



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**ABMAEL DE SOUSA LIMA JUNIOR**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA ÁGUA: ANÁLISE  
DA SEGURANÇA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE**

Recife, PE  
2023



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**ABMAEL DE SOUSA LIMA JUNIOR**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA ÁGUA: ANÁLISE  
DA SEGURANÇA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador (a): Profa. Dra. Simone Rosa da Silva  
Coorientador (a): Profa. Dra. Roberta de Melo Guedes Alcoforado

Recife, PE  
2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Universidade de Pernambuco – Recife

L732i Lima Junior, Abmael de Sousa  
Indicadores de sustentabilidade para gestão de água:  
Análise da segurança hídrica na bacia hidrográfica do Rio  
Capibaribe. / Abmael de Sousa Lima Junior. – Recife: UPE,  
Escola Politécnica, 2023.

145 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Rosa da Silva  
Coorientadora: Profa. Dra. Roberta de M.G. Alcoforado

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade  
de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil, 2023

1. Segurança Hídrica. 2. Saneamento Básico. 3.  
Recursos Hídricos. 4. Sustentabilidade. I. Engenharia Civil  
– Dissertação. II. Silva, Simone Rosa (orient.). III.  
Alcoforado, Roberta de Melo Guedes (coorient.). IV.  
Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado  
em Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

ABMAEL DE SOUSA LIMA JUNIOR

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GESTÃO DA  
ÁGUA: ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE**

**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientadora**



Profª. Dra. Simone Rosa da Silva  
Universidade de Pernambuco

**Coorientadora**

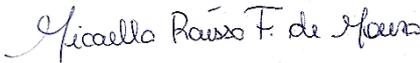


Profª. Dra. Roberta de Melo Guedes Alcoforado  
Universidade de Pernambuco

**Examinadores**



Profª. Dra. Emilia Rahnemay Köhlman Rabbani  
Universidade de Pernambuco



Profª. Dra. Micaella Raíssa Falcão de Moura  
Universidade Católica de Pernambuco

Recife-PE  
2023

---

Dedico este trabalho aos pilares da minha vida, meus pais Abmael Lima e Edmilsa Lima, os quais não mediram esforços para me proporcionar oportunidades que eles não tiveram e pelo apoio constante que sempre recebi.

## AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho, de abrangência interdisciplinar, característica intrínseca da Engenharia Civil, não teria sido possível sem a colaboração e incentivo de diversos profissionais. Logo externo meus profundos agradecimentos a pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação nessa importante fase. Assim, mesmo correndo o risco de esquecer alguém, julgo importante particularizar alguns agradecimentos.

A orientadora deste trabalho, Profa. Dra. Simone Rosa da Silva que, se dedicou a me ajudar a desenvolver a presente pesquisa, sempre se mostrando disponível para tirar dúvidas a fim de fazermos um bom trabalho.

A minha co-orientadora Prof<sup>a</sup> Dr. Roberta de Melo Guedes Alcoforado, que sem sombra de dúvidas foi uma das maiores colaboradoras deste trabalho. Agradeço pelo tempo dedicado a me co-orientar, bem como, pela sua paciência, confiança depositada e pelo conhecimento compartilhado a fim de atingir os objetivos propostos.

A Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI) pela oportunidade de realização deste trabalho. Em especial, ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC-POLI) o Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.

Aos colegas MSc. Telma Torreão, MSc. Débora Feijó, e o Eng. Alexandre Winkelmann, os quais tiveram grande participação na minha formação, agradeço por estarem sempre solícitos no compartilhamento de seus conhecimentos, pela dedicação e amizade. A minha namorada MSc. Andresa Castro, que foi de grande importância na elaboração deste trabalho, dedicando seu precioso tempo para me apoiar.

Por fim, a TPF Engenharia Ltda. pela oportunidade e a confiança a mim dada de participar em trabalhos no âmbito de Saneamento e Recursos Hídricos, em especial, quero agradecer ao Eng. e Mestrando Marcelo Casiuch, pela confiança em mim depositada e seu apoio, os quais foram de grande importância nessa fase.

## RESUMO

A segurança hídrica envolve o uso sustentável e a proteção dos sistemas hídricos, de modo a se dispor de água em quantidade e qualidade adequadas à saúde, aos meios de subsistência, aos ecossistemas e à produção, além de protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos hidrológicos extremos. No âmbito internacional, o conceito de segurança hídrica começou a ser discutido na década de 90, sobretudo a partir de 2009 quando o assunto passou a ser objeto de maior número de publicações. No Brasil, pode-se dizer que a Lei Federal 9433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, e as leis estaduais correspondentes, trazem embutido o conceito de segurança hídrica. No entanto, somente em 2019 foi lançado o Plano Nacional de Segurança Hídrica, realizado de forma inédita e inovadora, que passou a ser o instrumento fundamental de tomada de decisões nesse tema. Esta pesquisa visa apresentar uma análise da Segurança Hídrica na Bacia do rio Capibaribe, onde foram usados como subsídios indicadores de sustentabilidade hídrica. Portanto, o objetivo geral da pesquisa foi analisar a segurança hídrica dos municípios contemplados na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, no âmbito da gestão sustentável da água, bem como definir um índice de segurança hídrica da bacia (ISH-C). Para alcançar o referido objetivo foi utilizado o apoio do *software* SPSS e foram adotados os seguintes métodos: i) pré-seleção de indicadores; ii) aplicação de questionário a um painel de especialistas utilizando o método Delphi; iii) estruturar um banco de dados de indicadores; iv) tratamento estatístico por meio da Análise Fatorial (AF) pelo Método de Componentes Principais (ACP) e v) classificação da segurança hídrica na bacia. Por fim, com base nos fatores identificados foi possível determinar a equação modelo que representa a segurança hídrica em cada município da bacia, os resultados foram especializados em um mapa para melhor visualização.

**Palavras-chave:** Segurança hídrica. Saneamento básico. Recursos hídricos. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Water security involves the sustainable use and protection of water systems, so as to have water in a quantity and quality appropriate to health, livelihoods, ecosystems and production, as well as protecting it against the negative effects of extreme hydrological events. At the international level, the concept of water security began to be discussed in the 90s, especially from 2009 when the subject became the subject of a greater number of publications. In Brazil, it can be said that Federal Law 9433/1997, which establishes the National Water Resources Policy in Brazil, and the corresponding state laws, bring embedded the concept of water security. However, it was only in 2019 that the National Water Security Plan was launched, carried out in an unprecedented and innovative way, which became the fundamental decision-making instrument on this topic. This research aims to present an analysis of Water Security in the Capibaribe River Basin, where water sustainability indicators were used as subsidies. Therefore, the general objective of the research was to analyze the water security of the municipalities contemplated in the Capibaribe river basin, within the scope of sustainable water management, as well as to define a basin water security index (ISH-C). To achieve this objective, the support of the SPSS software was used and the following methods were adopted: i) pre-selection of indicators; ii) application of a questionnaire to a panel of experts using the Delphi method; iii) structure a database of indicators; iv) statistical treatment by means of Factor Analysis (FA) by the Principal Components Method (PCA) and v) classification of water security in the basin. Finally, based on the factors identified it was possible to determine the model equation that represents water security in each municipality of the basin, the results were specialized in a map for better visualization.

**Keywords:** Water safety. Basic sanitation. Water resources. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável .....	21
Figura 2 - Dimensões da Segurança Hídrica .....	25
Figura 3 - Avaliação Quantitativa dos Mananciais .....	32
Figura 4 - Avaliação Quantitativa dos Sistemas Produtores .....	33
Figura 5 - Linha do Tempo dos Marcos Legais do Saneamento .....	34
Figura 6 - Microrregiões de Água e Esgoto de Pernambuco.....	36
Figura 7 - Localização da Bacia do rio Capibaribe .....	47
Figura 8 - Disponibilidade Hídrica Superficial da Bacia .....	50
Figura 9 - Disponibilidade Hídrica Subterrânea.....	51
Figura 10 - Situação do Abastecimento de Água .....	52
Figura 11 - Indicadores do Esgotamento Sanitário na Bacia do Rio Capibaribe .....	55
Figura 12 - Isoietas de Precipitação Anual para a Bacia do Rio Capibaribe.....	63
Figura 13 - Hidrografia.....	64
Figura 14 - Unidades Geológicas da Bacia do rio Capibaribe .....	66
Figura 15 - Geomorfologia na Bacia do Rio Capibaribe.....	68
Figura 16 - Solos na Bacia do Rio Capibaribe .....	69
Figura 17 - Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica .....	70
Figura 18 - Vegetação, Uso e Ocupação do Solo na Bacia .....	72
Figura 19 - Índice de Vulnerabilidade Social na Bacia .....	74
Figura 20 - Índice Integrado de Seca na Bacia.....	75
Figura 21 - Fluxo das Etapas da Metodologia.....	76
Figura 22 - Escala de Importância para Avaliação dos Indicadores.....	77
Figura 23 - Critério de Seleção de Indicadores .....	80
Figura 24 - Tela do Software SPSS com o Banco de Dados Cadastrado.....	91
Figura 25 - Tela do Software SPSS com o Dicionário de Dados .....	92
Figura 26 - <i>ScreePlot</i> (Gráfico de Sedimentação).....	94
Figura 27 - Segurança Hídrica na Bacia do rio Capibaribe.....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relacionamento dos ODS com a Segurança Hídrica .....	21
Tabela 2 - Critérios Básicos para Seleção de Indicadores.....	24
Tabela 3 - Dimensões e Indicadores do ISH .....	26
Tabela 4 - Panorama Geral e Desafios para Alcançar a Segurança Hídrica.....	29
Tabela 5 - Características do Método Delphi .....	45
Tabela 6 - Municípios Inseridos na Bacia do Capibaribe.....	48
Tabela 7 - Sistemas de Abastecimentos .....	53
Tabela 8 - Principais Indicadores de Resíduos Sólidos.....	56
Tabela 9 - Principais Indicadores de Drenagem Urbana .....	58
Tabela 10 - Precipitação Mensal Média (mm) .....	62
Tabela 11 - Distribuição das Classes de Rochas .....	65
Tabela 12 - Unidades Geomorfológicas .....	67
Tabela 13 - Distribuição da Classe de Solo na Bacia .....	69
Tabela 14 - Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica na Bacia.....	71
Tabela 15 - Vegetação, Uso e Ocupação do Solo na Bacia.....	73
Tabela 16 - Painel de Especialistas .....	78
Tabela 17 - Classificação do Nível de Consenso .....	79
Tabela 18 - Valores obtidos para o teste KMO .....	82
Tabela 19 - Indicadores da Dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto	85
Tabela 20 - Indicadores da Dimensão Hidroambiental .....	86
Tabela 21 - Indicadores da Dimensão Social .....	87
Tabela 22 - Indicadores da Dimensão Institucional .....	88
Tabela 23 - Número de Entrevistados por Formação Acadêmica .....	88
Tabela 24 - Nível de Especialista por Número de Entrevistados .....	89
Tabela 25 - Faixa Etária por Número de Entrevistados.....	89
Tabela 26 - Indicadores Excluídos da Amostra.....	89
Tabela 27 - Teste de KMO e Bartlett .....	93
Tabela 28 - Variância Total Explicada pelos Seis Fatores Selecionados .....	95
Tabela 29 - Matriz de Componente Rotativa (Carga Fatorial dos Fatores Rotacionados).....	96
Tabela 30 - Tipologia da Segurança Hídrica .....	99
Tabela 31 - Resumo da Classificação da Segurança Hídrica por Município .....	99
Tabela 32 - Resultado por Município .....	100

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ANA** - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

**APAC** - Agência Pernambucana de Águas e Climas

**BHO** - Bacia Hidrográfica Ottocodificada

**CI** - Coeficiente de Infiltração

**COBH** - Comitê de Bacia Hidrográfica

**COMPESA** - Companhia Pernambucana de Saneamento

**CS** - Coeficiente de Sustentabilidade

**ETA** - Estação de Tratamento de Água

**ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto

**GWP** - *Global Water Partnership*

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Econômicas

**IPCC** - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**IPEA** - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**ISH** - Índice de Segurança Hídrica

**IVC** - Índice de Validade de Conteúdo

**NC** - Nível de Consenso

**ODS** - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

**OECD** - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

**ONU** - Organizações das Nações Unidas

**PHA** - Plano Hidroambiental de Bacia

**PNRH** - Política Nacional de Recursos Hídricos

**PNSH** - Plano Nacional de Segurança Hídrica

**PRSB** - Plano Regional de Saneamento Básico

**RDE** - Reserva Disponível Explotável

**RMR** - Região Metropolitana do Recife

**SAA** - Sistema de Abastecimento de Água

**SES** - Sistema de Esgotamento Sanitário

**SIG** - Sistema de Informações Geográficas

**SINGREH** - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

**SNIS** - Sistema de Informações Sobre Saneamento

**UNESCO** - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa, Motivação e Relevância.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Sustentabilidade e Segurança Hídrica.....</b>	<b>19</b>
2.1.1	<i>Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e a Segurança Hídrica .....</i>	<i>20</i>
2.1.2	<i>Indicadores de Sustentabilidade e Dimensões .....</i>	<i>23</i>
2.1.3	<i>Panorama Internacional da Segurança Hídrica.....</i>	<i>27</i>
2.1.4	<i>Panorama Nacional da Segurança Hídrica.....</i>	<i>30</i>
2.1.5	<i>Políticas Públicas Sobre Saneamento.....</i>	<i>34</i>
<b>2.2</b>	<b>Aspectos Conceituais dos Recursos Hídricos.....</b>	<b>38</b>
2.2.1	<i>Disponibilidade Hídrica Superficial .....</i>	<i>38</i>
2.2.2	<i>Disponibilidade Hídrica Subterrânea.....</i>	<i>39</i>
<b>2.3</b>	<b>Aspectos Conceituais do Saneamento Básico.....</b>	<b>40</b>
2.3.1	<i>Abastecimento de Água .....</i>	<i>40</i>
2.3.2	<i>Esgotamento Sanitário.....</i>	<i>41</i>
2.3.3	<i>Resíduos Sólidos.....</i>	<i>42</i>
2.3.4	<i>Drenagem Urbana.....</i>	<i>43</i>
<b>2.4</b>	<b>O Método Delphi .....</b>	<b>44</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>Disponibilidade Hídrica Superficial .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2</b>	<b>Disponibilidade Hídrica Subterrânea.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3</b>	<b>Situação da Prestação dos Serviços de Saneamento .....</b>	<b>51</b>
3.3.1	<i>Abastecimento de Água .....</i>	<i>51</i>
3.3.2	<i>Esgotamento Sanitário .....</i>	<i>54</i>
3.3.3	<i>Resíduos Sólidos.....</i>	<i>56</i>
3.3.4	<i>Drenagem Urbana.....</i>	<i>58</i>
<b>3.4</b>	<b>Características Geoambientais.....</b>	<b>60</b>
3.4.1	<i>Clima .....</i>	<i>60</i>
3.4.2	<i>Mudanças Climáticas.....</i>	<i>60</i>
3.4.3	<i>Precipitação .....</i>	<i>62</i>
3.4.4	<i>Hidrografia.....</i>	<i>63</i>

