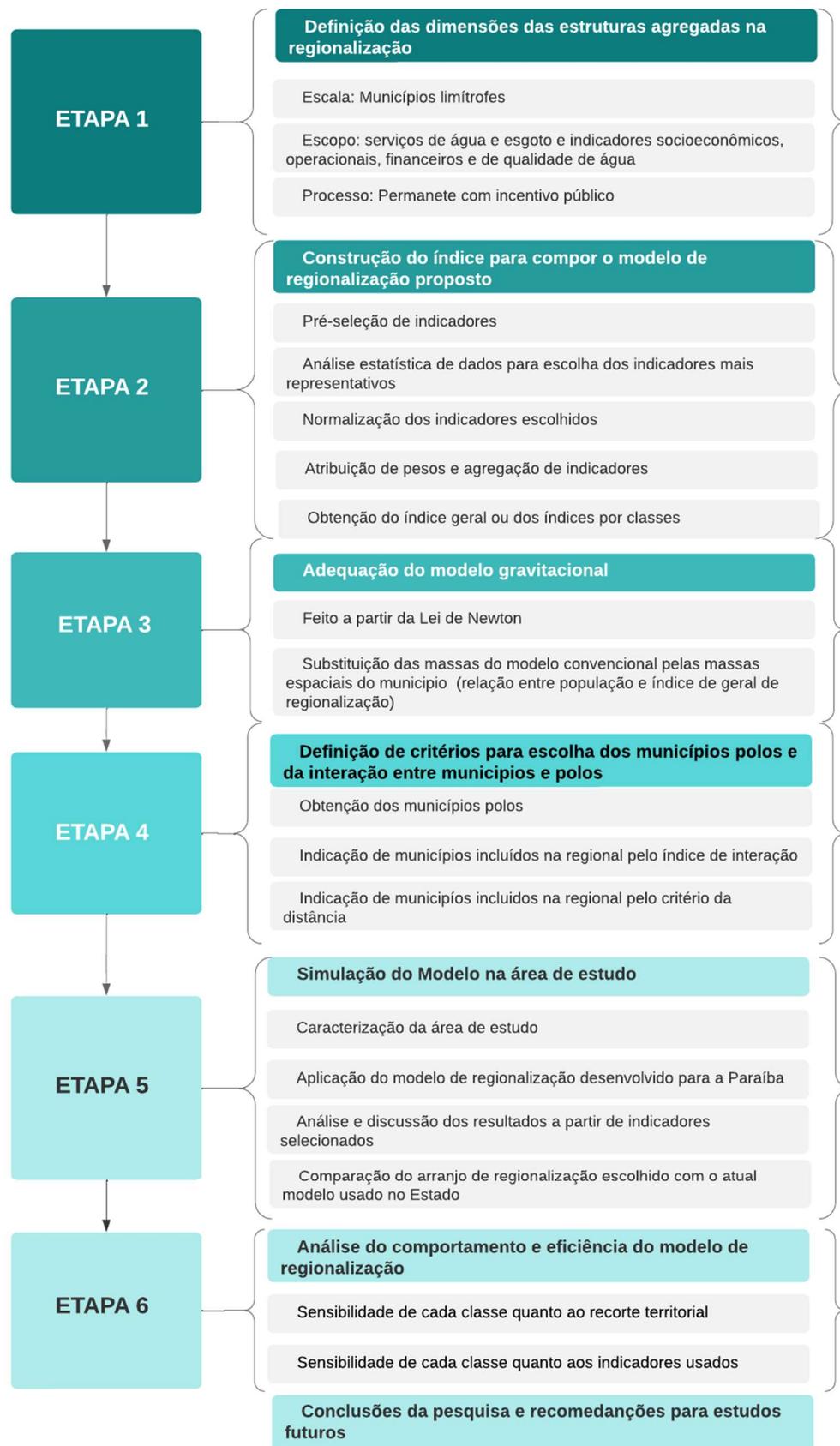


3.6 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E EFICIÊNCIA DO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO

Após a aplicação do modelo foi realizada uma análise do seu comportamento e verificadas as respostas às mudanças ocorridas a partir da aplicação de grupos de variáveis isoladas. O objetivo dessa etapa foi investigar a sensibilidade do modelo examinado como ele se moldaria as modificações impostas. Desse modo, o modelo foi novamente executado utilizando as classes de indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade separadamente e avaliadas as configurações regionais geradas considerando a sensibilidade de cada classe quanto a dois aspectos: i) recorte territorial e ii) indicadores usados.

A Figura 21 apresenta um fluxograma resumo contendo todas as etapas realizadas para a execução da pesquisa.

Figura 21: Fluxograma-resumo das etapas da pesquisa



Fonte: Autora (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa serão detalhados neste capítulo considerando os itens que seguem: i) Construção do IG_{REG}; ii) Avaliação dos arranjos regionais a partir do modelo proposto; iii) Sugestão de novo arranjo de saneamento para o estado da Paraíba, e iv) Análise do comportamento do modelo de regionalização proposto.

4.1 RESULTADOS DA CONSTRUÇÃO DO IGREG

4.1.1 Pré-seleção de indicadores

Ao todo, foram pré-selecionados 26 indicadores representativos das quatro classes, dos quais 7 pertencem à classe socioeconômica, 11 a operacional, 5 a financeira e 3 à classe de qualidade da água. Para cada indicador foi criado um código de identificação. Além dos indicadores sugeridos no Capítulo 3 outros foram acrescentados a lista para caracterizar mais profundamente os serviços de água e esgotamento sanitário da Paraíba. O Quadro 6 expõe esses indicadores, a descrição de cada um e suas respectivas fontes de coleta e ano. É importante lembrar que ainda serão realizadas análises estatísticas para estabelecer quais os indicadores que verdadeiramente serão utilizados no processo de composição do Índice.

Os dados do SINISA foram coletados de todos os municípios da Paraíba, no período compreendido entre os anos de 2010 a 2022, para fazer uma média e diminuir as falhas de informações existentes. Já para os indicadores obtidos nos sites do IBGE, PNUD e ANA consideraram-se os dados mais recentes disponíveis.

Quadro 6: Indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água dos municípios da Paraíba.

Classe	Indicador	Código	Descrição/Equação	Fonte
Socioeconômica	População (hab)	ISE ₁	População municipal coletada pelo censo do IBGE no ano de 2022.	IBGE (2022)
	IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	ISE ₂	Medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda..	PNUD (2010)
	Área (km ²)	ISE ₃	Área do município	IBGE (2022)
	PIB per capita (R\$)	ISE ₄	Média de produção e riqueza do estado distribuída por cada habitante.	IBGE (2021)
	PIB – Produto Interno Bruto (R\$)	ISE ₅	Soma de todos os bens e serviços finais produzidos pelo estado.	IBGE (2021)
	Grau de Urbanização (%)	ISE ₆	Percentual de população urbana de cada estado em relação à população total.	IBGE (2010)
	Índice de Gini	ISE ₇	Instrumento que mede o grau de concentração de renda em determinado grupo..	PNUD (2010)
Operacional	Índice de hidrometração (%)	IOP ₁	$\frac{\text{Quant. de ligações ativas de água micromedida}}{\text{Quantidade de ligações ativas de água}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de perdas faturamento (%)	IOP ₂	$\frac{\text{Vol. produz.} + \text{Vol. tratado} - \text{Vol. faturado} - \text{Vol. de serviço}}{\text{Vol. de água produzido} + \text{Vol. tratado} - \text{Vol. de serviço}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Extensão da rede de água por ligação (%)	IOP ₃	$\frac{\text{Extensão da rede de água}}{\text{Quantidade de ligações totais de água}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de atendimento urbano de água (%)	IOP ₄	$\frac{\text{Pop. urbana atendida. com abastec. de água}}{\text{Pop. urbana residente do mun. com abastec. de água}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de faturamento de água (%)	IOP ₅	$\frac{\text{Volume de água faturado}}{\text{Vol. de água prod.} + \text{Vol. de água trat.} - \text{Vol. de serviço}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de perdas na distribuição (%)	IOP ₆	$\frac{\text{Vol. de água prod.} + \text{Vol. de água trat.} - \text{Vol. de água cons.} - \text{Vol. de serv.}}{\text{Vol. de água prod.} + \text{Vol. de água trat.} - \text{Vol. de serviço}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abast. de água. (%)	IOP ₇	$\frac{\text{Consumo total de energia elétrica nos sist. de abast. de água}}{\text{Vol. de água prod.} + \text{Vol. de água tratada importado}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de atendimento rural de água (%)	IOP ₈	$\frac{\text{Domic. rurais atend. por rede, nascente, poço ou cisterna}}{\text{Total de domicílios rurais}} \times 100$	IBGE (2010)

Quadro 7: Indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água dos municípios da Paraíba (continuação)

Classe	Indicador	Código	Descrição/Equação	Fonte
Operacional	Atend. Urbano por rede coletora de esgoto (%)	IOP ₉	$\frac{\text{População urbana atendida por rede coletora}}{\text{População urbana total}} \times 100$	ANA (2013)
	Atendimento Urbano com tratamento de esgoto (%)	IOP ₁₀	$\frac{\text{População urbana atendida com tratamento de esgoto}}{\text{População urbana total}} \times 100$	ANA (2013)
	Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	IOP ₁₁	$\frac{\text{Domicílios rurais atend. por rede coletora ou fossa séptica}}{\text{Total de domicílios rurais}} \times 100$	IBGE (2010)
Financeira	Despesa total com os serviços faturados (R\$/m ³)	IFN ₁	$\frac{\text{Despesas totais com os serviços}}{\text{Vol. de água faturado} + \text{Vol. de esgoto faturado}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Tarifa média praticada (R\$/m ³)	IFN ₂	$\frac{\text{Soma das receitas operacionais de água e esgoto}}{\text{Vol. de água faturado} + \text{Vol. de esgoto faturado}} \times \frac{1}{1000}$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Indicador de desempenho financeiro (%)	IFN ₃	$\frac{\text{Soma das receitas operacionais diretas de água e esgoto}}{\text{Despesas totais com os serviços}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de evasão de receitas (percentual)	IFN ₄	$\frac{\text{Receita operacional total} - \text{Arrecadação total}}{\text{Receita operacional total}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	IFN ₅	$\frac{\text{Arrecadação total}}{\text{Desp. de exploração} + \text{desp. amortização} + \text{desp. juros} + \text{desp. fiscais}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
Qualidade da água	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (percentual)	IQ ₁	$\frac{\text{Quant. de amostras de cloro residual com resultados fora do padrão}}{\text{Quant. de amostras de cloro residual (analisadas)}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão (percentual)	IQ ₂	$\frac{\text{Quantidade de amostras de turbidez fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras de turbidez (analisadas)}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (percentual)	IQ ₃	$\frac{\text{Quantidade de amostras de coliformes totais fora do padrão}}{\text{Quantidade de amostras de coliformes totais (analisadas)}} \times 100$	SINISA (Média de 2010 a 2022)

Fonte: Autora (2024)

4.1.2 Análise estatística dos dados

Os resultados do teste de normalidade considerando um nível de significância de 5% estão exibidos na Tabela 3. Em todos as classes analisadas a maioria dos indicadores apresenta p-valor menor que 0,05, indicando que os dados seguem uma distribuição normal. Apenas os indicadores grau de urbanização, índice de perdas na distribuição de água e o índice de atendimento rural de água possuem p-valor maior que 0,05, logo a distribuição dos dados é definida como não-normal.

Tabela 3: Resultados do Teste de Shapiro-Wilk

Classes	Indicador	p-valor	Tipo de distribuição
Socioeconômica	População (hab)	<0,001	Normal
	IDHM – Índice de Desenv. Humano Municipal	<0,001	Normal
	Área (km ²)	<0,001	Normal
	PIB per capita (R\$)	<0,001	Normal
	PIB – Produto Interno Bruto (R\$)	<0,001	Normal
	Grau de Urbanização (%)	0,290	Não-Normal
	Índice de Gini	<0,001	Normal
Operacional	Índice de hidrometração (%)	<0,001	Normal
	Índice de perdas faturamento (%)	<0,001	Normal
	Extensão da rede de água por ligação (%)	<0,001	Normal
	Índice de atendimento urbano de água (%)	<0,001	Normal
	Índice de faturamento de água (%)	<0,001	Normal
	Índice de perdas na distribuição (%)	0,214	Não- Normal
	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abast. de água. (%)	<0,001	Normal
	Índice de atendimento rural de água (%)	0,441	Não- Normal
	Atend. Urbano por rede coletora de esgoto (%)	<0,001	Normal
	Atendimento Urbano com tratamento de esgoto (%)	<0,001	Normal
Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	<0,001	Normal	
Financeira	Despesa total com os serviços faturados (R\$/m ³)	<0,001	Normal
	Tarifa média praticada (R\$/m ³)	<0,001	Normal
	Indicador de desempenho financeiro (%)	<0,001	Normal
	Índice de evasão de receitas (percentual)	<0,001	Normal
	Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	<0,001	Normal
Qualidade de água	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (percentual)	<0,001	Normal
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão (percentual)	<0,001	Normal
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (percentual)	<0,001	Normal

Fonte: Autora (2024)

Os testes de correlação e VIF foram aplicados para os indicadores separados por cada classe. Para a classe socioeconômica todos os indicadores apresentaram uma distribuição normal, exceto o indicador de grau de urbanização. Sendo assim, aplicou-se o teste de Spearman neste indicador e nos demais a análise de correlação foi realizada pelo teste de Pearson, ambos com nível de significância de 5%. Os resultados dessas correlações estão apresentados na Tabela 4.

Para a análise da regionalização dos serviços de saneamento, a situação mais favorável ocorre quando dois indicadores possuem baixa correlação, pois provavelmente um não sobrepõe o outro, e provavelmente não existirá multicolinearidade entre ambos.

Analisando os resultados obtidos na Tabela 4, conforme parâmetros estabelecidos na Tabela 2, é possível verificar que há uma correlação muito forte (0,988) entre a população (ISE₁) e o PIB (ISE₅). Geralmente municípios com populações maiores tendem a ter um PIB maior, pois, contribui para uma força de trabalho mais ampla, maior produção de bens e serviços e, conseqüentemente, poderá ter PIB total mais elevado. Por outro lado, pode-se observar que os indicadores IDHM (ISE₂), a área (ISE₃) e o índice de Gini (ISE₇) possuem correlação muito fraca, indicando que não há problema de multicolinearidade.

Tabela 4: Resultados da análise de correlação dos indicadores socioeconômicos

Corre- lação	Indicador	ISE ₁	ISE ₂	ISE ₃	ISE ₄	ISE ₅	ISE ₆	ISE ₇
Pearson	ISE ₁	1	-0,034	0,108	0,148*	0,988**	0,361**	-0,061
Pearson	ISE ₂	-0,034	1	-0,075	-0,007	-0,033	-0,083	0,115
Pearson	ISE ₃	0,108	-0,075	1	0,020	0,075	0,045	-0,008
Pearson	ISE ₄	0,148*	-0,007	0,020	1	0,273**	0,328**	-0,068
Pearson	ISE ₅	0,988**	-0,033	0,075	0,273**	1	0,395**	-0,067
Sperman	ISE ₆	0,361**	-0,083	0,045	0,328**	0,395**	1	0,002
Pearson	ISE ₇	-0,061	0,115	-0,008	-0,068	-0,067	0,002	1

**A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades)

*A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Obs: A convenção de cores foi estabelecida na Tabela 2.

Fonte: Autora (2024)

Após a aplicação dos testes de correlação, foi calculado o VIF usando o programa SPSS versão 29.0. Para o cálculo do VIF define-se a variável dependente e as variáveis independentes. Sendo assim, foi atribuído cada indicador como variável dependente e os demais como independentes. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Ao fixar a população e o PIB como variáveis dependentes, as demais variáveis independentes possuem valor do VIF inferior a 10, não caracterizando multicolinearidade. No entanto, ao atribuir as demais variáveis (IDHM, área, PIB per

capta, grau de urbanização e índice de Gini) como dependentes, as variáveis população e PIB apresentam os valores de VIF superior a 10, indicando que há multicolinearidade.

Tabela 5: Valor do VIF para cada indicador socioeconômico

Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes						
	ISE ₁	ISE ₂	ISE ₃	ISE ₄	ISE ₅	ISE ₆	ISE ₇
ISE ₁	-	141,346	125,433	42,674	2,591	132,726	141,297
ISE ₂	1,021	-	1,016	1,021	1,021	1,020	1,008
ISE ₃	1,124	1,260	-	1,181	1,153	1,263	1,267
ISE ₄	1,108	3,669	3,422	-	1,053	3,391	3,661
ISE ₅	2,731	148,992	135,594	42,754	-	140,102	148,995
ISE ₆	1,175	1,251	1,248	1,157	1,177	-	1,250
ISE ₇	1,023	1,010	1,023	1,021	1,023	1,022	-

Fonte: Autora (2024)

Portanto, levando em consideração as análises de correlação e do Valor Inflacionário da Variância (VIF), o indicador PIB foi excluído da classe socioeconômica e não irá participar da formação do índice geral de regionalização para o estado da Paraíba.

Para o critério operacional dos 11 indicadores analisados 9 possuem distribuição normal e 2 não-normal. Sendo assim, foram aplicadas as correlações de Pearson e Spearman com nível de significância de 5% em ambas. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6.

Observa-se que índice de perdas de faturamento (IOP₂) e o índice de faturamento de água (IOP₅) possuem uma correlação muito forte (0,971). Esses indicadores estão muito relacionados porque enquanto o primeiro expressa a relação entre volume disponibilizado e o que foi efetivamente faturado, o segundo é o que realmente foi contabilizado para o pagamento.

Os Índice de perdas na distribuição (IOP₆), consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IOP₇), atendimento rural de água (IOP₈) e atendimento rural por solução adequada de esgoto (IOP₁₁) apresentam correlação muito fraca, variando entre 0,00 e 0,19, positivamente ou negativamente, com todos os indicadores analisados. Os demais indicadores possuem correlação fraca entre eles, com exceção daqueles de perdas faturamento (IOP₂) e faturamento de água (IOP₅) em relação ao indicador de perdas na distribuição (IOP₆), que possui uma correlação moderada, pois quanto maior a perda na distribuição de água, maior será as perdas de faturamento e o índice de faturamento irá reduzir.

De forma análoga ao que foi aplicado no critério socioeconômico, foi calculado o Valor Inflacionário da Variância (VIF) para a análise da multicolinearidade. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 6: Resultados da análise de correlação dos indicadores operacionais

Correlação	Indicador	IOP ₁	IOP ₂	IOP ₃	IOP ₄	IOP ₅	IOP ₆	IOP ₇	IOP ₈	IOP ₉	IOP ₁₀	IOP ₁₁
Pearson	IOP ₁	1	-0,367**	-0,022	0,162*	0,368**	0,104	-0,034	0,120	-0,074	0,025	0,049
Pearson	IOP ₂	-0,367**	1	0,310**	-0,193**	-0,971**	0,083	-0,134*	-0,048	-0,012	-0,173*	-0,028
Pearson	IOP ₃	-0,022	0,310**	1	0,002	-0,309**	-0,086	-0,161*	-0,029	0,082	-0,001	0,170*
Pearson	IOP ₄	0,162*	-0,193**	0,002	1	0,200**	-0,064	-0,022	0,114	-0,120	0,001	0,043
Pearson	IOP ₅	0,368**	-0,971**	-0,309**	0,200**	1	-0,0167*	0,150*	0,062	0,014	0,170*	0,025
Sperman	IOP ₆	0,087	0,471**	-0,048	-0,098	-0,527**	1	-0,106	-0,050	0,004	0,003	-0,006
Pearson	IOP ₇	-0,034	-0,134*	-0,161*	-0,022	0,150*	-0,184**	1	0,087	0,057	0,007	0,078
Sperman	IOP ₈	0,084	-0,070	-0,014	0,075	0,085	-0,050	0,083	1	-0,128	0,128	0,131
Pearson	IOP ₉	-0,074	-0,012	0,082	-0,120	0,014	-0,004	0,057	-0,107	1	0,249**	0,183**
Pearson	IOP ₁₀	0,025	-0,173*	-0,001	0,001	0,170*	-0,047	0,007	0,187**	0,249**	1	0,060
Pearson	IOP ₁₁	0,049	-0,028	,170*	0,043	0,025	-0,006	0,078	0,095	0,183**	0,060	1

**A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades) / *A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Autora (2024)

Tabela 7: Valor do VIF para cada indicador operacional

Variável Independente	Variável Dependente										
	IOP ₁	IOP ₂	IOP ₃	IOP ₄	IOP ₅	IOP ₆	IOP ₇	IOP ₈	IOP ₉	IOP ₁₀	IOP ₁₁
IOP ₁	-	1,438	1,420	1,439	1,340	1,201	1,437	1,437	1,424	1,439	1,439
IOP ₂	9,824	-	9,823	9,773	2,468	9,500	9,823	9,821	9,818	9,802	9,810
IOP ₃	1,174	1,188	-	1,172	1,184	1,174	1,173	1,187	1,187	1,188	1,122
IOP ₄	1,482	1,474	1,461	-	1,482	1,463	1,478	1,482	1,478	1,482	1,479
IOP ₅	12,329	3,325	13,188	13,238	-	9,724	13,234	13,223	13,133	13,240	13,236
IOP ₆	2,077	2,405	2,456	2,456	1,827	-	2,457	2,486	2,456	2,486	2,487
IOP ₇	1,116	1,117	1,102	1,114	1,117	1,103	-	1,098	1,116	1,113	1,114
IOP ₈	1,134	1,135	1,134	1,135	1,134	1,135	1,116	-	1,103	1,073	1,123
IOP ₉	1,169	1,180	1,179	1,177	1,171	1,166	1,179	1,147	-	1,092	1,140
IOP ₁₀	1,177	1,174	1,176	1,177	1,177	1,176	1,172	1,111	1,088	-	1,177
IOP ₁₁	1,135	1,133	1,072	1,133	1,135	1,135	1,133	1,123	1,096	1,135	-

Fonte: Autora (2024)

Observa-se ao fixar cada indicador como variável dependente, o indicador IOP₅ possui valor superior a 10 para praticamente todos os outros, caracterizando a multicolinearidade. Portanto, através da análise de correlação e do valor inflacionário da variância (VIF) foi excluído da análise o indicador IOP₅ por apresentar multicolinearidade com os demais indicadores.

No critério financeiro, os dados apresentaram distribuição normal para todos os indicadores, logo, foi aplicado o teste de correlação de Pearson e os resultados estão ilustrados na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados da análise de correlação dos indicadores financeiros

Correlação	Indicador	IFN ₁	IFN ₂	IFN ₃	IFN ₄	IFN ₅
Pearson	IFN ₁	1	0,245**	-0,426**	0,088	-0,395**
Pearson	IFN ₂	0,245**	1	0,360**	-0,095	0,244**
Pearson	IFN ₃	-0,426**	0,360**	1	0,054	0,702**
Pearson	IFN ₄	0,088	-0,095	0,054	1	-0,469**
Pearson	IFN ₅	-0,395**	0,244**	0,702**	-0,469**	1

**A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades)

Fonte: Autora (2024)

Os indicadores IFN₃ (Desempenho Financeiro) e IFN₅ (Suficiência de Caixa) possuem uma correlação forte (0,702), nos demais as correlações predominantes são fracas e moderadas. Esses indicadores são importantes para a análise porque mostram a capacidade financeira da empresa para a realização dos serviços de saneamento e, consequentemente, para a universalização.

Com relação aos valores do VIF para cada indicador (Tabela 9) não foram observadas multicolinearidades entre eles. Sendo assim, para o critério financeiro não haverá exclusão de nenhum indicador.

Tabela 9: Valor do VIF para os indicadores financeiros

Variável Independente	Variável Dependente				
	IFN ₁	IFN ₂	IFN ₃	IFN ₄	IFN ₅
IFN ₁	-	1,378	1,481	1,712	1,744
IFN ₂	1,727	-	1,625	2,141	2,179
IFN ₃	3,816	3,342	-	2,967	2,322
IFN ₄	2,062	2,059	1,387	-	1,063
IFN ₅	4,064	4,052	2,100	2,055	-

Fonte: Autora (2024)

Para avaliação da classe de indicadores de qualidade de água, o resultado do teste de Shapiro-Wilk mostrou distribuição normal, pois o p-valor foi menor que 0,05 para os três indicadores analisados. Sendo assim, foi aplicado o teste de Pearson e os resultados apontaram para uma correlação moderada entre os indicadores (Tabela 10).

Tabela 10: Resultados da análise de correlação dos indicadores de qualidade de água

Correlação	Indicador	IQ ₁	IQ ₂	IQ ₃
Pearson	IQ ₁	1	0,578	0,577
Pearson	IQ ₂	0,578	1	0,531
Pearson	IQ ₃	0,577	0,531	1

Fonte: Autora (2024)

Os valores inferiores a 10, obtidos após a análise do VIF para os indicadores de qualidade de água (Tabela 11) demonstram ausência de multicolinearidade. Sendo assim, para o critério qualidade de água não houve exclusão de nenhum indicador.

Tabela 11: Valor do VIF para os indicadores de qualidade de água

Variável Independente	Variável Dependente		
	IQ ₁	IQ ₂	IQ ₃
IQ ₁	-	1,498	1,498
IQ ₂	1,491	-	1,498
IQ ₃	1,491	1,498	-

Fonte: Autora (2024)

A Tabela 12 expõe o resultado final da lista de indicadores que, após a análise estatística, permaneceram no trabalho e serão utilizados para compor o modelo de regionalização dos serviços de saneamento da Paraíba. Ao todo foram mantidos 22 indicadores, 85% da amostra inicial. Este percentual indica que a maioria dos indicadores escolhidos para caracterizarem os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Estado tem sua importância e os resultados observados não gerarão sobreposição de informações. Foram excluídos os indicadores ISE₁ (População), ISE₅ (PIB), IOP₂ (Índice de perdas no faturamento) e IOP₅ (Índice de faturamento de água).

Tabela 12: Indicadores finais após a análise estatística

Classe	Indicador	Código	Fonte
Socioeconômico	IDHM – Índice de Desenv. Humano Municipal	ISE ₂	PNUD (2010)
	Área (km ²)	ISE ₃	IBGE (2022)
	PIB per capita (R\$)	ISE ₅	IBGE (2021)
	Grau de Urbanização (%)	ISE ₆	IBGE (2010)
	Índice de Gini	ISE ₇	PNUD (2010)
Operacionais	Índice de hidrometração (%)	IOP ₁	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Extensão da rede de água por ligação (%)	IOP ₃	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de atendimento urbano de água (%)	IOP ₄	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de perdas na distribuição (%)	IOP ₆	SINISA (Média de 2010 a 2022)

Tabela 13: Indicadores finais após a análise estatística (continuação)

Classe	Indicador	Código	Fonte
Operacionais	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abast. de água. (%)	IOP ₇	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de atendimento rural de água (%)	IOP ₈	IBGE (2010)
	Atendimento. Urbano por rede coletora de esgoto (%)	IOP ₉	ANA (2013)
	Atendimento. Urbano com tratamento de esgoto (%)	IOP ₁₀	ANA (2013)
	Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	IOP ₁₁	IBGE (2010)
Financeiro	Despesa tot. com os serv. faturados (R\$/m ³)	IFN ₁	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Tarifa média praticada (R\$/m ³)	IFN ₂	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Indicador de desempenho financeiro (%)	IFN ₃	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de evasão de receitas (percentual)	IFN ₄	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	IFN ₅	SINISA (Média de 2010 a 2022)
Qualidade	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	IQ ₁	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	IQ ₂	SINISA (Média de 2010 a 2022)
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	IQ ₃	SINISA (Média de 2010 a 2022)

Fonte: Autora (2024)

4.1.3 Resultados da normalização dos indicadores

Para identificar o efeito positivo ou negativo que um indicador teve no modelo foi necessário analisar como esse indicador pode influenciar no resultado final obtido. Um indicador positivo indica que, quanto maior for o seu valor melhor será para o objetivo principal do modelo, enquanto uma influência negativa sugere o contrário. Por exemplo, ao analisar o índice de atendimento urbano de água, quanto maior esse indicador, melhor é para a regionalização, que tem como objetivo a universalização dos serviços de saneamento.

O Quadro 7 mostra a descrição do efeito (positivo ou negativo) que cada indicador selecionado tem sobre o índice geral de regionalização.

Quadro 8: Critérios e efeito dos indicadores

ÍNDICE	CLASSE	INDICADOR	EFEITO
Índice composto para a regionalização do saneamento	Socio-econômico	IDHM – Índice de Desenv. Humano Municipal	+
		Área (km ²)	-
		PIB per capita (R\$)	+
		Grau de Urbanização (%)	+
		Índice de Gini	-
	Operacional	Índice de hidrometração (%)	+
		Extensão da rede de água por ligação (%)	+
		Índice de atendimento urbano de água (%)	+
		Índice de perdas na distribuição (%)	-
		Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. (%)	-
		Índice de atendimento rural de água (%)	+
		Atendimento Urbano por rede coletora de esgoto (%)	+
		Atendimento Urbano com tratamento de esgoto (%)	+
		Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	+
	Financeiro	Despesa total com os serv. faturados (R\$/m ³)	-
		Tarifa média praticada (R\$/m ³)	-
		Indicador de desempenho financeiro (%)	+
		Índice de evasão de receitas (percentual)	-
		Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	+
	Qualidade	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	-
		Incidência das análises de turbidez fora do padrão	-
		Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	-

Fonte: Autora (2024)

Os valores normalizados dos indicadores para cada município da Paraíba estão disponíveis no Apêndice A.

4.1.4 Resultados dos pesos, agregação de indicadores (Entropia de Shannon e Vikor) e obtenção do IGReg

A Tabela 13 mostra os pesos finais obtidos por classes de indicadores pelo método da Entropia de Shannon para o índice de regionalização da Paraíba. A partir dos resultados observados na tabela a classe com o maior percentual foi a de indicadores operacionais, seguida pela classe financeira, socioeconômica, e, por último, a de qualidade da água.

A agregação dos indicadores ponderados de cada classe foi realizada pelo método Vikor chegando ao valor do Índice Geral de Regionalização individual para cada um dos 223 municípios do estado da Paraíba. Os resultados obtidos para esses IG_{regs} estão exibidos no Apêndice B.

Tabela 14: Pesos dos indicadores obtidos pela Entropia de Shannon

ÍNDICE	CLASSES	INDICADOR	PESO
Índice composto para a regionalização- do saneamento	Socio-econômico	IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Área (km ²) PIB per capita (R\$) Grau de Urbanização (%) Índice de Gini	23,18%
	Operacional	Índice de hidrometração (%) Extensão da rede de água por ligação (%) Índice de atendimento urbano de água (%) Índice de perdas na distribuição (%) Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. (%) Índice de atendimento rural de água (%) Atendimento Urbano por rede coletora de esgoto (%) Atendimento Urbano com tratamento de esgoto (%) Atendimento rural por solução adequada de esgoto (%)	37,10%
	Financeiro	Despesa total com os serviços faturados (R\$/m ³) Tarifa média praticada (R\$/m ³) Indicador de desempenho financeiro (%) Índice de evasão de receitas (percentual) Índice de Suficiência de Caixa (percentual)	24,53%
	Qualidade	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão Incidência das análises de turbidez fora do padrão Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	15,19%

Fonte: Autora (2024)

Assim como ocorreu nos trabalhos de Carvalho (2023), Chae *et al.* (2022) e Zhu *et al.* (2020), os métodos de Shannon e Vikor tiveram boa aplicabilidade e produziram resultados coerentes com a realidade.

4.2 AVALIAÇÃO DOS ARRANJOS REGIONAIS OBTIDOS A PARTIR DO MODELO PROPOSTO

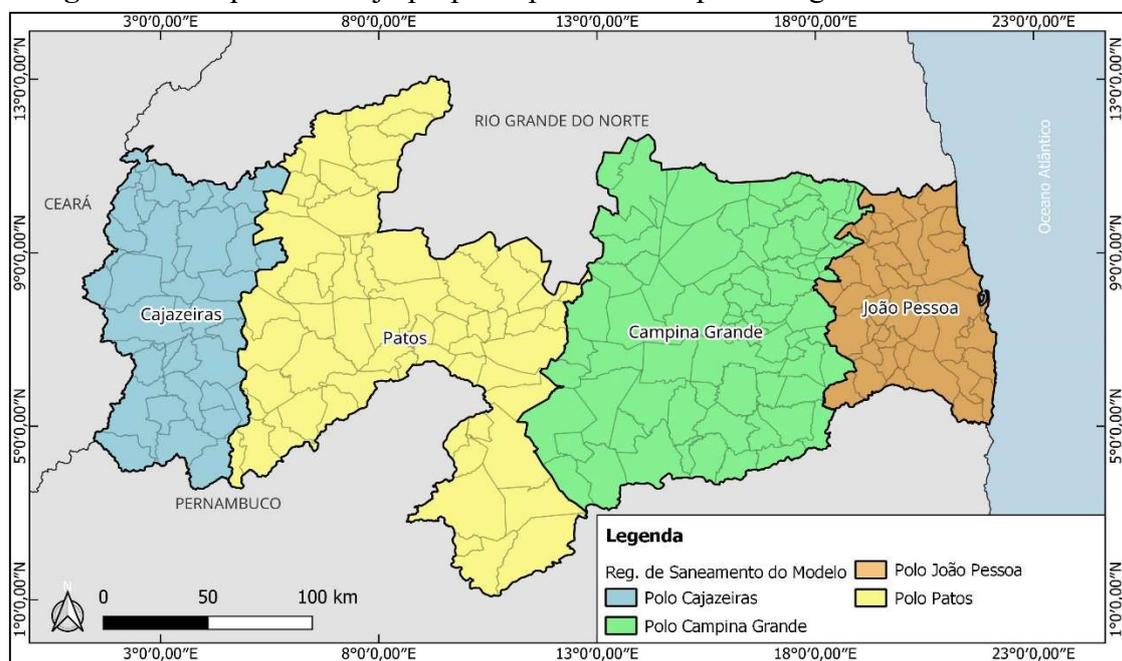
4.2.1 Respostas do modelo à distribuição das regionais de água e esgotamento sanitário na Paraíba

Os mapas com os resultados dos arranjos regionais obtidos pelo modelo proposto considerando 4, 5, 6, 7 e 8 polos estão ilustradas nas Figuras 22, 23 24, 25 e 26, respectivamente. Para a análise, cada regional foi identificada pelo nome do polo ligado a ela. O primeiro arranjo, ilustrado na Figura 22, apresenta quatro agrupamentos de municípios, em que João Pessoa, Campina Grande, Patos e Cajazeiras são “âncoras” das regionais, ou seja, devem dar suporte, especialmente financeiro, para garantir a

sustentabilidade da regional e universalização dos serviços prestados até o prazo previsto pela Lei nº14.026/20.

Atualmente, a Paraíba possui quatro regionais denominadas: Litoral, Borborema, Espinharas e Alto Piranhas, instituídas pela Lei nº 168/2021, alterada pela Lei Complementar nº 182/2023 que têm como principais municípios suportes, João Pessoa, Campina Grande, Patos e Souza, três dos quais, também são municípios polos do arranjo obtido pelo modelo proposto nesta pesquisa. Exceção se faz para Souza, substituída por Cajazeiras. Além da diferença em relação aos polos, também podem ser observadas variações entre os municípios que compõem cada regional e a quantidade deles.

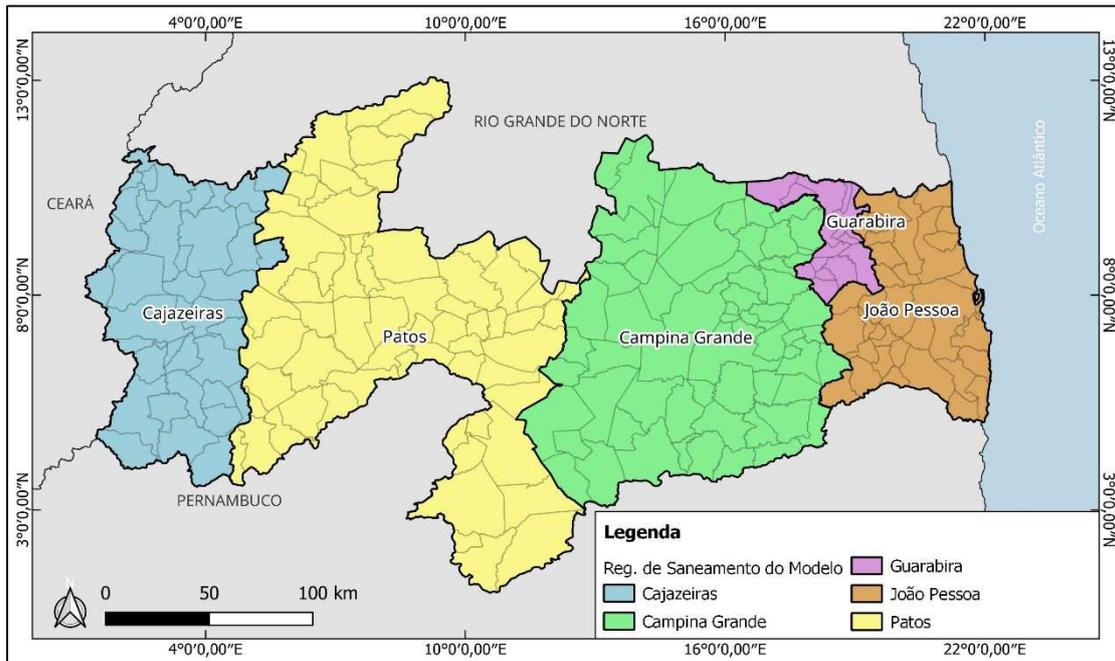
Figura 22: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 4 regionais de saneamento.



Fonte: Autora (2024)

A Figura 23 traz a distribuição espacial das regionais de água e esgotamento sanitário levando-se em consideração a existência de cinco agrupamentos, sendo incluído nesse arranjo, o polo Guarabira. A integração de Guarabira às regionais já existentes permite a redistribuição de municípios que antes pertenciam aos agrupamentos de João Pessoa e Campina Grande. Essa alteração poderá trazer benefícios ou não aos novos arranjos formados. Observa-se também que as regionais Cajazeiras e Patos não sofreram alteração.

Figura 23: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 5 regionais de saneamento.

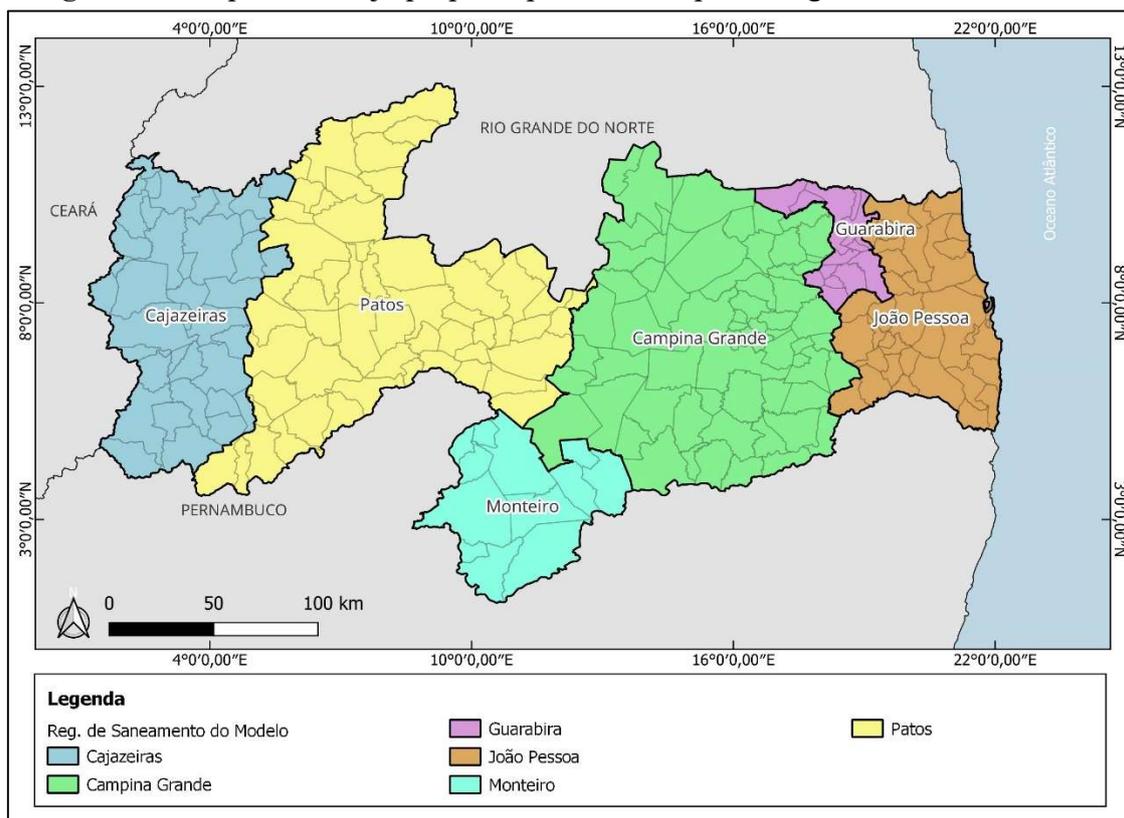


Fonte: Autora (2024)

A distribuição do estado da Paraíba em seis regionais é mostrada na Figura 24. A regional cujo polo é Monteiro foi acrescentada aos agrupamentos. Neste caso, a nova regional absorve municípios anteriormente pertencentes às regionais Campina Grande e Pátos, principalmente dessa última. Os demais grupos permanecem inalterados e as conclusões sobre a viabilidade desse arranjo só poderão ser feitas a partir da avaliação de aspectos diversos abordados mais a frente nesse estudo.

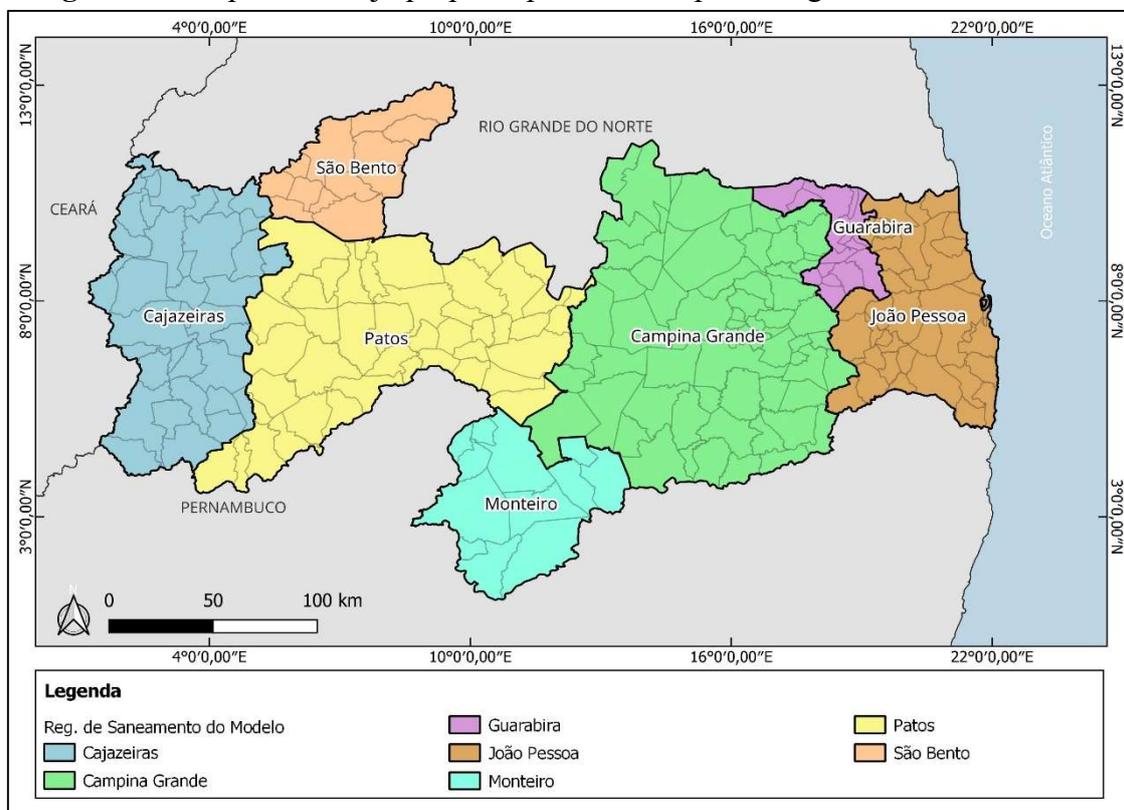
O arranjo com sete regionais de saneamento (Figura 25) faz uma redistribuição apenas da regional Pátos, reduzindo a quantidade de municípios ligados esse polo e criando uma nova regional cujo polo é São Bento. As demais microrregiões permanecem com a mesma estrutura apresentada na Figura 24 (6 polos). Mais a diante, serão avaliados aspectos sócio econômicos, operacionais, financeiros e de qualidade da água que apontarão respostas em relação a autossuficiência do arranjo criado.

Figura 24: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 6 regionais de saneamento.



Fonte: Autora (2024)

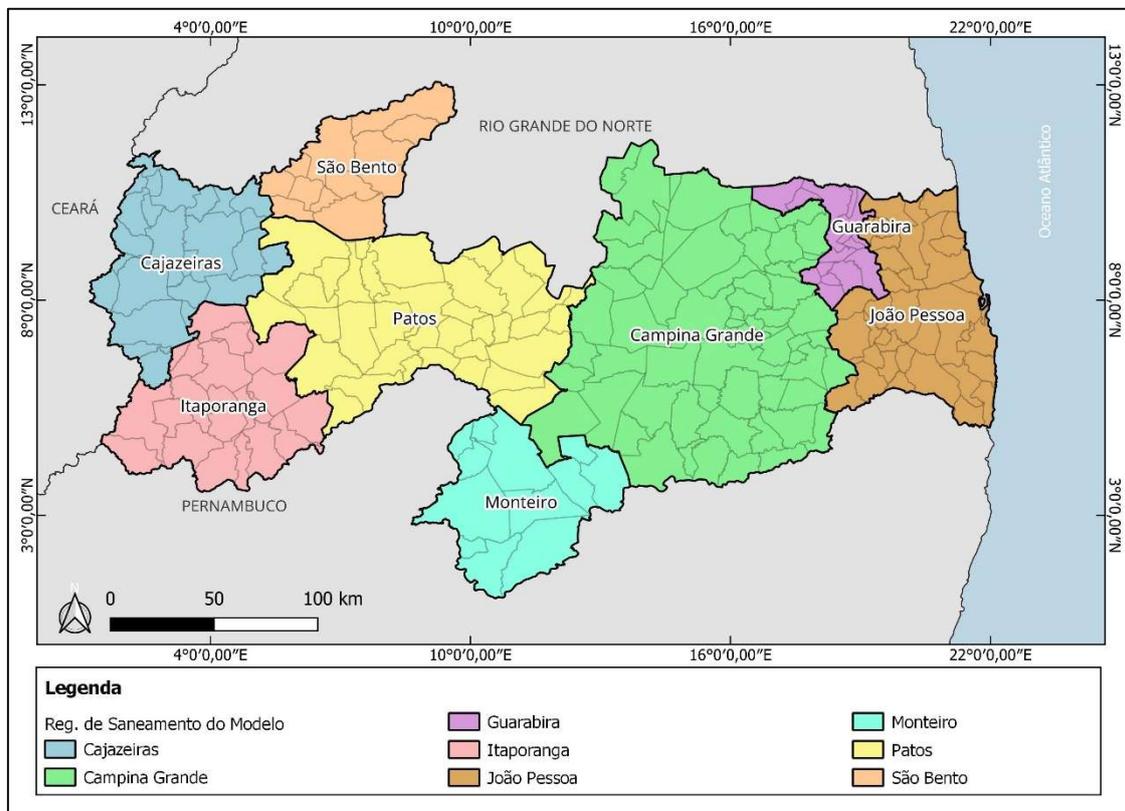
Figura 25: Mapa do arranjo proposto pelo modelo para 7 regionais de saneamento.



Fonte: Autora (2024)

Por fim, o último arranjo construído pelo modelo apresenta a divisão das microrregionais em oito partes (Figura 26), criando mais um agrupamento no sertão do Estado cujo polo é Itaporanga e alterando a estrutura das regionais Patos e Cajazeiras. Conforme dito anteriormente, a sustentabilidade desse arranjo será avaliada sob diferentes aspectos mas observa-se que as mudanças nos mapas em 5, 6, 7 e 8 se dão, muito fortemente, modificando a regional Patos e reduzindo, consideravelmente o número de municípios agregados a ela a partir da criação das regionais São Bento, Monteiro e Itaporanga.

Figura 26: Mapa do arranjo obtido com o modelo para 8 regionais de saneamento.



Fonte: Autora (2024)

Diante das possibilidades criadas pelo modelo proposto foram escolhidos alguns indicadores socioeconômicos, operacionais, financeiros e de qualidade de água relevantes para avaliar o comportamento das regionais e obter respostas sobre quais apresentam maior possibilidade de serem implantadas com sucesso no estado da Paraíba. O Quadro 8 resume as análises a serem realizadas.

Quadro 9: Aspectos a serem avaliados para análise da sustentabilidade dos arranjos propostos

Análises	Aspectos	Classe
Análise 1	Distribuição da População	Socioeconômica
Análise 2	Distribuição dos municípios	
Análise 3	Índice de desenvolvimento Humano - IDH	
Análise 4	PIB per capita	
Análise 5	Índice de atendimento de abastecimento de água nas zonas urbana e rural	Operacional
Análise 6	Índice de atendimento de esgotamento sanitário nas zonas urbana e rural	
Análise 7	Índice de suficiência de caixa	Financeiro
Análise 8	Incidência de cloro fora do padrão	Qualidade de água

Fonte: Autora (2024)

4.2.2 Análise dos arranjos regionais

a) Análise 1: Distribuição da população

De acordo com o censo demográfico do IBGE (2022) o Estado da Paraíba possui uma população de aproximadamente 4 milhões de habitantes disposta entre seus 223 municípios. A princípio, entende-se que, quanto maior a população em uma regional, maior também será o desafio enfrentado para garantir a universalização dos serviços. De fato, esse entendimento é verdadeiro, entretanto, a análise da sustentabilidade de uma regional a partir da distribuição populacional é mais complexa, não se restringindo apenas a número de pessoas e, por isso, necessita ser explorada para obtenção de conclusões mais aprofundadas.

O estudo da distribuição populacional nas regionais de saneamento básico é fundamental para garantir uma alocação equitativa de recursos e para entender onde estão as maiores demandas por serviços. Essa análise também pode ser usada para monitorar a eficácia das políticas públicas e identificar áreas que necessitam de maior atenção.

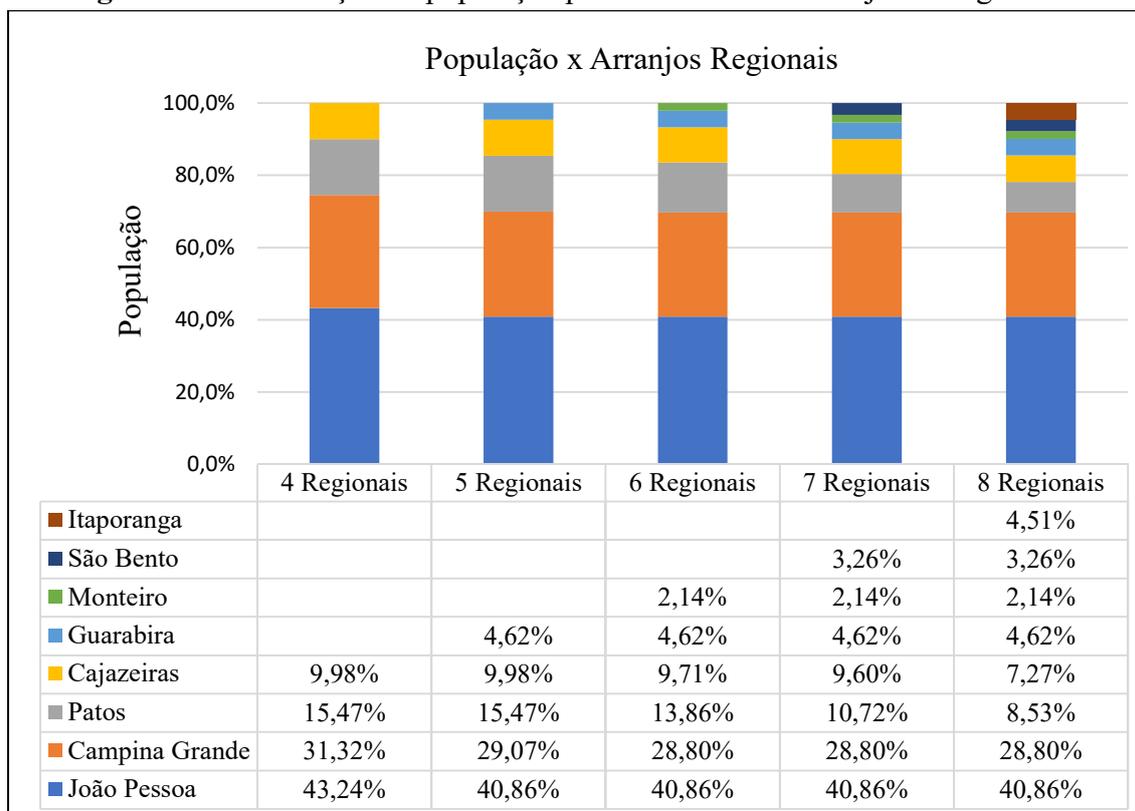
Partindo dessa percepção, a Figura 27 apresenta a distribuição da população da Paraíba para os diferentes arranjos de microrregiões de saneamento estudados (4, 5, 6, 7 e 8 regionais).

Os resultados apontam que as microrregionais com maior população, independente do arranjo escolhido, são João Pessoa, com uma faixa de 43,24 e 40,86%, e Campina Grande com percentual variando de 31,32 a 28,8%. Essas duas regionais juntas podem concentrar aproximadamente 70% da população do estado para o cenário com oito regionais e até 75% em um cenário com quatro regionais. O restante do percentual encontra distribuído entre as demais microrregiões (Patos (15,47 a 8,53%),

Cajazeiras (9,98 a 7,27%), Guarabira (4,62%), Monteiro (2,14%), São Bento (3,26%) e Itaporanga (4,51%).

Desse modo, percebe-se que, a distribuição da população não sofreu grande variação com a mudança de arranjos regionais uma vez que está majoritariamente concentrada nas regionais de João Pessoa e Campina Grande. Um dos argumentos para justificar esse resultado é que os dois maiores municípios do estado (João Pessoa e Campina Grande) possuem grandes contingentes populacionais (1.253.3011 pessoas juntos) que elevam os percentuais das regionais associadas e esses polos.

Figura 27: Distribuição da população para os diferentes arranjos de regionais.



Fonte: Autora (2024)

Aparentemente, as regionais com maior potencial para garantir um atendimento mais eficaz às metas estabelecidas pela Lei Federal nº 14.026/2021 para universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário seriam aquelas associadas aos polos maiores e detentores das melhores condições socioeconômicas, neste caso, João Pessoa e Campina Grande. Em tese, essas regionais seriam as mais atrativas para o gestor, pois garantiriam, por meio de subsídio cruzado, uma equidade dos serviços de saneamento e, conseqüentemente, um aumento do índice de acesso aos serviços para os municípios que fazem parte dessas regionais.

No entanto, a realidade mostra que os grandes centros urbanos, por sua densidade populacional, demandam uma infraestrutura robusta e eficiente para atender às necessidades de saneamento básico. A concentração de população em áreas urbanas tende a sobrecarregar os sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, exigindo maior capacidade de investimento e manutenção contínua. Além disso, a expansão das cidades frequentemente ultrapassa a capacidade de planejamento e implantação de serviços, resultando em áreas periféricas sem cobertura adequada.

Por outro lado, os grandes centros urbanos geralmente recebem maior atenção e investimentos em infraestrutura, devido à sua importância econômica e política. Isso pode criar desigualdades regionais, onde áreas menos populosas ou rurais, sob a jurisdição das mesmas regionais de saneamento, recebem menos recursos e apresentam uma infraestrutura deficiente. Estudos (Cruz, *et al.* (2020), Landau e Moura (2016); Resende, Ferreira e Fernandes (2018); Saiani e Toneto Júnior (2010)); mostram que o saneamento básico nas áreas urbanas é prioritário, enquanto as áreas rurais e pequenas cidades muitas vezes ficam à margem dos investimentos.

Logo, analisando as estruturas de regionalização propostas sob ótica populacional, uma divisão do Estado em um maior número de regionais poderia propiciar mais uniformidade de atendimento entre os grandes e pequenos centros urbanos e também em áreas rurais e comunidades isoladas.

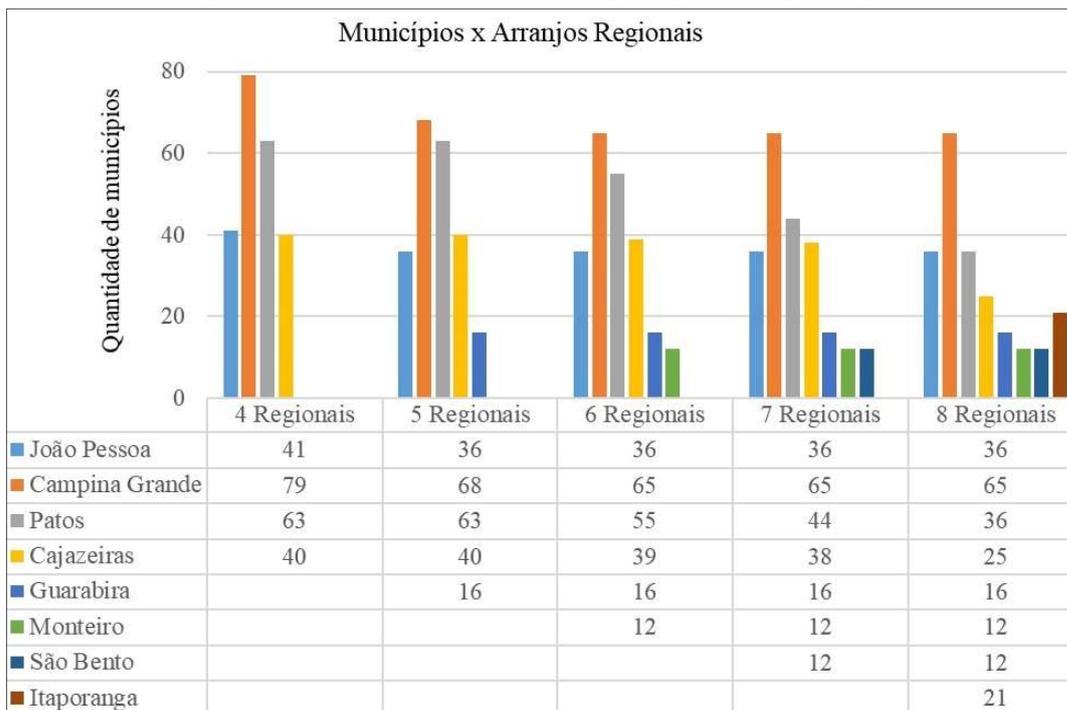
a) *Análise 2: Distribuição dos municípios*

A Figura 28 apresenta a informação da quantidade de municípios que cada regional agrega de acordo com a divisão analisada. Observa-se que as regionais Campina Grande e Patos são as que agrupam a maior quantidade de municípios em quase todas as divisões que foram simuladas. A regional João Pessoa, apesar de sua importância, apresentou um número relativamente baixo de municípios agregados em todas as simulações realizadas e, em alguns cenários, uma distribuição bem semelhante a regional Cajazeiras, cujo polo possui potencial de suporte bem inferior a João Pessoa.

Regionais de saneamento que abrangem um grande número de municípios geralmente enfrentam maior complexidade administrativa. Segundo Roland, Rezende Heller (2020), a diversidade de características econômicas, sociais e geográficas entre os municípios pode dificultar a implementação de políticas uniformes e eficazes de saneamento. Municípios maiores e com maior capacidade financeira podem ter mais influência na distribuição de recursos, enquanto municípios menores podem ser marginalizados, resultando em uma prestação de serviços desigual.

Nas regionais Guarabira, Monteiro, São Bento e Itaporanga o número de municípios é constante para as divisões 5, 6, 7 e 8 polos. E as regionais de Patos e Cajazeiras são as que mais sofrem variação do número de municípios com o aumento das subdivisões. Assim, o modelo tenta equilibrar essa relação reduzindo a quantidade de municípios associados a essa regional e, conseqüentemente, buscando a melhor resposta para o atendimento ao saneamento básico.

Figura 28: Quantidade de municípios por arranjos regionais.



Fonte: Autora (2024).

Magalhães (2017) comenta que a eficiência do serviço tende a ser afetada pela capacidade de coordenação entre os municípios e a regional. Um número elevado de municípios pode gerar dificuldades na gestão integrada, tornando o planejamento e a execução das ações de saneamento mais desafiadores. Quando uma regional é responsável por muitos municípios, os recursos financeiros e técnicos disponíveis precisam ser distribuídos entre eles. Isso pode resultar em um nível de serviço inferior em alguns municípios, especialmente aqueles com menor capacidade de contribuição financeira ou com menor prioridade estratégica.

Quanto maior o número de municípios sob a responsabilidade de uma regional, maior a chance de desigualdade na prestação de serviços. Municípios menores ou mais isolados geograficamente podem sofrer com serviços de menor qualidade, enquanto municípios mais centrais ou maiores podem receber um serviço mais eficiente.

Por outro lado, Cruz (2021), Ghinis e Fochezatto (2019) e Medeiros e Rodrigues, (2021) afirmam que a concentração de muitos municípios em uma regional pode permitir economias de escala. Isso ocorre quando a prestação de serviços compartilhados reduz os custos unitários, permitindo uma maior eficiência. Porém, essas economias dependem de uma boa gestão e de uma infraestrutura adequada que suporte a demanda coletiva.

Diante do exposto, é de se esperar que um número menor de municípios agregados permita um maior controle sobre os serviços prestados e uma melhor gestão da regional. Souza (2023) evidencia a necessidade de políticas públicas que abordem as desigualdades na distribuição de recursos e na qualidade do serviço prestado e promovam uma gestão mais equitativa e eficiente.

b) Análise 3: Índice de Desenvolvimento Humano do Município - IDHM

De acordo com o PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), o IDHM é uma medida que avalia desenvolvimento humano a partir de três dimensões básicas: educação, longevidade e renda. Especialmente a dimensão longevidade está intrinsecamente ligada a saúde e as condições de saneamento básico a que estão submetidas as populações.

O valor desse indicador pode variar de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento do local. A classificação dos municípios nas regionais em relação ao IDHM é importante para direcionar investimentos das políticas públicas na área de saneamento com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população. O PNUD (2010) apresenta uma classificação do IDHM por faixa conforme indicado na Tabela 14.

A Tabela 14 também apresenta os resultados do IDHM para os municípios da Paraíba. Dos 223 municípios do Estado, 68% apresentam IDHM baixo e apenas 5 (2%) municípios encontram-se na classificação alta, refletindo as desigualdades existentes entre os municípios do estado. A regionalização pode ser utilizada como instrumento de mitigação dessas desigualdades.

Entretanto, embora a regionalização tenha potencial para reduzir disparidades no IDHM, há desafios significativos. Faxina *et al.* (2018) apontam que a diversidade socioeconômica e geográfica entre as regiões pode dificultar a implementação de políticas uniformes e eficazes. Regiões com menor IDHM, por exemplo, podem carecer de infraestrutura e de capacidade administrativa para aproveitar plenamente os benefícios da regionalização, perpetuando assim o ciclo de desigualdade.

Tabela 15: Classificação do IDHM

IDHM	Classificação	Nº de Municípios	Percentual
Muito Alto	1,00-0,800	0	0%
Alto	0,799 – 0,700	5	2%
Médio	0,699 – 0,600	66	30%
Baixo	0,599 – 0,500	152	68%
Muito baixo	0,499 – 0	0	0%
Total	-	223	100%

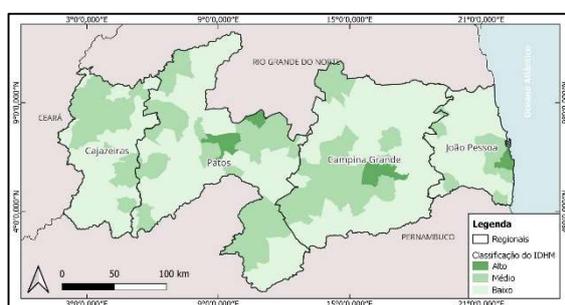
Fonte: PNUD (2010) e Autora (2024)

As Figuras 29 (a, b, c, d e e) mostram a distribuição espacial do IDHM nas divisões de saneamento da Paraíba, considerando 4, 5, 6, 7 e 8 polos, respectivamente. Dos oito municípios polos avaliados, apenas três (João Pessoa (0,763), Campina Grande (0,720) e Patos (0,701) possuem IDHM alto, quatro (Cajazeiras (0,679), Guarabira (0,673), Monteiro (0,628), Itaporanga (0,615)) apresentam IDHM médio e um (São Bento (0,580)) possui IDHM baixo. No entanto, em todas as regionais há municípios com diferentes níveis de desenvolvimento, isso é um fator importante para o processo de regionalização, pois municípios mais desenvolvidos podem dar suporte financeiro a municípios menores e, com condições de saneamento mais difíceis.

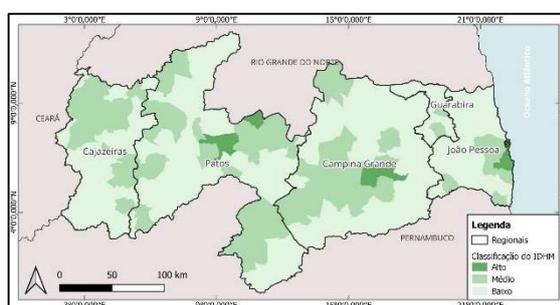
Para Godoy e Soares (2020) os municípios que apresentam maior desenvolvimento humano, conforme indicado pelo IDHM, tendem a ser aqueles que também possuem maior infraestrutura e melhor acesso a serviços públicos de qualidade.

Figura 29: Mapas da distribuição do IDHM.

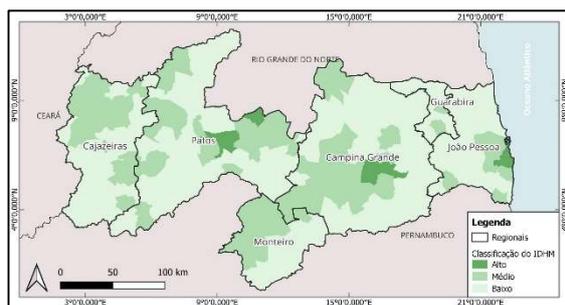
a) Distribuição com 4 Regionais



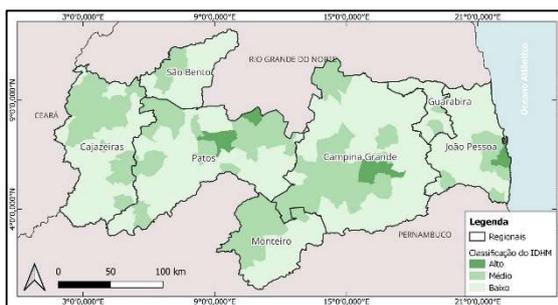
b) Distribuição com 5 Regionais



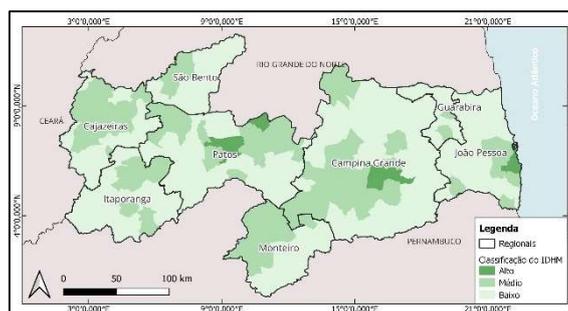
c) Distribuição com 6 Regionais



d) Distribuição com 7 Regionais



e) Distribuição com 8 Regionais



Fonte: Autora (2024)

Estudando o valor do IDHM (Tabela 15) nos arranjos regionais propostos pelo modelo, observou-se que apenas a regional Monteiro obteve valor de IDHM dentro da faixa média, todas as demais regionais apresentaram classificação baixa. Como os municípios com baixo desenvolvimento humano são maioria e prevalecem sobre os demais, quando avaliados os agrupamentos regionais, os valores médios do indicador são direcionados para baixo. Este fato justifica a classificação baixa na maioria das regionais.

Tabela 16: Média do IDHM nas regionais

Regionais	Média do IDHM por regional				
	4	5	6	7	8
Campina Grande	0,583	0,584	0,583	0,583	0,583
João Pessoa	0,583	0,579	0,579	0,579	0,579
Cajazeiras	0,589	0,589	0,590	0,591	0,592
Patos	0,595	0,595	0,593	0,594	0,596
Guarabira		0,588	0,588	0,588	0,588
Monteiro			0,601	0,601	0,601
São Bento				0,589	0,589
Itaporanga					0,586

Fonte: Autora (2024)

Guimarães e Jannuzzi (2005) alertam que as médias aritméticas usadas no IDHM homogeneizaram realidades distintas. O IDHM impede, portanto, a identificação de

municípios segundo suas carências de políticas sociais específicas. Essa limitação faz que o IDHM não seja robusto para a seleção de municípios que serão alvo de políticas públicas, uma vez que municípios com mesmo IDHM podem apresentar requerimentos de políticas sociais completamente distintos.

Analisando o arranjo com quatro agrupamentos e comparando a evolução do IDHM dessas quatro regionais, João Pessoa, Campina Grande, Patos e Cajazeiras, percebe-se que João Pessoa reduz o IDH com o aumento do número de regionais, Campina Grande permanece sem alteração e Patos e Cajazeiras aumentam discretamente a média inicial.

Portanto, é possível perceber que o acréscimo de novas regionais não altera de modo significativo a classificação geral das regionais já existentes, provavelmente devido há uma boa distribuição espacial de municípios com IDHM médio, o que leva ao entendimento que um maior número de regionais, neste caso, não causaria um grande impacto no valor do IDHM médio das regionais.

É oportuno acrescentar que na discussão foi avaliado apenas o aumento do número de regionais e não os benefícios da regionalização para a melhoria do IDH dos municípios. Estudos de caso em diferentes estados brasileiros mostram como a regionalização tem sido aplicada para melhorar o IDHM. Martins e Nascimento (2018), por exemplo, analisam a experiência de regionalização no estado do Paraná, onde a criação de consórcios intermunicipais ajudou a melhorar o indicador de saúde refletindo possivelmente, em um aumento no IDHM dos municípios. Esse tipo de abordagem integrada e cooperativa entre municípios tem se mostrado eficaz na redução de desigualdades regionais.

A Fundace (2024) sugere que a regionalização permite uma melhor distribuição de recursos e serviços, uma vez que considera as especificidades locais e direciona esforços para áreas de maior necessidade. No entanto, a efetividade dessas políticas depende da capacidade de gestão local e da coordenação entre os diferentes níveis de governo. Essas interações talvez sejam mais complexas com um número maior de arranjos regionais.