3.4.5	<i>Geologia</i> .....	65
3.4.6	<i>Geomorfologia</i> .....	66
3.4.7	<i>Solos</i> .....	68
3.4.8	<i>Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica</i> .....	70
3.4.9	<i>Vegetação, Uso e Ocupação do Solo</i> .....	71
3.4.10	<i>Vulnerabilidade Social</i> .....	73
3.4.11	<i>Índice Integrado de Seca</i> .....	74
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>ETAPA 01 - Pesquisa e Pré-seleção de Indicadores</b> .....	<b>76</b>
<b>4.2</b>	<b>ETAPA 02 - Aplicação de Questionário e Consulta a Especialistas</b> .....	<b>77</b>
<b>4.3</b>	<b>ETAPA 03 - Estruturação do Banco de Dados</b> .....	<b>80</b>
<b>4.4</b>	<b>ETAPA 04 - Tratamento Estatístico</b> .....	<b>81</b>
<b>4.5</b>	<b>ETAPA 05 - Classificação da Segurança Hídrica Municipal</b> .....	<b>84</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Pesquisa e Pré-Seleção de Indicadores</b> .....	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>Painel de Especialistas</b> .....	<b>88</b>
<b>5.3</b>	<b>Nível de Consenso e Índice de Validade de Conteúdo</b> .....	<b>89</b>
<b>5.4</b>	<b>Banco de Dados</b> .....	<b>90</b>
<b>5.5</b>	<b>Análise Fatorial da Segurança Hídrica</b> .....	<b>93</b>
<b>5.6</b>	<b>Classificação da Segurança Hídrica</b> .....	<b>98</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>102</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>104</b>
<b>8.</b>	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA FINS ACADÊMICOS</b> .....	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE B - RESULTADOS DA MODELAGEM NO SPSS</b> .....	<b>126</b>
	<b>APÊNDICE C - BANCO DE DADOS</b> .....	<b>140</b>
	<b>APÊNDICE D - MAPA GERAL DA SEGURANÇA HÍDRICA</b> .....	<b>144</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, os problemas ambientais, causados pelo crescimento populacional e avanços tecnológicos, desencadearam crescente preocupação com a disponibilidade de recursos naturais, incluindo os recursos hídricos. O problema do abastecimento de água atinge até mesmo os países desenvolvidos. Mesmo com os esforços das organizações envolvidas, especialmente dos membros da Organização das Nações Unidas (ONU), para levantar a discussão e incentivar os países a promoverem mudanças na forma de gestão e uso, a meta de segurança hídrica global ainda não foi alcançada (DELGADO, 2018).

Apesar da boa disponibilidade de água, comparada à situação mundial, a distribuição dos recursos hídricos no Brasil, em seus diferentes Estados, é desproporcional. A garantia da segurança hídrica é uma dificuldade vista especialmente no Nordeste do Brasil (DELGADO, 2018).

Para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura UNESCO (2019), o recurso natural mais importante para a humanidade é a água doce por abranger todas as atividades sociais, econômicas e ambientais.

Zhang *et al.* (2019) destacam também que a água é certamente o mais importante dentre os recursos naturais, e que ainda permanece como desafio à gestão pública, principalmente em áreas de maior escassez. Frente a essa realidade, as regiões apresentam algumas limitações de vínculos econômicos, pois a escassez de água além de afetar a qualidade de vida humana em termos de educação, saúde, compromete a capacidade produtiva.

Segundo Meadows (1998), houve um momento na história em que o objetivo era o crescimento populacional, entretanto, algumas garantias essenciais para sobrevivência não haviam sido consideradas, de forma que para a inclusão de mais pessoas seria necessário considerar o acesso a mais alimentos, bens materiais, ar puro e água. Com o passar dos anos, e com a evolução da sociedade em busca de um modo de vida mais sedentário, tornou-se visível que os recursos naturais não são infinitos ou inesgotáveis, incluindo a água, o que pode se observar desde os primórdios, até os dias atuais, sendo um dos grandes desafios do sistema mundial.

Atualmente, o objetivo mundial não está centralizado no aumento da população, mas sim em garantir um mínimo de vida digna para as pessoas, visando alcançar o desenvolvimento sustentável. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, através do Relatório *Brundtland*, conhecido como Nosso Futuro Comum, apoia o equilíbrio entre o aumento da população e da vida digna, o qual pode ser buscado mais facilmente quando estabilizado o tamanho da população em um nível que seja compatível com a capacidade produtiva do ecossistema (KEEBLE, 1988).

Com isso, a ONU, por meio da Agenda 2030, estabeleceu objetivos mundiais, denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para serem alcançados até o ano de 2030, em nível global. Pensando na problemática da água, um dos objetivos, mais especificamente o ODS 6, contempla assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas (ONU, 2018).

A necessidade de mudança mundial é derivada principalmente da expansão da agricultura e indústria nos países em desenvolvimento, isso contempla o Brasil, e, considerando os impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos que ocorreram na atual década, a segurança hídrica passa a ter um papel fundamental para o desenvolvimento social e econômico do país (BRASIL, 2019).

Em Pernambuco, observa-se que nas áreas mais pobres e com baixa urbanização, o acesso aos serviços básicos do saneamento (água e esgoto) permanecem como grandes desafios a serem superados. Vale ressaltar que fatores como estiagem e regularização ou abastecimento intermitente podem trazer riscos potenciais à saúde humana e que mesmo em grandes centros urbanos o saneamento ambiental pode se mostrar um entrave (PERNAMBUCO, 2016).

No referido Estado, as bacias hidrográficas dos rios Capibaribe, Una, Ipojuca e Sirinhaém se destacam devido às frequentes enchentes, deterioração da qualidade da água e aumento da demanda por recursos hídricos (ANA, 2019).

A expansão do abastecimento de água é necessária para ampliar a segurança hídrica, que depende de novas obras que demandam a construção de novos reservatórios e adutoras, principalmente redes de coleta e estações de tratamento de esgoto. No entanto, de acordo com o Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste (PRDN), o acesso universal aos serviços de

saneamento básico deve ser acompanhado pela prestação de serviços eficazes e acessíveis com base em um ambiente regulatório estável e transparente e no uso das melhores tecnologias disponíveis. A segurança hídrica tem impacto direto em todos os aspectos da sociedade, principalmente na saúde pública, o que torna imprescindível o investimento em saneamento adequado para prevenir a propagação de doenças e proteger a dignidade das pessoas (PDRN, 2019).

Com relação aos impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos, recentemente nos anos de 2015 e 2016, foi registrado na bacia do rio Capibaribe, um evento de seca extrema, onde o Reservatório Jucazinho apresentou níveis muito baixos nos últimos anos, afetando o abastecimento da população que depende do Sistema Integrado Jucazinho.

Ante o exposto, nesse trabalho, entende-se como sustentabilidade a eficiência do ponto de vista da segurança hídrica, levando em conta que a infraestrutura hídrica será capaz de atender à demanda hídrica necessária. Com isso a presente pesquisa visa responder a seguinte questão: como os indicadores de sustentabilidade utilizados nesta pesquisa, contribuem para a segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe? Destaca-se também que os indicadores levantados nessa pesquisa podem ser aplicados em outra bacia, a fim e classificar a segurança hídrica.

### **1.1 Justificativa, Motivação e Relevância**

Tendo em vista a crise da água no mundo, muitos estudos têm norteados políticas públicas do uso sustentável da água, principalmente nas regiões semiáridas, que sofrem com baixos índices de chuvas e por consequência irregularidade nos escoamentos superficiais. A precipitação, comportamento dos aquíferos e reservatórios, e demanda hídrica preveem cenários que orientam governo, bem como a população para implementar rotinas que visam a preservação dos recursos naturais para gerações futuras.

Sabe-se que, a sociedade é consumidora de recursos e geradora de rejeitos (HANAZAKI, 2006). Nesse sentido, as autoridades e os diversos setores da sociedade têm de se mobilizar para enfatizar a importância sobre a necessidade crescente de mudanças das práticas e hábitos humanos (CHAUVEL; COHEN, 2009).

A crescente incidência de desastres naturais e o uso desenfreado dos recursos naturais pelo homem, como a exploração da terra e da água, justificam a importância e relevância da temática que engloba os indicadores de sustentabilidade aplicados à segurança hídrica.

Além disso, existe a preocupação de obter informações importantes para os governantes, órgãos reguladores e a população, com isso, este trabalho aborda a necessidade de conscientização dos prejuízos causados pelo mau uso da água.

Adentrando a questões municipais, que em particular possuem estimativas de crescimento da população, e conseqüentemente restrições na disponibilidade hídrica, deve se levantar meios para se inverter a tendência crescente do consumo per capita de água, devidamente alinhado ao fato da importância da preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

Assim, faz-se necessária a ampliação de pesquisas nessa área, buscando avançar na sua aplicação em um número cada vez maior de bacias, bem como na ampla divulgação dos resultados. Nesse contexto, foi escolhida a bacia do rio Capibaribe devido as suas grandes reservas hídricas e grande potencial de crescimento populacional, sendo uma das bacias mais significativas do Estado de Pernambuco, na qual se encontra parte da Região Metropolitana do Recife.

## **1.2 Objetivo Geral**

Analisar a segurança hídrica dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, no âmbito da gestão sustentável da água, bem como definir um índice de segurança hídrica da bacia (ISH-C).

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Identificar indicadores de sustentabilidade que reflitam a segurança hídrica na bacia;
- Estruturar um banco de dados dos indicadores selecionados para a bacia;
- Elaborar Proposta do índice de segurança hídrica;
- Elaborar mapa com o diagnóstico da segurança hídrica da bacia do rio Capibaribe, por município.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Na sequência apresenta-se a revisão de literatura, na qual se apresentam teorias e conceitos relacionados ao tema do estudo, descrevendo suas principais características, pressupostos teóricos e principais autores. Em resumo, o referencial teórico é uma parte essencial desta pesquisa, que fornece a base conceitual, contextualiza o tema de estudo e identifica lacunas na literatura. Foi elaborado de forma crítica e sistemática, baseando-se em fontes bibliográficas confiáveis e relevantes para o tema.

### 2.1 Sustentabilidade e Segurança Hídrica

Segundo a *Global Water System Project* (2012), a segurança hídrica visa garantir que ecossistemas de água doce sejam protegidos e melhorados em um clima de paz e estabilidade política; assegurar o acesso sustentável à água de qualidade, em quantidade adequada à manutenção dos meios de vida, bem-estar humano e do desenvolvimento socioeconômico; assim como, garantir proteção contra a poluição hídrica e desastres relacionados à água.

No Fórum Mundial da Água, realizado no ano de 2000, foi abordada a questão da segurança hídrica e foram listados sete “desafios principais” à conquista da segurança hídrica os quais são: Satisfação das necessidades básicas; Garantia do abastecimento; Proteção aos ecossistemas; Compartilhamento de recursos hídricos; Gerenciamento de riscos; Valorização da água e Controle racional da água (GWSP, 2012).

Sabe-se que a implantação de infraestrutura hídrica necessita de estudos prévios de viabilidade técnica, econômica e ambiental, bem como avaliação dos impactos sociais do empreendimento. Um dos aspectos mais importantes no tocante à viabilidade técnica de um projeto de infraestrutura hídrica é a sua sustentabilidade hídrica, sem a qual o projeto deixa de cumprir sua finalidade (ESTÁCIO, 2018).

Segundo Ribeiro e Pizzo (2011):

A sustentabilidade hídrica implica justamente em se manter um equilíbrio dinâmico entre a oferta e a demanda por água, de modo que os mananciais superficiais e/ou subterrâneos sejam utilizados a taxas iguais ou inferiores à sua capacidade de degradação.

O conceito trazido por Ribeiro e Pizzo (2011) demonstra pela tentativa de equilíbrio de vários fatores, entre os quais destacam-se: quantidade de água disponível; qualidade da água; demanda hídrica e capacidade de urbanização. Esses fatores estão relacionados às técnicas de crescimento populacional, que, por sua vez, podem exercer uma pressão sobre o sistema de abastecimento público de água, requerendo uma maior segurança hídrica (RIBEIRO; PIZZO, 2011).

Segundo Loucks (1997), um hidrosistema sustentável torna-se um sistema de recursos hídricos idealizado para contribuir diretamente com os objetivos da sociedade, assegurando a integridade ecológica, ambiental e hidrológica.

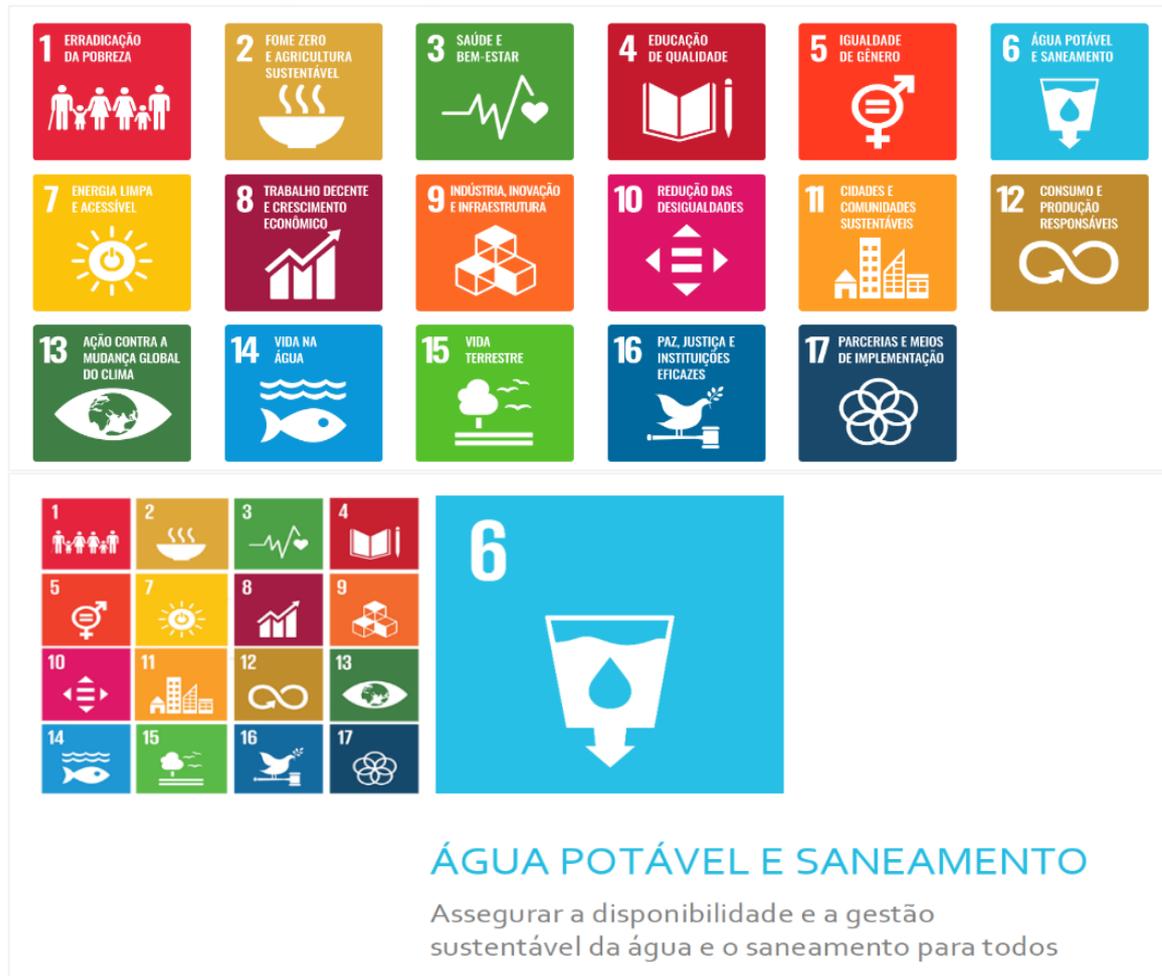
### *2.1.1 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e a Segurança Hídrica*

Nesse item, serão apresentadas as definições acerca dos ODS e da segurança hídrica realizadas por organizações nacionais e internacionais, instituições e pesquisadores de renome na temática.