O uso do IDHM como ferramenta para o planejamento regional pode ajudar a identificar áreas prioritárias para intervenção. O monitoramento contínuo do IDHM em diferentes regiões permite ajustar as políticas públicas de acordo com as necessidades emergentes, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

Entretanto, embora a regionalização tenha potencial para reduzir disparidades no IDHM, ainda há desafios significativos a serem vencidos. Guerrini *et al.* (2018) apontam

que a diversidade socioeconômica e geográfica entre as regiões pode dificultar a implementação de políticas uniformes e eficazes. Regiões com menor IDHM, por exemplo, podem carecer de infraestrutura e de capacidade administrativa para aproveitar plenamente os benefícios da regionalização, perpetuando assim o ciclo de desigualdade.

c) Análise 4: PIB per capita

O PIB per capita é uma medida fundamental da riqueza que representa a média da renda por habitante de uma determinada região, sendo considerado um indicador importante para avaliar o nível de desenvolvimento econômico e o bem-estar de uma população (Silva, Oliveira e Mendes, 2020). Quando analisado em relação ao saneamento básico, ele exerce uma influência significativa na regionalização e na qualidade dos serviços de saneamento prestados.

Esse indicador é um fator determinante na regionalização do saneamento, influenciando tanto a capacidade de investimento quanto na eficácia da prestação dos serviços (Rocha e Ribeiro, 2022). Para reduzir as desigualdades regionais e melhorar o acesso ao saneamento, é essencial que políticas de regionalização considerem o contexto econômico das regiões envolvidas, promovendo mecanismos de redistribuição de recursos e suporte técnico onde necessário.

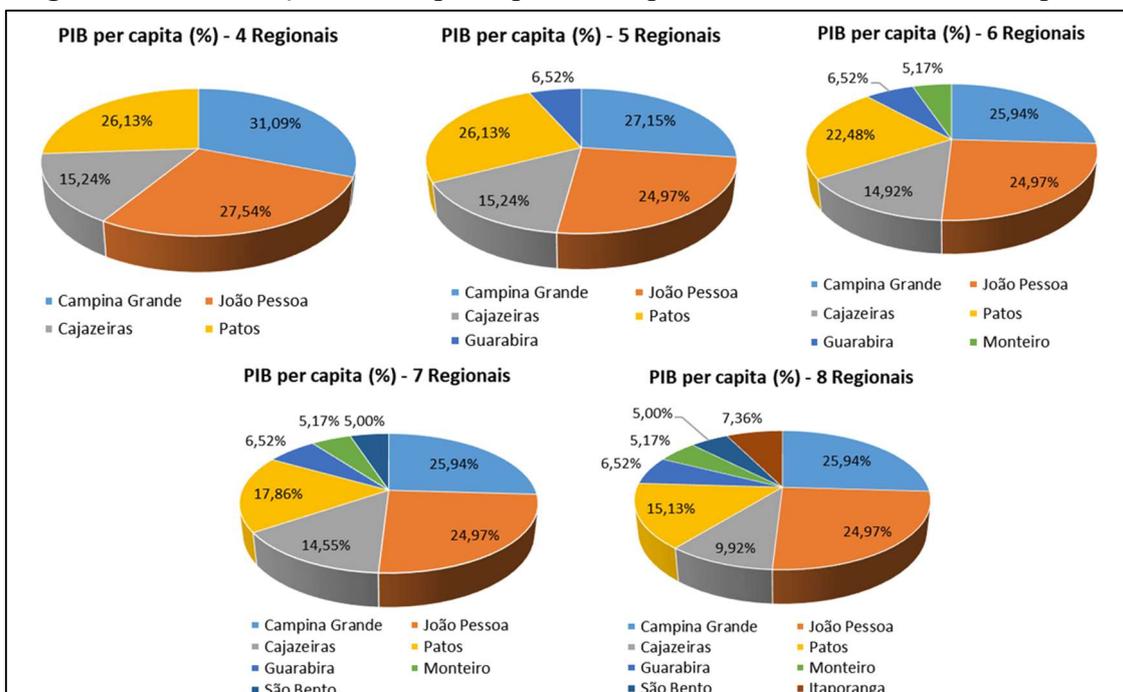
Sendo assim, com a finalidade de verificar a distribuição do PIB per capita nos arranjos obtidos com o modelo proposto, foram realizadas análises da distribuição desse indicador por regional (Figura 30), associadas à capacidade financeira e às disparidades de cada microrregião de saneamento.

A distribuição em quatro microrregiões mostra uma equidade nos percentuais do PIB per capita por regional. Campina Grande, João Pessoa, Patos e Cajazeiras apresentam valores de PIB per capita médios de 31,09%, 27,54%, 26,13% e 15,24%, respectivamente. Por outro lado, à medida que o número de agrupamentos aumenta, o percentual desse indicador para a nova regional formada é bem pequeno, variando de 5 a 7,36%, como pode ser visto na figura para cinco, seis, sete e oito divisões. Os arranjos com mais agrupamentos podem não ser autossuficientes para garantir a eficácia, a capacidade financeira e de investimento da regional, ao mesmo tempo pode comprometer o desempenho de outras regionais como, por exemplo, Patos e Cajazeiras, que apresentam redução no percentual de PIB per capita.

As variações no PIB per capita entre diferentes regiões podem agravar as desigualdades no acesso ao saneamento. Em regiões com baixo percentual, a limitação

de recursos impede investimentos adequados, resultando em serviços de saneamento insuficientes. Silveira (2013) destaca que essas disparidades econômicas dificultam a universalização do saneamento, criando uma lacuna significativa entre as regiões mais ricas e as mais pobres.

Figura 30: Distribuição do PIB per capita médio para a divisão de 4, 5, 6, 7 e 8 polos.



Fonte: IBGE (2021)

Regiões com PIB per capita elevado geralmente têm maior capacidade de financiar infraestrutura de saneamento, o que se reflete em melhores serviços e maior cobertura. De acordo com Correia (2023) áreas com maior PIB per capita conseguem alocar mais recursos para a construção e manutenção de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos. Essa capacidade financeira superior permite uma resposta mais eficiente às demandas da população e uma maior sustentabilidade dos serviços.

Também é possível inferir que a regionalização do saneamento pode ser mais eficaz em regiões com PIB per capita mais alto, pois essas áreas têm maior capacidade de mobilizar recursos e administrar os serviços de forma conjunta. Em regiões mais pobres, a regionalização pode enfrentar desafios como a falta de recursos para investimentos iniciais e dificuldades na gestão compartilhada.

Sob essa óptica, observa-se que a distribuição do estado em um número menor de microrregiões pode permitir uma distribuição mais uniforme e igualitária do PIB per

capita, possibilitando maiores condições de universalização e melhoria do desempenho dos serviços de saneamento prestados.

d) *Análise 5: Índice de atendimento de abastecimento de água nas zonas urbana e rural*

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2021) o índice de atendimento de abastecimento de água é um indicador fundamental para avaliar a qualidade e a cobertura do serviço de água potável nos municípios. Ele mede a proporção da população que tem acesso ao serviço em relação ao total de habitantes do município, sendo um dos principais indicadores de saneamento básico. Fazer uma avaliação desse indicador é fundamental para identificar desigualdades regionais e direcionar políticas públicas e investimentos para as áreas mais necessitadas.

A classificação do índice de atendimento de abastecimento de água nos municípios é uma ferramenta indispensável para o planejamento e a execução de políticas públicas de saneamento. Ao identificar as áreas com maior deficiência, é possível direcionar recursos e esforços para melhorar a infraestrutura e garantir o acesso universal a esses serviços básicos. Sendo assim, com base no trabalho de Dari (2016) a classificação desse indicador foi realizada nesse estudo conforme a Tabela 16.

Tabela 17: Percentual de atendimento do índice de abastecimento de água

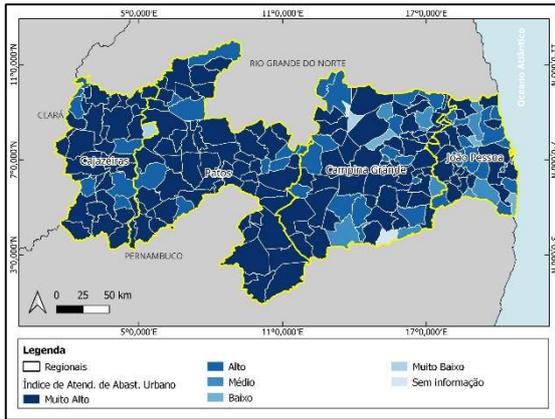
Percentual de atendimento	Classificação
0 – 30%	Muito Baixo
31 – 49%	Baixo
50 – 69%	Médio
70 – 89%	Alto
90 – 100%	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Dari (2016)

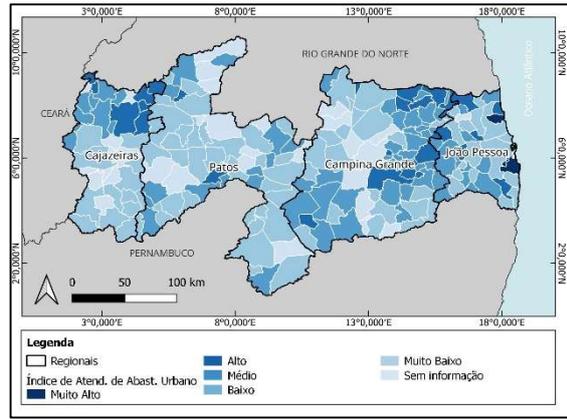
Com a finalidade de avaliar o percentual de atendimento de água na zona urbana e rural do estado da Paraíba por regional, esse indicador foi espacializado, através do software QGIS versão 3.28, considerando todos os arranjos regionais propostos pelo modelo. Os resultados obtidos podem ser observados nas Figuras 31 (a, b, c, d, e, f, g, h, i e j).

Figura 31: Situação de atendimento ao abastecimento de água na zona urbana e rural

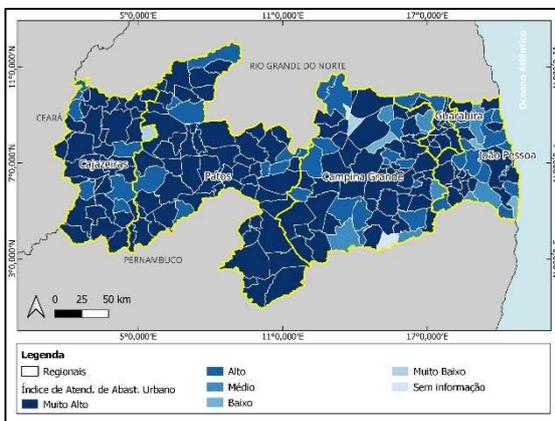
a) Distribuição com 4 Regionais - Urbano



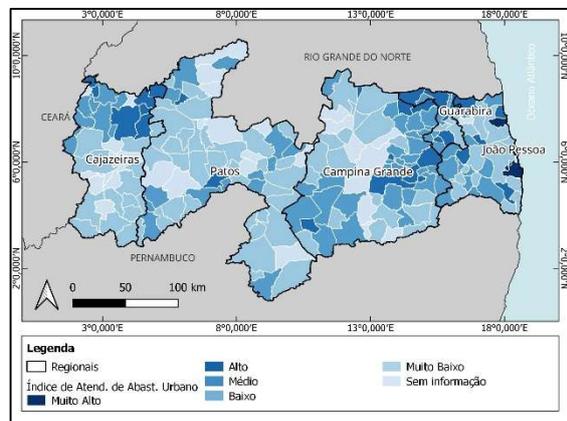
b) Distribuição com 4 Regionais - Rural



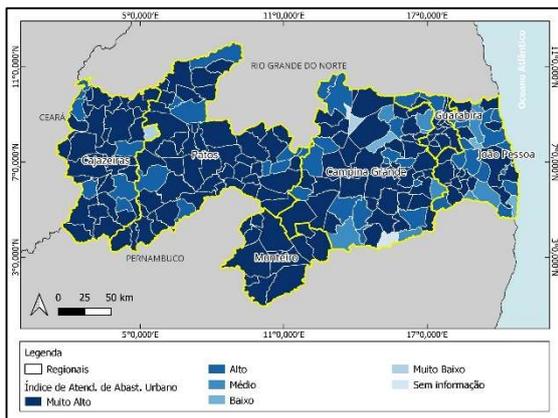
c) Distribuição com 5 Regionais - Urbano



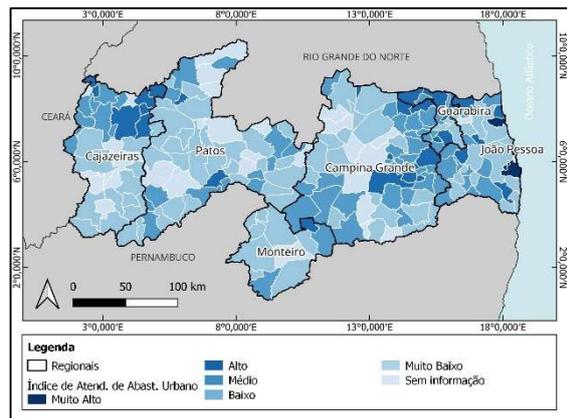
d) Distribuição com 5 Regionais - Rural



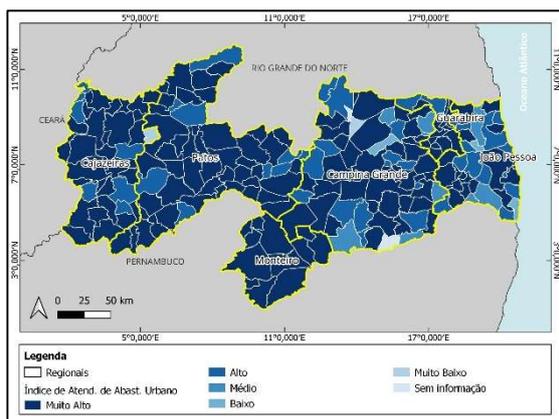
e) Distribuição com 6 Regionais - Urbano



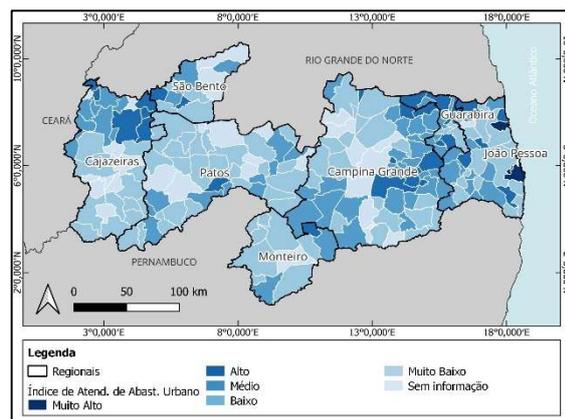
f) Distribuição com 6 Regionais - Rural



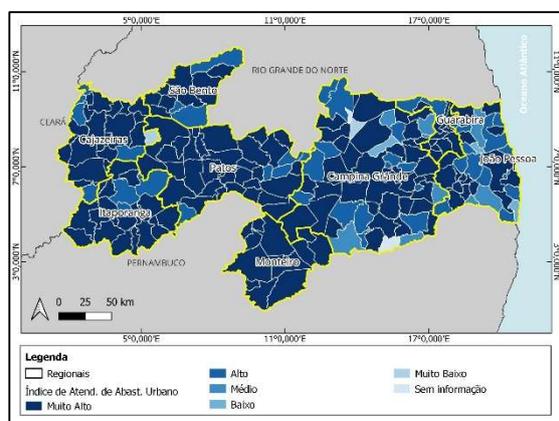
g) Distribuição com 7 Regionais - Urbano



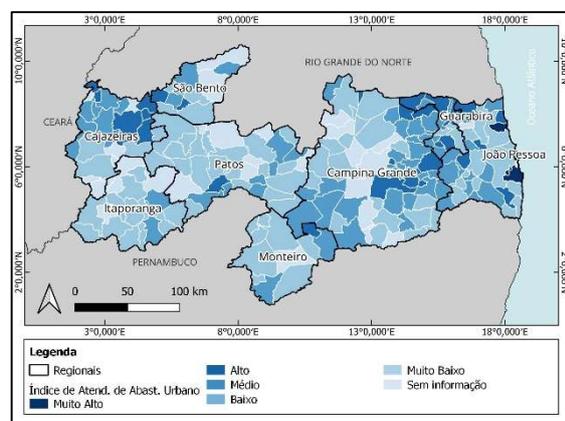
h) Distribuição com 7 Regionais - Rural



i) Distribuição com 8 Regionais - Urbano



j) Distribuição com 8 Regionais - Rural



Fonte: Autora (2024)

Verifica-se que dentro do contexto urbano (Figuras 31a, c, e, g e i) há uma predominância de altos índices de abastecimento de água. Cerca de 94% dos municípios do estado apresentam uma classificação alta ou muito alta de atendimento, ou seja, esses municípios possuem um percentual variando de 70 a 100% e apenas 6% possuem um percentual variando de médio a baixo.

Em geral os centros urbanos maiores e economicamente mais desenvolvidos, como João Pessoa e Campina Grande, apresentam índices elevados, frequentemente acima de 90%, o que sugere uma cobertura quase universal do serviço (SNIS, 2020). Esses números indicam que nessas áreas existem uma infraestrutura bem desenvolvida e a proximidade de fontes de água mais confiáveis. Por outro lado, municípios situados no Sertão paraibano frequentemente enfrentam desafios maiores, com índices de atendimento de abastecimento de água abaixo de 70% (Instituto Trata Brasil, 2021).

Essas disparidades estão associadas tanto à questões econômicas quanto à desafios geográficos. A região do Sertão, caracterizada por um clima semiárido, depende

fortemente de açudes e poços, que podem ser insuficientes durante períodos de seca prolongada, afetando a regularidade e a qualidade do abastecimento (Victral *et al.*, 2020).

Cidades menores e menos desenvolvidas enfrentam adversidades maiores. Os municípios de Patos e Sousa, por exemplo, que são importantes centros regionais mas possuem menos recursos e infraestrutura comparativamente aos maiores centros do estado, têm índices de atendimento de abastecimento de água variando entre 70% e 85% (SNIS, 2020).

Em contrapartida ao analisar o índice de atendimento de abastecimento de água para a zona rural da Paraíba (Figuras 31b, d, f, h e j) observa-se que é mais baixo em comparação com as zonas urbanas. Cerca de 82%, o equivalente a 190 municípios do estado, apresentam uma classificação muito baixa, variando de 0 a 30% de atendimento ao serviço, refletindo a falta de infraestrutura adequada (sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água), bem como a dependência de fontes hídricas naturais que podem se tornar escassas durante os períodos de seca.

A situação é agravada pela dispersão das comunidades rurais, o que dificulta a implementação de sistemas de abastecimento centralizados. Muitos moradores dessas áreas dependem de soluções individuais, como poços artesianos, cisternas e açudes, que nem sempre garantem a qualidade e a regularidade do abastecimento de água (Oliveira, 2019, Silva *et al.*, 2019).

Estudos como Aguiar *et al.* (2024); Uhr e Uhr (2016) e Faxina *et al.* (2019) demonstram que municípios com baixos índices de atendimento de abastecimento de água estão mais vulneráveis a surtos de doenças de veiculação hídrica, como diarreia e cólera. Além disso, a falta de acesso à água potável afeta diretamente a qualidade de vida da população, impactando negativamente a educação, a economia e o desenvolvimento social.

A Tabela 17 traz uma avaliação por regional, para os arranjos estudados com percentual de municípios das zonas urbana e rural que se encontram com um atendimento baixo de água (31 – 49%) seguindo a classificação de Dari (2016). A prestação dos serviços de forma regionalizada tem a finalidade de melhorar esses índices de atendimento, especialmente nas zonas urbanas de municípios menores. Ao integrar municípios em agrupamentos regionais, é possível compartilhar recursos, otimizar a operação dos sistemas de abastecimento e atrair investimentos, tanto públicos quanto privados, para a expansão e modernização da infraestrutura (Instituto Trata Brasil, 2021).

A regionalização do saneamento pode melhorar os índices de atendimento de abastecimento de água também na zona rural, ao integrar essas áreas em regionais que

permitem uma gestão mais eficiente e a otimização de recursos. Com a criação de consórcios intermunicipais, as zonas rurais podem se beneficiar de investimentos compartilhados em infraestrutura hídrica, como a construção de adutoras, sistemas de dessalinização, ampliação de redes de distribuição de água e projetos de transposição de bacias hidrográficas. Ao garantir o fornecimento de água a partir de fontes mais seguras e sustentáveis, é possível reduzir a dependência das comunidades rurais de fontes de água menos confiáveis.

Tabela 18: Percentual de municípios nas regionais com classificação baixa para abastecimento de água

Polos	4		5		6		7		8	
	Urb.	Rural								
J.Pessoa	4,9%	36,6%	4,9%	38,9%	4,9%	38,9%	4,9%	38,9%	4,9%	38,9%
C. Grande	1,3%	27,8%	1,3%	29,4%	1,3%	29,2%	1,3%	29,2%	1,3%	29,2%
Patos	-	54,0%	-	54,0%	-	50,9%	-	54,5%	-	55,6%
Cajazeiras	-	35,0%	-	35,0%	-	33,3%	-	34,2%	-	16,0%
Guarabira	-	-	-	18,8%	-	18,8%	-	18,8%	-	18,8%
Monteiro	-	-	-	-	-	66,7%	-	66,7%	-	66,7%
São Bento	-	-	-	-	-	-	-	33,3%	-	33,3%
Itaporanga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61,9%

Fonte: IBGE (2010); SINISA (2010-2022)

Na distribuição dos percentuais de atendimento urbano de água por blocos, apenas as regionais de João Pessoa e Campina Grande possuem registros de localidades com baixo atendimento de água, independentemente do arranjo regional adotado. Nas outras regionais, nenhum município se enquadra nessa classificação em qualquer dos arranjos sugeridos.

Em geral, as áreas urbanas têm um índice de abastecimento de água mais elevado em comparação às zonas rurais devido a fatores como: a densidade populacional, a infraestrutura existente e a proximidade dos centros de desenvolvimento econômico. Por outro lado, apesar da alta cobertura, as zonas urbanas enfrentam desafios relacionados à manutenção da qualidade da água, perdas na rede de distribuição e, em algumas áreas, a precariedade das infraestruturas antigas. Esses últimos justificam os percentuais de baixo atendimento ainda persistentes nas regionais João Pessoa e Campina Grande.

Diante dos elevados índices de atendimento urbano de água nas regionais, a universalização torna-se mais dependente da expansão do atendimento rural, entretanto, o isolamento geográfico, a dispersão populacional e a dificuldade de manutenção das poucas infraestruturas existentes são algumas das limitações encontradas.

O compartilhamento de custos unitários abordado por Cruz e Ramos (2016) e Narzetti e Marques (2020) e a geração de economias de escalas ajudam a equilibrar os

custos totais de produção da regional permitindo que o atendimento a pequenos municípios seja possível. Desse modo, um questionamento a ser feito é se os maiores municípios de uma determinada regional darão suporte suficiente para garantir o avanço do abastecimento de água no bloco regional como um todo.

Por outro lado, Fabbri e Fraquelli (2000), Antonioli e Filippini (2001) e Guerrini *et al.* (2013) apontam a densidade de clientes como uma importante condição para a redução de custos todas nas regionais e conseqüentemente, aumento do atendimento. Assim, considerando os arranjos regionais sugeridos, as menores regionais, especialmente, Itaporanga e Monteiro, cujos percentuais de ausência de atendimento de água em zonas rurais é superior a 60%, teriam um grande desafio a vencer, uma vez que não são sustentadas por grandes polos estratégicos e nem apresentam alta densidade populacional.

e) Análise 6: Índice de atendimento de esgotamento sanitário nas zonas urbana e rural

O índice de atendimento de esgotamento sanitário é um dos principais indicadores de desenvolvimento e qualidade de vida, refletindo a capacidade do município em fornecer infraestrutura adequada para o tratamento e descarte de esgoto. (Araújo *et al.*, 2020). Na Paraíba, esse índice apresenta variações significativas entre as zonas urbanas e rurais, revelando disparidades regionais e desafios específicos.

Lopes (2015) estabeleceu uma classificação nominal (Tabela 18) para o índice de esgotamento sanitário com base em indicadores de desempenho variados e levando em consideração aspectos relacionados as zonas urbana e rural. Essa classificação foi utilizada na presente pesquisa.

Tabela 19: Percentual de atendimento do índice de esgotamento sanitário

Percentual de atendimento	Classificação
0 – 20%	Muito Baixo
21 – 39%	Baixo
40 – 59%	Médio
60 – 79%	Alto
80 – 100%	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Lopes (2015)

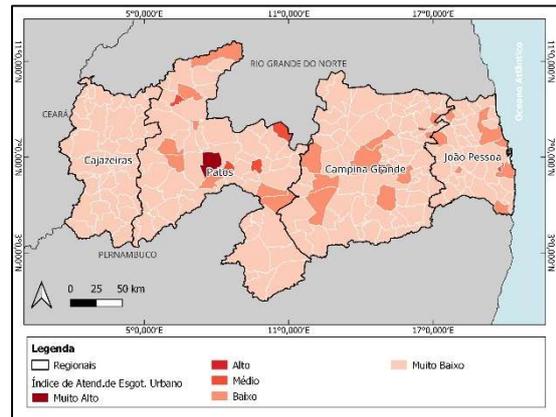
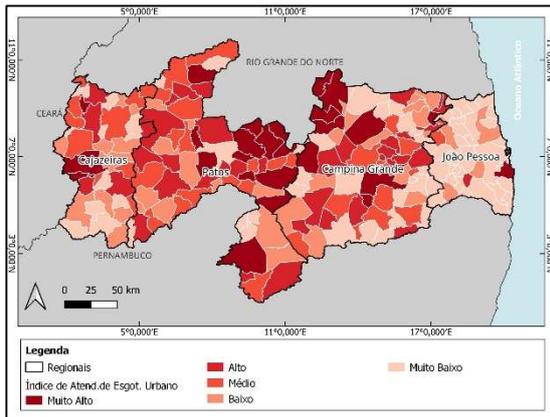
Com o intuito de avaliar o percentual de atendimento de esgotamento sanitário dos municípios do estado da Paraíba, esse indicador foi espacializado, para os arranjos regionais sugeridos pelo modelo e considerando as zonas urbana e rural. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 32 (a, b, c, d, e, f, g, h, i e j).

Analisando inicialmente as respostas individuais por municípios, os mapas revelaram que na zona urbana, apenas 30% deles possuem uma cobertura de atendimento de esgotamento sanitário alta ou muito alta e ainda existe um percentual de 33% de municípios em que o esgotamento é classificado como muito baixo, conforme classificação dada por Lopes (2015).

Figura 32: Situação de atendimento ao esgotamento sanitário na zona urbana e rural

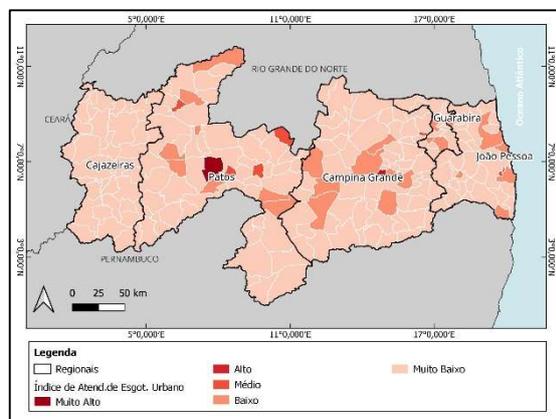
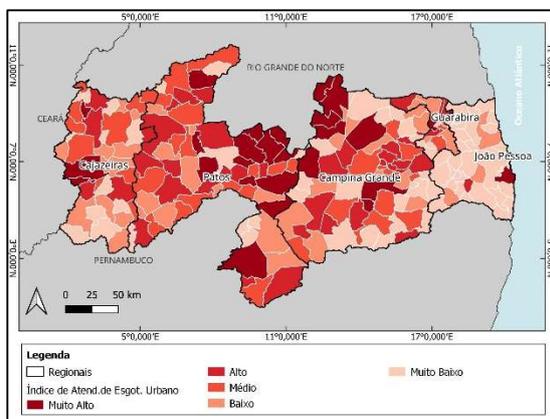
a) Distribuição com 4 Regionais - Urbano

b) Distribuição com 4 Regionais - Rural

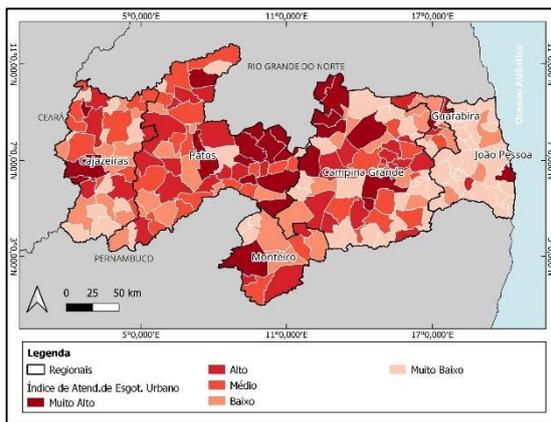


c) Distribuição com 5 Regionais - Urbano

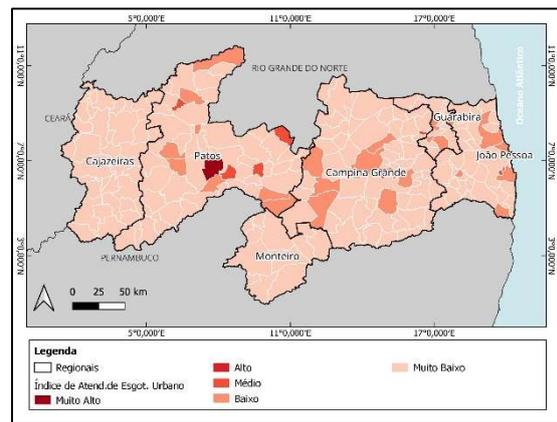
d) Distribuição com 5 Regionais - Rural



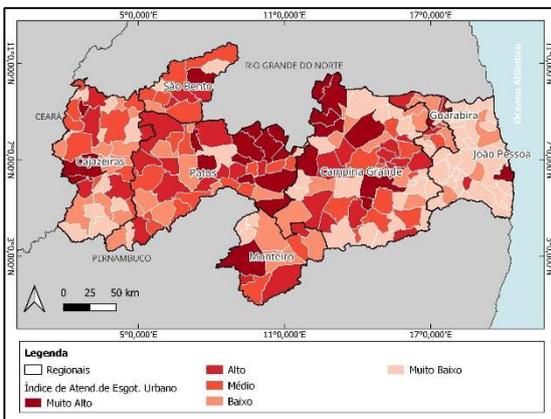
e) Distribuição com 6 Regionais - Urbano



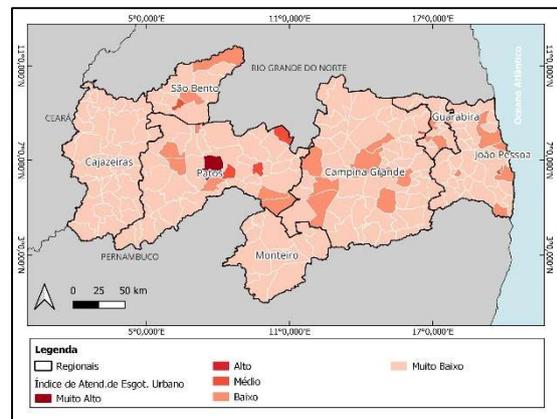
f) Distribuição com 6 Regionais - Rural



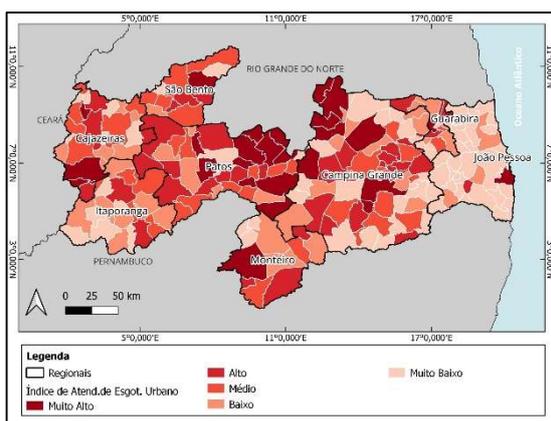
g) Distribuição com 7 Regionais - Urbano



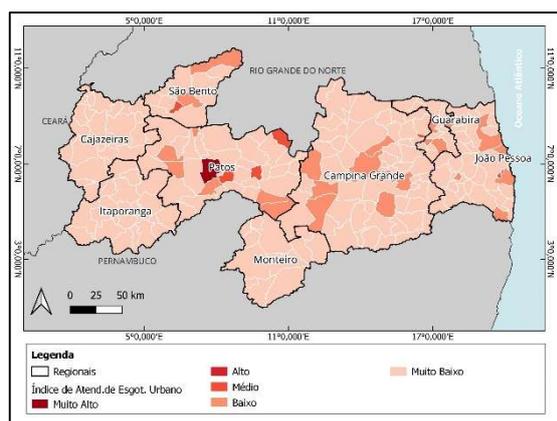
h) Distribuição com 7 Regionais - Rural



i) Distribuição com 8 Regionais - Urbano



j) Distribuição com 8 Regionais - Rural



Fonte: Autora (2024)

Nos maiores centros urbanos do estado, a exemplo de João Pessoa e Campina Grande, os índices de atendimento são altos, com cobertura em torno de 100% a 82%, respectivamente. Isso se deve à maior disponibilidade de recursos, à infraestrutura mais

desenvolvida e à presença de sistemas de tratamento de esgoto que atendem a grande parte da população.

Na zona rural a situação é bem mais crítica. Os mapas mostram que a ausência de sistema de esgotamento sanitário eficiente chega a 85% dos municípios.

As disparidades entre zonas urbanas e rurais no atendimento ao sistema de esgotamento sanitário refletem profundas desigualdades estruturais, econômicas e sociais. Essas diferenças impactam diretamente a qualidade de vida, a saúde pública e o desenvolvimento sustentável das populações.

Historicamente, as políticas públicas de saneamento básico no Brasil têm privilegiado as áreas urbanas, deixando as zonas rurais em segundo plano. O desequilíbrio no planejamento e na alocação de recursos são fatores que permitem a perpetuação das diferenças. Além disso, a falta de planejamento integrado e regionalizado contribui para a continuidade dessas desigualdades, já que muitas áreas rurais permanecem fora das grandes iniciativas de saneamento.

Segundo Gontijo, Ribeiro e Lima (2024) nessa perspectiva, interpretar como a gestão estabelecida no município se comporta e criar condições para o desenvolvimento de ações em áreas rurais pode trazer à tona elementos importantes para a discussão de como ultrapassar o estágio atual, de déficit persistente de serviços de saneamento em áreas rurais do Brasil.

O processo de regionalização pode contribuir para a homogeneização do atendimento por sistemas de esgotamento sanitário nas zonas rurais e urbanas e o alcance às metas estabelecidas pela Lei nº 14026/20. As Figuras 28a, c, e, g e i apresentam a espacialização do atendimento ao esgotamento sanitário na zona urbana para os 4, 5, 6, 7 e 8 regionais, respectivamente. De modo semelhante, as Figuras 28b, d, f, h e j apresentam a espacialização na zona rural, para os cinco arranjos regionais, na nessa ordem.

Para auxiliar a discussão a respeito das possibilidades de regionalizações, a Tabela 19 traz o percentual de municípios, por regional, em situação crítica, ou seja, aqueles que possuem, nas zonas urbana e rural, um baixo acesso ao esgotamento sanitário.

Analisando as Figuras 32a, c, e, g, i e a Tabela 19 para a zona urbana observa-se que a microrregião que tem como polo João Pessoa apresenta o maior percentual de municípios com problemas de esgotamento sanitário ficando acima de 80%, independentemente do arranjo regional adotado. A redistribuição de alguns municípios dessa regional para a regional Guarabira, não alterou positivamente o cenário inicial.

Essa baixa cobertura em algumas áreas urbanas pode ser atribuída à falta de investimentos contínuos, à dificuldade de expansão das redes de esgoto e à gestão ineficiente dos serviços de saneamento

Tabela 20: Percentual de municípios com classificação muito baixa para esgotamento sanitário de acordo o número de regionais.

Polos	4		5		6		7		8	
	Urb.	Rural								
João Pessoa	80,4%	80,5%	83,3%	80,6%	83,3%	80,6%	83,3%	80,6%	83,3%	80,6%
C. Grande	27,8%	84,8%	29,4%	85,3%	30,7%	84,6%	30,8%	84,6%	30,8%	84,6%
Patos	12,7%	79,4%	12,7%	79,4%	9,09%	76,4%	6,82%	77,3%	5,6%	72,2%
Cajazeiras	27,5%	100%	27,5%	100%	28,2%	100%	28,9%	100%	24,0%	100%
Guarabira	-	-	31,2%	81,2%	31,2%	81,2%	31,2%	81,2%	31,2%	81,2%
Monteiro	-	-	-	-	25,0%	100%	25, %	100%	25,0%	100%
São Bento	-	-	-	-	-	-	16,7%	75,0%	16,7%	75,0%
Itaporanga	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6%	100%

Fonte: IBGE (2010) e ANA (2013)

Para os demais agrupamentos, os percentuais observados são menores e a regional Patos se destaca pelo menor número de municípios em situação de atendimento muito baixo para todos os arranjos avaliados, apesar da situação econômica da regional, aparentemente ser inferior à de Campina Grande e João Pessoa.

O estudo realizado por Peixoto *et al* (2021) analisa a situação do esgotamento sanitário no município de Mossoró/RN e identifica as áreas de baixa adesão a rede coletora de esgoto. Os principais problemas relatados são a falta de disponibilidade da rede de esgoto para populações mais periféricas e a baixa adesão à rede, que pode chegar a menos de 10% dos domicílios. Aponta-se a necessidade de política de saneamento básico que promova inclusão de populações vulneráveis.

Com relação a situação de atendimento na zona rural, (Figuras 32b, d, f, h e j e Tabela 18) percebe-se um cenário mais crítico com a falta de esgotamento sanitário. O percentual que classifica os municípios com uma situação de atendimento muito baixa, variou de 72 a 100% em todas as regionais. Vale ressaltar que nas microrregiões Cajazeiras, Monteiro e Itaporanga esse percentual é de 100%, ou seja, todos os municípios agrupados nessas regionais não possuem sistema de esgotamento sanitário. Em muitos desses municípios, o esgoto é despejado diretamente em corpos d'água ou em sistemas rudimentares de fossas sépticas, sem tratamento adequado, o que representa um risco significativo para a saúde pública e o meio ambiente.

Os estudos de Salvador e Frigo (2022) e de Pereira (2023) apresentam e discutem soluções práticas e simples para o esgotamento sanitário de residências e assentamentos rurais. As soluções propostas são sanitária e ambientalmente adequadas, seguindo

técnicas e normas apropriadas, e são compatíveis com a realidade socioeconômica dessas comunidades. As soluções são consideradas como sustentáveis e envolvem a coleta dos esgotos sanitários através de sistemas alternativos - coletores simplificados e ramais condominiais, e o seu tratamento, empregando técnicas não sofisticadas e econômicas - fossas sépticas, filtros anaeróbios, poços absorventes, valas de infiltração, lagoas de estabilização e terras úmidas (wetlands).

De forma semelhante ao que acontece na zona urbana, percebe-se que esse percentual não sofre uma variação considerável à medida que o número de regionais aumenta. Ao fazer a comparação entre os possíveis arranjos propostos pelo modelo, constatou-se que independentemente do número de microrregiões escolhida, o percentual para os polos João Pessoa, Campina Grande, Cajazeiras, Guarabira, Monteiro e Itaporanga sofrem pouca alteração. Apenas no polo Patos esse percentual é reduzido com o aumento do número de regionais. Sendo assim, a divisão do estado em um número maior de regionais pode favorecer as regiões mais deficitária no esgotamento permitindo uma gestão mais direcionada e adaptada às necessidades específicas de cada área, facilitando investimentos direcionados e a alocação de recursos.

De modo geral, observa-se que apesar dos avanços no acesso aos serviços de saneamento básico obtidos no decorrer dos anos em todo o território brasileiro, permanece a existência de déficit no acesso e heterogeneidade na distribuição desses serviços principalmente nas regiões Norte e Nordeste, além das diferenças existentes entre o atendimento das populações urbanas e rurais (Saiani e Toneto Júnior, 2010; IBGE, 2011; Silveira, 2013).

f) *Análise 7: Índice de Suficiência de Caixa*

O índice de suficiência de caixa (ISC) é um dos principais determinantes do bom desempenho financeiro das empresas do setor de saneamento, de acordo com Santana (2005), pois mostra a capacidade de cumprir com as obrigações de curto prazo, o que impacta, por sua vez, o custo e a capacidade do endividamento e, portanto, a capacidade de investimento.

O Índice de Suficiência de Caixa (ISC) permite realizar o balanço entre a arrecadação e as despesas correntes. Esse indicador demonstra a capacidade de caixa para pagamento das despesas correntes indicando a situação financeira dos prestadores de serviço (Dalescio *et al*, 2022). Segundo Cicogna e Toneto (2022) além de refletir a

capacidade de pagamento das despesas correntes, a suficiência de caixa reflete a liquidez da empresa e a capacidade de gerar caixa para financiar suas atividades.

A análise do ISC é importante para a regionalização porque avalia a garantia de sustentabilidade financeira, ou seja, verifica se a regional formada possui recursos suficientes para cobrir despesas operacionais e de investimentos necessários para expansão e manutenção dos serviços, sem depender excessivamente de financiamentos externos ou de recursos públicos.

Além disso, o ISC positivo é essencial para atrair investidores privados, fundamentais para a viabilidade de muitos dos projetos de saneamento. Isso se torna importante para garantir que os blocos regionais sejam vistos como entidades financeiramente estáveis e viáveis.

O Decreto nº 11.598/2023 utiliza o ISC como um dos indicadores para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário, considerando os contratos em vigor, com vistas a viabilizar o cumprimento das metas de universalização. Segundo o referido decreto, o ISC deverá apresentar valor maior que 1 (Brasil, 2021).

Nesse estudo foi avaliado apenas o índice de suficiência de caixa para as regionais propostas pelo modelo. Para isso, foi calculada a média dos valores dos municípios pertencentes a cada regional e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 21: Valores do Índice de Suficiência de Caixa para cada regional

Nº de regionais	Municípios Estratégicos							
	João Pessoa	Campina Grande	Patos	Cajazeiras	Guarabira	Monteiro	São Bento	Itaporanga
4	1,03	0,67	0,72	0,79	-	-	-	-
5	0,97	0,64	0,72	0,79	0,99	-	-	-
6	0,97	0,65	0,72	0,79	0,99	0,64	-	-
7	0,97	0,65	0,72	0,79	0,99	0,64	0,74	-
8	0,97	0,65	0,71	0,80	0,99	0,64	0,74	0,78

Fonte: SINISA (média 2010-2022)

De todas as regionais analisadas, apenas João Pessoa no cenário contendo quatro agrupamentos apresenta um ISC superior a 1. A Regional Guarabira mostra-se bem próxima da autossuficiência e os valores do ISC das demais microrregiões indicam uma insustentabilidade financeira dos blocos. Na verdade, esses valores são condicionados aos ISC individuais por município.

Então, na regional de Campina Grande, por exemplo, onde se observam valores bem abaixo de 1 em todos os arranjos estudados, pode haver um indicativo de sobrecarga

de municípios, especialmente de pequeno porte, com custos fixos muito altos que direcionam a média do ISC da regional para baixo.

O município de Campina Grande individualmente possui um ISC igual a 1,36 (SINISA 2022), entretanto na regional em que o município está inserido, há um grande número de outros municípios, possivelmente com ISC baixo. Assim, a espacialização dos ISCs por municípios e a sobreposição dos limites regionais ao mapa do estado permitem uma avaliação mais clara sobre o comportamento desse indicador e identifica os arranjos mais vulneráveis em relação a esse quesito, conforme apresentado nas Figuras 33a, b, c, d, e.

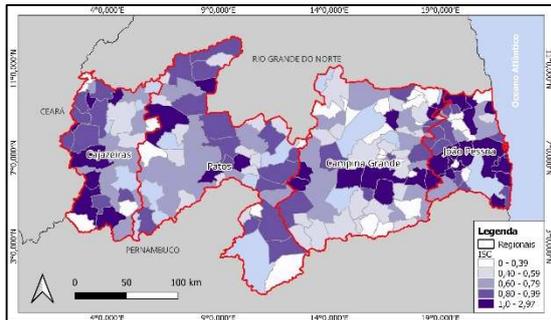
As regionais que mais agregam municípios com insuficiência de caixa são Campina Grande (arranjo com 5 subdivisões) e Monteiro (arranjos com 6, 7 e 8 subdivisões). Esses blocos podem apresentar recursos insuficientes em caixa para cobrir todas as suas despesas operacionais, levando à interrupção dos serviços de saneamento, atrasos em pagamentos a fornecedores e funcionários, ou à necessidade de contrair dívidas para cobrir essas despesas.

As regionais Patos, Cajazeiras, Itaporanga e São Bento apresentam ISC médio entre 0,72 e 0,79 (Tabela 20) e pela análise espacial (Figuras 33a, b, c, d, e) observa-se que nessas regionais predominam valores intermediários para a maioria dos municípios refletindo em ISCs mais próximos de 1. Guarabira seria considerada uma regional com boa expectativa de autossuficiência econômico-financeira pois apresenta um ISC médio de 0,99.

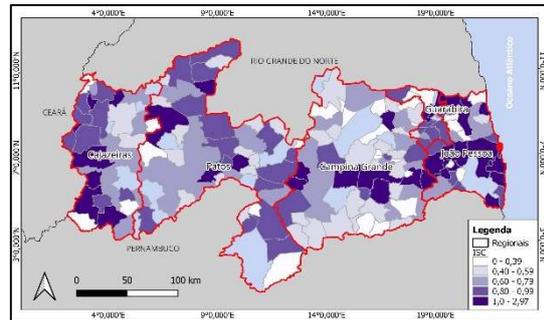
Desse modo, as economias de escala têm um importante papel dentro desse contexto, pois custos médios individuais podem diminuir a partir do aumento da produção em escala e conseqüentemente, aumentar o ISC do bloco como um todo. Segundo Guerrini *et al.* (2018) a densidade populacional melhora a eficiência, e as empresas que operam em áreas densamente povoadas, como as cidades, alcançam o menor custo de entrega por metro cúbico de água.

Figura 33: Espacialização do Índice de Suficiência de Caixa para os diferentes arranjos regionais

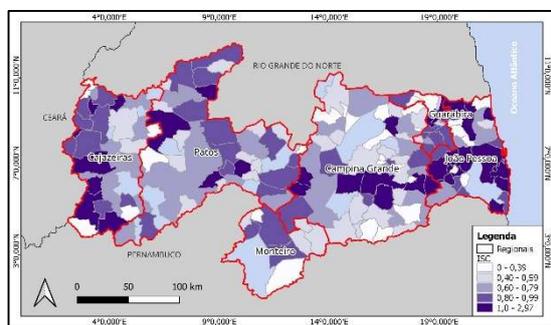
a) Distribuição com 4 Regionais



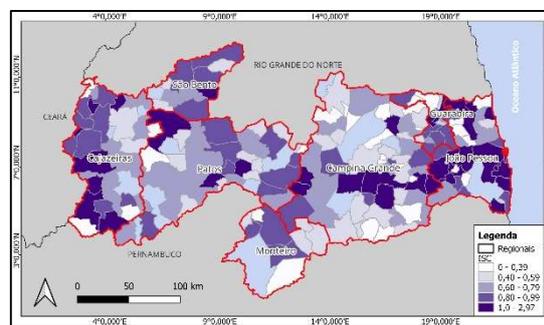
b) Distribuição com 5 Regionais



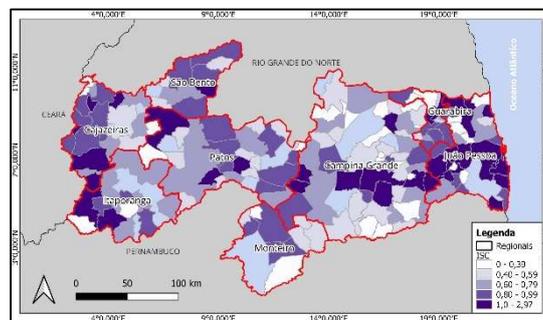
c) Distribuição com 6 Regionais



d) Distribuição com 7 Regionais



e) Distribuição com 8 Regionais



Fonte: Autora (2024)

Na regionalização, diferentes municípios, com variadas condições econômicas, se unem para formar um bloco de saneamento. O ISC ajuda a garantir que a entidade regionalizada tenha recursos suficientes para cobrir despesas operacionais e investimentos necessários para expansão e manutenção dos serviços, sem depender excessivamente de financiamentos externos ou de recursos públicos.

Um ISC acima de 1 é crucial para atrair investidores privados, fundamentais para a viabilidade de muitos dos projetos de saneamento regionalizado. Isso se torna

importante para garantir que os blocos regionais sejam vistos como entidades financeiramente estáveis e viáveis.

Por outro lado, a falta de caixa suficiente pode limitar a capacidade da regional de investir na expansão dos serviços de saneamento ou na manutenção adequada da infraestrutura existente e, conseqüentemente, resultar em uma piora na qualidade dos serviços e no não cumprimento das metas de cobertura.

A regionalização pode apresentar desafios adicionais, como a heterogeneidade das receitas e despesas entre os municípios participantes. Um bom monitoramento do Índice de Suficiência de Caixa ajuda na gestão desses riscos, prevenindo crises de liquidez que poderiam comprometer a continuidade dos serviços.

Apesar dos resultados observados na Tabela 18 não indicarem valores de índice de suficiência de caixa acima de 1 para as regionais na maioria dos arranjos propostos, observa-se que um número menor de regionais leva a maiores contingentes populacionais por agrupamento e, conseqüentemente, uma condição mais favorável de desempenho financeiro para elas. É importante ressaltar que a avaliação financeira de um agrupamento regional de saneamento não deve ser feita a partir de apenas indicador. Portanto, para uma análise mais assertiva, recomenda-se a avaliação de outros indicadores econômico-financeiros que complementem os resultados obtidos através do índice de suficiência de caixa.

g) *Análise 8: Incidência de análise de cloro residual fora do padrão*

O indicador de incidência das análises de cloro residual fora do padrão é uma métrica fundamental na avaliação da qualidade da água tratada e distribuída pelas regionais de saneamento. Ele reflete a porcentagem de amostras de água que apresentam níveis de cloro residual abaixo ou acima dos limites estabelecidos pelas normas de potabilidade (Brasil, 2017), como as definidas pela Portaria MS nº 888/21.

A análise desse indicador tem uma relevância significativa nas regionais de saneamento, pois o cloro residual é essencial para garantir que a água tratada permaneça desinfetada ao longo de todo o sistema de distribuição, prevenindo a recontaminação por patógenos. Um alto índice de análises fora do padrão pode indicar problemas na dosagem de cloro, eficiência do processo de tratamento ou no sistema de distribuição, comprometendo a qualidade da água entregue aos consumidores.

O indicador também é um reflexo da conformidade das regionais com os padrões legais de qualidade da água. A não conformidade pode levar a sanções regulatórias,

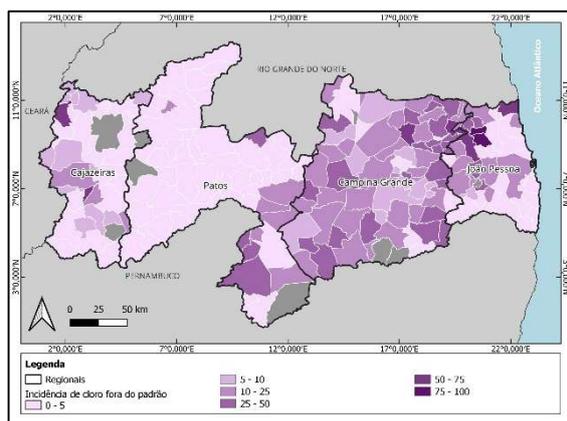
multas e até a suspensão de operações, além de afetar a confiança da população nos serviços prestados. Um cloro residual inadequado pode representar riscos significativos à saúde pública, pois a água pode se tornar um veículo para a disseminação de doenças de origem hídrica.

A Portaria MS nº 888/21, determina que se deve realizar o controle e a vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano. Ainda de acordo com essa Portaria, para a garantia da potabilidade, a água deve estar em conformidade com o padrão microbiológico e de substâncias químicas que representam riscos à saúde.

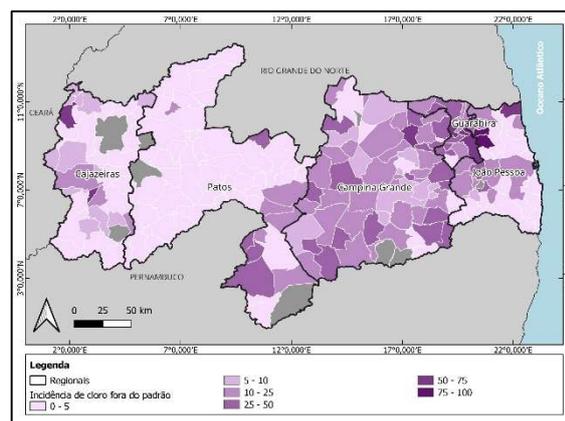
Sendo assim, com o intuito de identificar as áreas mais críticas nas microrregiões de saneamento propostas pelo modelo, os dados desse indicador foram espacializados e os resultados estão apresentados na Figura 34 (a, b, c, d e e).

Figura 34: Espacialização das análises de incidência de cloro fora do padrão

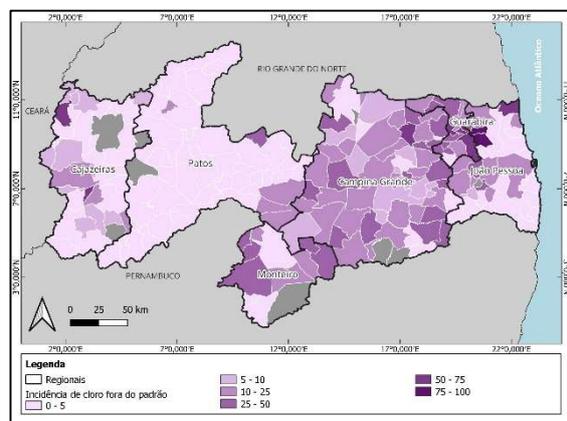
a) Distribuição com 4 Regionais



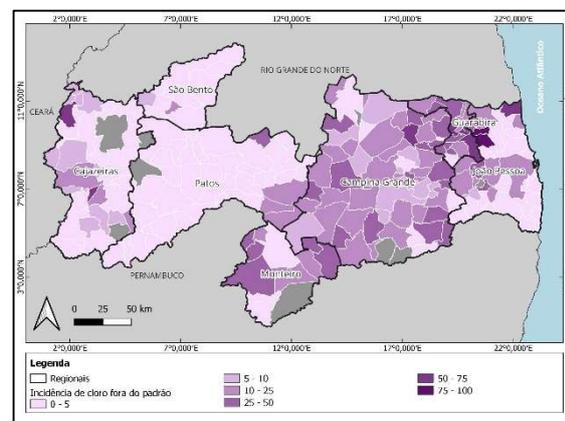
b) Distribuição com 5 Regionais



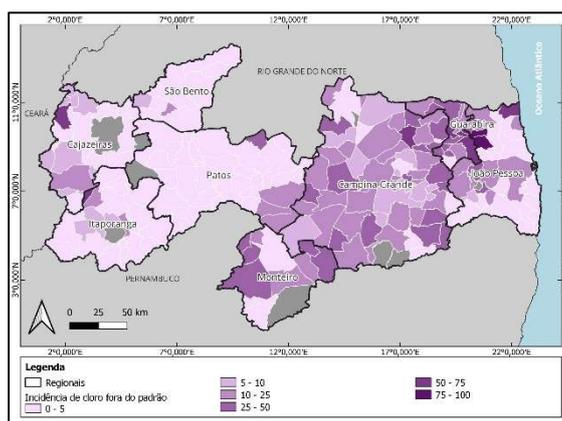
c) Distribuição com 6 Regionais



d) Distribuição com 7 Regionais



e) Distribuição com 8 Regionais



Fonte: Autora (2024)

É possível identificar pelas figuras as áreas com maior percentual de incidência de análises de cloro residual fora do padrão. Na distribuição com 4 regionais (Figura 34 a) observa-se que a regional Campina Grande é a mais crítica, pois cerca de 41% dos municípios são classificados na faixa de 10-25% de amostras com incidências de análises fora do padrão e 30% dos municípios estão na faixa de 25-50%. Comportamento semelhante ocorre para essa regional nos demais arranjos (5,6,7 e 8). Esses valores são considerados altos e podem estar associados a problemas específicos na infraestrutura, como redes de distribuição antigas, áreas com baixa pressão de água ou tratamento de água inadequado.

O estudo de Tomaz et al. (2023) avaliou os riscos de degradação da qualidade da água associados às falhas operacionais no sistema de abastecimento de água da cidade de Campina Grande. A partir do estudo foi constatado que os principais riscos estão relacionados à falta de protocolos de rotinas de operação e manutenção nas estruturas do sistema de abastecimento, aumentando sua vulnerabilidade à contaminação.

Nesse caso, é necessário investigar a operação das estações de tratamento de água para identificar as causas da variação no cloro residual. Isso pode incluir revisar o processo de dosagem de cloro, avaliar a qualidade da matéria-prima (água bruta) e verificar a integridade do sistema de distribuição. Além disso, deve-se fazer uma avaliação para examinar se há problemas na infraestrutura, como vazamentos, corrosão ou depósitos nas tubulações que podem afetar a manutenção do cloro residual na água.

Considerando quatro, cinco, seis, sete e oito polos, nas regionais Patos (Figuras 34 a, b, c, d e e), João Pessoa (Figuras 34 a, b, c, d, e e), Cajazeiras (Figura 34 a, b, c, d e e), São Bento (Figuras 34 d e e) e Itaporanga (Figura 34 e) há predominância de um maior número de municípios com baixa incidência de análises fora do padrão (0-5%).

Essas regionais provavelmente podem estar realizando uma manutenção mais eficaz nos sistemas, utilizando tecnologias mais adequadas de tratamento associadas às características da água bruta ou ter uma infraestrutura de distribuição mais recente.

Analisando a configuração dos arranjos com seis, sete e oito polos, é perceptível um percentual muito alto, para as regionais Guarabira (Figuras 34 c, d, e) e Monteiro (Figuras 34d, e), de amostras com incidências de cloro fora do padrão, com um maior número de municípios inseridos na classificação de 25-50%. Nesse caso, deve haver uma preocupação em relação à qualidade da água fornecida e à eficácia do processo de desinfecção, pois esse alto valor indica que uma parte significativa da água distribuída pode não estar adequadamente desinfetada, aumentando o risco de contaminação microbológica. Essa variação sugere que há inconsistências no processo de tratamento de água, o que pode ser resultado dos problemas já relatados anteriormente.

Cabe ressaltar que a ausência de cloro residual suficiente pode permitir a sobrevivência e proliferação de patógenos na água, como bactérias, vírus e protozoários, aumentando o risco de surtos de doenças de origem hídrica, como gastroenterites e infecções intestinais. De acordo com Bezerra *et al.*, (2017) essas doenças são causadas por substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes na água em concentrações superiores aos padrões para consumo humano. Por se tratar de um recurso de fundamental importância à vida, torna-se indispensável controlar e exigir a qualidade da água, por meio de regulamentos técnicos específicos e legislações que garantam saúde e bem-estar à população humana e animal (Birkheuer *et al.*, 2017).

Diante do exposto, a escolha do gestor por um menor número de regionais poderá ajudar a melhorar a eficiência operacional e a manutenção das Estações de Tratamento de Água (ETA) com uma melhor padronização dos processos e práticas visando uma maior consistência na qualidade da água. Além disso, uma estrutura mais centralizada pode facilitar o monitoramento e a supervisão das operações, permitindo uma resposta mais rápida à problemas detectados.

4.3 SUGESTÃO DE NOVO ARRANJO REGIONAL DE SANEAMENTO PARA O ESTADO DA PARAÍBA

O modelo proposto nesse trabalho gerou possibilidades de arranjos regionais distintos e baseados em múltiplos indicadores. Assim, é um instrumento que permite ao gestor escolher o arranjo mais favorável, levando em consideração tanto as expectativas

e metas previstas na Lei nº 14.026/21 quanto as particularidades de cada município do Estado avaliado.

O modelo foi aplicado ao estado da Paraíba e a partir da análise dos indicadores das classes socioeconômica, operacional, financeira e de qualidade obtiveram-se alguns direcionamentos que nortearam a escolha do melhor arranjo regional para este estudo. O Quadro 9 expõe um resumo da análise. Desse modo, alguns indicadores apresentaram melhores resultados quando a distribuição por regionais era maior e outros mostraram-se mais coerentes para quantidades menores de agrupamentos. A distribuição em seis grupos, ilustrada na Figura 35, foi considerada a mais equilibrada e apta a atender satisfatoriamente aos aspectos avaliados e, portanto, é a proposta sugerida nesse trabalho para aplicação no Estado. Contudo, é essencial que essa regionalização seja acompanhada de uma governança forte, planejamento estratégico e políticas públicas que garantam equidade e sustentabilidade, para que todos os municípios possam progredir de forma conjunta no acesso ao saneamento básico.

Quadro 10: Resumo da análise dos aspectos avaliados em relação ao número de polos

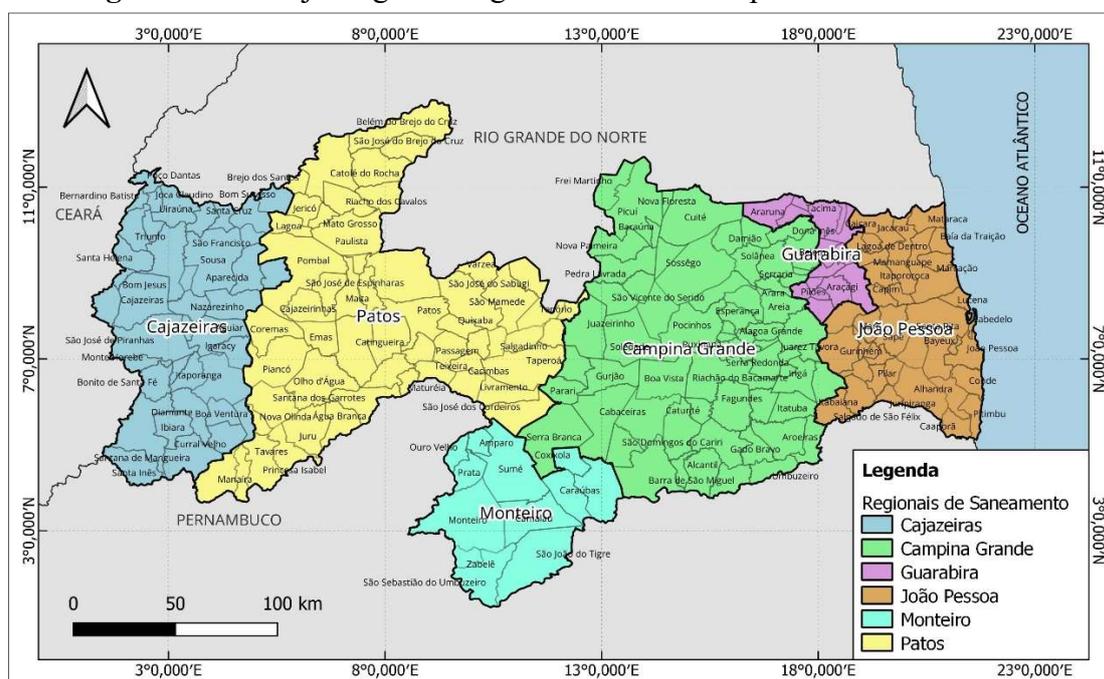
Aspectos Avaliados	Número de regionais				
	4	5	6	7	8
Distribuição da população			x	x	x
Distribuição dos municípios			x	x	x
IDHM	x	x	x		
PIB per capita	x	x	x		
Índice de atendimento de abastecimento de água nas zonas urbana e rural	x	x	x		
Índice de atendimento de esgotamento sanitário nas zonas urbana e rural			x	x	x
Índice de Suficiência de Caixa	x	x	x		
Incidência das análises de cloro fora do padrão	x	x	x		

Fonte: Autora (2024)

O arranjo com seis regionais sugere João Pessoa, Guarabira, Campina Grande, Monteiro, Patos e Cajazeiras como municípios estratégicos e com maior potencial provedor. Das seis regionais observadas na figura, apenas duas (Monteiro e Guarabira) apresentam uma proposta de agrupamento com menor número de municípios. De acordo com as discussões feitas no item 4.2, pequenos agrupamentos podem ser mais eficientes em termos de gestão e adaptação local, mas enfrentam limitações financeiras e de integração. Por outro lado, grandes agrupamentos oferecem vantagens econômicas e de

políticas públicas integradas, mas podem aumentar as desigualdades regionais e tornar a governança mais complexa.

Figura 35: Arranjo Regional sugerido nesse estudo para o estado da Paraíba



Fonte: Autora (2024)

A distribuição contendo seis regionais tenta equilibrar essas questões uma vez que reduz o número de municípios em grandes agrupamentos, a exemplo de Campina Grande e João Pessoa, colaborando para simplificar a governança, ao mesmo tempo que não cria muitas regionais de pequeno porte e com baixo potencial financeiro.

A Tabela 21 apresenta informações socioeconômicas e demográficas das microrregiões de água e esgoto da Paraíba (Litoral, Borborema, Espinharas e Alto Piranhas) levantadas no estudo da Fundace (2021), principal documento sobre a regionalização do estado. Objetivando realizar uma análise comparativa, foram coletadas informações dos mesmos indicadores utilizados pela Fundace, para as regionais propostas neste trabalho. Os dados obtidos neste trabalho, encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22: Indicadores socioeconômicos e demográficos das microrregiões de saneamento da Fundace (2021)

Informações	Microrregiões de Água e Esgoto			
	Litoral	Borborema	Espinharas	Alto Piranhas
População Total - 2022	1.711.319	1.255.918	584.804	422.454
Pop. Total - % do estado	43,06%	31,60%	14,71%	10,63%
Área (km ²)	8.502,31	24.201,47	14.317,11	9.443,36
IDHM Médio - 2010	0,582	0,585	0,596	0,590
PIB – R\$ milhares	41.747.507	20.559.497	8.883.247	6.280.078

Tabela 23: Indicadores socioeconômicos e demográficos das microrregiões de saneamento da Fundace (2021) (continuação)

Informações	Microrregiões de Água e Esgoto			
	Litoral	Borborema	Espinharas	Alto Piranhas
PIB - % do estado	53,89	26,54	11,47	8,11
PIB per capita – R\$	17.323,08	11.538,84	11.988,57	11.730,73
Número de Municípios	55	84	46	38

Fonte: Adaptado da Fundace (2021)

Os dados de população apontam que a nova proposta de regionalização apresenta uma distribuição mais expressiva de população quando comparada com a atual. Segundo a Fundace (2021) na divisão atual do Estado a opção foi por duas microrregiões menores, agregando em torno de 10% e 15% da população do estado, e duas maiores que concentram parcelas mais elevadas da população da Paraíba.

Tabela 24: Indicadores socioeconômicos e demográficos do arranjo regional proposto neste estudo

Informações	Microrregiões de Água e Esgoto					
	João Pessoa	Campina Grande	Patos	Cajazeiras	Guarabira	Monteiro
Pop. Total - 2022	1.624.142	1.144.838	550.953	386.026	183.470	85066
Pop. Total - % do Estado	40,86%	28,80%	13,86%	9,71%	4,62%	2,14%
Área (km ²)	6.310,89	17.320,81	15.892,64	10.084,41	1.669,72	5.188,77
IDHM Médio - 2010	0,593	0,590	0,587	0,592	0,569	0,573
PIB – R\$ milhares	40.507.023	19.068.151	7.874.056	5.519.944	3.224.652	1.276.503
PIB - % do estado	52,29%	24,61%	10,16%	7,13%	4,16%	1,65%
PIB per capita – R\$	20.245,22	11.649,74	11.872,65	11.251,74	11.897,23	12.587,03
Nº de Municípios	36	65	55	39	16	12

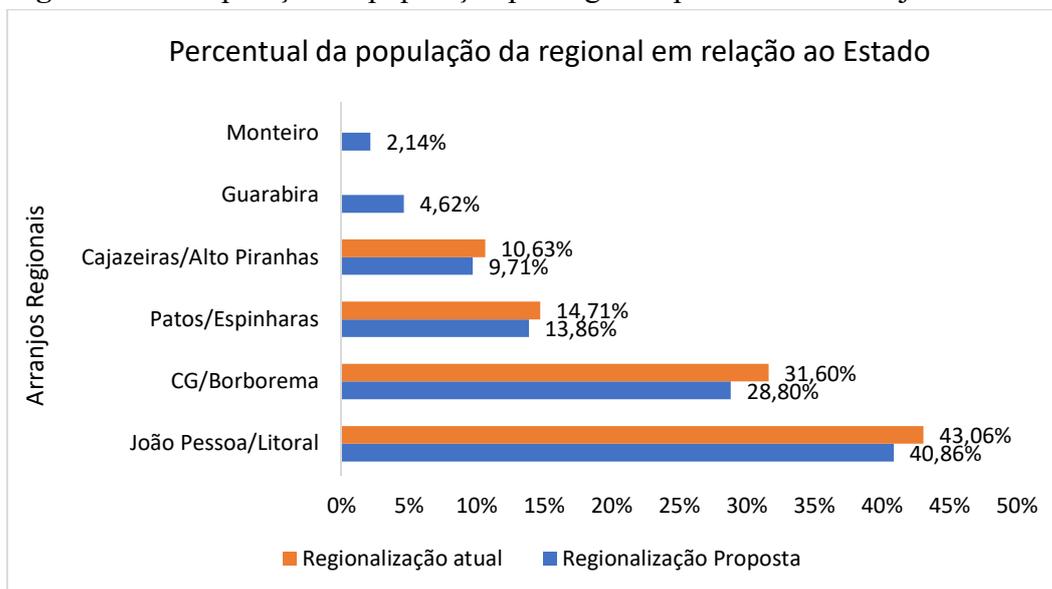
Fonte: Autora (2024)

O novo arranjo proposto divide o estado em duas regionais contendo concentrações maiores de população, uma intermediária e três mais baixas. Igualmente a regionalização atual, o maior percentual da população fica concentrado na regional João Pessoa (litoral para o modelo atual), como aproximadamente 41,0% do total e o menor, com apenas 2,14%, representa a regional de Monteiro. Para obter um melhor referencial comparativo, a Figura 36 apresenta o percentual das populações por regional em relação a população total do Estado para a situação atual e para a nova proposta.

A proposta de criação de mais dois blocos regionais permite uma melhor distribuição das populações dos maiores blocos, especialmente Campina Grande e João Pessoa. As pequenas regionais (Guarabira e Monteiro) que não são consideradas no formato atual de regionalização, se configuram como áreas menos densas. Blocos regionais menores tendem a ser mais homogêneos em termos de características

geográficas, econômicas e sociais, permitindo que as políticas e intervenções possam ser mais direcionadas e adaptadas às necessidades específicas dos municípios.