Em julho de 2010, a ONU sancionou a Resolução nº 64/292, a partir da qual o direito à água e ao saneamento passaram a ser formalmente reconhecidos (ONU, 2010). A partir de 2010, o conceito de segurança hídrica começou a ser mais discutido pelos entes internacionais por meio da criação de instituições internacionais com atuação tanto em políticas públicas como na gestão dos recursos hídricos, tais como: Global Water Partnership; UN-Water; World Water Council; Organisation for Economic Co-operation and Development e WaterAid (ONU, 2010).

Posteriormente, outros planos relacionados ao desenvolvimento sustentável foram concebidos, como a Agenda 2030, elaborada em 2015, a qual traz uma visão inovadora das Nações Unidas, tendo como meta alcançar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O objetivo que está diretamente associado à Segurança Hídrica na Agenda 2030 é especialmente o ODS 6 “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, conforme pode ser observado na Figura 1 (ONU, 2018).

**Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**



Fonte: ONU (2018).

Além da segurança hídrica está diretamente relacionada com o ODS 6, ela também tem relações outros ODS, conforme observa-se na Tabela 1.

**Tabela 1 - Relacionamento dos ODS com a Segurança Hídrica**

<b>Objetivos do Desenvolvimento Sustentável</b>	<b>Relacionamento com a Segurança Hídrica</b>
ODS 2 - fome zero e agricultura sustentável	Relacionada principalmente com a segurança na oferta de água para produção de alimentos
ODS 3 - saúde e bem-estar	Prestação dos serviços de saneamento eficiente
ODS 7 - energia limpa e acessível, ODS 9 - indústria, inovação e infraestrutura	Criação de empregos e funcionamento das indústrias
ODS 11- cidades e comunidades sustentáveis ODS 13 - ação contra a mudança global do clima ODS 14 - vida na água ODS 15 - vida terrestre	Preservação e sustentabilidade dos ecossistemas

Fonte: Adaptado a partir de Zhang *et al.* (2019).

Portanto, é notório que o ODS 6 é fundamental para o pleno alcance da segurança hídrica, pois ele envolve quase todos os aspectos do desenvolvimento sustentável, tais como: mudanças

climáticas, meio ambiente, gestão de riscos e desastres naturais, segurança alimentar, prestação dos serviços de saneamento eficiente, dentre outros.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (2013), faz referência à segurança hídrica:

A capacidade de uma população para salvaguardar o acesso a quantidades adequadas de água, em qualidade aceitável para a manutenção da saúde humana e do ecossistema com o referencial de bacia hidrográfica, e garantir uma proteção eficaz da vida e da propriedade contra perigos relacionados com a água, inundações, deslizamentos de terra e secas.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico incluiu a variável risco em seu conceito de segurança hídrica, definindo da seguinte forma “*segurança hídrica é gerir riscos associados a água, incluindo riscos de armazenamento de água, excesso, poluição e riscos de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce*” (OECD, 2013b).

Em 2013, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou o Glossário de Recursos Hídricos, o qual traz a segurança hídrica como condição de garantir com quantidade e qualidade aceitável a água para abastecimento humano, alimentação e preservação de ecossistemas (BRASIL, 2013).

O grupo de trabalho realizado pela Global Water Partnership (GWP), em conjunto com a Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), apresentou um relatório que aborda a segurança da água e o crescimento sustentável, bem como o gerenciamento dos riscos envolvidos na gestão sustentável da água de forma a promover o desenvolvimento sustentável e maior bem-estar (SADOFF *et al.*, 2015).

A ANA tem tido um papel fundamental no que diz respeito à segurança hídrica, tendo publicado o ATLAS Águas Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano, o qual traz os principais desafios para atendimento com água de 100% da população urbana, bem como as infraestruturas planejadas para a garantia da segurança hídrica (BRASIL, 2021). No que se refere às intervenções previstas, é importante destacar que o planejamento dessas intervenções é um processo dinâmico, sendo fundamental mantê-lo atualizado (BRASIL, 2021). Além disso, sabe-se que diversas crises hídricas têm assolado diversas regiões do país, comprometendo o abastecimento de água das cidades (BRASIL, 2021).

### 2.1.2 Indicadores de Sustentabilidade e Dimensões

De acordo com a OECD, os indicadores possuem as principais funções: reduzem o número de medições e parâmetros que normalmente seriam necessários para uma apresentação exata de uma certa situação e simplificam o processo de comunicação pelo qual os resultados de uma determinada medição são fornecidos ao usuário (OECD, 2001). Segundo a OECD (2013a), eles são vistos como ferramentas que geralmente devem ser usados com outras informações complementares, visando extrair conclusões sólidas.

O principal objetivo de um indicador é apresentar de forma resumida a quantificação de informações, evidenciando a sua importância para a área estudada, visando assim facilitar o entendimento de fenômenos mais complexos, trazendo uma melhora no processo de comunicação (VAN BELLEN, 2004).

Conforme Bega *et al.* (2021), complementam que os indicadores são uma maneira de avaliar a sustentabilidade de forma quantitativa, bem como são ferramentas para auxiliar a tomada de decisão e monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável. Eles são vistos como importantes instrumentos para subsidiar a elaboração de políticas, tais como: parcelamento, uso e ocupação do solo; acesso a moradia; práticas urbanísticas (YOSHII *et al.*, 2019).

Destaca-se também o papel social dos indicadores, tendo um papel primordial na melhora da comunicação. Destaca ainda que, eles cumprem o propósito social de melhorar a comunicação, mas desempenham também um papel útil na tomada de decisões, onde as informações sobre novas questões sociais são sensíveis (HAMMOND *et al.*, 1995). Segundo a OECD (2001), outros fatores e critérios que afetam a utilização de um indicador, estão diretamente ligados à data que os dados são liberados, quanto mais curto o período de liberação dos dados melhor será a representatividade deles.

O monitoramento da sustentabilidade ambiental, social, econômica e institucional também pode ser feita por meio de indicadores, o modelo de desenvolvimento do Brasil fornece um panorama que abrange informações necessárias realizar o devido monitoramento com indicadores, possibilitando o planejamento de políticas públicas, bem como promover o desenvolvimento sustentável (IBGE, 2015).

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2003), indicadores não foram desenvolvidos para mostrar uma imagem completa das vertentes ambientais, entretanto, ajudam a revelar tendências e chamam a atenção para acontecimentos e mudanças que requerem análise mais detalhada e uma possível ação adicional.

Hammond *et al.* (1995) destaca que os indicadores mostram progresso em direção as metas, tais como o desenvolvimento sustentável, entretanto, o propósito dos indicadores pode ser ainda mais simples. Segundo Van Bellen (2002), “*a necessidade de indicadores com um certo grau de agregação é imprescindível para o monitoramento da questão da sustentabilidade*”.

Algumas premissas podem ser usadas para seleção de indicadores, considerando seus diversos fins, a OECD acredita que é necessário definir critérios gerais para seleção de indicadores (OECD, 2001). A OECD utiliza três critérios básicos para seleção de indicadores, conforme observa-se na Tabela 2.

**Tabela 2 - Critérios Básicos para Seleção de Indicadores**

<b>Relevância</b>	<b>Critério de Seleção</b>
Utilidade para os Usuários e Relevância Política	Demonstra representativa das condições ambientais, pressões sobre as respostas do ambiente ou da sociedade; De fácil interpretação e capaz de mostrar tendências ao longo do tempo; Responder às mudanças no ambiente e nas atividades humanas relacionadas; Demonstrar uma base para comparações internacionais; Ser de escopo nacional ou aplicável a questões ambientais regionais de significado; Ter um limite ou valor de referência com o qual comparar, para que os usuários possam avaliar a significância dos valores associados ao indicador.
Solidez Analítica	Ser bem fundamentado em termos técnicos e científicos; Ter base em padrões internacionais e consenso internacional sobre sua validade; Ter vínculos com modelos econômicos, previsões e sistemas de informação. Relação custo/benefício razoável.
Mensurável	Ser devidamente documentado e de qualidade conhecida; Ter atualização em intervalos regulares de acordo com procedimentos confiáveis.

Fonte: Adaptado a partir de OECD (2001).

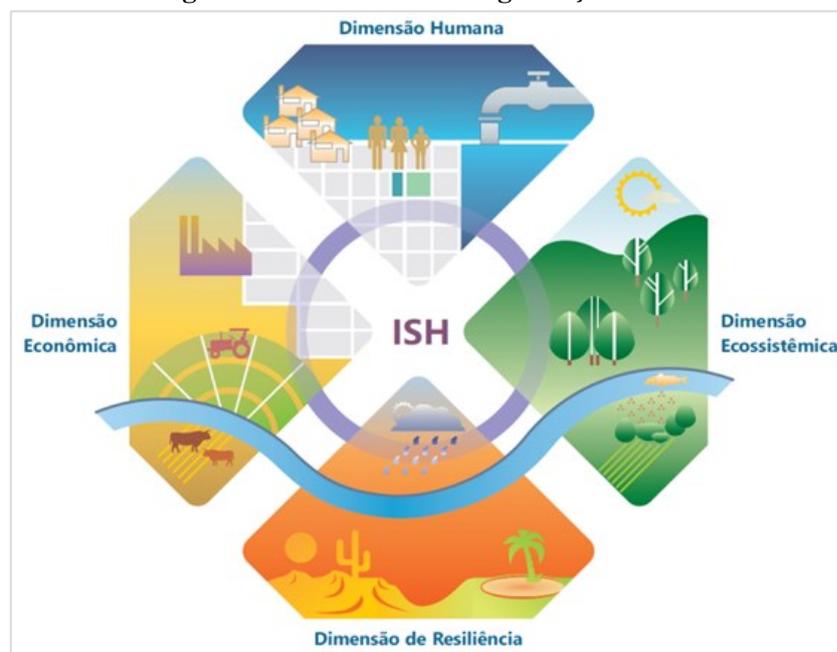
#### 2.1.2.1 Dimensões do PNSH

O Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), elaborado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

(ANA), apresenta uma carteira de projetos com investimentos até 2035, visando a segurança hídrica (BRASIL, 2019). O principal objetivo do PNSH é representar um marco na política pública, bem como na forma como são concebidos os investimentos em infraestrutura hídrica (BRASIL, 2019).

Sabe-se que existem diversos fatores que ameaçam uma situação desejável de equilíbrio hídrico, tais como: o aumento da população, principalmente nas áreas urbanas, e o crescimento econômico, que geram ampliação da demanda de água, bem como as mudanças climáticas e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos. Na Figura 2, observam-se as dimensões da segurança hídrica (BRASIL, 2019).

**Figura 2 - Dimensões da Segurança Hídrica**



Fonte: Brasil (2019).

Esses fatores de desequilíbrio hídrico, associados à ausência de planejamento e ações de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento, desencadeiam cenários de Insegurança Hídrica e, no limite, a instalação de crises, tais como as que afetaram o Brasil nos últimos anos (BRASIL, 2019).

Na sequência, apresentam-se as dimensões da segurança hídrica que foram devidamente estabelecidas no PNSH, conforme Tabela 3.

**Tabela 3 - Dimensões e Indicadores do ISH**

<b>Dimensão</b>	<b>Indicador</b>
Humana	Garantia de água para abastecimento humano
Econômica	Garantia de água para irrigação e pecuária Garantia de água para atividade industrial
Ecológica	Quantidade adequada de água para usos naturais Qualidade adequada de água para usos naturais Segurança das barragens de rejeito de mineração
Resiliência	Reservação artificial Reservação natural Potencial de armazenamento subterrâneo Variabilidade pluviométrica

Fonte: Brasil (2019).

#### **a) Dimensão Humana**

A dimensão humana do PNSH avalia a garantia da oferta de água para o abastecimento de todas as cidades do país. A avaliação da oferta de água foi realizada com base na disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para abastecimento da população de cada sede municipal e na sua capacidade de atendimento às demandas (BRASIL, 2019). Para definição dos percentuais do desabastecimento da população, foi realizado balanço hídrico desses mananciais em cada ponto de captação (BRASIL, 2019). O grau de segurança hídrica da dimensão humana foi classificado entre, mínimo, baixo, médio, alto e máximo (BRASIL, 2019).

#### **b) Dimensão Econômica**

Para representar a dimensão econômica do PNSH, foram analisados os setores agropecuários e industriais, por serem aqueles que tem maior consumo dos recursos hídricos no território nacional (BRASIL, 2019).

Essa dimensão tem por objetivo aferir os riscos a que está sujeita a produção desses setores em face da variabilidade da oferta de água. Esses riscos foram valorados por meio da quantificação das perdas econômicas resultantes, com apoio nos seguintes indicadores: garantia de água para irrigação e pecuária e garantia da água para atividade industrial (BRASIL, 2019). O grau de segurança hídrica da dimensão econômica foi classificado entre, mínimo, baixo, médio, alto e máximo (BRASIL, 2019).

### **c) Dimensão Ecosistêmica**

De forma a representar a dimensão ecosistêmica, o PNSH selecionou três indicadores relacionados à qualidade da água e ao meio ambiente, de forma a mostrar a vulnerabilidade de mananciais para abastecimento humano e usos múltiplos: água em quantidade suficiente para usos ecosistêmicos; água com qualidade adequada para manutenção da vida aquática; e riscos ambientais decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos de mineração (BRASIL, 2019). O grau de segurança hídrica da dimensão ecosistêmica foi classificado entre, mínimo, baixo, médio, alto e máximo (BRASIL, 2019).

### **d) Dimensão Resiliência**

A dimensão de resiliência expressa o potencial dos estoques de águas naturais e artificiais do Brasil para suprimento de demandas a múltiplos usuários em situações de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pelas mudanças climáticas (BRASIL, 2019).

Os recursos hídricos se encontram disponíveis em rios, alimentados principalmente pelas chuvas, em aquíferos, que também contribuem para o escoamento de base dos cursos d'água, e em reservatórios artificiais (BRASIL, 2019). Dessa forma, o somatório dos volumes de água disponíveis em todos esses tipos de ambientes é útil para avaliar o potencial de resiliência, por essa razão, para essa dimensão, foram considerados os seguintes indicadores: reservação artificial, reservação natural, potencial de armazenamento subterrâneo e a variabilidade pluviométrica. O grau de segurança hídrica da dimensão ecosistêmica foi classificado entre, mínimo, baixo, médio, alto e máximo (BRASIL, 2019).