Figura 36: Comparação da população por regional para os dois arranjos avaliados



Fonte: Autora (2024)

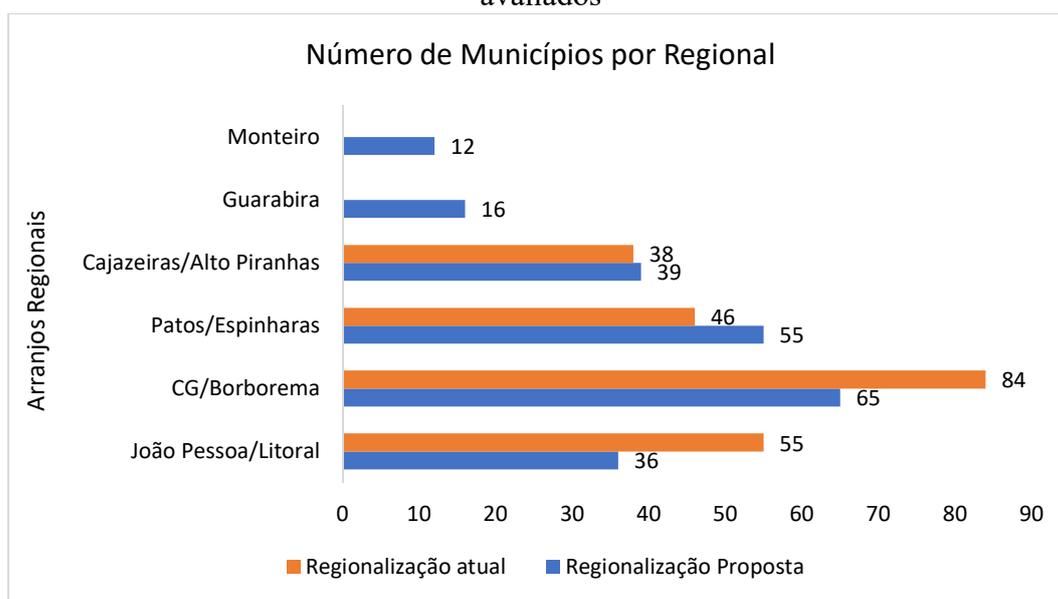
Acrescenta-se ainda que, a proximidade entre os gestores municipais facilita a comunicação, o que podem resultar em decisões mais ágeis e em uma maior participação da população nos processos de gestão, e conseqüentemente, uma melhoria da governança local. Outro ponto positivo é a maior flexibilidade na gestão, pois pequenos agrupamentos podem ajustar suas estratégias de forma mais rápida diante de novas demandas ou crises, permitindo uma resposta mais eficiente.

Não obstante, a ideia de pequenos agrupamentos tem como principais obstáculos: i) as limitações econômicas, uma vez que podem enfrentar dificuldades financeiras para investir em infraestrutura e manutenção dos serviços, devido à menor arrecadação e capacidade de captação de recursos; ii) a fragmentação de políticas, pois a menor escala pode levar à falta de integração entre as políticas de saneamento e outras políticas públicas, como saúde e meio ambiente, limitando a eficácia das intervenções; e iii) uma menor atração de investimentos, considerando o baixo retorno financeiro devido ao menor número de consumidores e à limitada capacidade de geração de receita, investidores privados podem ter menos interesse em pequenos agrupamentos.

Uma avaliação complementar pode ser feita para o número de municípios por regional. A Paraíba é um estado relativamente pequeno em extensão territorial, mas com um grande número de municípios, o que traz desafios para a regionalização dos serviços de saneamento.

A comparação entre os dois arranjos estudados pode ser observada na Figura 37. Houve redução do número de municípios agregados nas regionais João Pessoa (34,5%) e Campina Grande (22,6%), em relação ao Litoral e Borborema, respectivamente, enquanto, o número de municípios aumentou em Patos (16,4%) e Cajazeiras (2,56%) quando comparados às regionais Espinharas e Alto Piranhas, nessa ordem. As duas novas microrregiões (Guarabira e Monteiro) sugeridas na proposta somam 12,3% do total de municípios do estado.

Figura 37: Comparação do número de municípios por regional para os dois arranjos avaliados



Fonte: Autora (2024)

Contudo, não é suficiente avaliar apenas o número de municípios por regional ou a distribuição total da população, uma vez que dentro de um mesmo agrupamento existem realidades e dimensões distintas. Uma discussão pertinente pode ser feita em relação a distribuição dos municípios por número de habitante nas regionais. Essa avaliação permite identificar, dentro das regionais, os percentuais de pequenos e médios municípios. Segundo Silva, Filho e Malheiros (2023) os pequenos e os médios municípios são, muitas vezes, os entes federativos mais prejudicados pela negligência na efetivação das políticas públicas voltadas à universalização do saneamento básico, principalmente no que tange ao acesso à água e ao esgotamento sanitário.

Para Lisboa, Heller e Silveira (2013) a organização e o planejamento das ações potencializam a gestão dos serviços públicos, propiciando melhorias para a população, corrigindo problemas imediatos com ações de curto prazo, direcionando o futuro do setor a partir de ações de médio e longo prazo, além de reduzir improvisações e decisões emergenciais.

As Tabelas 23 e 24 trazem a distribuição dos municípios por faixa de população dentro das regionais para o arranjo atual e para a nova proposta, respectivamente.

Tabela 25: Distribuição dos municípios por população e por percentual em relação a população total para as regionais atuais do estado da Paraíba

Faixa Populacional (habitantes) IBGE (2022)	Litoral		Borborema		Espinharas		Alto piranhas	
	Tot Munic.	% Pop	Tot Munic.	% Pop	Tot Munic.	% Pop	Tot Munic.	% Pop
0 a 5 mil	5	1,18	29	7,98	20	14,95	16	12,67
5 a 10 mil	21	8,59	24	13,59	14	20,01	12	20,80
10 a 20 mil	15	12,60	22	26,25	8	24,76	6	20,75
20 a 50 mil	9	13,83	8	18,78	3	17,28	2	14,89
50 a 100 mil	4	15,08	0	0,00	0	0,00	2	30,89
100 a 500 mil	0	0,00	1	33,39	1	23,00	0	0,00
acima de 500 mil	1	48,73	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Fonte: Adaptado da Fundace (2021)

Tabela 26: Distribuição dos municípios por população e por percentual em relação a população total para as regionais propostas pelo modelo

Faixa Populacional (habitantes) IBGE (2022)	João Pessoa		C. Grande		Patos		Cajazeiras		Guarabira		Monteiro	
	Tot Mun.	% Pop	Tot Mun.	% Pop	Tot Mun.	% Pop	Tot Mun.	% Pop	Tot Mun.	% Pop	Tot Mun.	% Pop
0 a 5 mil	2	0,62	17	5,37	23	13,08	16	13,84	4	7,71	9	34,72
5 a 10 mil	13	6,38	18	11,27	17	21,48	15	25,30	7	26,10	1	7,15
10 a 20 mil	9	8,57	21	26,97	10	26,23	5	20,85	4	34,86	1	20,18
20 a 50 mil	8	14,48	8	19,76	4	20,79	1	6,20	0	0,00	1	37,94
50 a 100 mil	3	13,56	0	0,00	0	0,00	2	33,81	1	31,33	0	0,00
100 a 500 mil	0	0,00	1	36,63	1	18,42	0	0,00	0	0,00	0	0,00
acima de 500 mil	1	56,40	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Fonte: Autora (2024)

Para o novo arranjo proposto, apesar da predominância de municípios de pequeno e médio portes na microrregião de João Pessoa, aproximadamente 70% da população está concentrada em apenas 4 centros com população acima de 50 mil habitantes. Na regional Campina Grande há uma distribuição mais equilibrada dos números de municípios entre as faixas populacionais de 5 a 10 mil, 10 a 20 mil e 20 a 50 mil habitantes, apesar da maior parcela concentrar-se em Campina Grande.

Outra constatação importante é que a redução de municípios observada na regional João Pessoa quando comparada ao Litoral foi feita, majoritariamente, entre municípios com população variando de 5 a 20 mil habitantes. Já na microrregião de Campina Grande em relação a Borborema a diminuição ocorreu entre municípios de até 5 mil habitantes e de 5 a 10 mil habitantes.

Portanto, os novos arranjos sugeridos para as regionais João Pessoa e Campina Grande agregam menos municípios pequenos do que a configuração atual. A alta densidade populacional e a urbanização presente nessas áreas, facilitam a implementação e manutenção de redes de saneamento. O crescimento populacional nas regiões metropolitanas também pressiona a expansão dos serviços. Entretanto, regionais, com maior densidade populacional pode enfrentar dificuldades em termos de capacidade de atendimento da infraestrutura existente, garantia de manutenção devido ao tamanho e complexidade das redes de distribuição existentes, controle de perdas nos sistemas, entre outros. Grandes agrupamentos de municípios geram economias de escala, mas também aumentam os desafios de governança e os riscos de ampliação de desigualdades regionais.

Já na regional Patos predominam municípios pequenos com até 5 mil e 10 mil habitantes apesar do percentual populacional está distribuído entre as várias faixas. Em Cajazeiras também predominam municípios de pequeno porte, mas nessa regional não há a presença de localidades com população superior a 100 mil habitantes. De um modo geral, os arranjos regionais atualmente existentes para Espinharas e Alto Piranhas seguem um comportamento semelhante, com a presença de percentuais mais altos da população em pequenos municípios.

Por fim, as regionais Guarabira e Monteiro são constituídas, em maioria, por municípios bem pequenos, especialmente Monteiro, cujo percentual maior da população reside em localidades contendo até 5 mil habitantes. Vale destacar que a regional Guarabira possui um município entre 50 e 100 mil habitantes.

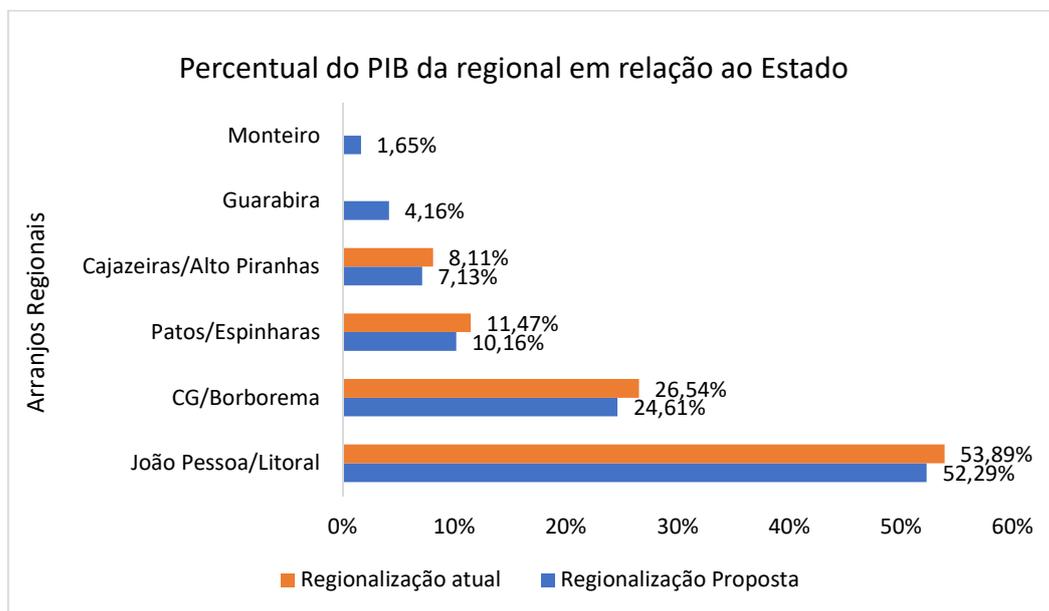
Para essas quatro regionais o processo de gestão é diferente do observado naqueles onde estão concentrados grandes aglomerados populacionais. A adaptação de políticas específicas para atender as necessidades particulares de diferentes municípios, é mais fácil de ser feita. Pequenos agrupamentos podem ser mais eficientes em termos de gestão e adaptação local, apesar de enfrentarem limitações financeiras e de integração.

Apesar das diferenças explícitas existentes entre regionais compostas por grandes e pequenos municípios, ainda persiste a ideia de um modelo de gestão padronizado. Moretti, et. al. (2021) considera preocupante que se utilizem para análise da realidade dos pequenos municípios os mesmos parâmetros de análise que são utilizados nos municípios de maior porte. A leitura pode levar a resultados muito diferentes da realidade efetivamente encontrada. Da mesma forma, é fundamental que se avance na regulamentação de critérios e parâmetros de planejamento territorial, específicos para a situação encontrada nos pequenos municípios. É muito diferente a demanda de

planejamento de um município médio ou grande daquela que se verifica num pequeno município.

Outro aspecto a ser comparado entre os dois arranjos regionais é o PIB. De acordo com a Figura 38, os PIBs das regionais atuais de saneamento do estado são discretamente maiores que os PIBs das quatro maiores regionais da proposta desse estudo. A regional Litoral/João Pessoa concentra mais de 50% do PIB do Estado, especialmente devido a presença da capital João Pessoa e dos municípios de Cabedelo e Santa Rita que possuem um PIB elevado em relação ao restante do estado. Isso se traduz em uma infraestrutura de saneamento mais desenvolvida, com maior cobertura de serviços de água e esgoto.

Figura 38: Comparação do percentual do PIB por regional para os dois arranjos avaliados



Fonte: Autora (2024)

A regional Borborema/Campina Grande detém aproximadamente 25% do PIB do estado, sendo Campina Grande o maior responsável por esse percentual. O gráfico também revela as disparidades econômicas entre as microrregiões da Paraíba para os dois arranjos regionais. O Litoral/João Pessoa, especialmente a área metropolitana de João Pessoa, concentra grande parte da riqueza do estado, enquanto o Sertão (Alto Piranhas/Cajazeiras) apresenta indicadores econômicos muito mais baixos.

Essas desigualdades se refletem na qualidade e disponibilidade dos serviços de saneamento. Enquanto as áreas economicamente mais fortes conseguem atrair investimentos e manter uma infraestrutura robusta, as áreas mais pobres ficam em desvantagem, necessitando de políticas públicas direcionadas para corrigir esses desequilíbrios. O PIB também influencia a sustentabilidade econômica dos serviços de

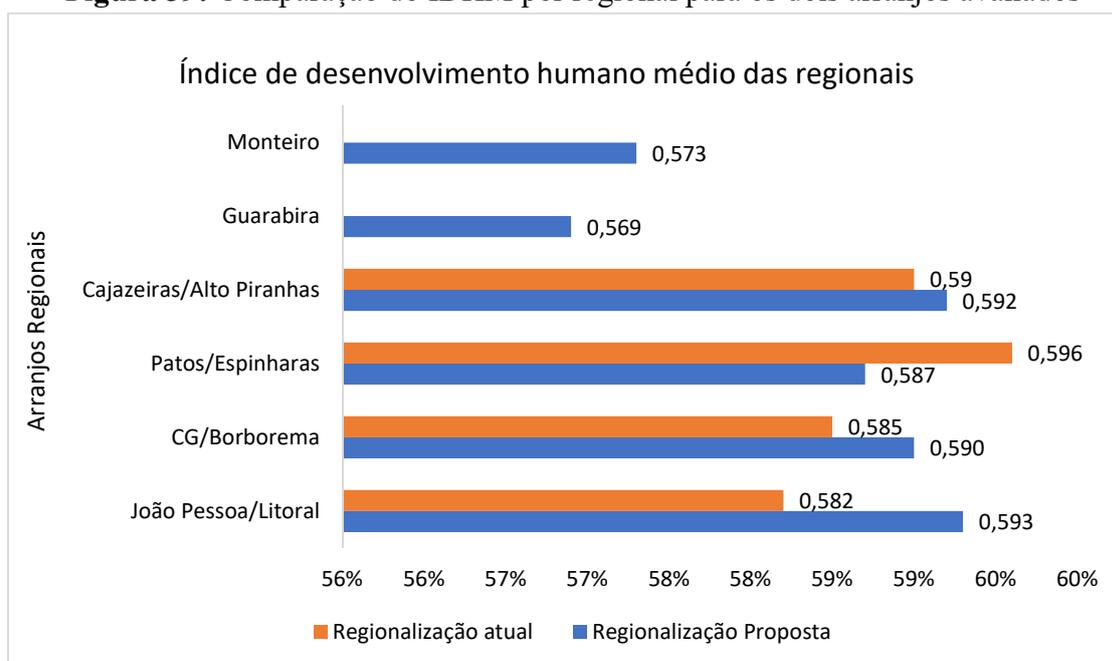
saneamento. Regiões com maior poder econômico conseguem manter tarifas de água e esgoto que cobrem os custos operacionais e financiam a expansão da infraestrutura.

As regionais Monteiro e Guarabira apresentaram os menores PIBs entre os agrupamentos analisados. Microrregiões com PIB mais baixo, podem enfrentar dificuldades para mobilizar os recursos necessários para grandes projetos de saneamento. A menor capacidade de investimento afeta diretamente a qualidade e a disponibilidade dos serviços. Além disso, a baixa atratividade econômica pode limitar as parcerias público-privadas, importantes para expandir a cobertura dos serviços de saneamento. Uma alternativa para essa questão é a aplicação do subsídio cruzado entre grandes e pequenos municípios de uma mesma regional.

Segundo Moretti, *et al.* (2021) os municípios pequenos e isolados convivem com uma realidade em que é menor a circulação de dinheiro, em que são maiores as trocas e a produção, em caráter de subsistência. O mesmo valor monetário em uma cidade grande ou pequena assume proporções claramente diferenciadas, em função desta característica de menor fluxo de dinheiro. Isto se rebate no significado monetário das contas dos serviços de água e esgotamento sanitário, que a população tem muito maior dificuldade para arcar.

Por fim, a análise do IDHM das regionais propostas e a comparação com as regionais já existentes, estão apresentados na Tabela 22 e também na Figura 39.

Figura 39: Comparação do IDHM por regional para os dois arranjos avaliados



Fonte: Autora (2024)

Todos os agrupamentos regionais atuais e os arranjos sugeridos na nova proposta indicam IDHM dentro da classe baixa que varia de 0,500 a 0,599 (IPEA, PNUD do Brasil e FJP (2013)). Para as regionais maiores (João Pessoa e Campina Grande) o IDHM aumenta em relação a atual conjuntura. Cajazeiras apresenta IDHM praticamente igual a Alto Piranhas, em Patos observa-se uma queda no valor médio obtido e nas demais Regionais, Guarabira e Monteiro, o valor do IDHM segue a faixa padrão das regionais caracterizadas, em maioria, por municípios pequenos. O fato de concentrar municípios mais desenvolvidos e redistribuir municípios menos desenvolvidos para outras regionais justifica o aumento do IDHM nas maiores regionais, especialmente João Pessoa.

Um fator importante associado ao IDHM é a disponibilidade hídrica. Bilibio, *et al.* (2021) discorrem que a falta ou precariedade desses recursos implica diretamente na saúde da população. Concomitantemente a isso, Pacheco *et al.* (2024) reforça a perceptível relação direta entre as condições hídricas de um determinado local e a longevidade da população, um dos pilares básicos do desenvolvimento humano, corroborando a importância de uma infraestrutura de qualidade para abastecimento de água. Segundo Penteado e Branchi (2021) os recursos hídricos são significativos para o alcance do desenvolvimento humano, ainda assim, o atendimento de água e esgoto são carências entre as políticas públicas nas unidades federativas brasileiras.

Nas regionais onde os problemas associados a disponibilidade hídrica estão presentes, especialmente nas regiões do sertão, agreste e Borborema há uma tendência a valores mais baixos de IDHM. De Souza *et al.* (2024) observaram uma grande dependência dos sistemas de abastecimento urbano do estado da Paraíba à oferta de água e aos índices pluviométricos observados nos açudes, principalmente nas regionais Alto Piranhas, Espinharas e Borborema. Já o Litoral apresenta uma maior segurança hídrica de seus municípios, visto que estes são abastecidos por mananciais subterrâneos e rios perenes em sua maioria. Esse comportamento também se repete para o arranjo sugerido nesta pesquisa.

Obviamente que esse não deve ser o único parâmetro de referência para quantificar esse indicador. No entanto, a melhoria no acesso à água potável e no tratamento de esgoto tem efeitos positivos na saúde pública, reduzindo a incidência de doenças e aumentando a expectativa de vida, que são componentes do IDHM.

A proposta de regionalização utiliza como premissa, a existência de ao menos um município com maior desenvolvimento em cada bloco para dar suporte aos demais, neste caso, João Pessoa, Campina Grande, Patos, Cajazeiras, Guarabira e Monteiros representaram esses polos dentro das regionais sugeridas. Os IDHMs desses municípios,

0,763 (alto), 0,720 (alto), 0,701 (alto), 0,679 (médio), 0,673 (médio) e 0,628 (médio), respectivamente, apresentam-se maiores que as médias obtidas em todas as regionais. Ao integrar pequenos municípios em suas redes de saneamento, centros urbanos maiores podem não apenas compartilhar sua infraestrutura, mas também fornecer suporte técnico e administrativo, contribuindo para a elevação do IDHM dos municípios menores.

4.3.1 Algumas considerações pertinentes

É notório que a decisão sobre uma melhor alternativa de regionalização é um processo extremamente complexo. A escolha de regionais de saneamento para um determinado estado envolve aspectos diversos relacionados às desigualdades regionais e econômicas; complexidades técnicas como a integração entre sistemas e as variações geográficas; governança e cooperação intermunicipal; aspectos legais e regulatórios; sustentabilidade financeira; engajamento e aceitação social; adaptação a mudanças climáticas e ambientais; entre outros.

É importante equilibrar as necessidades técnicas e financeiras com as demandas sociais e políticas, garantindo que a regionalização resulte em benefícios para todos os municípios envolvidos. A cooperação entre os diversos atores, a transparência no processo e a busca por soluções inovadoras e sustentáveis são fundamentais para superar esses desafios e alcançar uma regionalização que promova o desenvolvimento equitativo e a melhoria da qualidade de vida em todo o estado.

A partir de todas as análises realizadas, entende-se que a proposta de regionalização indicada nesta pesquisa para a Paraíba pode atender satisfatoriamente a maioria dos aspectos avaliados, mas, diante da complexidade da questão, dificilmente seria possível obter um arranjo regional que trouxesse unanimidade de benefícios para todas as regionais em todos os aspectos, como também não é possível no formato atual de regionalização existente.

Portanto, este estudo não tem a pretensão de estabelecer um formato de regionalização irretocável para o estado, isso seria provavelmente impossível diante da subjetividade de tema. Apenas deseja contribuir para aumentar o acesso da população ao saneamento básico de qualidade e em um menor espaço de tempo, respeitando os preceitos básicos estabelecidos pelas legislações vigentes.

4.4 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO MODELO DE REGIONALIZAÇÃO PROPOSTO

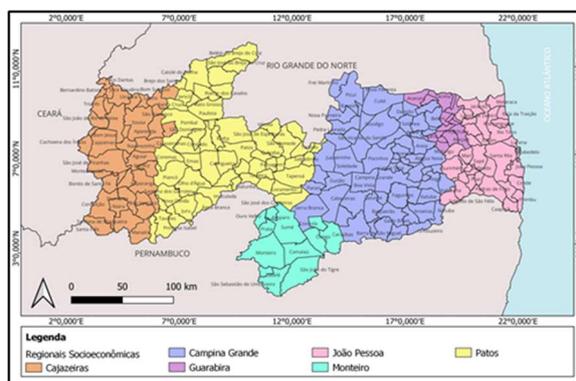
Com o intuito de verificar o comportamento do modelo proposto foi realizada uma avaliação para verificar como o modelo reage às diferentes variáveis de entrada e como suas saídas se alinham com os objetivos da regionalização. Essa análise permite entender a eficácia do modelo, identificar possíveis limitações e necessidade de ajustes para melhorar sua precisão e aplicabilidade.

A referida análise foi usada para entender como as variáveis de entrada de um modelo afetam suas saídas ou resultados. Segundo Bonízio e Simonetti (2020) esse tipo de análise ajuda a identificar quais variáveis têm maior impacto sobre o desempenho de um modelo, permitindo avaliar a robustez e a confiabilidade das decisões geradas.

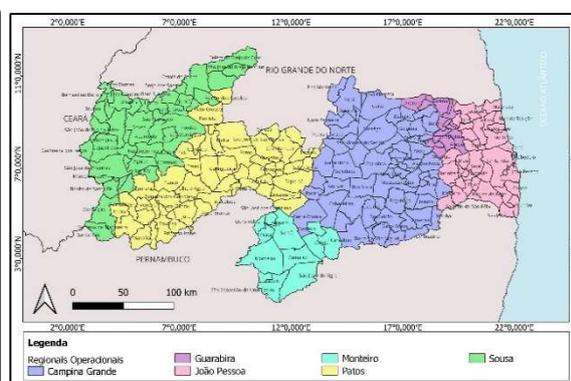
Sendo assim, com a finalidade de verificar a sensibilidade do modelo proposto nesse estudo, foram realizadas simulações considerando as classes de indicadores operacionais, socioeconômicos e financeiros isoladamente. Os resultados obtidos foram espacializados e estão ilustrados na Figura 40.

Figura 40: Espacialização das regionais socioeconômicas, operacional e financeira

a) Classe Socioeconômica



b) Classe Operacional



c) Classe Financeira



Fonte: Autora (2024)

Pode-se observar que cada uma dessas classes de indicadores influencia de maneira distinta o desempenho do modelo, gerando agrupamentos com municípios polos diferentes para cada objetivo. A seguir serão avaliadas duas perspectivas: a sensibilidade quanto ao recorte territorial e quanto aos indicadores usados em cada classe.

i. Sensibilidade de cada classe quanto ao recorte territorial

A resposta da simulação ao recorte territorial, utilizando apenas a classe **socioeconômica** (Figura 40a) para as seis regionais resulta nos seguintes municípios polos: João Pessoa, Campina Grande, Patos, Cajazeiras, Guarabira e Monteiro. Ao considerar unicamente a classe **operacional** (Figura 40b), nota-se que a regional Cajazeiras é substituída pela regional Sousa, alterando também o recorte de abrangência territorial da regional. O mesmo comportamento se observa para a classe **financeira** (Figura 40c), onde o modelo altera tanto a regional Monteiro para Catolé do Rocha quanto a distribuição dos municípios agregados a esse bloco.

ii. Sensibilidade de cada classe quanto aos indicadores usados

Para a **classe socioeconômica**, o modelo simula a regionalização apenas com os indicadores dessa classe, que são informações que influenciam diretamente a capacidade das regiões de financiar e manter serviços de saneamento. Além disso, regiões com populações mais pobres podem apresentar desafios na cobrança de tarifas que cubram os custos operacionais. A sensibilidade do modelo em relação a esses indicadores é importante, pois regiões com baixa capacidade econômica podem ter dificuldades para sustentar sistemas de saneamento adequados.

Analisando a simulação considerando apenas indicadores da **classe operacional**, o modelo define as microrregiões baseado em indicadores que avaliam a eficiência do sistema, como, por exemplo, a cobertura dos serviços de atendimento de água e esgoto e as perdas na distribuição. Em regiões com infraestrutura deficiente, a melhoria dos indicadores operacionais pode ser mais difícil e exige investimentos significativos. A sensibilidade, neste caso, é dada pela capacidade das regionais em lidar com as variações na qualidade e eficiência dos sistemas existentes. Outra questão considerada nesta simulação foi a divisão das regionais analisando a variabilidade nos indicadores

estudados para garantir que todas as áreas, inclusive as mais carentes, pudessem alcançar níveis adequados de serviço.

A simulação da regionalização aplicando o modelo apenas para indicadores da **classe financeira**, avalia a viabilidade e sustentabilidade econômica das operações de saneamento nas regionais formadas. Esse tipo de modelo prioriza as condições financeiras dos municípios, através de indicadores como o Índice de Suficiência de Caixa (ISC), a capacidade de investimento, as despesas com serviços e arrecadação de tarifas para determinar a estrutura das regionais, com o objetivo de assegurar que os serviços possam ser mantidos e expandidos de forma autossuficiente. A sensibilidade do modelo de regionalização é altamente influenciada pela capacidade das regiões de gerar receita suficiente para cobrir os custos operacionais e de capital.

Ao analisar os indicadores da **classe de qualidade de água** isoladamente os resultados obtidos não foram coerentes. Isso pode ser explicado pelo fato de que a qualidade da água, embora seja um aspecto importante para o desempenho dos serviços de saneamento, não pode ser avaliada de forma independente dos outros fatores que influenciam a gestão e operação dos serviços.

Os indicadores de qualidade da água estão interligados a outros fatores, como o a eficiência operacional do sistema de saneamento e a capacidade de investimento em tecnologias de tratamento de água. Analisar a qualidade da água sem considerar essas interdependências pode levar a conclusões imprecisas ou incompletas.

O saneamento é um sistema complexo que requer uma abordagem integrada para ser eficaz. Focar apenas em um critério, como a qualidade da água, ignora a complexidade do sistema e pode resultar em um diagnóstico superficial ou equivocado dos problemas.

Conclui-se, portanto, que essas simulações realizadas podem assegurar que o modelo é flexível a alterações e capaz de responder eficazmente às variações nas condições financeiras, operacionais e socioeconômicas.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

A universalização do acesso ao saneamento básico é uma meta ainda não alcançada no Brasil. O processo de regionalização busca dirimir essa lacuna promovendo uma maior eficiência na prestação de serviços públicos de saneamento, especialmente abastecimento de água e esgotamento sanitário, por meio de uma gestão compartilhada. No entanto, esse processo tem sido um grande desafio tanto para os gestores estaduais que necessitam estabelecer arranjos regionais sustentáveis em meio as grandes diferenças existentes entre os municípios, quanto para as políticas públicas, que precisam otimizar a distribuição de recursos e a gestão das unidades regionais, promovendo equidade e eficiência na prestação dos serviços. Objetivando contribuir com a temática e, entendendo a importância de pesquisas nessa linha para a melhoria de qualidade de vida da sociedade, esse trabalho propôs um modelo de regionalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário que permite a construção de estruturas regionais baseadas nas diversidades socioeconômicas, operacionais, financeiras e de qualidade entre os municípios. O estudo revelou que o modelo de gestão apresentado atendeu as expectativas iniciais podendo ser utilizado em unidades estaduais que desejem realizar um processo de regionalização baseado em agrupamento de municípios limítrofes.

Quanto aos objetivos específicos formulados para alcançar o objetivo principal da pesquisa foi possível concluir que:

O desenvolvimento do índice geral integrando indicadores socioeconômicos, financeiros, operacionais e de qualidade da água foi essencial para ajustar o modelo gravitacional, garantindo que ele refletisse, com mais acurácia, as especificidades do saneamento. A integração de diversos indicadores em um único índice permitiu uma visão holística das necessidades e capacidades dos municípios, resultando em um modelo mais alinhado com a realidade do setor.

Com relação a validação do modelo proposto, os resultados mostraram que ele foi capaz de criar agrupamentos regionais coerentes e funcionais, que atenderam as classes pré-estabelecidas. Foram gerados diferentes arranjos regionais para a Paraíba e espacializados com variações de quatro, cinco, seis, sete e oito agrupamentos, oferecendo ao gestor alternativas variadas, maior flexibilidade de escolha e auxílio ao processo de tomada de decisão. Para cada microrregião o modelo estabeleceu um município polo

responsável por garantir a sustentabilidade financeira e colaborar para o alcance da universalização dos serviços de água e esgoto dentro da regional.

Ao estudar as classes socioeconômica, financeira, operacional e de qualidade da água obteve-se uma melhor compreensão da distribuição dos municípios e da influência de cada classe nos agrupamentos propostos. Esses estudos permitiram observar a sensibilidade do modelo às mudanças impostas e mostraram o seu potencial para auxiliar o gestor no refinamento dos blocos regionais, através da escolha do melhor arranjo para cada aspecto, ajustando-os, desse modo, para atender às necessidades específicas de cada localidade. A análise desses aspectos pode fornecer uma base sólida para a tomada de decisões, garantindo que o modelo considere as diferentes realidades dentro de uma mesma regional.

Em relação aos indicadores quando analisados individualmente, percebeu-se que a distribuição da população, a distribuição dos municípios e o atendimento de esgotamento sanitário nas zonas urbanas e rurais apresentaram condições melhores para arranjos com maior número de regionais. Já o IDHM, PIB per capita, Índice de atendimento de abastecimento de água nas zonas urbana e rural, Índice de Suficiência de Caixa e Incidência de análise de cloro fora do padrão foram mais positivos para agrupamentos menores.

Após análises variadas, concluiu-se que o arranjo contendo seis regionais foi o que mais se adequou aos indicadores selecionados. Nessa distribuição o modelo indicou como polos os municípios: João Pessoa, Campina Grande, Patos, Cajazeiras, Guarabira e Monteiro. Essa regionalização foi sugerida como proposta de aplicação para o Estado da Paraíba.

A análise comparativa entre a regionalização indicada pelo modelo e a regionalização atual do estado da Paraíba a partir dos aspectos socioeconômicos mostrou que a estrutura regional proposta tenta equilibrar a distribuição de municípios, criando dois arranjos menores (Guarabira e Monteiro) que ajudam a reduzir o número de municípios das grandes regionais e propicia melhora dos valores médios por regional de alguns indicadores em relação ao modelo atual sem comprometer o ganho de escala oferecido pela regionalização. Entretanto, o gerenciamento de regionais grandes e pequenas deve ser feito considerando as particularidades de cada realidade para garantir um resultado satisfatório.

Por fim, a pesquisa atingiu seus objetivos ao desenvolver uma metodologia inovadora de regionalização para o saneamento, estudar em profundidade fatores determinantes do saneamento e selecionar um arranjo regional que melhor atenda às

necessidades da Paraíba. Os resultados alcançados demonstraram que o modelo proposto é sensível e eficiente, podendo ser aplicado em outras regiões para promover a universalização dos serviços de saneamento, conforme os preceitos estabelecidos pela Lei nº 14.026/2020.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante de uma temática tão vasta e com elevado grau de subjetividade, assuntos que não foram incorporados a essa pesquisa podem ser estudados, possibilitando o desenvolvimento de trabalhos futuros e a ampliação de conhecimento sobre o tema. A seguir foram elencadas algumas dessas recomendações.

1. Fazer uma análise econômica mais detalhada que avalie a sustentabilidade financeira das regionais formadas pelo modelo;
2. Aplicar o modelo utilizando dados de qualidade de água de bancos oficiais a exemplo do Siságua que possui informações para a zona urbana e rural de todos os municípios do Brasil;
3. Analisar as regionais obtidas pelo modelo com relação aos sistemas integrados e isolados de abastecimento de água, como também as instalações e funcionamento das Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) existentes;
4. Avaliar a disponibilidade hídrica, a capacidade dos reservatórios e as demandas existentes em cada regional formada e realizar uma análise quanto à situação dos reservatórios existentes;
5. Adaptar e aplicar o modelo proposto nesse estudo para a regionalização dos serviços de saneamento, em diferentes regiões, ajustando-o às particularidades de outros estados, a fim de verificar a robustez e sensibilidade do modelo diante de diferentes cenários;
6. Fazer um estudo mais aprofundado sobre a estrutura de governança para as novas microrregiões propostas pelo modelo.

REFERÊNCIAS

- AGRAMONT, A., CRAPS, M., BALDERRAMA, M., HUYSMANS, M. Transdisciplinary Learning Communities to Involve Vulnerable Social Groups in Solving Complex Water-Related Problems in Bolivia. *Water* 2019, 11, 385; doi:10.3390/w11020385 2019.
- AGUIAR, E. S. de.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e indicadores socioeconômicos na Amazônia brasileira. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 9, n. 9, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7302>. Acesso em: 12 aug. 2024.
- AIDA, K., COOPER, W.W., PASTOR, J.T., SUEYOSHI, T. Evaluating water supply services in Japan with RAM: a range-adjusted measure of inefficiency. *OMEGA Int. J. Manag. Sci.* 26 (2), 207–232, 1998.
- ALMEIDA, L. F. de SOUZA. Políticas Públicas e Gestão das Águas na Bahia: Uma Perspectiva a partir dos Comitês de Bacias Hidrográficas. XI Encontro Nacional da ANPEGE. Outubro de 2015.
- ALOCHIO, Luiz Henrique Antunes. Direito do Saneamento e introdução à lei de diretrizes nacionais de saneamento básico (Lei Federal nº 11.445/2007). 2ª edição. Campinas. Millennium, 2010, p.22, 2010.
- ALSHARIF, K., FERROZ, E.H., KLEMER, A., Raab, R. Governance of water supply systems in the Palestinian territories: a data envelopment analysis approach to the management of water resources. *J. Environ. Manag.* 87 (1), 80–94, 2008.
- AMEYAW, E. E., CHAN, A. P. C., OWUSU-MANU, DE G. Levantamento de fatores críticos de sucesso para atrair participação do setor privado em projetos de abastecimento de água em países em desenvolvimento. *Revista de Gestão de Instalações*. Volume 15 Edição 1, 2017.
- AMPARO, P. P., CALMON, K. M. N. A Experiência Britânica de Privatização do Setor Saneamento. TEXTO PARA DISCUSSÃO NO 701. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília/DF – janeiro/2020.
- ANDERSSON, K., OTOO, M e NOLASCO, M. Innovative sanitation approaches could address multiple development challenges. *Water Sci Technol*, Volume 77, Edição 4, págs. 855-858, 2018.
- ANTONIOLI, B., FILIPPINI, M The use of a variable cost function in the regulation of the Italian water industry. *Util. Pol.* 10 (3–4), 181–187, 2001.
- APPIAH-EFFAH, E., DUKU, G. A., AZANGBEGO, N. Y., AGGREY, R. K. A., GYAPONGKORSAH, B. E NYARKO, K. B. Ghana’s post-MDGs sanitation situation: an overview. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*. Vol. 9, Ed. 3, págs. 397-415, 2019.
- ARAÚJO, B. M., SANTOS, A. S. P., PAVAN, F. e MELO, M. C. Instrumentos informativos de educação ambiental e sanitária aplicados na sociedade. *Perspectivas Online: Humanas & Sociais Aplicadas*, 10 (27), 33–45, (2020).
- ARAÚJO, C.R.A. Índice de qualidade de efluente com ponderação de variáveis por método objetivo. 2023. 103f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

ARGENTINA. Plano Nacional de Água Potável e Saneamiento: Cobertura Universal e Sostenibilidad de Los Servicios. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda (MIOPyV.). Buenos Aires, Argentina, 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO – ASSEMAE. Regionalização De Serviços De Saneamento Básico. Guia de Orientação para Gestores Municipais sobre a Prestação de Serviços de Saneamento Básico em Gestão Associada. Brasília/DF. 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO - ASSEMAE. Regionalização de Serviços de Saneamento Básico: guia de orientação para gestores municipais sobre a prestação de serviços de saneamento básico em gestão associada. Brasília/DF, 2021. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/wpcontent/uploads/2021/06/Guia-Regionalizac%CC%A7a%CC%83o-de-Servic%CC%A7os-deSaneamento-Ba%CC%81sico-ASSEMAE.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

BAHIA. Lei Complementar Nº 48, de 10 de junho de 2019. Institui as Microrregiões de Saneamento Básico do Estado da Bahia. Assembleia Legislativa do Estado da Bahia. Salvador, junho de 2019. Disponível em: http://www.sih.ba.gov.br/arquivos/File/PLC_48_Microrregioes.pdf. Acesso em: 20 de junho de 2021.

_____. Lei Estadual nº 11.172, de 01 de Dezembro de 2008. Institui princípios e diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico, disciplina o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: https://www.embasa.ba.gov.br/images/Institucional/legislacaoeregulacao/leis/estaduais/201808_08_LEI_Lei11172de1dedezembrode2008.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro de 2022.

BAKKER, K. Natureza neoliberalizante? Ambientalismo de mercado no abastecimento de água na Inglaterra e no País de Gales. *Anais de Associação de Geógrafos Americanos* 95(3): 542-565, 2005.

BARANZINI, A.; FAUST, A. K. The cost structure of water utilities in Switzerland. 2010.

BARDASI, E.; WODON, Q. Quem paga mais pela água? Provedores alternativos e custos de serviços no Níger. *Bull.* 2008.

BARRETO, J., FEITOSA, P., ANJOS, K. e VELEZ, W. Análise da regionalização do saneamento: Cenários hídricos e (in)sustentabilidade econômico-financeira das microrregiões de água e esgoto da Paraíba. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, 2021.

BAUBY, P. 2014. Globalização da água: As estratégias dos dois "majors" franceses. Schneider - Madanes, G. (Ed), *Globalized water*, pp. 45-61. Dordrecht, Holanda: Springer Dordrecht, 2014.

BAUBY, P. e SIMILIE, M. La remunicipalisation de l'eau à Paris et l'internalisation des missions de service public. In Bance, P. (Ed), *L'internalisation des missions d'intérêt général par les organization publiques: Réalités d'aujourd'hui et perspectives*, pp. 201-236. Mont-SaintAignan, França: Presses universitaires de Rouen et du Havre. 2017.

BEZERRA, A. P.; VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M.M.R. Water governance assessment at different scales: a reservoir case study in the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, Porto Alegre, v. 26, e14, 2021.

BEZERRA, A. D. A. ET AL. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 8, p. 24-34, 2017.

BHATTACHARYYA, A., HARRIS, T., NARAYANAN, R., RAFFIEE, K. Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities. *Reg. Sci. Urban Econ.* 25 (6), 759–784, 1995.

BILIBIO, E. C. F., DA SILVA, L. D., NAVARRO, T. T. D., & DA SILVA, V. C. Saneamento Básico um Direito Fundamental da População. *Percurso*, 2(39), 243-251, 2021.

BIKKER, J., & LINDE, D. V. Scale economies in local public administration. *Local Government Studies*, 42(3), 441-463, 2016.

BIRKHEUER, C. DE F. ET AL. Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática. *Caderno pedagógico, Lajeado*, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017. Brasil.

BLOOM, E.; SUNSERI, A.; LEONARD, A. *Measuring and Strengthening Local Governance Capacity: The Local Governance Barometer*. Washington, DC: USAID, 2007.

BOLÍVIA. Marco de Gestão Social e Avaliação Social: Projeto de Abastecimento de Água e Alcantarillado em Áreas Periurbanas e Pequenas Localidades; MinisterioMinistério de MedioMedio Ambiente y Agua (MMAyA) La Paz, Bolívia, 2018.

BRANCO R. D. S., CRUZ F.P. Subsídios Cruzados e o Desequilíbrio do Setor de Saneamento no Estado do Rio de Janeiro. *Revista DAE, São Paulo*, v. 69, n 231, p 68-84, 2021.

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

_____. Decreto Federal nº6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6017.htm.

_____. Lei Federal nº 5.318 de 26 de setembro de 1967. Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/15318.htm. Acesso em: 14 de dezembro de 2021.

_____. Lei Federal nº 11.107, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm.

_____. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2007/lei/111445.htm.

_____. Lei Federal nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113089.htm. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

_____. Lei Federal nº 14.026 (2020), de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art.

175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm

_____. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Brasil.

_____. Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. Capítulo V – Da Vigilância em Saúde. Anexo XX – Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-deConsolida---o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>

_____. Trata. Ranking do Saneamento. Instituto Trata Brasil. 2021.

_____. Trata. Saneamento e Doenças de Veiculação Hídrica. 2019.

BRISMAN, A., MCCLANAHAN, B., SOUTH, N., WALTERS, R. (2018). Muito caro: críticas Água e Privatização. In: *Água, Crime e Segurança no Século XXI. Perspectivas criminológicas*. Palgrave Macmillan, Londres. https://doi.org/10.1057/978-1-137-52986-2_5. 2018.

BRUM, G. H. Análise de metodologias para determinação de resiliência em redes de distribuição de água para abastecimento e aplicação em um setor de rede existente. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo – USP. São Carlos/SP, 2023.

CALDEIRA, J. F., AQUINO, D. S. Influência de indicadores socioeconômicos no consumo per capita de água para os municípios do estado da Bahia. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 111–124, 2020. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/3590>. Acesso em: 20 set. 2023.

CAMARGO, M. M. A. de. Direito humano de acesso à água e ao saneamento: Discussão do Novo Marco Regulatório. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos – Sorocaba, 2022.

CARVALHO, C. C. A. Capacidade adaptativa a eventos extremos compostos na Paraíba. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande/PB, 2023.

CARVALHO, N. R. B. da S. de. Uso dos softwares QGIS e EPANET 2.0 para dimensionamento de rede de distribuição de água. Universidade Federal do Maranhão. 2021.

CARVALHO, P., MARQUES, R. Computing economies of vertical integration, economies of scope and economies of scale using partial frontier nonparametric methods. *Eur. J. Oper. Res.* 234 (1), 292–307, 2014.

CAVALCANTI, A., TEIXEIRA, A. e PONTES, K. Evaluation of the Efficiency of Basic Sanitation Integrated Management in Brazilian Municipalities. *International Journal of Environmental. Research and Public Health* 2020, 17, 9244; doi:10.3390/ijerph17249244, (2020).

CEARÁ. Atualização do Marco Regulatório de Saneamento Básico. Secretaria das Cidades – Governo do Estado do Ceará. Fortaleza/CE. 2021.

_____. Lei Complementar Nº 154, de 20 de outubro de 2015. Define as Regiões do Estado do Ceará e suas Composições de Municípios para fins de Planejamento. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2017/06/Lei-Complementar-154-2015-Define-asregi%C3%B5es-do-Cear%C3%A1.pdf>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

CHAE, Seung Taek; CHUNG, Eun-Sung; JIANG, Jiping. Robust siting of permeable pavement in highly urbanized watersheds considering climate change using a combination of fuzzy-TOPSIS and the VIKOR method. *Water Resources Management*, v. 36, n. 3, p. 951-969, 2022.

CICOGNA, M. P. V.; TONETO, R. Análise crítica dos indicadores econômico-financeiros definidos no Decreto nº 10.710 e a situação dos prestadores de serviços (2015–2019). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 5, p. 995-1006, 2022.

CONTRERAS, D.; GÓMEZ-LOBO, A.; PALMA, I. Revisitando os impactos distributivos da política de subsídio de água no Chile: Uma análise histórica de 1998-2015. *Política da Água* 2018, 20, 1208–1226, 2018.

COSTA, A. M. Avaliação da Política Nacional de Saneamento, Brasil 1996/2000. Fundação Oswaldo Cruz. 2003.

CRUZ, E. J. C. Políticas Territoriais do Estado Da Bahia: Regionalização e Planejamento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia Instituto de Geociências. Salvador/BA. 2008.

CRUZ, K. A.; RAMOS, F. S. Evidências de subsídio cruzado no setor de saneamento básico nacional e suas consequências. *Nova Econ.*, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 623-651, ago. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6351/2544>. Acesso em: 20 maio de 2020.

D. R. GLYNN; W.R. BAKER; C.A. JONES; J.L. Liesner. Economic issues in water privatization and regulation. *Water Science and Technology*, v. 26, n. 7-8, 1992, p. 1921-1928.

DALESCIO, S. T. M. D. R., RECH, I. J., G., A. P. F., & MACHADO, L. D. S. Análise dos Indicadores Econômico-Financeiros das Empresas de Saneamento Frente ao Novo Marco Legal do Saneamento Básico e a Lei de Licitações. In *22 USP International Conference in Accounting. São Paulo*, 2022.

DARI, A. de L. Desenvolvimento de um índice de qualidade do serviço de abastecimento de água da cidade de Campina Grande-PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2016.

DE SOUSA, A. F. N., DE SOUZA, G. B., OLIVEIRA, G. S., FRANÇA, L. R. C., DE LACERDA, M. C., & FEITOSA, P. H. C. Análise exploratória dos serviços e microrregiões de água e esgoto no estado da Paraíba a partir de indicadores. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 2024.

DIAS, W. J. V. Territórios de identidade e políticas públicas na Bahia: gênese, resultados, reflexões e desafios. 2017. 211 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento Territorial) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.

DONOSO, G. Política da Água no Chile; Springer International Publishing: Cham, Suíça, 2018. EAGIN, B.; GRAHAM, JP. Um estudo das tendências de acesso à água e saneamento no Peru: Onde persistem as desigualdades? *J. Água Sanitária. Hyg. Dev.* 2014, 4, 499-508, 2014.

DORSA, A. C., PEREIRA, M. A. S. P., FILHO, A. J. C. M. Indicadores dos Serviços de abastecimento de água e esgotamento doméstico na Rota de Integração Latino - Americana. *Interações*, v. 20, n. 2, p. 237-253. Campo Grande/MS, 2019.

FABBRI, P., FRAQUELLI, G. Costs and structure of technology in the Italian water industry. *Empirica* 27 (1), 65–82, 2000.

FAXINA, R. R. DE C., CALISTO, J. DE S., SANTOS, L. F., E BERTOLINO, S. M. Saneamento básico: uma perspectiva da gestão nas grandes cidades interioranas do Brasil. *Revista Brasileira De Ciência, Tecnologia e Inovação*, 3(2), 115–130. <https://doi.org/10.18554/rbcti.v3i2.3310> (2019).

FAXINA, R. R. C., CALISTO, J. S., SANTOS, L. F, BERTOLINO, S. M. Saneamento básico: uma perspectiva da gestão nas grandes cidades interioranas do Brasil. *Rev. Bras. Cien., Tec. e Inov.*Uberaba, MG, v.3n.2p. 115-130 jul./dez.2018.

FERRÃO, A. M. de A., RANDO, A. S., GALLO, N. C., LUZ, D. L. Aspectos de Governança e de Gestão Integrada na Região Hidrográfica do Alto Rio Jundiá. *revista Geociências UNESP*, Volume 40, Número 2. 2021

FERREIRA, Y. B. C. Proposição de um Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento Básico em municípios de pequeno porte: A experiência do estado da Paraíba. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)*, 2020.

FERREIRA, P. DA S. F., MOTTA, P. C., SOUZA, T. C. DE, SILVA, T. P. DA, OLIVEIRA, J. F. DE, & SANTOS, A. S. P. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. *Revista Internacional de Ciências*, v. 6, n. 2, p. 214-229, 2016.

FILHO, D. R. S., MARTINS, F. F., RODRIGUES, S.G., PELÁ, M. C. H. Análise dos indicadores de saneamento básico e seus impactos sobre a saúde pública e coletiva em Aparecida de Goiânia, Goiás. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 5407-5427 mar./apr., 2022.

FLORES, C. D. TERRITÓRIOS DE IDENTIDADE NA BAHIA: Saúde, Educação, Cultura e Meio Ambiente frente à Dinâmica Territorial. *Dissertação de Mestrado. Programa de PósGraduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia*. Junho/2016.

FONTOURA, V. M.; GRAEP-FONTOURA, I; SANTOS, F. S.; SANTOS NETO, M.; TAVARES, H. S.; BEZERRA; M. O. L. et al. Socio-environmental factors and diarrheal diseases in under five-year old children in the state of Tocantins, Brazil. *PLoS ONE*. 2018; 13(5): e0196702, 2018.

FORD, J. L.; WARFORD, J. J. Cost functions for the water industry. *The Journal of Industrial Economics*, p. 53-63, 1969.

FOSTER, V. Ten Years of Water Service Reform in Latin America: Toward an Anglo-French Model. (Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series, Paper n. 3). Washington DC: World Bank, 2005.

FREITAS, Wellington Ribeiro de. Regulação e eficiência nos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. 2021. 31 f. *Dissertação (Programa Stricto Sensu em Políticas Públicas) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2021.*

FREITAS, RMS et al. Medindo o saneamento: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros. *FGV-CERI (Fundação Getúlio Vargas - Centro de Educação em Regulação e*

Infraestrutura). 2018 Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/23000>. Acesso: 20 de junho de 2024.

FREUND, R. J.; WILSON, W. J.; SA, P. Regression analysis – Statistical Modeling of a response variable. Elsevier, Inc., San Diego, 459p, 2006.

FRONE, S. Factors and Challenges of Regionalization in the Water and Wastewater Sector. *Jornal Romeno de Economia*, vol. 27, edição 2(36), pág. 185-200, 2008.

FRONE, S., FRONE D.F., “Trends in the optimal size for water utilities and regionalization”, paper presented at the International Symposium “Social Development and Economic Performance”, Satu Mare, June 2008.

FUNDACE – Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia. Estudos de regionalização consultoria técnico-institucional para estruturação e suporte ao processo de regionalização dos serviços públicos de saneamento básico no estado do Amazonas. Companhia de Saneamento do Amazonas (COSAMA) Ribeirão Preto/SP Maio/2024

FUNDACE – Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia. Estudo Técnico da Regionalização do Saneamento Básico na Paraíba. Ribeirão Preto/SP. 2021b.

FUNDACE – Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia. Execução de Serviços Técnicos Especializados para Elaboração de Estudo Econômicos Institucionais necessários para adequar a atuação da Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento ao Novo Contexto criado a partir da Edição da Lei Federal Nº 14.026/2020 (“Novo Marco Regulatório Do Saneamento Básico”). Ribeirão Preto/SP. 2021a.

GHINIS C. P., FOCHEZATTO, A. Análise dos custos de produção e da eficiência na prestação de serviços de saneamento básico no Brasil usando econometria espacial. Anais do XVII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos - Enaber, Brasil, 2019.

GLASS, L. M., NEWIG, J. Governance for achieving the Sustainable Development Goals: How important are participation, policy coherence, reflexivity, adaptation and democratic institutions? *Earth System Governance*. Volume 2, April 2019.

GODOY, D., SOARES, P. R. R. Gestão territorial e indicadores sociais: o caso do IDH. *Ponta de Lança, São Cristóvão*, v. 14, n. 26, jan. -jun. 2020.

GONÇALVES, Lara Sartório; SILVA, Caroline Rodrigues. Pandemia de Covid-19: sobre o direito de lavar as mãos e o “novo” marco regulatório de saneamento básico. *Revista Científica Foz*, v. 3, nº 01, p. 70-91, 2020.

GONTIJO, H. M.; RIBEIRO, S. de Sá; LIMA, S. C. R. B. de. Gestão da água e do esgotamento sanitário em Divinópolis/MG: o discurso vigente acerca da fragmentação urbano/rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, n. 3, p. e265399, 2024.

GRANGEIRO, E. L. A., RIBEIRO, M. M. R., MIRANDA, L. I. B. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 417-434, maio/ago 2020.

GUERRINI, A., ROMANO, G. LEARDINI, C. Economies of scale and density in the Italian water industry: A stochastic frontier approach. *Utilities Policy*, vol 52, jun/2018, pgs 103111, 2018.

GUERRINI, A., ROMANO, G., CAMPEDELLI, B. Factors affecting the performance of water utility companies. *Int. J. Public Sect. Manag.* 24 (6), 543–566, 2011.

GUERRINI, A., ROMANO, G., CAMPEDELLI, B. Economies of scale, scope, and density in the Italian water sector: a two-stage data envelopment analysis approach. *Water Resour. Manag.* 27 (13), 4559–4578, 2013.

GUIMARÃES, J. R. S., JANNUZZI, P. M. Indicadores sintéticos e suas Aplicações em políticas públicas - Uma Análise Crítica. *R. B. Estudos Urbanos e Regionais* V.7, N.1 / maio 2005

HALL, J. W., BORGOMEIO, E., BRUCE, A., DI MAURO, M. MORTAZAVI-NAEINI, M. Resilience of Water Resource Systems: Lessons from England. *Water Security*, Volume 8, December - 2019.

HAROUN, M., PUNJABI, S., SUBOYIN, A., ANASTASIOU, S., BAKKER, J.de. Integrated Water Resources Management: A New Approach For Regions Stressed By Water. *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 36, Ed. 6, pag. 827-834, (2019).

HEINIG, D. W. Avaliação de políticas públicas de saneamento: a instituição do plano municipal de saneamento e o impacto na eficiência dos serviços de abastecimento de água em municípios catarinenses de pequeno porte. 2021. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Governança Pública) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

HELLER, L., 1998. *Saneamiento y Salud*. Washington, D.C.: CEPIS/OPS

HELLER, P. G. B. Modelos de prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: uma avaliação comparativa do desempenho no conjunto dos municípios brasileiros. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS8ZRQ29/1/pedroheller_modelos_de_presta_o_dos_servi_os.pdf. Acesso em: 10 mai. 2021.

HELM, D. Thirty Years After Water Privatization — Is the English Model the Envy of The World? *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 36, Edição 1, Primavera 2020, Páginas 123, <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz035>. Primavera 2020.

HOLLANDER, D, AJROUD, B., THOMAS, E., PEABODY, S., JORDAN, E., JAVERNICKWILL, A. And LINDEN, K. Monitoring Methods for Systems-Strengthening Activities Toward Sustainable Water and Sanitation Services in Low-Income Settings. *Sustainability* 2020, 12, 7044; doi:10.3390/su12177044, 2020.

HUKKA, J. J.; KATKO, T. S. Water privatisation revisited: panacea or pancake?. *IRC Occasional Paper Series* 33, Delft, International Water and Sanitation Centre (IRC), 2003, disponível em: . Acesso em 20 out. 2020.

HUTTON, G.; HALLER, L. Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation Improvements at the global level. Genebra, Suíça: Organização Mundial da Saúde (OMS), 2004
IAS - INSTITUTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. A Regionalização do Saneamento Básico no Estado da Bahia - Sistematização da Lei Complementar n° 48/2019 sancionada em 09/07/2021. Bahia. 2021b.

IAS - INSTITUTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. A Regionalização do Saneamento Básico no Estado do Paraná - Sistematização da Lei Complementar n° 237/2021 sancionada em 09/07/2021. Paraná. 2021c.

_____. Saneamento 2021: Balanço e perspectivas após aprovação do novo Marco Legal Lei 14.026/2020. São Paulo/SP. 2021a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2002.

INEI – INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA E INFORMÁTICA. Formas de Acesso à Água e Saneamento Básico; Instituto Nacional de Estatística e Informática: Lima, Peru, 2020. Instituto Transnaconal, disponível em: <https://www.tni.org/files/a3_remunicipalisation2019_052.png>. Acesso em 13 mai. 2021.

ITABORAÍ, G. dos S. Impacto de indicadores socioeconômicos e estrutura contratual nos índices de cobertura de saneamento da Região Sudeste. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas, Escola Brasileira de Economia e Finanças. Rio de Janeiro/RJ, 2021.

ISARD, W. Methods of regional analysis: an introduction to regional science. 2^o.ed. Cambridge: The M.I.T. Press, 1960. Disponível em:<https://archive.org/details/methodsofregiona00isar>. Acesso em: 19 jul. 2024.

JÚNIOR, A. de C. G., PAGANINI, W. da S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. Revista Eng. Sanitária e Ambiental, 2009.

KAYAGA, S.; FRANCEYS, R. Custos de ligações de água de utilidade urbana: Carga excessiva para os pobres. Util. Política 2007, 15, 270-277, 2007.

KINGDOM, W. D. Models of aggregation for water and sanitation provision. (Water Supply and Sanitation, Working Note n^o1). Washington DC: World Bank, 2005.

KOMIVES, K. et al. Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies? Directions in Development. Washington, DC, World Bank, 2005. Disponível em: Acessado em 18/05/2021.

KUHN, F. e FAUSTINO, R. B. (2019). A Participação Privada no Setor de Saneamento Básico no Brasil: uma análise dos investimentos com recursos do FGTS. Anais XVIII ENANPUR, 2019. Natal/RN, 2019.

LANDAU, E. C., e MOURA, L. Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais, 2016.

LAUTZE, J.; DE SILVA, S.; GIORDANO, M.; SANFORD, L. Putting the cart before the horse: Water governance and IWRM. Natural Resources Forum, v. 35, p. 1-8, February 2011.

LEBEIS, F. A. Universalização dos Serviços de Água e Esgoto à População Brasileira: Desafios do Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico. Dissertação apresentada à Escola de Políticas Públicas e Governo de Brasília da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia. Brasília/DF, 2021.

LEMOS, M. B.; DINIZ, C. C.; GUERRA, L. P.; MORO, S. A Nova Configuração Regional Brasileira e sua Geografia Econômica. Est. Econ., São Paulo, v. 33, n. 4, p. 665-700, Outubro/Dezembro 2003.

LEVIN, A. Estatuto da Metrópole (Lei n^o 13.089/2015) e plano de desenvolvimento urbano integrado: instrumentos para a execução das políticas públicas metropolitanas. Cadernos Jurídicos, São Paulo, ano 20, n^o 51, p. 71-91, Setembro-Outubro/2019.

LISBOA, S. S., HELLER, L., SILVEIRA, R. B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Eng Sanitária e Ambiental, v. 18, n.4, pgs. 341-348, (2013).

LOPES, M. do S. B., PONTES, W. R., COSTA, A. N., CUNHA, M. V. P. de O., CHAVES, A. F. F., LOPES, D. F. Uso de indicadores de saneamento ambiental, na bacia hidrográfica do Tucunduba, visando a redução das doenças de veiculação hídrica. *Nature and Conservation*, v. 14 n. 1 (2021).

LOPES, W. da S. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário para a cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2015.

MACHETE, I. F., MARQUES, R. C., PIRES, J. S., FERNANDES, E. BRITO, J. Elaboration of sustainable sanitation rates - cape verde study case. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v.7, n.8, p. 83436-83456 aug. 2021.

MAGALHÃES, E. A. de. Gestão fiscal nos municípios brasileiros: uma análise das diferenças regionais. 2017. 125f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

MARGULIES, B. N. Desempenho das empresas de saneamento básico brasileiras: uma análise dos setores público e privado. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia, Administração E Contabilidade. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

MARQUES, R.C. Regulação dos Serviços de Água e Esgoto. Uma comparação internacional; IWA Publishing: Londres, Reino Unido, 2010.

MARTINS, R., FORTUNATO, A., COELHO, F. Cost Structure of the Portuguese Water Industry: A Cubic Cost Function Application. Working Paper No. 9. University of Coimbra, Coimbra, 2006.

MARTINS, R., NASCIMENTO, J. S. Consórcios Intermunicipais de saúde no Paraná: Uma forma colaborativa de implementação de serviços públicos. Anais do II Seminário de Pós-Graduação em Políticas Públicas, GT Saúde e Assistência Social, em outubro de 2018.

MEDEIROS, C. N., SOUSA, F. J., LIMA, K. A., LIMA, J. R. Panorama Socioeconômico das Regiões de Planejamento do Estado do Ceará. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. Fortaleza/CE. 2017.

MEDEIROS, V., & RODRIGUES, C. T. Políticas Públicas Municipais, Universalização E Eficiência No Setor De Saneamento Básico: Uma Análise Para Os Municípios Mineiros. Planejamento E Políticas Públicas. 2021.

MÉNARD, C., JIMENEZ, A., & TROPP, H. (2018). Addressing the policy-implementation gaps in water services: the key role of meso-institutions. *Water International*, 43(1), 13-33, 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2017.1405696>

MENEZES, M. Governança das PPPs no Âmbito dos Municípios Brasileiros: Um Estudo de caso de Teresina. *Revista Iberoamericana de Estudios Municipales - RIEM*, N°24, año XII, agosto-diciembre 2021, ISSN 0719-1790, pp. 119-139, agosto-diciembre 2021.

MIRANDA, G. M., REYNARD, E. (2020). Integrated Water Resources Management in Federations: The Examples of Brazil and Switzerland. *Water* 2020, 12, 1914; 2020. doi:10.3390/w12071914

MIZUTANI, F., URAKAMI, T., 2001. Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations. *Pap. Reg. Sci.* 80 (2), 211–230, 2001.

MOLINOS-SENANTE, M., MAZIOTIS, A. Cost Efficiency das Companhias de Água Inglesa e Galesa: a Meta-Stochastic Frontier Analysis. *Resour Água Gerenciar* 33, 3041-3055, (2019). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02287-8>.

MONTEIRO, D. A. B. O Estatuto da metrópole e funções públicas de interesse comum: o caso da região metropolitana de Porto Alegre/RS. III Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana. Volume 3, 2021.

MORAIS, G. A. e COSTA, B. S. A Os serviços podem também ser delegados por outorga para entes da administração pública direta e indireta do titular, e por concessão - mediante licitação prévia - para entes externos Universalização do Serviço de Saneamento Básico e as Propostas de Alteração Legislativa: Conflitos de Competência entre os Entes Federativos. *Revista de Direitos Sociais e Políticas Públicas*. Volume 7, Nº 2, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25245/rdspp.v7i2.586>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

MOURA, M. R. F., DOS SANTOS, F. M., GALVÃO, C. DE O., MONTENEGRO, S. M. G. L., & DA SILVA, S. R. (2020). Segurança e vulnerabilidade hídrica: evoluções conceituais à luz da Gestão Integrada e Sustentável. *Ciência & Trópico*, 44(1), 2020.

NARZETTI, D. A. e MARQUES, R. C. Models of Subsidies for Water and Sanitation Services for Vulnerable People in South American Countries: Lessons for Brazil. *Water* 2020, 12, 1976; doi:10.3390/w12071976, 2020.

NAUGES, C.; BERG, C. Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies. *Journal of Regulatory Economics*, v. 34, n. 2, p. 144-163, 2008.

NETO, J. P. e AIETA, A.S. Novo Marco Legal do Saneamento Básico – Considerações Iniciais sobre a Possibilidade de Prestação Regionalizada dos Serviços Públicos e seus Impactos em Relação aos Municípios de Pequeno e Médio Porte. *Revista da Associação dos Antigos Alunos de Direito da Universidade Federal do Rio de Janeiro*, vol.1, n. 1, 2020.

NOZAKI, V. T. D. Análise do setor de saneamento básico no Brasil. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: Acesso em: 1º de ago. 2020.

OGATA, K. Y. Regionalização dos serviços de saneamento básico nos Estados brasileiros. *Argumento Digital*, Edição Nº 107, Setembro de 2021. Disponível em: <https://mailchi.mp/vernalhapereira/argumento-digital-932740?e=b072ca6b0f>.

OLIVEIRA, J. P. M., OLIVEIRA, J. M. O., BARRETO, E. S. SILVA, S. S. da, & SILVA, S.S. da; MARACAJÁ, P B. Saúde/Doença: As Consequências da Falta de Saneamento Básico INTESA –Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB), v.9, n 2, p 23-29, Jun –Dez, 2015.

OLIVEIRA, M. A. D. Análise do acesso ao esgotamento sanitário e abastecimento de água na zona rural da cidade de Água Nova. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. (2019).

OPRICOVIC, Serafim. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 10, p. 12983-12990, 2007.

OPRICOVIC, Serafim. TZENG, Gwo-Hshiung. Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, v. 16, p. 445-455, 2004.

OPRICOVIC, Serafim. TZENG, Gwo-Hshiang. Multicriteria planning of post -earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, v. 17, p. 211220, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015 Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>> Acessado em: 08 de outubro de 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. Temas de Salud. 2015. Disponível em: <https://www.who.int/topics/sanitation/es/>. Acesso em: 23 jul. 2020.

_____. Surveillance and outbreak management of water-related infectious diseases associated with water-supply systems. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289054454>. Acesso em: 15 agosto de 2020.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. (2015a). Princípios da OCDE sobre governança da água adotados pelo comitê de política de desenvolvimento regional da OCDE em 11 de maio de 2015 recebidos pelos ministros na reunião do conselho ministerial da OCDE em 4 de junho de 2015. Paris: Editora OCDE.

_____. (2018). Quadro de Indicadores de Governança da Água da OCDE. Paris: Editora OCDE, 2018.

_____. Princípios da OCDE para a Governança da Água. [s.l.]: OECD -Water Governance Programme, 2015.

PACHECO, M. B. S., RIBEIRO, M. B., LUCENA, D. L., RODRIGUES, A. C. L. Estudo comparativo das condições hídricas de quatro municípios localizados em diferentes microrregiões paraibanas de água e esgoto. *Revista Caderno Pedagógico–Studies Publicações e Editora Ltda.*, Curitiba, v.21, n.8, p. 01-22. 2024.

PAGANINI, W. DA S. & BOCCHIGLIERI, M. M. (2021). O Novo Marco Legal do Saneamento: universalização e saúde pública. *Revista USP*, 1(128), 45-60, 2021.

PAHL-WOSTL, C. A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, v. 9, n. 3, p. 354-365, 2009.

PAIVA, R. F. da P. de S. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) e o acesso ao saneamento ambiental em municípios do sul fluminense, 2010 – 2017. *Revista Brasileira De Ciências Da Saúde*, 24 (Supl.2). 2020.

PARAÍBA. Lei Complementar nº 168 (2021), de 22 de junho de 2021. Institui as Microrregiões de Água e Esgoto do Alto Piranhas, do Espinharas, da Borborema e do Litoral e suas respectivas estruturas de governança. <https://auniao.pb.gov.br/servicos/arquivodigital/doe/2021/junho/diario-oficial-23-06-2021.pdf>

_____. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Governo do Estado da Paraíba. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2018.

_____. Plano Estadual de Saúde. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Saúde. Gerência de Planejamento e Gestão. 2016.

_____. Resolução nº 43 (2018), de 25 de junho de 2018. Conformação das Macrorregiões de Saúde do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://static.paraiba.pb.gov.br/2018/02/Resolucao-43-Nova-definicao-da-Macrorregiao.pdf>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

PARANÁ. Lei Complementar nº 237, de 9 de julho de 2021. Institui as Microrregiões dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Oeste, do Centro-leste e do Centro-litoral e suas respectivas estruturas de governança. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. Curitiba, PR, julho de 2021. Disponível em: http://portal.assembleia.pr.leg.br/modules/mod_legislativo_arquivo/mod_legislativo_arquivo.php?leiCod=56555&tipo=L&tplei=0.

_____. LEI COMPLEMENTAR Nº 237, DE 9 DE JULHO DE 2021. Institui as Microrregiões dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Oeste, do Centro-leste e do Centro-litoral e suas respectivas estruturas de governança. Assembleia Legislativa do Estado do Paraná. Curitiba, PR, julho de 2021.

PARLATORE, A. Privatização do setor de saneamento no Brasil. In: BNDES. A privatização no Brasil: O caso das utilidades públicas, Rio de Janeiro/RJ. 2000.

PEIXOTO, F. da S.; OLIVEIRA, J. P. de; SANTOS, H. D. C. dos. O ESGOTAMENTO SANITÁRIO E EXPANSÃO URBANA EM MOSSORÓ-RN. *Sociedade e Território*, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 189–211, 2021. DOI: 10.21680/2177-8396.2021v33n2ID23413. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/23413>. Acesso em: 13 ago. 2024.

PENTEADO, T. B., & BRANCHI, B. A. O acesso à água e saneamento na promoção do desenvolvimento humano. *Revista Científica ANAP Brasil*, 14(35), 2021.

PEREIRA, L. R. Sistema descentralizado de esgotamento sanitário: solução para assentamentos rurais. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal Goiano – Campus Campo Verde, Rio Verde/GO. 2023.

PEREIRA, L. H. C. O Desafio da Universalização do Saneamento no Brasil e a Contribuição da Participação Popular para a sua Efetividade. Dissertação de Mestrado. Universidade Presbiteriana Mackenzie – São Paulo/SP, 2021.

PERIN, A., & SIERRA, E. J. S. Gestão Integrada De Recursos Hídricos: Uma Revisão Integrativa. *Anais do VIII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação*. Guadalajara, 2018.

PETITET, S. Do modelo francês ao "modelo globalizado". Em Schneider-Madanes, G. (Ed), *Água Globalizada*. págs. 97-105. Dordrecht, Holanda: Springer Dordrecht. 2014.

PINTANEL, S. R., CECCONELLO, S. T., & CENTENO, L. N. Análise da correlação entre os indicadores de saneamento básico e as doenças de veiculação hídrica em municípios do sul do Rio Grande do Sul. *Revista Ambientale*, 13(2), 41–52. 2021.