#### *2.1.3 Panorama Internacional da Segurança Hídrica*

Visando nortear este trabalho, foi realizado um levantamento com base em literaturas internacionais no âmbito da segurança hídrica, trazendo experiências de sucesso na gestão e gerenciamento dos recursos hídricos. Na sequência, apresenta-se uma breve descrição de algumas medidas realizadas em outros países.

Segundo a Iucn Rowa (2019), medidas têm sido implantadas para minimizar os impactos causados pelas mudanças climáticas, tais como: técnicas que permitem a economia de água no setor de irrigação; Estudos para armazenamento de água em aquíferos, visando minimizar a

evaporação; Reúso de efluentes tratados; estudos para dessalinização de água do mar, visando garantir a segurança hídrica do abastecimento humano; gestão de risco, visando combater as mudanças climáticas.

Assim como o Brasil, a Jordânia possui desafios característicos de países áridos e semiáridos, além disso, sabe-se que o país tem sido afetado por ondas de refugiados da Palestina e outros países próximos, isso gera um aumento expressivo da população e, conseqüentemente, impacta a situação hídrica. Para sobreviver e controlar seus recursos hídricos, o país aderiu leis rigorosas que foram implementadas através de programas relacionados à segurança hídrica, só assim foi possível o devido controle dos recursos hídricos, que já eram escassos no país (UNESCO, 2019).

Na Austrália, a convivência com a seca fez com que o país tivesse que inovar, até mesmo envolvendo a sociedade na redução e controle da água. Dentre as medidas realizadas no país, destacam-se: redução no consumo de água; reúso de efluentes tratados; distribuição de redutores de fluxo em torneiras e chuveiros (TURNER *et al.*, 2016).

Com relação aos equipamentos de redução de fluxo, os mesmos foram distribuídos gratuitamente, também foi providenciada a troca de chuveiros e torneiras ineficientes, além de descontos na compra de novos equipamentos que atendessem o nível mínimo de eficiência especificado (TURNER *et al.*, 2016).

Segundo a Singapore's National Water Agency - PUB (2018), 100% da população é atendida com água e esgoto tratado, esses índices mostram que Singapura tem uma ótima eficiência no âmbito do reaproveitamento da água.

Para chegar nesse nível, foram necessários vários investimentos em gerenciamento dos recursos hídricos, bem como em saneamento, tornando esses sistemas mais resilientes, com isso, o país tem condições de resistir aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Na Tabela 4, pode-se observar informações adicionais de cidades do mundo, que adotaram medidas para enfrentamento de estiagem, bem como para construção de sistemas de abastecimento resilientes e sustentáveis.

Tabela 4 - Panorama Geral e Desafios para Alcançar a Segurança Hídrica

Cidade/ País	Características da Área			Principais Desafios	Medidas Realizadas
	Ano	Pop. (hab)	Tipo de Manancial		
Amã, Jordânia	2016	4,1 milhões	44% (subterrânea); 44% (superficial); 12% (nascentes).	Escassez de água, aumento da demanda, dependência de importação de água, perdas.	Medidas de conservação e reutilização da água, Dessalinização da água do Mar Vermelho.
Berlim, Alemanha	2019	3,6 milhões	60% (subterrânea); 29% (superficial); 11% (recarga aquífero).	Baixa qualidade da água	Melhorias na gestão de demanda; Redução de perdas.
Chennai, Índia	2010	5,5 milhões	50% (superficial); 32% (dessalinização); 17% (subterrânea).	Infraestrutura precária, secas, fornecimento desigual.	Dessalinização e reúso da água das chuvas.
Melbourne, Austrália	2019	5,1 milhões	100% (superficial)	Eventos extremos (secas prolongadas e inundações)	Criação de um canal de comunicação, plano inovador de reutilização potável de águas pluviais e dessalinização.
Cidade do México	2015	8,9 milhões	66% (superficial e subterrâneas); 34% (importada de outras regiões).	Infraestrutura precária, fornecimento de água desigual e conflitos entre os usos.	Gestão integrada da Segurança Hídrica e resiliência está sendo desenvolvida para melhorar a confiabilidade, robustez e sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água.
Singapura	2020	5,7 milhões	40% (superficial e subterrânea); 30% importada; 10% dessalinizada.	Dependência de importação de água.	Criação de um portal de comunicação entre governo e a população.
Ulan Bator, Mongólia	2017	1,4 milhões	93% (água superficial), 7% (água subterrânea)	Aumento da população, sistemas inadequados, Mananciais vulneráveis.	Integração do nexos energia x água

Fonte: Adaptado a partir de KRUEGER *et al.* (2019).

#### 2.1.4 *Panorama Nacional da Segurança Hídrica*

O Brasil é um país com uma enorme distribuição geográfica-climática, socioeconômica e populacional heterogênea, que está associada à crescente urbanização e às secas recentes que podem até piorar as condições de oferta e demanda (RIBEIRO NETO *et al.*, 2017).

As variações nas chuvas e vazões nas diversas regiões do país são caracterizadas pela sazonalidade, com as vazões dos rios diminuindo significativamente no final da estação chuvosa, chegando a zero em alguns casos. Essa variação também é interanual, com alternância de anos secos e chuvosos, podendo ocorrer em casos mais severos (RIBEIRO NETO *et al.*, 2017).

O ATLAS Águas: Segurança Hídrica no Abastecimento Urbano, bem como outros documentos oficiais são ações do Governo voltadas à segurança hídrica, que fazem parte da segurança ambiental, aspecto da segurança nacional. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou um Atlas, que revelou a escassez de água em diversos municípios do país e os investimentos necessários até o ano 2035 para garantir água em todos os municípios (BRASIL, 2021).

A ANA publicou também o PNSH para definir as obras de infraestrutura hídrica estratégicas (barragens, adutoras, túneis e eixos de integração) para garantir a segurança hídrica das pessoas, reduzindo os riscos relacionados a eventos críticos (BRASIL, 2019).

O PNSH tem duas frentes de trabalho: a) identificar até 2020 as necessidades de água e gestão de inundações em áreas vulneráveis; b) até 2035, para consolidar as políticas públicas do setor. No PNSH, o Governo Federal reconhece que a gestão dos recursos e serviços hídricos ainda é diferenciada e conflitante entre níveis de governo, setores, regiões e unidades federativas, concorrendo por um mesmo recurso (BRASIL, 2019).

No ATLAS Águas, a avaliação da segurança hídrica no abastecimento urbano, foi realizada por meio de indicadores de eficiência da produção de água (vulnerabilidade dos mananciais e sistemas de produção de água), bem como a eficiência na distribuição de água (cobertura e desempenho no gerenciamento de perdas), os quais foram integrados em um único índice (BRASIL, 2021).

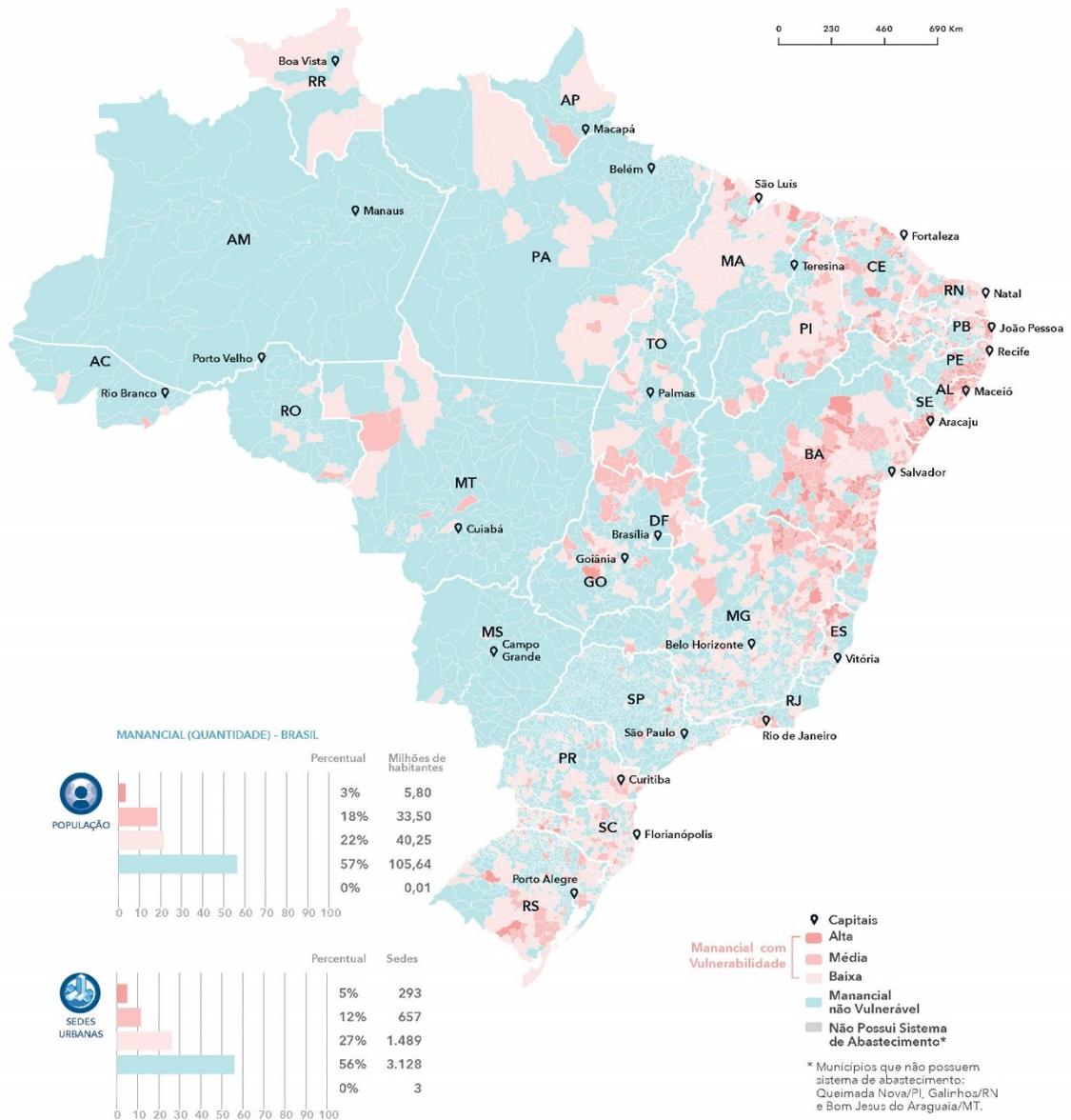
A relação entre a oferta e a demanda de água nas bacias hidrográficas é um dos principais indicadores do ATLAS Águas. As estimativas de demanda de água foram planejadas de 2020 a 2035, levando em consideração o abastecimento das áreas urbanas e outros principais usos das águas superficiais, tais como: abastecimento rural, abastecimento animal, agricultura irrigada, indústria, aquicultura, minas e termelétricas (BRASIL, 2021).

A partir da análise integrada dos dados, foram avaliadas as condições de abastecimento de água dos municípios, levando em consideração o porte dos mananciais e o estado do sistema de produção. O diagnóstico de abastecimento de água mostra, portanto, os diferentes níveis de vulnerabilidade do manancial e a avaliação simultânea da capacidade atual do sistema produtivo em relação à demanda atribuída às unidades (BRASIL, 2021).

A classificação dos mananciais baseia-se em três avaliações sucessivas e complementares de vulnerabilidade: a) classificação municipal do Índice de Segurança Hídrica da Dimensão de Resiliência (ISH-S); b) o grau de atendimento a demanda (ou relação oferta x demanda); c) porte do manancial. A classificação dos sistemas de produção leva em consideração a necessidade de adaptação ou ampliação da infraestrutura existente - a expansão indica risco para uma ou mais unidades do sistema (estruturas de drenagem, adutoras, estações elevatórias e estações de tratamento). Para municípios com mais de um manancial, a classificação representa a média de suas captações, medida pela contribuição de cada captação para o atendimento da demanda. Por fim, para elaborar a classificação dos mananciais e sistemas hídricos, para garantir a aderência à verdade, é realizada uma análise qualitativa, onde são acrescentadas informações relevantes para subsidiar a manutenção da categoria anterior obtida a partir da análise quantitativa, ou sua reclassificação (BRASIL, 2021).

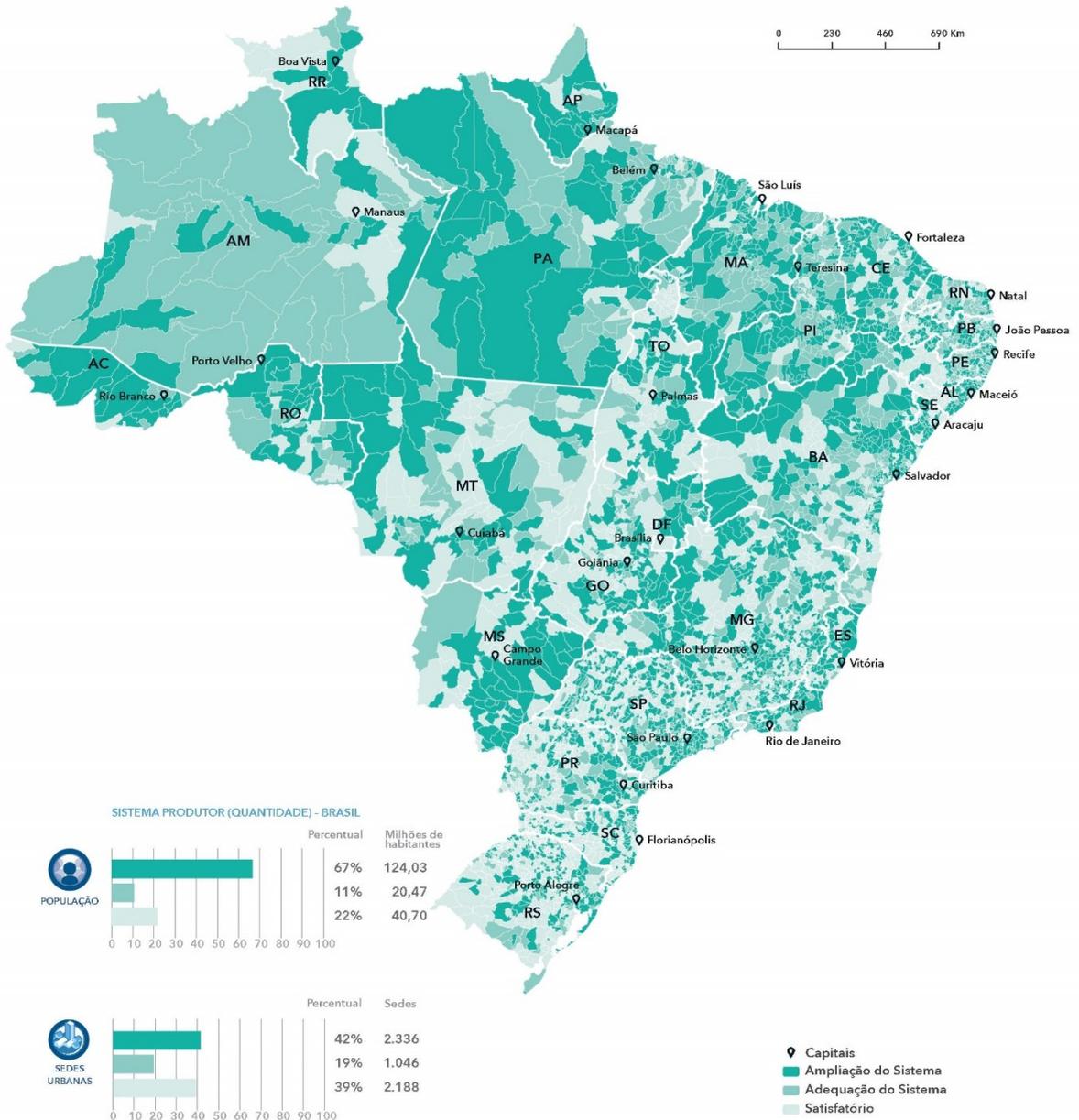
Os resultados mostraram que 23% das áreas urbanas possuem mananciais seguros e sistema satisfatório, correspondendo a uma população estimada em 26 milhões, 14% da população urbana do Brasil, conforme observa-se na Figura 3 e Figura 4 (BRASIL, 2021).

**Figura 3 - Avaliação Quantitativa dos Mananciais**



Fonte: Brasil (2021).

Figura 4 - Avaliação Quantitativa dos Sistemas Produtores



Fonte: Brasil (2021).

## 2.1.5 Políticas Públicas Sobre Saneamento

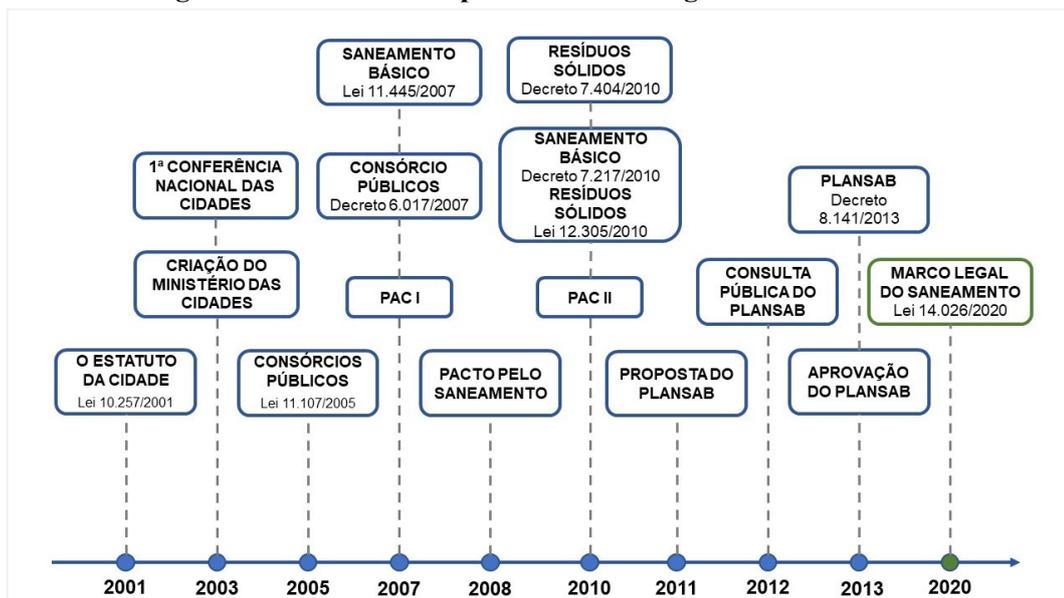
### 2.1.5.1 Grandes Marcos Políticos e Institucionais

Devido à complexidade do saneamento básico, em 2007, o Congresso Nacional elaborou a Lei 11.445/07, a qual é denominada como Política Nacional do Saneamento Básico, sendo essa responsável por estabelecer as diretrizes nacionais para o saneamento básico, levando em conta como princípio fundamental a universalização do acesso aos 4 (quatro) componentes do saneamento (BRASIL, 2007).

- Abastecimento de água potável;
- Esgotamento sanitário;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Na Figura 5, observa-se a linha do tempo dos marcos legais do saneamento até o novo marco legal do saneamento.

**Figura 5 - Linha do Tempo dos Marcos Legais do Saneamento**



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Piezon Hidráulica e Saneamento (2020).

A Lei 14.026 de 15 de julho de 2020, instituiu o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, altera diversos aspectos da legislação de modo a incentivar o crescimento dos investimentos no setor e a melhoria dos indicadores de cobertura de serviços de água e esgoto (BRASIL, 2007).

Sabe-se que a universalização do saneamento ainda é uma realidade muito distante no país. Em 2020, no Brasil, existiam cerca de 35 milhões de brasileiros sem acesso à água potável e 100 milhões de habitantes sem acesso à rede de esgoto. O Novo Marco Legal do Saneamento, tem o potencial de transformar essa realidade do país e do setor de saneamento (BRK AMBIENTAL, 2020).

Empresas públicas não poderão mais ser contratadas diretamente para execução dos serviços de saneamento básicos. Deverão ser realizadas concorrências públicas abertas a empresas privadas, por meio de licitação, e as interessadas terão que se comprometer com as metas de universalização dos serviços, conforme previsto no novo marco do saneamento (BRASIL, 2020c). Além disso, a nova lei modifica diversos aspectos que regulam a área do saneamento no Brasil, estabelecendo novas metas para universalização do acesso aos serviços de saneamento até 31 de dezembro de 2033, sendo elas:

- 90% da população ter acesso à coleta de esgoto;
- 99% da população ter acesso à água tratada.

Antunes e D' Oliveira (2020) argumentam que atingir essas metas até 2033 será difícil devido "à escala do investimento, ao tempo necessário e ao ambiente político". A relação regulatória entre a ANA e o setor de saúde atingirá um novo patamar quando a ANA começar a publicar normas de referência. Os reguladores locais de saúde (municipais, intermunicipais, provinciais e estaduais) devem levar em consideração essas regras gerais em suas atividades regulatórias (BRASIL, 2020c). Outra mudança trazida pela nova estrutura de saneamento é que a ANA publicará normas de referência relacionadas à gestão de resíduos sólidos municipais e drenagem de águas pluviais. Ambas as atividades integram o saneamento básico, bem como o abastecimento de água, coleta e tratamento de águas residuais, sendo a água uma delas (ANTUNES; D'OLIVEIRA, 2020).

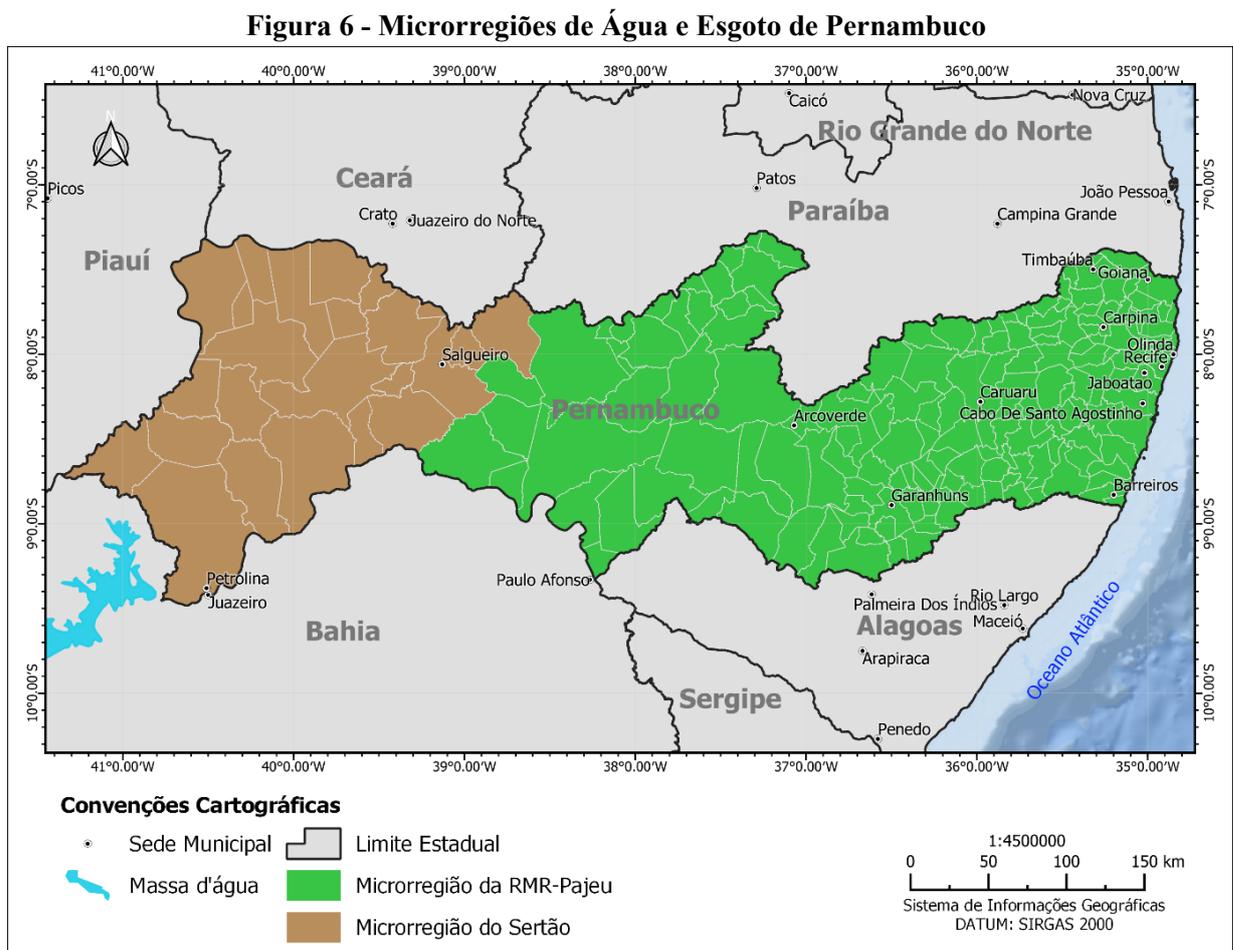
O novo Marco Legal do Saneamento não trata da privatização das empresas públicas que tem a concessão dos serviços hoje, mas sim da competição entre elas e as privadas, trazendo assim mais qualidade na prestação do serviço (BRK AMBIENTAL, 2020). Como já foi destacado anteriormente, o saneamento é complexo, e existem muitos desafios que deverão ser enfrentados.

### 2.1.5.2 Microrregiões de Água e Esgoto de Pernambuco

O novo marco prevê mecanismos para a criação de blocos regionais visando a geração de ganhos de escala e a viabilidade técnica e econômico-financeira para prestação de serviços. Com isso, é permitido que municípios menores integrem blocos com outras cidades, viabilizando a prestação de serviços eficiente e sustentável em todos os aspectos (BRASIL, 2020a).

Neste sentido, o Estado de Pernambuco sancionou a Lei complementar nº 455, de 13 de julho de 2021, a qual institui as microrregiões de água e esgoto do sertão e da RMR Pajeú e respectivas estruturas de governança (PERNAMBUCO, 2021).

As microrregiões de água e esgoto instituídas são compostas pelos municípios apresentados na Figura 6.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2021).

Cada Microrregião de Água e Esgoto exerce as competências relativas à integração da organização, do planejamento e da execução de funções públicas previstas, relativas aos municípios que as integram (PERNAMBUCO, 2021)

Dentre elas:

- Aprovar objetivos, metas e prioridades de interesse regional, compatibilizando-os com os objetivos do Estado e dos Municípios que o integram, bem como fiscalizar e avaliar sua execução;
- Apreciar planos, programas e projetos, públicos ou privados, relativos à realização de obras, empreendimentos e atividades que tenham impacto regional;
- Aprovar e encaminhar, em tempo útil, propostas regionais, constantes do plano plurianual, da lei de diretrizes orçamentárias e da lei orçamentária anual; e
- Comunicar aos órgãos ou entidades federais que atuem no território da microrregião as deliberações acerca dos planos relacionados com os serviços, por eles realizados.

### 2.1.5.3 Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Capibaribe

O Plano Regional de Saneamento Básico (PRSB), referentes aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, para os municípios localizados na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, foi elaborado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (PERNAMBUCO, 2018). O PRSB, tem por objeto a implementação das ações do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (PSA Capibaribe) e se constitui em importante ferramenta de planejamento e gestão para alcançar a melhoria das condições sanitárias e ambientais, a nível regional, dos municípios e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população (PERNAMBUCO, 2018).

O plano abrange somente dois componentes do saneamento básico, sendo estes:

- Abastecimento de água: infraestruturas, instalações e atividades necessárias ao abastecimento público de água potável, compreendendo desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição; e

- Esgotamento sanitário: infraestruturas, instalações operacionais e atividades de coleta, tratamento e disposição final adequadas de esgoto, compreendendo desde as ligações prediais até o lançamento final do efluente tratado ao meio ambiente.

Os objetivos específicos do PRSB contemplaram a efetiva participação da sociedade em todas as etapas do processo de elaboração, aprovação, execução, avaliação e revisão do plano; diagnósticos setoriais para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, apresentada de forma integrada para todo o território do município; análise de diferentes cenários e estabelecimento de prioridades, resultando nas propostas de intervenções; definição dos objetivos e metas de curto, médio e longo prazo; estabelecimento de programas, projetos e ações necessárias para o alcance dos objetivos e metas estabelecidos; e elaboração da programação física, financeira e institucional para a implantação das intervenções propostas.

O PRSB conta ainda com diretrizes sugeridas pelo Ministério das Cidades, através do Guia para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento, sendo elas: integração de diferentes componentes da área de Saneamento Ambiental e outras que se fizerem pertinentes; promoção do protagonismo social a partir da criação de canais de acesso à informação e à participação que possibilite a conscientização e a autogestão da população; promoção da saúde pública; educação sanitária e ambiental que vise à construção da consciência individual e coletiva e de uma relação mais harmônica entre o homem e o ambiente; sustentabilidade; proteção ambiental e inovação tecnológica (PERNAMBUCO, 2018).

## **2.2 Aspectos Conceituais dos Recursos Hídricos**

### *2.2.1 Disponibilidade Hídrica Superficial*

A partir de vários estudos desenvolvidos pela ANA, no âmbito das disponibilidades hídricas superficiais, neste item será apresentada a disponibilidade hídrica para a Bacia do rio Capibaribe tendo como referência a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) versão 2017 (BRASIL, 2020a).

A disponibilidade hídrica é a quantidade de água que serve de referência para elaboração do balanço entre a oferta e a demanda, para as atividades tanto de gestão e regulação, quanto de planejamento de recursos hídricos (BRASIL, 2020a).