PIRES, A. C. M, LOPES, C. B., PIRES, L. G. M. A regionalização dos serviços de saneamento básico no país. *Revista Saneamento Ambiental*. 2022.

PORTER, M. *Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise da Indústria e da Concorrência*, Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PRIETO, Á; ZOFIO, J.; ÁLVAREZ, I. Economías de escala, densidad y alcance en la provisión pública de infraestructura básica municipal. *Hacienda Pública Española*, v. 190, n. 3, p. 59-94, 2009.

PROSKURYAKOVA, L. N., SARITAS, O., SIVAEV, S. Global water trends and future scenarios for sustainable development: The case of Russia. *Journal of Cleaner Production* Vol.170, pág. 867e879, 2018.

RAMOS FILHO, R. da S. Cenários de projeção do risco a inundações no Estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande/PB, 2022.

RESENDE, R. G., FERREIRA, S., FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, mar. 2018.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. *Revista Agrogeoambiental*, v. 10, n. 1, p. 131-149, 2018.

REVOLLO, D.; LONDOÑO, G. Análisis de las economías de escala y alcance en los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia. *Desarrollo y sociedad*, v. 66, p. 145- 182, 2010. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, 2020.

ROCHA, I. L.; RIBEIRO, R. S. M. Infraestrutura no Brasil: contexto histórico e principais desafios. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2022.

ROCHA, A. A. da. A proposta do modelo gravitacional na regionalização econômica do Estado do Paraná. Tese de doutorado em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR. 2020

ROLAND, N., REZENDE, S. Y HELLER, L. 2020. Fatores condicionantes da adoção do tipo de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: Um Estudo Em Oito Municípios De Minas Gerais. *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. 13, 1 (abr. 2020), 66–83. DOI:<https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.1.64746>.

ROMANO, O. E AKHMOUCH, A. Water Governance in Cities: Current Trends and Future Challenges *Water* 2019, 11, 500; doi:10.3390/w11030500.

ROUSE, M. The Market-Centred Paradigm. In: CASTRO, J. E.; HELLER, L. (Ed.). *Water and sanitation services: public policy and management*. London: Earthscan, 2009. p. 139-152, 2009.

SAAL, D., PARKER, D., 2000. The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model. *Manag. Decis. Econ.* 21 (6), 253–268, 2000.

SAAL, D., PARKER, D., WEYMAN-JONES, T., 2007. Determining the contribution of technical efficiency and scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985–2000. *J. Prod. Anal.* 28 (1), 127–139, 2007.

SAIANI, C. C. S, e TONETO JUNIOR, R. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). *Econ. soc.* 19 (1) Abr 2010 <https://doi.org/10.1590/S0104-06182010000100004>

SANTOS, G. R. e MENDES, A. T. Dados e Indicadores dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário no Brasil. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental do IPEA*, 2023.

SALVADOR, N. N. B.; FRIGO, F. Alternativas sustentáveis para esgotamento sanitário de residências e Assentamentos Rurais. *Retratos de Assentamentos*, v. 25, n. 1, p. 222-250, 2022.

SANTOS, D. R. V., ARMSTRONG, A. da C., LIMA, A. G. D. Água, Saúde e Doença: Uma revisão sistemática sobre doenças de veiculação hídrica em comunidades indígenas brasileiras. RIOS - Revista Científica do Centro Universitário do Rio São Francisco. v. 14 n. 25, 2020.

SANTOS, G. R. dos; MENDES, A. T. Dados e indicadores dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil. Boletim Regional, Urbano e Ambiental (BRUA) : n. 29, jan./jun. 2023.

SANTOS, G. R., & SANTANA, A. Água, Saneamento e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Ods) na Amazônia: Dificuldades na Gestão Integrada e Universalização dos Serviços. Revista Tempo do Mundo, (27), 325-354, (2022). <https://doi.org/10.38116/rtm27art12>

SANTOS, T. M. G. A Governança da Água no Brasil: Avanços e Desafios à Luz dos Doze Princípios da OCDE. Programa de Mestrado Profissional em Governança e Desenvolvimento. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP. Brasília/DF, 2021.

SARLET, I. W. A eficácia dos direitos fundamentais: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. 12 ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2015.

SCHIER, A. C. R., AZEVEDO, W. G. A Cooperação entre entes municipais como alternativa à Prestação Regionalizada do Serviço Público de Saneamento Básico. Meritum – Belo Horizonte – v. 13 – n. 2 – p. 207-230 – Jul./Dez. 2018.

SCRIPTORE, Juliana Souza; TONETO JÚNIOR, Rudinei. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, 2012.

SEAFDS. Secretaria de Agricultura Familiar e Desenvolvimento do Semiárido. Mapa dos Territórios Rurais do Estado da Paraíba. 2020.

SHANNON, Claude E. Prediction and entropy of printed English. Bell system technical journal, v. 30, n. 1, p. 50-64, 1951.

SHIH, J.S., HARRINGTON, W., PIZER, W.A., GILLINGHAM, K., 2006. Economies of scale in community water systems. J. Am. Water Works Assoc. 98 (9), 100–108, 2006.

SIEGEL, S. Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento. Tradução. [s.l.] McGraw-Hill São Paulo, 1975.

SILVA, J. I. A. O. The urgency of an international water governance model: elements for discussion. Brazilian Journal of International Law. Volume 18, nº 2. 2021.

SILVA, J. P. da. Sistemas de informações geográficas (SIG) como subsídio ao ordenamento territorial: aplicação nos sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário de São Fernando/RN. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2021.

SILVA, D. N., OLIVEIRA, A. L. A., MENDES, E. C. Pobreza e Saneamento Básico: Uma análise para Municípios minerados do Pará. Mundo e Desenvolvimento - Revista do Instituto de Estudos Econômicos e Internacionais. Set/2020.

SILVA, J. do V. As relações entre as condições de saneamento e o desempenho socioeconômico dos municípios mineiros. 2015. 110f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

SILVA, M. B., HERREROS, M. M. A. G., BORGES, F. Q. Gestão Integrada Dos Recursos Hídricos Como Política De Gerenciamento Das Águas No Brasil. Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 10, número 1, p. 101-115, JAN. - MAR. 2017.

SILVA, M. B.C. Análise de Múltiplos Aspectos da Governança da Água em Sistemas Hídricos Locais. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2022.

SILVA, R. M. T. Território e Desenvolvimento Rural: Uma Análise da Política Territorial do MDA em um Estudo de Caso do Cariri Oriental-PB. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. 2013.

SILVA, Edson Aparecido. O futuro do saneamento no Brasil. Disponível em: <<https://ondasbrasil.org/o-futuro-do-saneamento-basico-no-brasil>>. Acesso em 15 out. 2020. SISS. Informe de Gestão do Setor Sanitário; Superintendência de Serviços Sanitários: Santiago, Chile, 2021.

SILVA, G.I.C.M., PEREIRA, E.H.B., BENTO, A.B., GOMES, J.C., BANDEIRA, P.S.R.S., SOUSA, G.G.B., SILVA, A.C.A.F., SOUZA, G.X.L., NOBRE, K.M.R., SAMTOS SOBRINHO, G.F., ABRANTES, L.B., MENDES, J.R.L., NÓBREGA, W.D.M., MEDEIROS, J.M.L.A.M. O Novo Marco do Saneamento (Lei Federal nº. 14.026 de 2020) e os possíveis impactos nos pequenos municípios brasileiros. Research, Society and Development, [S.L.],10(9), 1-10.<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18258>. (2021)

SILVEIRA, A. B. G. Explorando o deficit em saneamento no Brasil: evidências da disparidade urbano-rural. Paranoá, Brasília, n. 10, p. 37-48, 2013.

SINISA - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático -Serviços de Água e Esgoto (Ano de referência 2020). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 18 de agosto de 2022.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 19 setembro. 2019.

SOUSA, F. C. de F. Saneamento básico no Brasil: uma abordagem sobre a gestão ambiental e o novo marco legal. Monografia (Bacharelado em Direito) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, 2023.

SOUSA, A. C. A. de. O que esperar do novo marco de saneamento? Perspectivas Cad. Saúde Pública 36, 18 Dez 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00224020>.

SPRONK, S.J. AND SING, E. The struggle for public water in Marseille, France. Water Alternatives 12(2): 380-393, 2019.

SUNASS - SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. Planos Estratificados de Lima Metropolitana para Aplicar o Sistema de Subsídios Cruzados na Estrutura Tarifária da SEDAPAL SA; Superintendência Nacional de Serviços de Saneamento— Resolução do Conselho de Administração Nº 021-2017-SUNASS-CD; Superintendência Nacional de Serviços de Saneamento: Lima, Peru, 2017.

TANTOH, H. B., & SIMATELE, D. (2018). Complexity and uncertainty in water resource governance in northwest Cameroon: reconnoitering the challenges and potential of communitybased water resource management. Land Use Policy, 75, 237-251, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.044>.

TEIXEIRA, J. C.; PUNGIRUM, M. E. M. de C. Análise da associação entre saneamento e saúde nos países da América Latina e do Caribe, empregando dados secundários do banco de dados da

Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 365-76, 2005.

TOMAZ, J. L. F., DO NASCIMENTO, R. S., & TELES, T. B. XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Análise de Riscos Operacionais no Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Campina Grande-Pb, 2023.

TORRES, M. O. Production and distribution cost economies in water firms: a multiproduct cost model incorporating input rigidities and special variables. Davis, 2004. Dissertation - University of California Davis.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - TCESP. O Novo Marco Legal do Saneamento Básico. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Manual%20Saneamento%20B%C3%A1sico%20-%20TCESP.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro. 2021.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – TCESP. O Novo Marco Legal do Saneamento Básico. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Manual%20Saneamento%20B%C3%A1sico%20-%20TCESP.pdf>. Acesso em: 15 set 2021.

TYNAN N., KINGDOM B., “Optimal Size for Utilities? Retornos à Escala na Água: Evidências do Benchmarking”, Política Pública para o Setor Privado, 2005, BM.

UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2 - Water: a shared responsibility. United Nations World Water Assessment Program. UNESCO. Paris, p. 601. 2006.

VALDOVINOS, J. Transnational Corporations in Urban Water Governance: Public Private Partnerships in Mexico and the US. Routledge, 2021.

VALENTE, S. R. D. P. Direito e Políticas Públicas: Uma Visão Jurídico Institucional sobre o Caso do Saneamento Básico no Brasil. Revista Estudos Institucionais, v. 5, n. 3, p. 1064-1092, set/dez. 2019.

VAN AST, J. A.; GERRITS, L. Public participation, experts and expert knowledge in water management in the Netherlands. Water Policy. Volume 19, pag. 115–127, Fevereiro/2017.

VASCONCELOS, L. A. A. Prestação Regionalizada como Incentivo à Delegação dos Serviços de Abastecimento de Água Potável e Esgotamento Sanitário. Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais., edição especial, p. 85-101, Belo Horizonte/MG, 2022.

VASQUES, P. H. R. P. (2020) Saneamento Básico: Uma Avaliação sobre a Atuação dos Setores Público e Privado no Contexto de Novas Proposições Regulatórias. Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 36, e48413, 2020.

VIANNA, P. J. R., HOLANDA, M. C., DA ROSA, A. L. T., LÓCIO, A. B., WICHMANN, B. M. Texto para discussão nº 25 - A regionalização do estado do Ceará: uma proposta de reformulação. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza/CE, 2006.

VICTRAL, D. M., GROSSI, L. B., RAMOS, A. M., e GONTIJO, H. M. Sustentabilidade econômica das políticas públicas de abastecimento de água nas regiões semiáridas do Brasil Economic sustainability of water supply public policy in Brazil semiarid regions Sostenibilidad económica de la política pública de suministro de agua en las regiones semiáridas de Brasil. Research, Society and Development, 9(6), e65963435. (2020).

WEBER, B., STAUB-BISANG, M., & ALFEN, H. W. (2016). Infrastructure as an Asset Class. West Sussex: Wiley. 2016.

WEI, Y., WANG, Z., WANG, H., YAO, T., & LI, Y. (2018). Promoting inclusive water governance and forecasting the structure of water consumption based on compositional data: a case study of Beijing. *The Science of the Total Environment*, 634, 407-416, 2018. PMID:29627564. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.325>.

WILSON, R. H. Understanding local governance: an international perspective. *Revista de Administração de Empresas*, v. 42, n. 2, p. 51-63, 2000.

WITHANACHCHI, S.; GHAMBASHIDZE, G.; KUNCHULIA, EU. URUSHADZE, T.; PLOEGER, A. A Paradigm Shift in Water Quality Governance in a Transitional Context: A Critical Study on Empowering Local Governance in Georgia. *Water* 2018. 10, 98, 2018.

World Health Organization – OWH - Safer water, better health. Geneva: World Health Organization; 2019.

WU, Jinru; CHEN, Xiaoling; LU, Jianzhong. Assessment of long and short-term flood risk using the multi-criteria analysis model with the AHP-Entropy method in Poyang Lake basin. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 75, p. 102968, 2022

YU, Po Lung. A class of solutions for group decision problems. *Management Science*, v. 19, n.8, p. 936-946, 1973.

ZHANG, CONGLIN; QIAO, HAUJUAN; MA, YONGHUAN; WU, CHUGUO; WANG, YINTANG; HUANG, BAORONG; E GUO, FENGYUAN. "Promovendo a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos para garantir proteção de alto nível e desenvolvimentos de alta qualidade", *Boletim da Academia Chinesa de Ciências (Versão Chinesa)*: Vol. 36: Iss. 11, 2021. - Artigo 6º.

ZHU, Shiyao et al. Enhancing urban flood resilience: A holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 61, p. 102355, 2020.

APÊNDICE A - Valores normalizados dos indicadores para os municípios do estado da Paraíba