A disponibilidade é definida como uma vazão mínima de referência associada aos trechos de rio em geral. Com o intuito de considerar a influência de reservatórios, a disponibilidade hídrica nos trechos a jusante dos barramentos foi definida como a vazão mínima defluente, estabelecida na regra operativa dos reservatórios, somada ao incremento de vazão de referência destes trechos. Nos trechos de rio inseridos nos lagos dos reservatórios, a vazão disponível é a vazão regularizada reduzida da vazão defluente mínima, salvo em reservatórios do setor elétrico, onde se considerou como disponível a vazão com 95% de permanência no tempo Q95, que ocorreria no local do barramento, caso este não existisse (BRASIL, 2020a).

O potencial hídrico de uma bacia é definido pela sua vazão média de longo tempo, essa definição se dá, em teoria, pois esta seria a regularização máxima que um reservatório poderia proporcionar. Entretanto, trata-se apenas de uma referência, pois ocorrerão perdas diversas, tais como: evaporação e infiltração em um reservatório, as quais reduzirão a vazão regularizada. Nas regiões semiáridas, estas perdas são ainda mais significativas, não há um parâmetro comum que pode ser usado para estimar essas perdas, pois elas dependem da bacia hidráulica, ou seja, da área do espelho líquido do reservatório, que varia com o volume acumulado. Além do que, o potencial hídrico, estando associado à vazão média e à capacidade de regularização, não é vantajoso por se referir a situações de normalidade hidrológica. Pouca utilidade haverá em se conhecer a vazão média de um rio na região do semiárido, tendo em vista que os problemas de segurança hídrica ocorrem nos longos períodos de estiagem (PERNAMBUCO, 2020).

### *2.2.2 Disponibilidade Hídrica Subterrânea*

A disponibilidade refere-se à quantidade de água disponível no manancial, prevista para recarga de águas subterrâneas potencialmente explorável, medida pelo potencial de recarga direta e pelo coeficiente de sustentabilidade (BRASIL, 2021). A composição da base de disponibilidade subterrânea considerou a avaliação e integração de estudos hidrogeológicos desenvolvidos pela ANA, a presença de dados de pequenas vazões para serem utilizados na estimativa de reservas, bem como dados de estudos anteriores desenvolvidos pela ANA (BRASIL, 2021).

Sabe-se que a gestão das águas subterrâneas é de competência dos Estados, a ANA desenvolve estudos sobre os principais aquíferos do Brasil com o objetivo de divulgar o conhecimento hidrogeológico, bem como auxiliar na gestão integrada dos recursos hídricos. No ATLAS

Águas, a ANA agrupou os aquíferos em 182 unidades ou sistemas, classificando-os nos domínios cárstico, fraturado e poroso (BRASIL, 2021).

Para calcular a reserva potencial explorável (RPE) para cada município, a ANA empregou ferramentas de geoprocessamento que possibilitaram a análise dos dados georreferenciados e especialização dos resultados. Visando o cálculo do RPE foram aplicados valores de coeficientes de infiltração (CI) e coeficiente de sustentabilidade (CS), desenvolvidos anteriormente pela ANA, os quais permitiram estimar os valores de RPE para cada município (BRASIL, 2021).

### **2.3 Aspectos Conceituais do Saneamento Básico**

O saneamento básico é um direito concebido pela constituição federal e compreende o conjunto de serviços e infraestruturas descritos na sequência (BRASIL, 2007).

- Sistema de Abastecimento de Água: composto pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais, bem como seus respectivos instrumentos de medição;
- Sistema de Esgotamento Sanitário: composto pelas atividades de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final em um corpo receptor;
- Resíduos Sólidos: composto pelas atividades de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- Drenagem Urbana: composto pelas atividades de infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

#### *2.3.1 Abastecimento de Água*

Segundo Pontes e Schramm (2004) na segunda metade do século XX, o rápido processo de urbanização, que criou grandes aglomerados urbanos, estimulou o desenvolvimento de soluções

de abastecimento de água potável. No entanto, há irregularidades na distribuição, que mostram maior eficiência nos países desenvolvidos.

Com isso, o acesso à água potável se torna essencial para que uma pessoa viva com dignidade, o que promove o direito básico mínimo que existe de acordo com o sistema constitucional brasileiro. Portanto, o Poder Público deve garantir uma quantidade mínima de água potável para todos (RESENDE, 2017).

Segundo Muñoz (2019), um estudo sobre a gestão do desenvolvimento sustentável de um projeto hidrelétrico mostrou que a qualidade inadequada da água, associada à falta de recursos hídricos e saneamento inadequado, garante a segurança alimentar e as oportunidades educacionais para as famílias mais pobres.

A nível internacional, existe a preocupação com o setor de saneamento, isso se dá devido à grande concentração de população vivendo em áreas de escassez hídrica, cujos recursos não são suficientes para o pleno atendimento com água. Constata-se ainda que, desde 1960 houve um acréscimo no consumo de água de cerca de 500% e uma redução na disponibilidade hídrica de cerca de 50% nos últimos 100 anos (MUÑOZ, 2019).

Segundo Garcia *et al.* (2020), em sua pesquisa constatou-se que o Brasil possui cerca de 13% da água doce do planeta, e apresenta a maior abundância do mundo, ainda assim, tem problemas na distribuição da água, pois cerca de 40,5% da água do sistema de abastecimento é perdida. Diante da situação acima, a perda de água tornou-se um dos grandes problemas dos sistemas de abastecimento públicos e privados.

Ante o exposto, visando promover a garantia básica mínima de abastecimento de água, e minimizar irregularidades na distribuição de água, bem como a gestão das políticas públicas e a escassez neste setor, é importante investir no setor de saneamento.

### 2.3.2 Esgotamento Sanitário

Devido à falta de planejamento, as cidades brasileiras enfrentam uma crise hídrica, evidenciada pela falta de acesso à água, desmatamento ao longo dos rios e gestão inadequada do esgotamento sanitário (ROSSONI *et al.*, 2020).

A falta de saneamento básico aparece como uma das principais causadoras de doenças e morte, principalmente entre as pessoas mais humildes, que têm pouco acesso aos serviços, principalmente coleta e tratamento de esgoto (SOUZA *et al.*, 2019). Segundo Almeida (2019) tais fatos estão diretamente ligados com a vulnerabilidade ambiental e social.

Portanto, dentre os impactos ambientais causados pelo lançamento inadequado de esgoto, destaca-se o aumento de algas e o consumo de oxigênio no meio aquático, o que prejudica a vida aquática de organismos aeróbios e, em alguns casos, torna o meio aquático anaeróbio. Em termos de saúde humana, destaca-se as doenças de veiculação hídrica, tais como: febre tifóide, cólera, leptospirose, diarreia, dengue, dentre outras (ALMEIDA, 2019).

Diante dessa situação, o setor do saneamento, que tem grande impacto na sociedade, mas, não é muito valorizado e necessita de um ajuste administrativo, visando solucionar os fatores citados anteriormente. Sabe-se que a urbanização acelerada contribui para tais problemas e requer de uma boa base técnica adequada para solucionar os problemas associados ao saneamento (ROSSONI *et al.*, 2020).

Souza *et al.* (2019) destaca a importância da Educação Sanitária e Ambiental desde a fase de elaboração dos projetos de esgotamento sanitário, com o objetivo de difundir as medidas para a população. Além disso, ressalta a importância do monitoramento do poder público e das empresas de saneamento, envolvendo o público no entendimento do processo de implantação, a fim de encontrar ações conjuntas, efetivas e descentralizadas.

### 2.3.3 Resíduos Sólidos

O aumento da produção de resíduos sólidos, acompanhado do crescimento populacional desordenado, a falta de planejamento e gestão, prejudica a população e a qualidade de vida, o que eleva os custos relacionados à gestão dos resíduos sólidos (FERREIRA; BARROS, 2021).

Segundo Teobaldo (2018), um dos principais problemas do setor está associado à falta de instalações de disposição e tratamento de resíduos. Dessa forma, o problema que envolve o setor torna-se mais grave. Em consonância com isso, Ferreira e Barros (2021) listaram um número reduzido de livros relacionados ao custo da gestão de resíduos.

Segundo Alves *et al.* (2010) os resíduos sólidos podem ser dispostos em lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Lixão é caracterizado pelo lançamento inadequado, sem proteção ao meio ambiente, lançando os resíduos diretamente sobre o solo; Aterro controlado passa por prevenções ambientais, como recobrimento com material inerte, contudo não há drenagem dos gases e líquidos, nem impermeabilização; Aterro sanitário possibilita um confinamento do resíduo com segurança, reduzindo significativamente os riscos ambientais e relativos à saúde pública.

Entre os impactos causados pelo descarte inadequado de resíduos, destaca-se o aumento de doenças, acúmulo de resíduos em vias públicas, bloqueio de sistemas de drenagem, contaminação de solos e lençóis freáticos, dentre outros (FERREIRA; BARROS; 2021).

Ante o exposto, destaca-se a importância da participação dos gestores na implantação de políticas públicas, visando a coleta seletiva e reciclagem dos resíduos, com objetivo de minimizar os impactos ambientais e melhorar a saúde pública (GIMENES *et al.* (2018).

Guedes *et al.* (2020), realizou uma análise de indicadores de sustentabilidade no município de Paulista/PE, localizado na Região Metropolitana do Recife (RMR), onde o autor destacou a falta de triagem e aproveitamento dos resíduos coletados. Além de reforçar a necessidade de investimentos na gestão da coleta seletiva, diminuindo a disposição nos aterros sanitários.

#### *2.3.4 Drenagem Urbana*

Segundo Carvalho (2019) a urbanização acelerada associada a diminuição da vegetação e impermeabilização do solo, causa o aumento do volume e velocidade do escoamento das águas pluviais.

Carvalho (2019) destaca que o impacto das águas pluviais urbanas no município de Campinas, está diretamente associado aos problemas de ocupação desordenada. Tal situação também acontece na região da bacia do rio Capibaribe.

Sabe-se que a drenagem das águas pluviais está prevista na Lei nº 11.445/2007 como um dos pilares do saneamento básico, entretanto, destaca-se que a prestação dos serviços de drenagem

das águas pluviais no Brasil é realizada por meio de Prefeituras Municipais, muitas vezes sem qualquer planejamento e gestão (COLOMBELLI, 2018).

Segundo Colombelli (2018), grande parte das Prefeituras estão carentes financeiramente e tecnicamente, além disso, não há compatibilidade com demais pilares do saneamento básico, como por exemplo: abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Com relação à sustentabilidade ambiental dos serviços de drenagem urbana, Feitosa e Veiga (2019) evidenciaram em seu estudo que a falta de eficiência do sistema de drenagem impacta diretamente na saúde da população, pois a falta de gestão pode ocasionar em contaminação dos corpos hídricos e assim gerar doenças de veiculação hídrica.

No âmbito dos indicadores Baum e Goldenfum (2021), destacam a falta de indicadores para gerenciamento das águas pluviais no Brasil, bem como de um banco de dados consolidados para auxiliar o gerenciamento das águas pluviais.

## **2.4 O Método Delphi**

No século XX, pesquisadores utilizaram-se da opinião de especialistas para fundamentar cientificamente suas pesquisas. O objetivo desses pesquisadores era obter o consenso da opinião de especialistas de maneira rápida e objetiva, por meio de questionários (LIMA; PINSKY; IKEDA, 2008).

Neste estudo, para buscar opiniões de especialistas como forma de verificar cientificamente o conhecimento da área, surgiram diversos métodos para coletar informações, sendo o mais famoso deles o Método Delphi, que vem do nome do projeto criado pela Rand Corporation e a inspiração foi dada aos antigos mitos gregos sobre o antigo oráculo de Delfos, dedicado a Apolo (LIMA; PINSKY; IKEDA, 2008).

Castro (2010) menciona que esse método só era permitido pelas forças armadas dos EUA, a partir da década de 60, esse método era conhecido fora das bases de defesa nacional dos EUA. O método Delphi se baseia no uso estruturado do conhecimento e experiência do painel de especialistas, pressupondo que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente é melhor do que a opinião de uma só pessoa (SANTIAGO; DIAS, 2012).

Segundo Ribeiro *et al.* (2015) o método Delphi é um processo iterativo e como os especialistas não se encontram, evitam-se problemas inerentes à interação face a face, como conflitos entre grupos e domínios individuais.

A proposta do método Delphi visa extrair e aumentar os benefícios apresentados pelos métodos baseados em grupos profissionais e diminuir seus transtornos, aproveitar a sinergia da discussão em grupo e eliminar a comunicação social desagradável que existe entre todo o grupo, buscando encontrar um consenso o mais confiável possível (ROZADOS, 2015).

Além de buscar o consenso, os estudos Delphi também visam alcançar previsões futuras, com base em um método qualitativo/quantitativo de coleta de opiniões e dados a partir do conhecimento de um grupo específico de pessoas especializadas no assunto (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Segundo Lima, Pinsky e Ikeda (2008), o método Delphi é utilizado com o objetivo de tentar criar ideias para o futuro, por meio da criação sistemática de perguntas e relatórios de *feedback*, guiados por uma comunicação anônima entre um grupo de especialistas, cuidadosamente selecionados previamente.

A Tabela 5 apresenta as principais características do método Delphi, suas vantagens e desvantagens.

**Tabela 5 - Características do Método Delphi**

<b>Característica</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Anonimato	Igualdade de expressão de ideias. O anonimato torna a comunicação mais espontânea e que questões delicadas ou controversas podem ser mais bem discutidas e apresentadas pelos envolvidos.	Ao responder uma lista de perguntas por conta própria, o respondente pode não se lembrar de tudo o que pensou sobre o tema ou não se ater a pontos que não havia pensado.
Flexibilidade	Durante as entrevistas, os participantes recebem opiniões, comentários e argumentos de outros especialistas, o que lhes permitiu atualizar seus pontos de vista sobre o tema pesquisado. As barreiras de comunicação são superadas.	Dependendo de como os resultados e respostas serão apresentados, é possível criar consenso, coerção ou prática, onde os respondentes podem aceitar as opiniões de outros especialistas e começar a defendê-las.
Especialistas	Formam-se conceitos, julgamentos, apreciações e opiniões confiáveis sobre o tema	Chances de chegar a um consenso muito rapidamente.

<b>Característica</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<i>Feedback</i>	Redução de ruído. Evita desviar-se do objetivo do estudo. Definir metas propostas para o grupo. Oportunidades para rever as opiniões dos participantes.	Ele pode determinar o sucesso ou o fracasso de um método. Risco de não incluir pontos de discordância na análise.
Consenso	Sinergia de opinião entre especialistas. Identificação do motivo da diferença de opinião.	Perigo de criar um consenso artificial.
Interatividade	A colaboração emerge da interação de classe, pois formata as respostas e faz com que sejam compartilhadas. Adequação das respostas, pois tendem a excluir excentricidades fora do contexto solicitado. Aprendizagem colaborativa entre os entrevistados.	Apesar de tornar o processo mais rápido e menos dispendioso, a sincronização possibilitada pela Internet contraria a vantagem de obter respostas mais detalhadas.

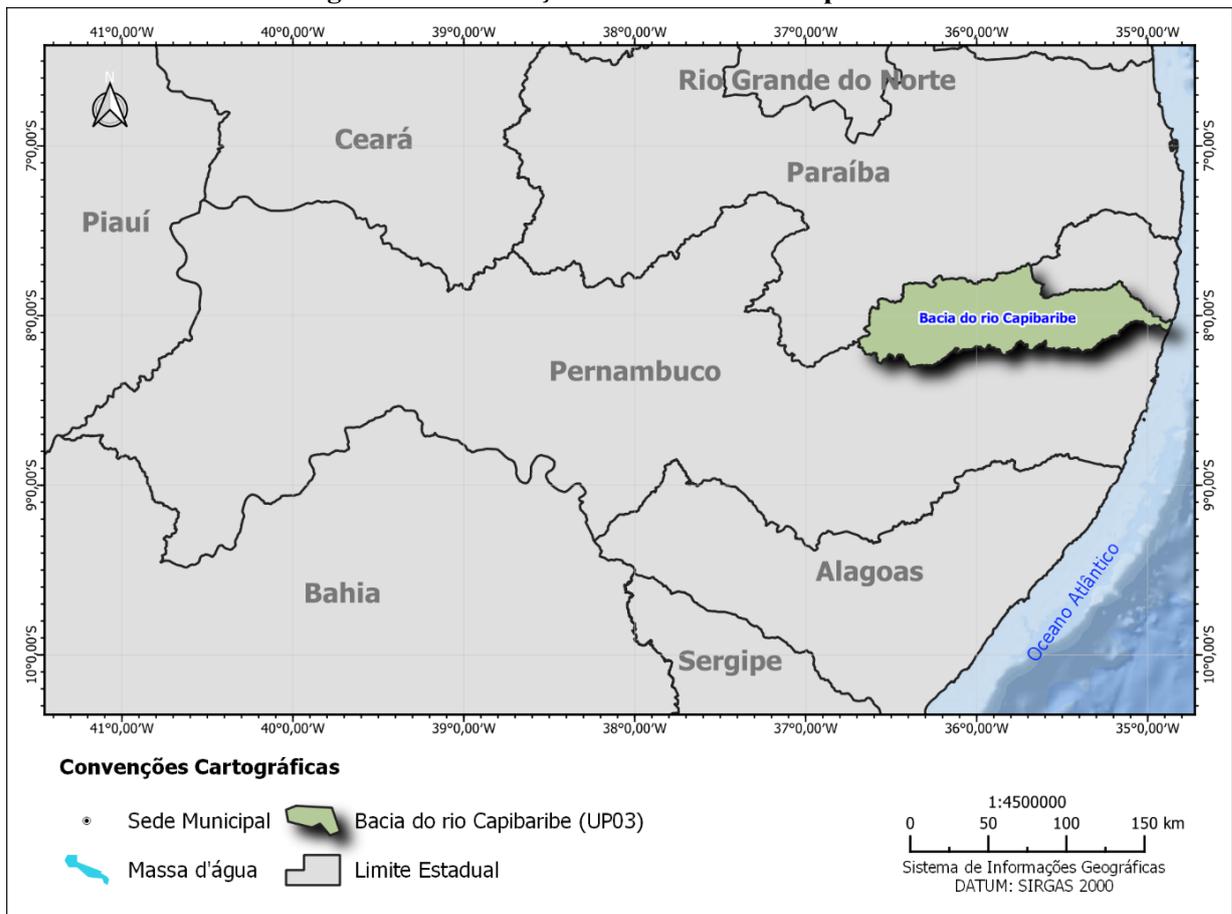
Fonte: Adaptado a partir de Oliveira et al. (2008).

O método Delphi tem sido utilizado em uma quantidade significativa de pesquisas em diferentes áreas do conhecimento e em diferentes organizações, como instituições acadêmicas, governo, organizações com e sem fins lucrativos (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

A bacia objeto deste estudo é a do rio Capibaribe (Unidade de Planejamento 03), uma das bacias mais significativas em reservas hídricas do estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2020). A bacia do rio Capibaribe localiza-se na porção norte-oriental do estado de Pernambuco entre as coordenadas 07° 41' 20" e 08° 19' 30" de Lat. Sul, e 34° 51' 00" e 36° 41' 58" de Long. Oeste, conforme observa-se na Figura 7 (PERNAMBUCO, 2022).

**Figura 7 - Localização da Bacia do rio Capibaribe**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

A abrangência regional infere à bacia do Capibaribe um ambiente complexo, no qual podem ser evidenciados eventos climáticos extremos, exigindo um modelo de gestão hídrica e ambiental, que atenda às suas especificidades (PERNAMBUCO, 2010).

A área da bacia é de 7.454,88 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 7,58% do território Pernambucano. Desde sua nascente, entre os municípios de Poção e Jataúba, à sua foz, no

Oceano Atlântico, em Recife, o rio corta 42 municípios os quais são demonstrados na Tabela 6 (PERNAMBUCO, 2010).

**Tabela 6 - Municípios Inseridos na Bacia do Capibaribe**

<b>Município</b>	<b>Área na Bacia (%)</b>	<b>Município</b>	<b>Área na Bacia (%)</b>
Belo Jardim	5,5	Passira*	4,57
Bezerros	2,97	Paudalho*	3,57
Bom Jardim	0,73	Pesqueira	0,05
Brejo da Madre de Deus*	10,19	Poção	0,23
Camaragibe*	0,46	Pombos*	2,04
Carpina*	4,02	Recife*	0,92
Caruaru	7,13	Riacho das Almas*	4,11
Casinhas*	1,41	Salgadinho	1,12
Chã de Alegria*	0,66	Sanharó	0,08
Chã Grande	0,18	Santa Cruz do Capibaribe*	4,55
Cumaru*	3,99	Santa Maria do Cambucá*	1,18
Feira Nova*	1,42	São Caetano	0,17
Frei Miguelinho*	2,93	São Lourenço da Mata*	2,82
Glória do Goitá*	3,11	Surubim*	3,44
Gravatá	3,22	Tacaimbó	0,35
Jataúba*	9,57	Taquaritinga do Norte*	5,96
João Alfredo	0,72	Toritama*	0,41
Lagoa do Carro	0,52	Tracunhaém	0,14
Lagoa do Itaenga*	0,76	Vertente do Lério*	0,94
Limoeiro*	1,85	Vertentes*	2,62
Moreno	0,21	Vitória de Santo Antão*	2,71

\*Municípios com sede urbana na bacia

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Pernambuco (2010).

Em se tratando dos reservatórios contemplados na bacia, localizados respectivamente, nos municípios de Surubim, Lagoa do Carro, São Lourenço, Glória do Goitá da Mata e Santa Cruz do Capibaribe destacam-se: Jucazinho, Lagoa do Carro, Tapacurá, Goitá, Poço Fundo. Além desses, vale a pena citar outros reservatórios tais como: Engenho Gercino de Pontes (Tabocas), Várzea do Una, Oitís, Santa Luzia, Matriz da Luz, Machado e Lagoa do Porco (PERNAMBUCO, 2010).

Os conflitos de uso e os impactos ambientais significativos ao longo de toda a bacia exigem especial atenção, para compatibilizar as demandas atuais e futuras. Seus vários tributários levam além de suas contribuições hídricas, o suporte a diversos níveis de ocupação em cadeias produtivas na agropecuária, na indústria e no setor de serviços. Dentre as principais fontes de degradação ambiental está a poluição advinda do lixo urbano e industrial, que se inicia no solo

atingindo as águas superficiais e infiltra-se com o chorume, contaminando também as águas subterrâneas (PERNAMBUCO, 2010).

O Capibaribe ainda possui grande potencial para usos múltiplos, como agricultura, pesca, abastecimento de água, entre outras atividades, apesar de encontrar-se hoje poluído por resíduos sólidos e líquidos, orgânicos e inorgânicos, industriais e agrícolas, além de apresentar altas taxas de assoreamento e uma população estimada em 430 mil habitantes em seu entorno.

Isso se dá devido aos desequilíbrios ambientais, decorrentes dos eventos climáticos extremos, uso intensivo do solo, interposto a deficiência hídrica. Tudo isso dificulta o abastecimento humano, ocasiona problemas operacionais dos sistemas de saneamento ambiental e dificulta o uso agropecuário no período de estiagem (PERNAMBUCO, 2010).

Em se tratando do setor industrial, o polo de confecções localizado no alto Capibaribe demanda um fornecimento de água adequado e por outro lado causa fortes impactos ambientais através dos efluentes processos de lavagem e destonagem de tecidos. Ainda no setor industrial tem-se a cadeia sucroalcooleira, localizada no terço médio abaixo da bacia, que gera elevados volumes de efluentes, resultando na contaminação de solos e mananciais hídricos (PERNAMBUCO, 2010).

A produção agropecuária tem ocasionado desmatamentos no manejo inadequado dos solos, é o principal fator de indução de processos de erosão e assoreamento, além da salinização e contaminação por agrotóxicos (PERNAMBUCO, 2010).

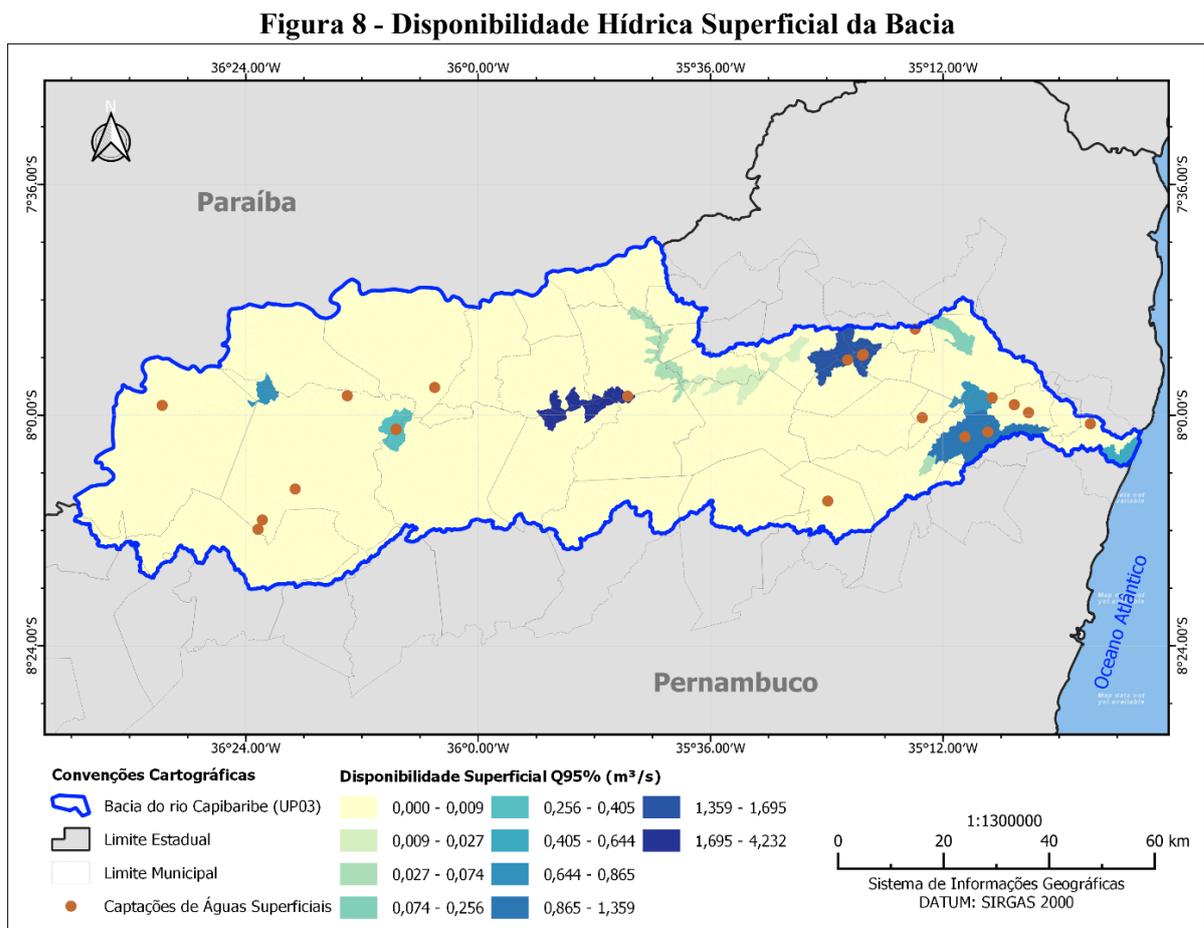
A bacia hidrográfica do rio Capibaribe tem como áreas de proteção ambiental a mata de Dois Irmãos, mata do engenho Tapacurá, mata Outeiro do Pedro, mata de São 26 João da Várzea, mata de Quizanga, mata do Toró, mata Camucim e a reserva particular do patrimônio natural - RPPN fazenda Bituri, além da área de proteção dos mananciais, instituída pela Lei 9.860/86 (PERNAMBUCO, 2010).

### **3.1 Disponibilidade Hídrica Superficial**

Em Pernambuco, especialmente no Sertão do Estado e no Agreste, a segurança hídrica é aumentada em parte pelos reservatórios implantados. Entretanto, com os melhores locais e

curtos de água já regularizados, existem poucas alternativas de aumentar a segurança hídrica. Ela se manteria baixa, mesmo com a implantação de novos reservatórios em cursos de água já regularizados. Tendo em vista que eles acarretariam o aumento da evaporação das águas armazenadas, reduzindo a capacidade de regularização global da bacia (PERNAMBUCO, 2020).

Na Figura 8 apresenta a distribuição da disponibilidade hídrica superficial para a Bacia do rio Capibaribe, onde pode-se observar a disparidade na disponibilidade hídrica superficial, as captações de águas estão em sua maioria concentradas onde existe reservatórios de acumulação, pois os cursos d'água em sua maioria são intermitentes. A classificação apresentada, trata-se de uma classificação por ottobacia, destacando-se as áreas com maiores e menores disponibilidades.