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE ₂	ISE ₃	ISE ₅	ISE ₆	ISE ₇	IOP ₁	IOP ₃	IOP ₄	IOP ₆	IOP ₇	IOP ₈	IOP ₉	IOP ₁₀	IOP ₁₁	IFN ₁	IFN ₂	IFN ₃	IFN ₄	IFN ₅	IQ ₁	IQ ₂	IQ ₃	
Água Branca	0,236	0,777	0,006	0,626	0,461	0,691	0,019	0,890	0,481	0,720	0,433	0,455	0,000	0,084	0,770	0,479	0,215	0,207	0,196	1,000	0,967	0,996	
Aguiar	0,336	0,663	0,017	0,562	0,828	0,665	0,028	0,999	0,683	0,858	0,284	0,333	0,000	0,046	0,811	0,460	0,268	0,216	0,240	0,994	0,954	0,986	
Alagoa Grande	0,276	0,694	0,016	0,422	0,481	0,869	0,117	0,995	0,627	0,925	0,747	0,686	0,686	0,185	0,879	0,488	0,396	0,194	0,317	0,635	0,935	0,973	
Alagoa Nova	0,252	0,894	0,049	0,551	0,434	0,695	0,040	0,759	0,697	0,863	0,620	0,630	0,504	0,114	0,799	0,559	0,221	0,221	0,191	0,812	0,939	0,810	
Alagoinha	0,328	0,912	0,009	0,368	0,414	0,490	0,451	0,997	0,644	0,962	0,601	0,067	0,000	0,020	0,933	0,779	0,357	0,010	0,298	0,955	0,954	0,977	
Alcantil	0,260	0,706	0,012	0,665	0,246	-0,002	0,033	0,992	0,858	1,000	0,331	0,112	0,000	0,002	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
Algodão de Jandáira	0,140	0,797	0,019	0,527	0,219	0,845	0,068	0,462	0,553	0,722	0,131	0,269	0,000	0,244	0,811	0,644	0,011	0,207	0,028	0,801	0,711	0,962	
Alhandra	0,276	0,837	1,000	0,418	0,192	0,842	0,017	0,979	0,374	0,842	0,832	0,031	0,000	0,026	0,873	0,392	0,449	0,201	0,375	0,997	0,931	1,000	
Amparo	0,260	0,901	0,031	0,539	0,360	0,893	0,214	0,999	0,747	0,958	0,617	0,751	0,000	0,023	0,933	0,357	0,851	0,000	0,000	0,856	0,730	0,871	
Aparecida	0,144	0,725	0,027	0,577	0,421	0,860	0,044	1,000	0,563	0,921	0,359	0,197	0,111	0,000	0,812	0,455	0,288	0,219	0,266	1,000	0,993	0,993	
Araçagi	0,140	0,787	0,019	0,664	0,465	0,985	0,066	1,000	0,612	0,763	0,805	0,078	0,000	0,013	0,855	0,465	0,347	0,211	0,307	0,488	0,850	0,976	
Arara	0,216	0,933	0,002	0,324	0,411	0,516	0,016	1,000	0,710	0,742	0,416	0,254	0,000	0,039	0,611	0,585	0,163	0,190	0,159	0,556	0,372	0,921	
Araruna	0,324	0,772	0,012	0,555	0,478	0,930	0,057	0,880	0,707	0,605	0,675	0,691	0,000	0,015	0,425	0,050	0,318	0,207	0,287	0,809	0,925	0,973	
Areia	0,196	0,749	0,021	0,425	0,182	0,794	0,144	0,965	0,439	0,766	0,808	0,760	0,000	0,039	0,825	0,410	0,318	0,203	0,269	0,876	0,881	0,917	
Areia de Baraúnas	0,380	0,909	0,027	0,518	0,283	0,608	0,087	0,857	0,485	0,726	0,629	0,545	0,545	0,054	0,668	0,401	0,177	0,162	0,129	0,994	0,996	0,994	
Areial	0,140	0,990	0,006	0,317	0,589	0,465	0,139	0,817	0,486	0,822	0,587	0,774	0,000	0,021	0,739	0,580	0,147	0,133	0,107	0,939	0,625	0,847	
Arocinhas	0,384	0,638	0,005	0,550	0,441	0,477	0,040	0,727	0,476	0,465	0,767	0,720	0,000	0,128	0,649	0,344	0,178	0,082	0,059	0,672	0,805	0,768	
Assunção	0,272	0,890	0,024	0,211	0,593	0,969	0,112	0,917	0,658	0,945	0,498	0,420	0,000	0,007	0,843	0,389	0,439	0,178	0,286	0,990	1,000	0,979	
Baía da Traição	0,220	0,921	0,023	0,674	0,667	0,613	0,182	0,779	0,599	0,923	0,083	0,554	0,000	0,000	0,959	0,748	0,468	0,227	0,371	0,899	0,792	0,858	
Bananeiras	0,180	0,763	0,032	0,662	0,428	0,729	0,138	0,585	0,637	0,593	0,882	0,013	0,000	0,158	0,690	0,413	0,195	0,200	0,173	0,679	0,883	0,969	
Baraúna	0,196	0,975	0,012	0,269	0,377	-0,002	-0,090	0,000	1,000	1,000	0,673	0,209	0,000	0,086	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Barra de Santa Rosa	0,236	0,219	0,010	0,481	0,158	0,208	0,047	0,903	0,349	0,995	0,315	0,397	0,000	0,000	0,768	0,533	0,217	0,120	0,130	0,820	0,989	0,923	
Barra de Santana	0,216	0,639	0,018	1,000	0,303	0,745	0,017	1,000	0,623	0,940	0,409	0,465	0,000	0,003	0,817	0,564	0,255	0,166	0,198	0,899	0,863	0,853	
Barra de São Miguel	0,544	0,396	0,036	0,636	0,246	0,462	0,097	0,626	0,656	0,927	0,411	0,859	0,000	0,078	0,823	0,513	0,302	0,180	0,204	0,756	0,765	0,938	
Bayeux	0,316	0,998	0,037	0,010	0,330	0,844	0,020	0,787	0,265	0,916	0,585	0,039	0,000	0,185	0,945	0,494	0,793	0,191	0,679	0,995	0,991	0,974	
Belém	0,260	0,924	0,027	0,191	0,222	0,738	0,040	0,980	0,639	0,995	0,997	0,175	0,000	0,613	0,864	0,465	0,396	0,205	0,347	0,434	0,945	0,972	
Belém do Brejo do Cruz	0,180	0,405	0,017	0,290	0,488	0,847	0,140	0,798	0,468	0,889	0,520	0,919	0,000	0,337	0,848	0,446	0,372	0,201	0,319	0,991	1,000	1,000	
Bernardino Batista	0,344	0,968	0,020	0,791	0,178	-0,002	0,071	0,879	0,862	0,000	0,249	0,584	0,000	0,321	0,000	0,652	0,061	0,052	0,027	0,912	0,956	0,953	
Boa Ventura	0,544	0,853	0,011	0,426	0,037	0,623	0,101	0,889	0,454	0,956	0,287	0,019	0,000	0,012	0,779	0,478	0,309	0,200	0,293	0,925	0,917	0,917	
Boa Vista	0,336	0,542	0,126	0,532	0,327	0,972	0,249	1,000	0,739	0,887	0,338	0,059	0,000	0,004	0,838	0,304	0,433	0,200	0,345	0,752	0,980	0,960	
Bom Jesus	0,316	0,978	0,027	0,645	0,162	0,904	0,351	1,000	0,479	0,966	0,249	0,148	0,000	0,145	0,867	0,454	0,398	0,214	0,360	0,954	0,941	0,941	
Bom Sucesso	0,244	0,835	0,019	0,655	0,401	0,953	0,138	0,997	0,772	0,951	0,646	0,015	0,000	0,006	0,815	0,488	0,263	0,211	0,239	0,934	0,953	0,988	
Bonito de Santa Fé	0,376	0,792	0,000	0,346	0,178	0,741	0,189	0,885	0,604	0,914	0,872	0,448	0,000	0,036	0,868	0,471	0,406	0,208	0,375	0,968	0,999	0,961	
Boqueirão	0,180	0,641	0,039	0,317	0,340	0,869	0,069	0,898	0,311	0,717	0,269	0,633	0,000	0,003	0,776	0,419	0,250	0,181	0,197	0,532	0,982	0,963	
Borborema	0,424	1,000	0,031	0,296	0,222	0,000	0,188	0,517	1,000	1,000	0,257	0,688	0,000	0,029	0,990	1,000	0,000	0,094	0,010	1,000	0,778	0,944	
Brejo do Cruz	0,356	0,612	0,014	0,270	0,276	0,901	0,082	0,947	0,455	0,874	0,356	0,414	0,000	0,000	0,845	0,487	0,308	0,215	0,288	1,000	0,999	1,000	
Brejo dos Santos	0,392	0,930	0,012	0,277	0,182	0,936	0,209	0,997	0,608	0,735	0,520	0,675	0,000	0,590	0,766	0,525	0,199	0,206	0,183	0,999	0,971	0,999	
Caaporã	0,940	0,871	0,081	0,151	1,000	0,662	0,088	0,731	0,258	0,842	0,258	0,818	0,000	0,001	0,900	0,517	0,476	0,203	0,408	0,999	1,000	1,000	
Cabaceiras	0,296	0,542	0,076	0,615	0,337	0,857	0,063	0,843	0,292	0,790	0,498	0,112	0,000	0,005	0,781	0,472	0,242	0,192	0,197	0,876	0,989	0,940	
Cabedelo	0,332	0,996	0,228	0,000	0,293	0,934	0,031	0,971	0,402	0,945	0,500	0,055	0,000	0,306	0,947	0,425	1,000	0,215	0,934	0,985	0,960	0,981	
Cachoeira dos Índios	0,204	0,827	0,025	0,707	0,404	0,841	0,105	1,000	0,565	0,931	0,598	0,586	0,000	0,010	0,827	0,358	0,330	0,201	0,273	0,934	0,971	0,946	
Cacimba de Areia	0,040	0,807	0,016	0,581	0,434	0,647	0,156	1,000	0,497	1,000	0,000	0,143	0,143	0,000	0,898	0,465	0,578	0,196	0,487	0,991	0,990	0,997	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Cacimba de Dentro	0,316	0,856	0,006	0,497	0,367	0,614	0,054	0,990	0,714	0,738	0,634	0,263	0,000	0,113	0,679	0,531	0,180	0,187	0,156	0,688	0,960	0,960	
Cacimbas	0,664	0,899	0,008	0,833	0,525	0,140	0,021	0,962	0,524	0,863	0,284	0,740	0,000	0,125	0,654	0,386	0,152	0,189	0,139	0,993	0,804	0,995	
Caiçara	0,148	0,899	0,007	0,308	0,320	0,818	0,047	1,000	0,631	0,994	0,876	0,198	0,000	0,010	0,879	0,486	0,506	0,202	0,450	0,883	0,896	0,957	
Cajazeiras	0,220	0,445	0,072	0,205	0,222	0,969	0,132	1,000	0,373	0,870	0,703	0,884	0,000	0,120	0,857	0,440	0,360	0,220	0,322	0,930	0,989	0,971	
Cajazeirinhas	0,216	0,735	0,031	0,735	0,192	0,833	0,164	0,999	0,522	0,850	0,898	0,699	0,000	0,074	0,792	0,460	0,254	0,200	0,219	0,991	0,960	0,997	
Caldas Brandão	0,828	0,969	0,027	0,470	0,599	0,931	0,049	0,942	0,470	0,813	0,392	0,573	0,573	0,041	0,845	0,297	0,486	0,212	0,431	0,750	0,920	0,967	
Camalaú	0,080	0,466	0,024	0,547	0,360	0,948	0,038	1,000	0,417	0,860	0,355	0,259	0,259	0,338	0,870	0,474	0,374	0,211	0,325	0,860	0,908	0,959	
Campina Grande	0,288	0,415	0,105	0,052	0,155	0,954	0,062	1,000	0,582	0,743	0,646	0,082	0,000	0,010	0,903	0,470	0,497	0,208	0,381	0,909	0,961	0,925	
Capim	0,360	0,944	0,020	0,293	0,229	0,208	0,167	0,463	0,276	0,631	0,265	0,348	0,000	0,006	0,664	0,470	0,198	0,055	0,046	0,988	0,994	1,000	
Caraúbas	0,004	0,524	0,013	0,671	0,582	0,593	0,061	0,900	0,630	0,860	0,838	0,821	0,821	0,100	0,517	0,470	0,184	0,182	0,165	0,618	0,520	0,782	
Carrapateira	0,244	0,966	0,021	0,307	0,374	0,857	0,183	1,000	0,565	0,872	0,834	0,071	0,000	0,009	0,607	0,514	0,274	0,184	0,246	0,934	0,997	0,907	
Casserengue	0,508	0,817	0,008	0,560	0,327	0,687	0,018	0,825	0,623	0,942	0,591	0,289	0,000	0,008	0,894	0,596	0,374	0,189	0,352	0,473	0,183	0,975	
Catingueira	0,440	0,481	0,017	0,440	0,542	0,650	0,111	1,000	0,341	0,929	0,058	0,223	0,000	0,006	0,663	0,465	0,237	0,204	0,230	0,995	0,997	0,998	
Catolé do Rocha	0,316	0,456	0,052	0,284	0,519	0,908	0,032	0,974	0,380	0,660	0,592	0,594	0,000	0,015	0,851	0,466	0,332	0,212	0,289	0,995	1,000	0,994	
Caturité	0,324	0,905	0,028	0,851	0,256	0,818	0,344	1,000	0,329	0,764	0,392	0,292	0,194	0,007	0,861	0,687	0,177	0,679	0,310	0,901	0,976	0,951	
Conceição	0,420	0,426	0,019	0,414	0,444	0,794	0,130	1,000	0,414	0,929	0,591	0,496	0,496	0,017	0,869	0,508	0,373	0,213	0,379	0,951	0,776	0,898	
Condado	0,272	0,752	0,034	0,337	0,310	0,849	0,082	1,000	0,485	0,727	0,347	0,814	0,000	0,021	0,831	0,466	0,290	0,206	0,248	0,998	0,763	0,994	
Conde	0,316	0,850	0,262	0,355	0,384	0,882	0,035	0,759	0,278	0,842	0,489	0,292	0,000	0,118	0,854	0,410	0,425	0,202	0,356	0,996	0,997	1,000	
Congo	0,512	0,691	0,030	0,408	0,276	0,648	0,041	0,900	0,326	0,909	0,412	0,510	0,000	0,002	0,720	0,470	0,203	0,205	0,190	0,828	0,846	0,922	
Coremas	0,156	0,642	0,050	0,270	0,091	-0,002	0,233	1,000	1,000	1,000	0,328	0,011	0,000	0,046	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
Coxixola	0,212	0,847	0,027	0,613	0,290	0,772	0,053	1,000	0,570	0,859	0,322	0,554	0,000	0,196	0,704	0,477	0,176	0,213	0,166	0,739	0,645	0,859	
Cruz do Espírito Santo	0,312	0,828	0,018	0,595	0,360	0,973	0,152	0,833	0,250	0,878	0,427	0,650	0,000	0,014	0,816	0,468	0,274	0,194	0,226	0,985	0,968	1,000	
Cubati	0,044	0,858	0,011	0,335	0,256	0,946	0,032	0,987	0,713	0,412	0,901	0,716	0,000	0,000	0,802	0,466	0,247	0,184	0,192	0,807	0,973	0,893	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Cuité	0,228	0,268	0,018	0,358	0,279	0,692	0,036	1,000	0,863	0,713	0,557	0,335	0,000	0,138	0,855	0,591	0,294	0,151	0,244	0,942	0,925	0,979	
Cuité de Mamanguape	0,372	0,916	0,023	0,731	0,636	0,523	0,281	0,873	0,368	0,923	0,313	0,295	0,295	0,034	0,792	0,474	0,292	0,148	0,219	0,977	0,987	1,000	
Cuitegi	0,064	0,983	0,012	0,204	0,401	0,844	0,036	1,000	0,496	0,955	0,383	0,181	0,000	0,011	0,825	0,469	0,280	0,198	0,239	0,545	0,849	0,981	
Curral de Cima	0,032	0,938	0,017	0,998	0,306	-0,002	0,390	0,808	0,685	1,000	0,740	0,045	0,000	0,023	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	0,000	0,000	0,000	
Curral Velho	0,268	0,802	0,017	0,480	0,468	-0,002	0,322	0,959	1,000	1,000	0,536	0,009	0,000	0,030	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
Damião	0,320	0,834	0,008	0,587	0,525	0,695	0,018	0,635	0,653	0,683	0,276	0,028	0,000	0,039	0,758	0,680	0,119	0,252	0,096	0,778	0,992	0,980	
Desterro	0,128	0,839	0,005	0,426	0,465	0,337	0,088	0,941	0,456	0,904	0,494	0,227	0,227	0,017	0,820	0,493	0,229	0,187	0,207	0,999	0,963	0,993	
Diamante	0,328	0,746	0,007	0,464	0,195	0,836	0,070	1,000	0,439	0,862	0,662	0,004	0,000	0,003	0,763	0,490	0,227	0,203	0,211	0,927	0,869	0,920	
Dona Inês	0,440	0,847	0,007	0,611	0,451	0,872	0,038	0,992	0,579	0,692	0,537	0,594	0,000	0,013	0,765	0,720	0,106	0,124	0,084	0,813	0,995	0,968	
Duas Estradas	0,188	0,999	0,029	0,241	0,380	0,789	0,046	1,000	0,720	0,843	0,271	0,395	0,000	0,374	0,790	0,477	0,235	0,209	0,212	0,485	0,671	0,969	
Emas	0,512	0,770	0,023	0,392	0,566	0,562	0,200	1,000	0,415	0,937	0,364	0,251	0,000	0,223	0,759	0,490	0,194	0,212	0,185	0,996	0,832	0,999	
Esperança	0,000	0,864	0,044	0,334	0,525	0,829	0,022	0,894	0,836	0,654	0,744	0,221	0,000	0,095	0,709	0,637	0,185	0,153	0,159	0,960	0,924	0,963	
Fagundes	0,640	0,836	0,009	0,572	0,434	0,701	0,032	0,999	0,499	0,504	0,570	0,267	0,000	0,005	0,794	0,504	0,218	0,199	0,190	0,853	0,973	0,888	
Frei Martinho	0,172	0,780	0,013	0,422	0,172	0,794	0,066	0,833	0,494	0,979	0,365	0,721	0,000	0,337	0,774	0,471	0,221	0,245	0,194	0,828	0,752	0,926	
Gado Bravo	0,448	0,828	0,008	0,979	0,182	-0,002	0,238	1,000	1,000	0,196	0,649	0,746	0,000	0,138	0,891	0,791	0,138	0,123	0,221	0,991	1,000	0,975	
Guarabira	0,292	0,859	0,136	0,126	0,448	0,969	0,089	1,000	0,499	0,864	0,596	0,191	0,000	0,004	0,851	0,456	0,339	0,210	0,285	0,836	0,896	0,982	
Gurinhém	0,388	0,675	0,017	0,639	0,404	0,910	0,044	0,900	0,570	0,826	0,597	0,985	0,985	0,083	0,870	0,428	0,419	0,197	0,353	0,807	0,889	0,982	
Gurjão	0,176	0,671	0,019	0,358	0,380	0,984	0,113	0,969	0,710	0,911	0,522	0,132	0,000	0,005	0,831	0,510	0,277	0,209	0,249	0,831	0,675	0,874	
Ibiara	0,316	0,778	0,011	0,427	0,313	0,849	0,263	1,000	0,371	0,935	0,761	0,560	0,560	0,337	0,842	0,465	0,315	0,218	0,291	0,948	0,892	0,939	
Igaracy	0,336	0,823	0,012	0,363	0,232	0,674	0,021	1,000	0,364	0,902	0,569	0,083	0,000	0,052	0,793	0,471	0,238	0,208	0,218	0,994	0,971	0,999	
Imaculada	0,400	0,698	0,002	0,608	0,316	0,392	0,026	0,926	0,705	0,847	0,527	0,345	0,000	0,373	0,767	0,491	0,238	0,198	0,208	0,980	0,689	0,997	
Ingá	0,408	0,756	0,017	0,397	0,333	0,819	0,040	1,000	0,594	0,723	0,294	0,080	0,000	0,000	0,868	0,457	0,417	0,202	0,360	0,772	0,880	0,941	
Itabaiana	0,204	0,809	0,036	0,213	0,276	0,742	0,051	0,908	0,241	0,848	0,541	0,506	0,000	0,011	0,825	0,413	0,307	0,203	0,257	0,992	0,991	0,998	
Itaporanga	0,196	0,551	0,035	0,263	0,306	0,664	0,007	0,861	0,284	0,939	0,515	0,070	0,000	0,003	0,694	0,488	0,417	0,209	0,362	0,988	0,834	0,998	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Itapororoca	0,180	0,876	0,018	0,396	0,478	-0,002	0,568	0,988	0,908	0,982	0,481	0,340	0,000	0,045	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	0,000	0,316	0,172	
Itatuba	0,360	0,767	0,037	0,457	0,350	0,803	0,033	0,914	0,685	0,804	0,486	0,742	0,742	0,181	0,827	0,448	0,298	0,203	0,271	0,597	0,746	0,972	
Jacaraú	1,000	0,761	0,021	0,465	0,744	0,925	0,027	0,987	0,559	0,769	0,319	0,150	0,000	0,007	0,883	0,449	0,467	0,213	0,415	0,778	0,831	0,979	
Jericó	0,264	0,844	0,012	0,409	0,098	0,923	0,113	0,908	0,473	0,955	0,454	0,264	0,000	0,124	0,773	0,519	0,216	0,209	0,206	0,999	0,963	0,975	
João Pessoa	0,216	0,810	0,116	0,004	0,279	0,911	0,031	0,990	0,468	0,900	0,730	0,067	0,000	0,075	0,893	0,426	0,490	0,211	0,385	0,972	0,934	0,968	
Joca Claudino	0,436	0,953	0,028	0,745	0,276	0,567	0,045	0,999	0,534	0,719	0,679	0,548	0,000	0,033	0,876	0,466	0,617	0,114	0,258	0,940	0,994	0,954	
Juarez Távora	0,416	0,949	0,007	0,236	0,354	0,713	0,055	0,994	0,703	0,645	0,967	1,000	1,000	0,256	0,825	0,496	0,270	0,200	0,232	0,607	0,708	0,956	
Juazeirinho	0,140	0,536	0,021	0,501	0,246	0,683	0,045	0,863	0,572	0,421	0,524	0,111	0,000	0,008	0,819	0,482	0,265	0,205	0,235	0,810	0,954	0,883	
Junco do Seridó	0,228	0,840	0,033	0,375	0,444	0,066	0,033	0,886	0,568	0,862	0,364	0,838	0,000	0,281	0,796	0,398	0,306	0,148	0,230	1,000	0,603	0,978	
Juripiranga	0,200	0,946	0,018	0,070	0,374	0,887	0,149	0,658	0,189	0,898	0,530	0,819	0,000	0,183	0,865	0,478	0,374	0,199	0,319	0,982	0,986	0,998	
Juru	0,228	0,618	0,006	0,610	0,155	0,637	0,089	1,000	0,528	0,871	0,566	0,065	0,000	0,000	0,817	0,471	0,269	0,216	0,251	1,000	0,972	0,998	
Lagoa	0,456	0,844	0,019	0,558	0,414	0,865	0,177	0,985	0,635	0,888	0,466	0,270	0,000	0,178	0,729	0,512	0,170	0,214	0,166	1,000	0,970	1,000	
Lagoa de Dentro	0,080	0,941	0,017	0,506	0,498	0,858	0,033	0,873	0,624	0,733	0,416	0,329	0,000	0,009	0,826	0,488	0,313	0,204	0,278	0,710	0,708	0,958	
Lagoa Seca	0,212	0,915	0,020	0,650	0,152	0,808	0,051	0,964	0,383	0,670	0,337	0,151	0,000	0,312	0,775	0,488	0,234	0,205	0,229	0,918	0,992	0,918	
Lastro	0,280	0,916	0,018	0,582	0,347	0,892	0,552	0,995	0,813	0,741	0,685	0,583	0,583	0,356	0,800	0,425	0,270	0,210	0,241	0,973	0,992	0,984	
Livramento	0,280	0,751	0,010	0,523	0,067	0,953	0,193	0,992	0,654	0,935	0,235	0,297	0,000	0,000	0,866	0,505	0,360	0,201	0,314	0,831	0,840	0,863	
Logradouro	0,116	0,983	0,019	0,618	0,522	0,790	0,036	0,994	0,524	0,906	0,460	0,242	0,000	0,283	0,845	0,488	0,390	0,211	0,360	0,859	0,978	0,908	
Lucena	0,516	0,930	0,054	0,148	0,316	0,732	0,065	0,898	0,221	0,912	0,699	0,784	0,000	0,008	0,894	0,452	0,496	0,155	0,320	0,994	0,998	0,997	
Mãe d'Água	0,288	0,790	0,011	0,670	0,586	-0,002	0,234	0,989	0,970	0,977	0,444	0,012	0,000	0,408	0,942	0,715	0,415	0,147	0,412	1,000	0,768	0,727	
Malta	0,120	0,849	0,036	0,138	0,448	0,750	0,172	1,000	0,405	0,758	0,730	0,704	0,000	0,274	0,838	0,469	0,300	0,208	0,262	0,987	0,658	0,993	
Mamanguape	0,064	0,678	0,060	0,210	0,428	0,882	0,072	0,608	0,473	0,887	0,400	0,838	0,000	0,070	0,878	0,445	0,432	0,197	0,356	0,994	0,992	1,000	
Manaíra	0,140	0,663	0,008	0,483	0,374	0,668	0,009	1,000	0,436	0,846	0,501	0,039	0,039	0,018	0,823	0,470	0,277	0,214	0,251	0,996	0,918	0,991	
Marcação	0,380	0,900	0,018	0,687	0,232	1,000	0,460	0,950	0,000	0,797	0,367	0,227	0,000	0,007	0,976	0,962	0,101	0,346	0,185	1,000	1,000	1,000	
Mari	0,216	0,866	0,019	0,193	0,367	0,917	0,103	0,833	0,484	0,839	1,000	0,008	0,000	0,213	0,880	0,483	0,421	0,207	0,373	0,580	0,947	0,982	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Marizópolis	0,092	0,955	0,026	0,145	0,192	0,837	0,021	1,000	0,798	0,998	0,750	0,005	0,000	0,014	0,820	0,000	0,818	0,128	0,258	1,000	0,997	0,998	
Massaranduba	0,112	0,810	0,008	0,716	0,313	0,466	0,147	0,921	0,572	0,539	0,675	0,164	0,000	0,006	0,739	0,492	0,181	0,181	0,146	0,901	0,972	0,927	
Mataraca	0,208	0,838	0,122	0,127	0,111	-0,002	0,127	0,987	0,620	0,903	0,744	0,339	0,000	0,304	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	0,250	0,875	0,788	
Matinhas	0,236	0,989	0,024	0,924	0,205	0,973	0,124	1,000	0,604	0,054	0,670	0,036	0,000	0,021	0,749	0,427	0,253	0,514	0,107	0,752	1,000	0,750	
Mato Grosso	0,244	0,939	0,017	0,610	0,387	0,980	0,350	0,892	0,700	0,987	0,706	0,628	0,596	0,023	0,829	0,508	0,290	0,197	0,248	0,773	0,940	0,923	
Maturéia	0,308	0,941	0,008	0,385	0,323	0,194	0,065	1,000	0,443	0,838	0,766	0,660	0,000	0,468	0,758	0,516	0,176	0,200	0,169	0,990	0,867	0,982	
Mogeiro	0,296	0,806	0,027	0,607	0,226	0,879	0,218	0,544	0,215	0,950	0,558	0,316	0,316	0,009	0,895	0,328	0,600	0,146	0,360	0,979	0,988	0,997	
Montadas	0,460	0,994	0,010	0,404	0,475	0,241	0,095	1,000	0,067	0,960	0,595	0,008	0,000	0,038	0,545	0,398	0,050	0,230	0,051	0,767	0,675	0,951	
Monte Horebe	0,208	0,906	0,012	0,488	0,576	0,738	0,181	0,900	0,552	0,953	0,613	0,544	0,000	0,069	0,803	0,483	0,254	0,206	0,250	0,947	0,985	0,896	
Monteiro	0,112	0,000	0,067	0,377	0,303	0,966	0,041	1,000	0,636	0,913	0,200	0,875	0,000	0,009	0,913	0,563	0,461	0,201	0,379	0,648	0,793	0,942	
Mulungu	0,196	0,833	0,012	0,572	0,458	0,755	0,099	1,000	0,605	0,762	0,348	0,817	0,655	0,015	0,848	0,470	0,328	0,203	0,287	0,877	0,930	0,928	
Natuba	0,352	0,818	0,007	0,720	0,377	0,990	0,068	0,969	0,648	0,712	0,532	0,064	0,000	0,009	0,818	0,462	0,285	0,210	0,256	0,701	0,914	0,958	
Nazarezinho	0,240	0,827	0,007	0,618	0,380	0,972	0,218	1,000	0,552	0,947	0,370	0,082	0,000	0,065	0,802	0,533	0,221	0,215	0,207	0,969	0,994	0,996	
Nova Floresta	0,328	0,978	0,009	0,276	0,401	0,575	0,016	0,900	0,886	0,795	0,167	0,370	0,000	0,006	0,890	0,656	0,291	0,156	0,257	0,780	0,965	0,928	
Nova Olinda	0,236	0,943	0,011	0,514	0,172	0,552	0,039	1,000	0,372	0,907	0,743	0,009	0,000	0,035	0,821	0,466	0,275	0,215	0,250	0,998	1,000	0,998	
Nova Palmeira	0,360	0,701	0,011	0,456	0,498	0,591	0,058	0,952	0,748	0,596	0,552	0,327	0,000	0,005	0,651	0,341	0,142	0,122	0,081	0,707	0,819	0,859	
Olho d'Água	0,404	0,426	0,010	0,485	0,340	0,704	0,214	0,999	0,451	0,959	0,248	0,982	0,000	0,085	0,820	0,435	0,290	0,216	0,260	0,996	0,994	0,996	
Olivedos	0,284	0,701	0,018	0,523	0,253	0,855	0,049	0,979	0,454	0,589	0,270	0,612	0,000	0,153	0,772	0,498	0,200	0,208	0,185	0,901	0,979	0,911	
Ouro Velho	0,428	0,894	0,028	0,330	0,306	0,936	0,106	0,962	0,485	0,988	0,204	0,674	0,000	0,039	0,727	0,513	0,175	0,213	0,167	0,721	0,812	0,765	
Parari	0,752	0,812	0,027	0,486	0,350	0,897	0,082	0,826	0,649	0,964	0,381	0,024	0,000	0,008	0,730	0,448	0,605	0,163	0,444	0,760	0,881	0,730	
Passagem	0,296	0,899	0,023	0,552	0,522	0,714	0,041	0,999	0,764	0,842	0,544	0,187	0,000	0,188	0,745	0,393	0,243	0,171	0,188	0,994	0,994	0,996	
Patos	0,344	0,538	0,064	0,037	0,300	0,949	0,064	1,000	0,427	0,668	0,424	0,592	0,000	0,595	0,832	0,418	0,321	0,214	0,279	0,998	0,991	0,993	
Paulista	0,244	0,430	0,029	0,565	0,337	0,906	0,183	0,858	0,358	0,873	0,501	0,070	0,070	0,108	0,825	0,440	0,303	0,213	0,280	1,000	0,910	1,000	
Pedra Branca	0,308	0,906	0,012	0,400	0,293	0,307	0,162	1,000	0,285	0,944	0,324	0,487	0,000	0,042	0,797	0,383	0,297	0,195	0,220	0,805	0,882	0,871	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Pedra Lavrada	0,116	0,680	0,013	0,647	0,444	0,962	0,048	1,000	0,647	0,737	0,444	0,466	0,155	0,147	0,832	0,462	0,312	0,200	0,270	0,917	0,962	0,906	
Pedras de Fogo	0,432	0,606	0,070	0,434	0,401	0,921	0,011	0,585	0,372	0,878	0,270	0,906	0,000	0,035	0,837	0,495	0,288	0,202	0,252	0,998	0,986	1,000	
Pedro Régis	0,160	0,950	0,008	0,688	0,370	0,785	0,121	0,990	0,518	0,874	0,642	0,116	0,116	0,186	0,849	0,440	0,359	0,198	0,304	0,680	0,768	0,958	
Piancó	0,380	0,430	0,030	0,297	0,455	0,725	0,028	0,865	0,409	0,845	0,163	0,560	0,000	0,062	0,838	0,448	0,320	0,186	0,253	0,995	0,978	0,996	
Picuí	0,264	0,336	0,021	0,368	0,404	0,754	0,046	0,832	0,451	0,815	0,486	0,871	0,000	0,076	0,740	0,539	0,212	0,171	0,188	0,964	0,897	0,838	
Pilar	0,188	0,920	0,013	0,345	0,310	0,823	0,044	0,948	0,324	0,917	0,584	0,139	0,000	0,012	0,863	0,481	0,364	0,198	0,309	0,951	0,991	0,989	
Pilões	0,204	0,959	0,041	0,573	0,613	0,713	0,125	0,961	0,565	0,888	0,593	0,150	0,000	0,007	0,604	0,500	0,186	0,163	0,146	0,734	0,864	0,980	
Pilõezinhos	0,328	0,985	0,015	0,513	0,114	0,858	0,031	1,000	0,420	0,764	0,516	0,273	0,000	0,347	0,863	0,490	0,357	0,218	0,324	0,657	0,891	0,979	
Pirpirituba	0,228	0,944	0,006	0,259	0,411	0,799	0,043	1,000	0,568	0,910	0,479	0,604	0,000	0,049	0,855	0,460	0,372	0,201	0,311	0,634	0,866	0,968	
Pitimbu	0,312	0,887	0,087	0,428	0,347	0,874	0,010	0,381	0,266	0,872	0,506	0,020	0,000	0,166	0,837	0,479	0,313	0,205	0,281	0,996	0,996	1,000	
Pocinhos	0,048	0,381	0,044	0,477	0,192	0,948	0,085	0,999	0,732	0,651	0,281	0,476	0,000	0,237	0,728	0,554	0,284	0,180	0,186	0,827	0,981	0,852	
Poço Dantas	0,396	0,926	0,015	0,812	0,283	0,028	0,058	0,750	0,732	0,596	0,803	0,518	0,288	0,005	0,550	0,437	0,202	0,031	0,029	0,936	0,985	0,952	
Poço de José de Moura	0,484	0,929	0,017	0,705	0,178	0,820	0,079	0,936	0,670	0,945	0,521	0,937	0,000	0,003	0,873	0,476	0,557	0,204	0,490	0,960	0,982	0,967	
Pombal	0,380	0,102	0,038	0,217	0,434	0,925	0,021	1,000	0,364	0,930	0,318	0,679	0,000	0,039	0,875	0,417	0,440	0,218	0,407	0,971	0,996	0,951	
Prata	0,372	0,818	0,044	0,402	0,104	0,966	0,063	1,000	0,535	0,975	0,503	0,009	0,000	0,026	0,841	0,477	0,308	0,212	0,276	0,706	0,828	0,852	
Princesa Isabel	0,416	0,646	0,020	0,348	0,242	0,663	0,002	1,000	0,580	0,925	0,537	0,779	0,000	0,047	0,822	0,471	0,308	0,219	0,272	1,000	0,996	0,999	
Puxinanã	0,380	0,953	0,012	0,740	0,168	0,925	0,127	1,000	0,750	0,925	0,672	0,271	0,000	0,805	0,717	0,443	0,200	0,195	0,193	0,843	0,649	0,764	
Queimadas	0,436	0,610	0,035	0,503	0,205	0,831	0,077	1,000	0,643	0,833	0,537	0,539	0,539	0,303	0,890	0,483	0,465	0,205	0,432	0,860	0,995	0,937	
Quixaba	0,376	0,875	0,033	0,688	0,189	0,699	0,140	1,000	0,563	1,000	0,216	0,850	0,000	0,058	0,681	0,435	0,209	0,203	0,177	0,974	0,994	0,996	
Remígio	0,244	0,837	0,007	0,289	0,508	0,760	0,000	0,999	0,717	0,959	0,468	0,696	0,000	0,043	0,781	0,580	0,219	0,174	0,179	0,938	0,925	0,961	
Riachão	0,168	0,939	0,012	0,417	0,316	0,823	0,215	0,934	0,624	0,753	0,548	0,033	0,000	0,003	0,426	0,357	0,180	0,139	0,124	0,667	0,986	0,968	
Riachão do Bacamarte	0,324	0,985	0,019	0,412	0,303	0,869	0,163	0,782	0,324	0,781	0,653	0,325	0,000	0,116	0,689	0,557	0,134	0,179	0,126	0,919	0,710	0,574	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
Riachão do Poço	0,220	0,985	0,027	0,759	0,101	-0,002	0,277	1,000	0,541	1,000	0,764	0,005	0,000	0,007	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	0,944	0,333	
Riacho de Santo Antônio	0,288	0,930	0,045	0,341	0,118	0,495	0,127	0,898	0,549	0,616	0,351	0,000	0,000	0,235	0,799	0,650	0,182	0,184	0,184	0,816	0,693	0,864	
Riacho dos Cavalos	0,200	0,755	0,018	0,566	0,340	0,445	0,074	0,957	0,638	0,954	0,077	0,557	0,000	0,000	0,872	0,680	0,219	0,180	0,205	0,959	0,551	0,870	
Rio Tinto	0,220	0,546	0,033	0,474	0,195	0,945	0,198	0,755	0,452	0,952	0,322	0,708	0,000	0,253	0,827	0,314	0,381	0,170	0,267	1,000	0,991	1,000	
Salgadinho	0,048	0,842	0,003	0,721	0,350	0,500	0,663	0,716	0,772	0,686	0,424	0,203	0,000	0,238	0,705	0,320	0,230	0,195	0,199	0,974	0,953	0,922	
Salgado de São Félix	0,420	0,816	0,016	0,617	0,259	0,933	0,093	0,797	0,262	0,871	0,449	0,441	0,000	0,002	0,819	0,450	0,290	0,213	0,251	0,979	0,964	0,992	
Santa Cecília	0,384	0,802	0,013	0,789	0,172	-0,002	-0,090	0,000	1,000	1,000	0,528	0,023	0,000	0,050	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
Santa Cruz	0,236	0,802	0,009	0,591	0,327	0,822	0,140	1,000	0,713	0,823	0,274	0,178	0,000	0,006	0,806	0,446	0,271	0,208	0,247	0,985	0,958	0,949	
Santa Helena	0,676	0,809	0,016	0,546	0,421	0,836	0,174	0,997	0,451	0,982	0,832	0,484	0,000	0,108	0,853	0,479	0,329	0,215	0,303	0,961	0,993	0,941	
Santa Inês	0,456	0,688	0,014	0,654	0,370	-0,002	0,206	0,995	0,696	0,899	0,512	0,426	0,000	0,011	1,000	0,958	0,373	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	
Santa Luzia	0,456	0,571	0,099	0,092	0,229	0,636	0,015	0,987	0,607	0,542	0,494	0,027	0,000	0,076	0,832	0,440	0,304	0,215	0,273	0,999	1,000	0,998	
Santa Rita	0,348	0,284	0,067	0,151	0,202	0,919	0,055	1,000	0,392	0,868	0,643	0,894	0,358	0,074	0,810	0,465	0,263	1,000	1,000	0,966	0,981	0,948	
Santa Teresinha	0,372	0,655	0,028	0,569	0,195	0,648	0,119	1,000	0,412	0,933	0,510	0,117	0,000	0,003	0,808	0,443	0,270	0,204	0,234	1,000	0,998	1,000	
Santana de Mangueira	0,088	0,608	0,013	0,639	0,636	0,906	0,014	0,939	0,381	0,901	0,515	0,226	0,000	0,012	0,903	0,457	0,591	0,182	0,476	0,895	0,892	0,905	
Santana dos Garrotes	0,324	0,653	0,010	0,533	0,471	0,916	0,087	1,000	0,401	0,957	0,787	0,008	0,000	0,009	0,794	0,463	0,245	0,222	0,231	0,989	0,985	0,998	
Santo André	0,268	0,822	0,023	0,738	0,242	0,988	0,290	1,000	0,509	1,000	0,404	0,068	0,000	0,072	0,548	0,328	0,806	0,195	0,514	0,630	0,895	0,952	
São Bentinho	0,304	0,820	0,024	0,342	0,242	0,781	0,976	1,000	0,368	0,926	0,428	0,910	0,000	1,000	0,738	0,471	0,197	0,213	0,185	0,997	0,985	0,992	
São Bento	0,140	0,773	0,051	0,207	0,165	0,870	0,050	1,000	0,350	0,931	0,381	0,004	0,000	0,035	0,877	0,455	0,423	0,216	0,393	0,989	0,988	0,988	
São Domingos	0,436	0,851	0,022	0,716	0,424	-0,002	0,186	0,000	0,999	1,000	0,255	0,692	0,000	0,020	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
São Domingos do Cariri	0,268	0,785	0,018	0,629	0,152	0,937	0,151	1,000	0,613	0,843	0,412	0,545	0,000	0,003	0,805	0,447	0,261	0,216	0,238	0,633	0,961	0,923	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
São Francisco	0,380	0,933	0,022	0,653	0,421	0,327	0,182	0,999	0,717	0,750	0,328	0,752	0,000	0,026	0,863	0,494	0,446	0,152	0,296	0,991	1,000	0,972	
São João do Cariri	0,156	0,393	0,032	0,505	0,367	0,879	0,089	1,000	0,746	0,556	0,308	0,716	0,000	0,013	0,669	0,285	0,266	0,199	0,229	0,785	0,731	0,760	
São João do Rio do Peixe	0,372	0,534	0,028	0,683	0,323	0,904	0,185	1,000	0,437	0,971	0,850	0,343	0,000	0,008	0,829	0,421	0,328	0,208	0,307	0,954	0,951	0,931	
São João do Tigre	0,068	0,186	0,008	0,716	0,293	-0,002	0,277	0,984	0,527	1,000	0,571	0,785	0,000	0,338	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
São José da Lagoa Tapada	0,208	0,682	0,009	0,617	0,131	0,880	0,113	0,855	0,470	0,905	0,463	0,677	0,127	0,042	0,747	0,495	0,197	0,209	0,189	0,986	0,789	0,944	
São José de Caiana	0,256	0,837	0,005	0,599	0,141	0,847	0,210	1,000	0,568	0,784	0,495	0,380	0,000	0,047	0,811	0,489	0,255	0,211	0,230	0,839	0,925	0,926	
São José de 3	0,312	0,275	0,024	0,724	0,316	0,627	0,163	0,958	0,422	0,829	0,069	0,010	0,000	0,002	0,838	0,443	0,328	0,216	0,288	1,000	0,979	0,998	
São José de Piranhas	0,260	0,316	0,020	0,477	0,259	0,815	0,025	1,000	0,446	0,958	0,235	0,756	0,000	0,034	0,872	0,464	0,407	0,216	0,382	0,837	0,923	0,964	
São José de Princesa	0,272	0,863	0,005	0,917	0,192	0,479	0,177	1,000	0,941	0,960	0,375	0,001	0,000	0,018	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	0,979	0,986	0,986	
São José do Bonfim	0,416	0,868	0,006	0,636	0,091	0,922	1,000	1,000	0,531	0,865	0,402	0,826	0,000	0,027	0,827	0,459	0,300	0,216	0,294	0,999	0,965	0,993	
São José do Brejo do Cruz	0,172	0,764	0,049	0,473	0,276	0,405	0,428	0,933	0,582	0,943	0,493	0,004	0,000	0,011	0,894	0,598	0,356	0,107	0,192	0,991	0,892	0,991	
São José do Sabugi	0,112	0,806	0,136	0,392	0,357	0,781	0,062	1,000	0,623	0,533	0,395	0,741	0,000	0,647	0,757	0,490	0,192	0,212	0,171	0,994	0,993	0,998	
São José dos Cordeiros	0,512	0,637	0,014	0,645	0,401	0,873	0,093	1,000	0,696	0,933	0,577	0,152	0,152	0,000	0,816	0,460	0,275	0,211	0,245	0,815	0,829	0,849	
São José dos Ramos	0,208	0,923	0,039	0,625	0,158	0,975	0,184	0,973	0,287	0,962	0,503	0,981	0,000	0,609	0,879	0,516	0,390	0,208	0,359	0,939	0,988	0,974	
São Mamede	0,140	0,475	0,017	0,258	0,276	0,628	0,086	1,000	0,480	0,655	0,476	0,901	0,000	0,230	0,816	0,455	0,273	0,223	0,251	0,996	0,985	0,994	
São Miguel de Taipu	0,324	0,931	0,019	0,609	0,266	-0,002	0,447	0,974	0,927	0,957	0,507	0,937	0,000	0,011	0,886	0,964	0,006	0,010	0,001	0,750	0,500	0,750	
São Sebastião de Lagoa de Roça	0,272	0,979	0,006	0,634	0,202	0,818	0,065	0,992	0,635	0,965	0,384	0,706	0,000	0,012	0,847	0,488	0,309	0,215	0,287	0,699	0,994	0,925	
São Sebastião do Umbuzeiro	0,224	0,547	0,021	0,386	0,370	-0,002	0,418	0,962	0,676	0,984	0,693	0,604	0,000	0,073	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS										FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3	
São Vicente do Seridó	0,460	0,755	0,002	0,605	0,263	0,556	0,045	0,709	0,670	0,751	0,524	0,504	0,504	0,033	0,476	0,365	0,155	0,209	0,175	0,880	0,967	0,853	
Sapé	0,168	0,702	0,029	0,262	0,246	0,946	0,101	0,844	0,538	0,841	0,420	0,193	0,193	0,184	0,885	0,484	0,418	0,198	0,347	0,758	0,961	0,977	
Serra Branca	0,452	0,305	0,017	0,385	0,310	0,926	0,041	1,000	0,478	0,874	0,459	0,008	0,000	0,049	0,863	0,467	0,379	0,201	0,320	0,857	0,848	0,902	
Serra da Raiz	0,292	0,994	0,024	0,367	0,239	0,749	0,035	1,000	0,772	0,832	0,677	0,272	0,000	0,074	0,856	0,486	0,378	0,212	0,353	0,473	0,572	0,969	
Serra Grande	0,228	0,960	0,021	0,442	0,276	0,781	0,059	1,000	0,708	0,829	0,799	0,018	0,000	0,141	0,792	0,491	0,230	0,214	0,225	0,947	0,998	0,946	
Serra Redonda	0,136	0,970	0,014	0,536	0,360	0,593	0,037	1,000	0,799	0,924	0,116	0,523	0,000	0,000	0,833	0,470	0,274	0,178	0,212	0,715	0,413	0,906	
Serraria	0,432	0,960	0,020	0,487	0,222	0,967	0,168	1,000	0,672	0,864	0,603	0,428	0,000	0,018	0,806	0,474	0,270	0,223	0,247	0,452	0,783	0,960	
Sertãozinho	0,240	0,993	0,016	0,294	0,283	0,636	0,027	0,950	0,623	0,860	0,550	0,174	0,000	0,108	0,842	0,494	0,325	0,211	0,301	0,649	0,701	0,952	
Sobrado	0,328	0,963	0,039	0,966	0,569	0,874	0,145	1,000	0,662	0,868	0,382	0,558	0,000	0,065	0,843	0,448	0,411	0,215	0,377	0,772	0,931	0,915	
Solânea	0,412	0,786	0,034	0,303	0,384	0,791	0,040	0,968	0,751	0,637	0,672	0,006	0,000	0,017	0,833	0,482	0,314	0,194	0,262	0,531	0,816	0,965	
Soledade	0,240	0,429	0,033	0,280	0,306	0,843	0,061	1,000	0,691	0,797	0,584	0,082	0,082	0,097	0,863	0,477	0,361	0,179	0,279	0,950	0,981	0,841	
Sossêgo	0,620	0,875	0,017	0,550	0,471	-0,002	0,237	0,000	1,000	1,000	0,504	0,699	0,000	0,140	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000	
Sousa	0,456	0,273	0,067	0,233	0,330	0,665	0,333	0,996	0,533	0,848	0,328	0,391	0,000	0,199	0,966	0,873	0,279	0,165	0,145	1,000	1,000	1,000	
Sumé	0,152	0,165	0,023	0,261	0,286	0,819	0,042	1,000	0,631	0,589	0,769	0,550	0,000	0,211	0,847	0,468	0,320	0,215	0,282	0,684	0,543	0,963	
Tacima	0,260	0,773	0,002	0,630	0,283	0,841	0,063	0,872	0,532	0,616	0,381	0,309	0,000	0,023	0,276	0,539	0,124	0,157	0,106	0,806	0,977	0,994	
Taperoá	0,292	0,377	0,006	0,441	0,418	0,715	0,056	1,000	0,456	0,922	0,876	0,214	0,000	0,033	0,846	0,414	0,365	0,212	0,314	0,993	0,993	0,998	
Tavares	0,368	0,779	0,009	0,583	0,515	0,517	0,073	1,000	0,587	0,789	0,364	0,874	0,000	0,064	0,854	0,471	0,337	0,214	0,304	1,000	1,000	1,000	
Teixeira	0,272	0,866	0,019	0,351	0,071	0,514	0,009	0,960	0,650	0,820	0,363	0,444	0,000	0,092	0,824	0,503	0,251	0,374	0,230	0,997	0,941	0,995	
Tenório	0,384	0,937	0,019	0,445	0,266	-0,002	0,204	0,774	0,477	1,000	0,443	0,460	0,000	0,010	0,830	0,535	0,246	0,000	0,000	0,333	0,500	0,333	
Triunfo	0,492	0,795	0,008	0,585	0,471	0,929	0,162	0,838	0,602	0,958	0,212	0,007	0,000	0,000	0,777	0,455	0,317	0,195	0,285	0,923	0,852	0,902	
Uiraúna	0,284	0,724	0,028	0,318	0,475	0,873	0,035	1,000	0,601	0,785	0,600	0,460	0,000	0,004	0,853	0,466	0,335	0,217	0,306	0,980	0,961	0,942	
Umbuzeiro	0,776	0,835	0,008	0,627	0,000	0,872	0,081	0,542	0,570	0,841	0,551	0,757	0,000	0,105	0,733	0,492	0,194	0,210	0,178	0,724	0,816	0,901	
Várzea	0,232	0,829	0,031	0,293	0,152	0,794	0,094	1,000	0,710	0,496	0,389	0,654	0,000	0,035	0,758	0,455	0,210	0,217	0,194	0,974	0,827	0,988	
Vieirópolis	0,212	0,875	0,011	0,881	0,229	0,883	0,092	0,987	0,538	0,831	0,233	0,922	0,000	0,022	0,784	0,432	0,555	0,168	0,407	0,963	0,960	0,934	

MUNICÍPIO	SOCIOECONÔMICOS					OPERACIONAIS									FINANCEIROS					QUALIDADE		
	ISE2	ISE3	ISE5	ISE6	ISE7	IOP1	IOP3	IOP4	IOP6	IOP7	IOP8	IOP9	IOP10	IOP11	IFN1	IFN2	IFN3	IFN4	IFN5	IQ1	IQ2	IQ3
Vista Serrana	0,360	0,965	0,014	0,602	0,387	0,928	0,022	1,000	0,331	0,764	0,661	0,077	0,000	0,004	0,809	0,469	0,255	0,214	0,229	0,991	0,364	0,978
Zabelê	0,440	0,916	0,024	0,319	0,094	0,062	0,563	0,990	0,671	0,964	0,357	0,721	0,000	0,006	1,013	1,006	-0,030	0,234	0,000	1,000	1,000	1,000

APÊNDICE B - Índice geral de regionalização para os municípios do estado da Paraíba

Município/PB	IGregs	Município/PB	IGregs	Município/PB	IGregs
Água Branca	0,598	Pitimbu	0,547	Pombal	0,526
Aguiar	0,551	Pocinhos	0,677	Prata	0,487
Alagoa Grande	0,536	Poço Dantas	0,537	Princesa Isabel	0,470
Alagoa Nova	0,572	Poço de José de Moura	0,405	Puxinanã	0,501
Alagoinha	0,495	Emas	0,449	Queimadas	0,444
Alcantil	0,565	Esperança	0,672	Quixaba	0,511
Algodão de Jandaíra	0,649	Fagundes	0,387	Remígio	0,558
Alhandra	0,382	Frei Martinho	0,612	Riachão	0,635
Amparo	0,527	Gado Bravo	0,507	Riachão do Bacamarte	0,567
Aparecida	0,616	Guarabira	0,509	Riachão do Poço	0,622
Araçagi	0,619	Gurinhém	0,491	Riacho de Santo Antônio	0,565
Arara	0,650	Gurjão	0,593	Riacho dos Cavalos	0,620
Araruna	0,578	Ibiara	0,507	Rio Tinto	0,586
Areia	0,574	Igaracy	0,518	Salgadinho	0,662
Areia de Baraúnas	0,519	Imaculada	0,512	Salgado de São Félix	0,489
Areial	0,651	Ingá	0,480	Santa Cecília	0,514
Aroeiras	0,582	Itabaiana	0,586	Santa Cruz	0,569
Assunção	0,529	Itaporanga	0,602	Santa Helena	0,314
Baía da Traição	0,590	Itapororoca	0,802	Santa Inês	0,467
Bananeiras	0,629	Itatuba	0,524	Santa Luzia	0,458
Baraúna	0,589	Jacaraú	0,145	Santa Rita	0,580
Barra de Santa Rosa	0,634	Jericó	0,542	Santa Teresinha	0,509
Barra de Santana	0,596	João Pessoa	0,520	Santana de Mangueira	0,639
Barra de São Miguel	0,457	Joca Claudino	0,457	Santana dos Garrotes	0,522
Bayeux	0,455	Juarez Távora	0,467	Santo André	0,529
Belém	0,525	Juazeirinho	0,659	São Bentinho	0,467
Belém do Brejo do Cruz	0,608	Junco do Seridó	0,611	São Bento	0,587
Bernardino Batista	0,706	Juripiranga	0,575	São Domingos	0,496
Boa Ventura	0,410	Juru	0,576	São Domingos do Cariri	0,555
Boa Vista	0,512	Lagoa	0,456	São Francisco	0,502
Bom Jesus	0,504	Lagoa de Dentro	0,662	São João do Cariri	0,671
Bom Sucesso	0,546	Lagoa Seca	0,597	São João do Rio do Peixe	0,490
Bonito de Santa Fé	0,455	Lastro	0,508	São João do Tigre	0,686
Boqueirão	0,639	Livramento	0,528	São José da Lagoa Tapada	0,594
Borborema	0,483	Logradouro	0,624	São José de Caiana	0,550
Brejo do Cruz	0,502	Lucena	0,402	São José de 3	0,579
Brejo dos Santos	0,465	Mãe d'Água	0,552	São José de Piranhas	0,576
Caaporã	0,198	Malta	0,614	São José de Princesa	0,546
Cabaceiras	0,572	Mamanguape	0,643	São José do Bonfim	0,392

Município/PB	IG_{regs}	Município/PB	IG_{regs}	Município/PB	IG_{regs}
Cabedelo	0,377	Manaíra	0,627	São José do Brejo do Cruz	0,586
Cachoeira dos Índios	0,582	Marcação	0,500	São José do Sabugi	0,640
Cacimba de Areia	0,647	Mari	0,541	São José dos Cordeiros	0,433
Cacimba de Dentro	0,544	Marizópolis	0,585	São José dos Ramos	0,562
Cacimbas	0,397	Massaranduba	0,657	São Mamede	0,630
Caçara	0,555	Mataraca	0,603	São Miguel de Taipu	0,557
Cajazeiras	0,555	Matinhas	0,663	São Sebastião de Lagoa de Roça	0,547
Cajazeirinhas	0,558	Mato Grosso	0,538	São Sebastião do Umbuzeiro	0,561
Caldas Brandão	0,249	Maturéia	0,537	São Vicente do Seridó	0,505
Camalaú	0,654	Mogeirol	0,540	Sapé	0,583
Campina Grande	0,503	Montadas	0,527	Serra Branca	0,474
Capim	0,565	Monte Horebe	0,585	Serra da Raiz	0,549
Caraúbas	0,756	Monteiro	0,668	Serra Grande	0,547
Carrapateira	0,541	Mulungu	0,595	Serra Redonda	0,664
Casserengue	0,510	Natuba	0,517	Serraria	0,473
Catingueira	0,511	Nazarezinho	0,559	Sertãozinho	0,569
Catolé do Rocha	0,543	Nova Floresta	0,522	Sobrado	0,526
Caturité	0,566	Nova Olinda	0,561	Solânea	0,490
Conceição	0,485	Nova Palmeira	0,561	Soledade	0,561
Condado	0,555	Olho d'Água	0,506	Sossêgo	0,384
Conde	0,520	Olivedos	0,570	Sousa	0,462
Congo	0,456	Ouro Velho	0,486	Sumé	0,657
Coremas	0,590	Parari	0,285	Tacima	0,625
Coxixola	0,613	Passagem	0,548	Taperoá	0,543
Cruz do Espírito Santo	0,544	Patos	0,505	Tavares	0,518
Cubati	0,650	Paulista	0,586	Teixeira	0,549
Cuité	0,588	Pedra Branca	0,560	Tenório	0,649
Cuité de Mamanguape	0,534	Pedra Lavrada	0,630	Triunfo	0,448
Cuitegi	0,655	Pedras de Fogo	0,492	Uiraúna	0,531
Curral de Cima	0,987	Pedro Régis	0,610	Umbuzeiro	0,292
Curral Velho	0,545	Piancó	0,528	Várzea	0,578
Damião	0,566	Picuí	0,596	Vieirópolis	0,569
Desterro	0,637	Pilar	0,579	Vista Serrana	0,550
Diamante	0,518	Pilões	0,613	Zabelê	0,428
Dona Inês	0,478	Pilõesinhos	0,519		
Duas Estradas	0,615	Pirpirituba	0,566		