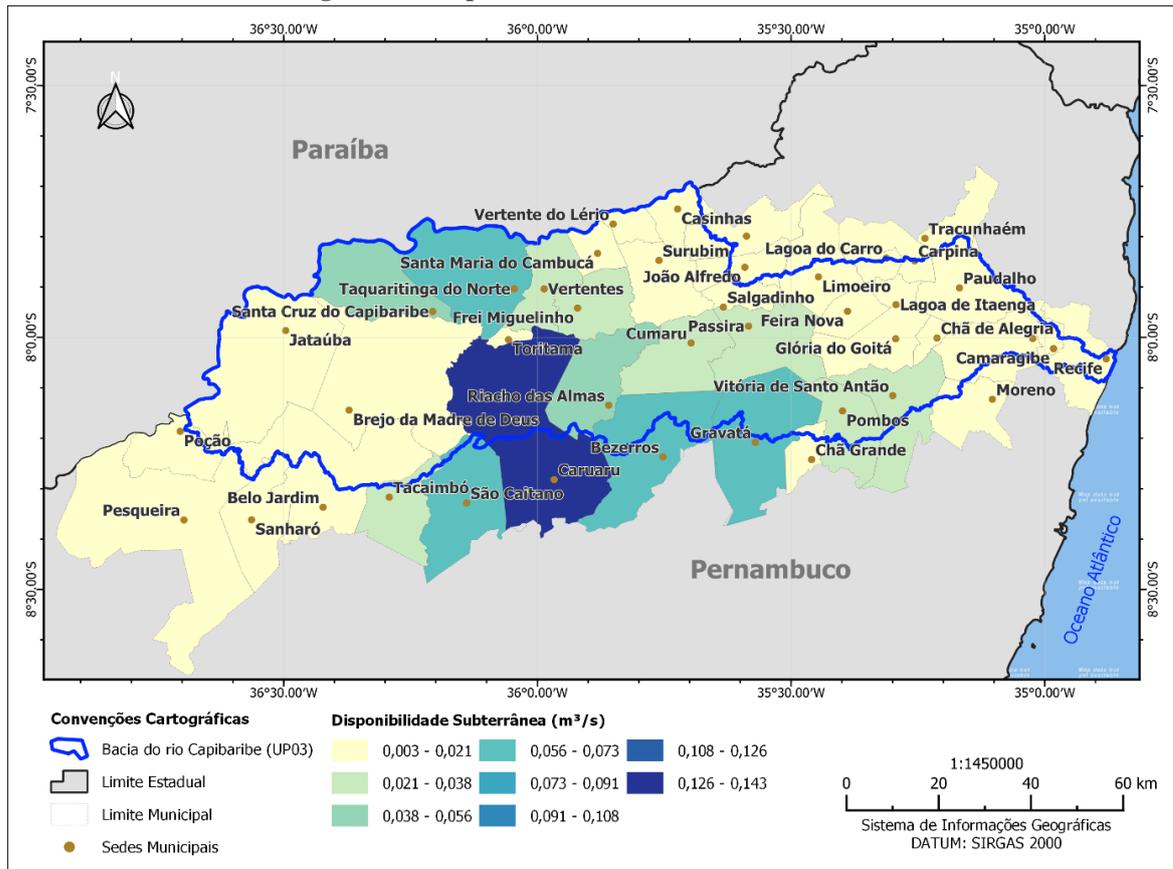


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2021).

### 3.2 Disponibilidade Hídrica Subterrânea

Na Figura 9 apresenta-se a disponibilidade hídrica subterrânea para cada município da bacia. Observa-se que há uma distribuição heterogênea, onde o município com maior disponibilidade subterrânea é Caruaru, sendo que este tem sua sede fora da bacia. Destaca-se também que não há nenhuma captação subterrânea para abastecimento urbano na bacia.

**Figura 9 - Disponibilidade Hídrica Subterrânea**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2021).

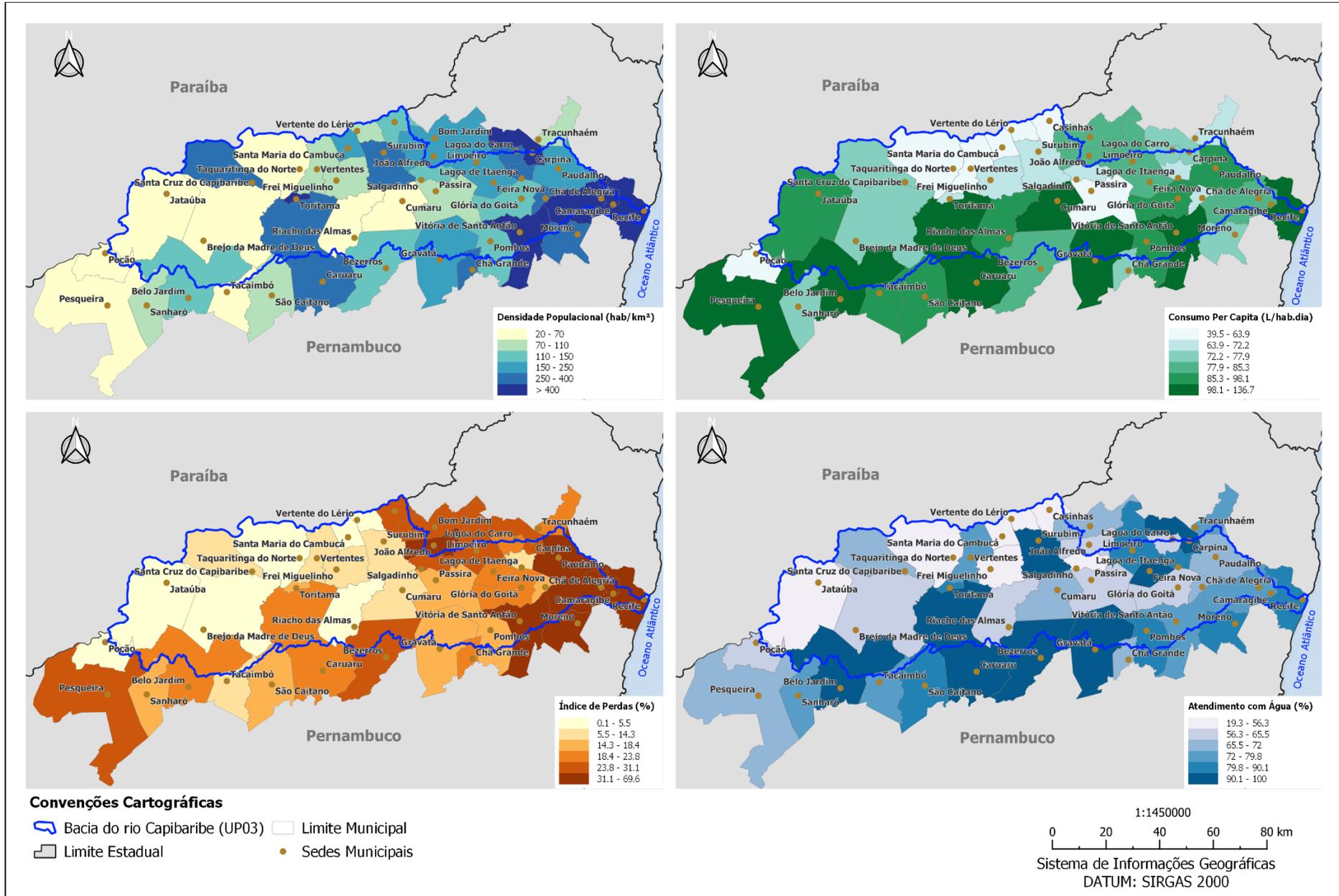
### 3.3 Situação da Prestação dos Serviços de Saneamento

Nos itens subsequentes, apresenta-se a situação da prestação dos serviços de água e esgoto para os municípios pertencentes da bacia do rio Capibaribe.

#### 3.3.1 Abastecimento de Água

Por se tratar de uma bacia com baixa disponibilidade hídrica, a maioria dos municípios são atendidos por grandes sistemas integrados, onde a água é trazida de regiões com maiores disponibilidades. Na Figura 10, apresenta-se a situação do abastecimento de água dos municípios pertencentes a bacia do rio Capibaribe.

Figura 10 - Situação do Abastecimento de Água



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2021).

Na Tabela 7, podem ser observados todos os sistemas integrados e isolados que atendem os municípios pertencentes a bacia.

**Tabela 7 - Sistemas de Abastecimentos**

<b>Município</b>	<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Tipo de Manancial</b>	<b>Sistema</b>
Belo Jardim/PE	Integrado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Bitury
Bezerros/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Jucazinho / Isolado Bezerros
Bom Jardim/PE	Integrado	Superficial	Integrado Palmeirinha / Siriji
Brejo da Madre de Deus/PE*	Isolado	Superficial	Isolado Brejo da Madre de Deus
Camaragibe/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Tapacura
Carpina/PE*	Integrado / Isolado	Superficial	Carpina / Integrado Carpina
Caruaru/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Caruaru (Petrópolis) / Prata-Pirangi
Casinhas/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Chã de Alegria/PE*	Integrado / Isolado	Superficial	Chã de Alegria / Integrado Carpina
Chã Grande/PE	Isolado	Superficial	Chã Grande / Gravatá - ETA Nova
Cumaru/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Feira Nova/PE*	Isolado	Superficial	Isolado Feira Nova
Frei Miguelinho/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Glória do Goitá/PE*	Isolado	Superficial	Glória do Goitá
Gravatá/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Gravatá - ETA Nova / Gravatá - ETA Velha
Jataúba/PE*	Isolado	Superficial	Jataúba
João Alfredo/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Integrado Palmeirinha / João Alfredo / Siriji
Lagoa do Carro/PE	Isolado	Superficial	Isolado Lagoa do Carro
Lagoa do Itaenga/PE*	Isolado	Superficial	Isolado Lagoa do Itaenga
Limoeiro/PE*	Isolado	Superficial	Limoeiro 1 / Limoeiro 2 / Limoeiro 3
Moreno/PE	Isolado	Superficial	Isolado Moreno
Passira/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Paudalho/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Carpina
Pesqueira/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Ipaneminha / Pesqueira
Poção/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Isolado Poção
Pombos/PE*	Isolado	Superficial	Pombos
Recife/PE*	Integrado / Isolado	Superficial / Subterrânea	Alto do Céu / Integrado Gurjaú / Integrado Tapacura / Isolado Prata 1 / Isolado Prata 2 / Isolado Prata 3 / Isolado Prata 4
Riacho das Almas/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Salgadinho/PE	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho / Integrado Palmeirinha / Siriji

<b>Município</b>	<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Tipo de Manancial</b>	<b>Sistema</b>
Sanharó/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Bitury / Sanharó
Santa Cruz do Capibaribe/PE*	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Santa Cruz do Capibaribe
Santa Maria do Cambucá/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
São Caetano/PE	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Isolado São Caitano
São Lourenço da Mata/PE*	Isolado	Superficial	São Lourenço da Mata
Surubim/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Tacaimbó/PE	Integrado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Bitury
Taquaritinga do Norte/PE*	Integrado / Isolado	Superficial	Adutora do Agreste / Taquaritinga do Norte
Toritama/PE*	Integrado	Superficial	Adutora do Agreste / Integrado Jucazinho
Tracunhaém/PE	Integrado	Superficial	Integrado Carpina
Vertente do Lério/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Vertentes/PE*	Integrado	Superficial	Integrado Jucazinho
Vitória de Santo Antão/PE*	Isolado	Superficial	Isolado Vitória de Santo Antão

\*Municípios com sede urbana na bacia

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

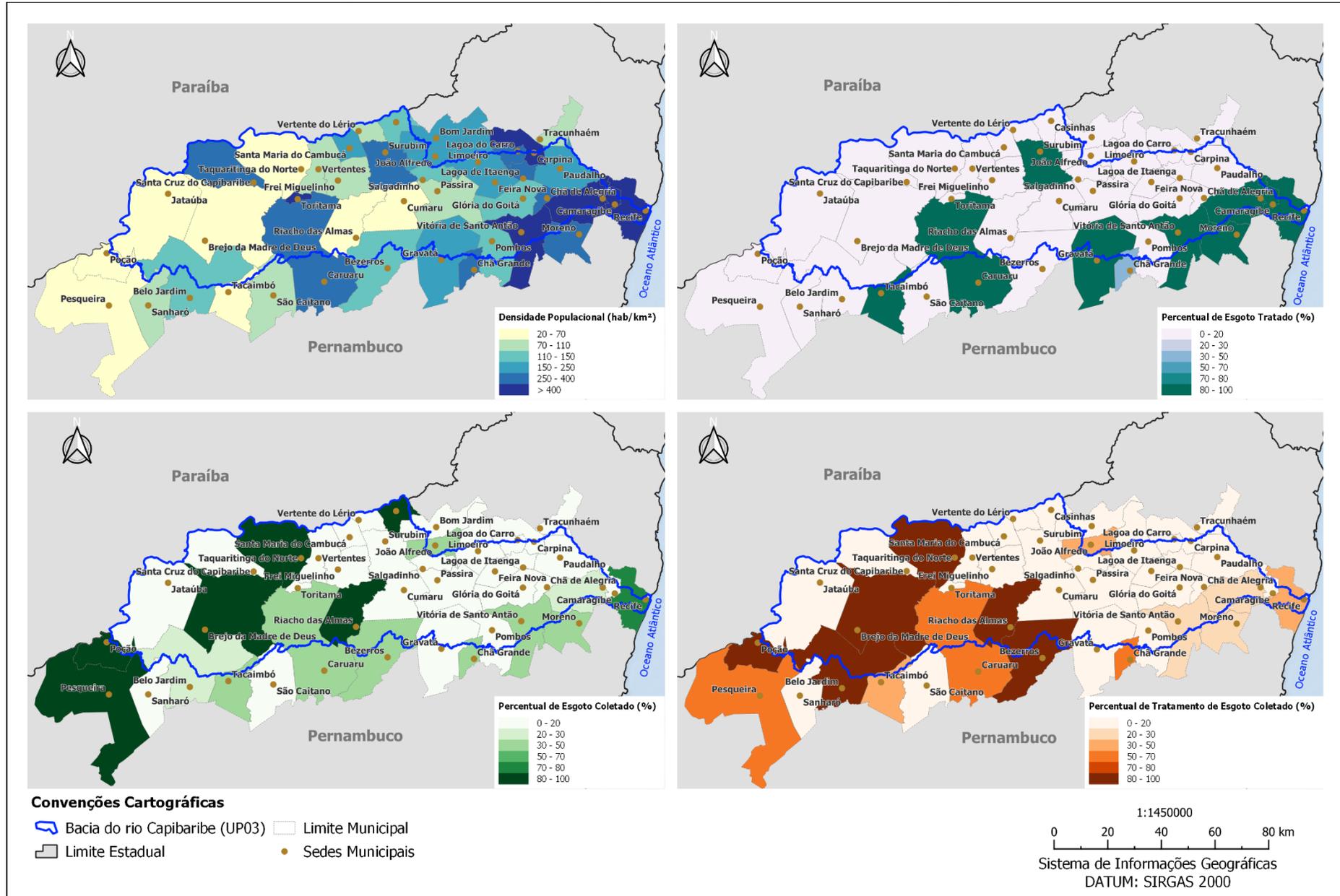
No que diz respeito aos sistemas, foram identificados 17 municípios que são atendidos por sistemas integrados, 13 municípios são atendidos por sistemas integrados e isolados e 12 por sistemas exclusivamente insulado.

Quanto ao tipo de manancial, somente Recife é atendido também por manancial subterrâneo, os demais 41 municípios são atendidos exclusivamente por mananciais superficiais.

### 3.3.2 Esgotamento Sanitário

Na Figura 11 observam-se os principais indicadores do esgotamento sanitário para os municípios pertencentes a bacia hidrográfica do rio Capibaribe, notando-se a maior densidade populacional à medida que se aproxima da RMR. Por outro lado, observa-se que os percentuais de esgoto tratado, esgoto coletado e tratamento do esgoto coletado são bem baixos onde se tem a maior concentração de população, ficando entre 50% e 70%.

Figura 11 - Indicadores do Esgotamento Sanitário na Bacia do Rio Capibaribe



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2020d).

### 3.3.3 Resíduos Sólidos

No âmbito dos resíduos sólidos, observa-se a que há pouca informação disponível. Destacando-se a coleta seletiva, onde pode-se verificar que somente os municípios de Caruaru, Recife e Surubim possuem coleta seletiva, atendendo em relação a sua população cerca de 6,48%, 29,80% e 16,19% respectivamente.

Outro ponto a se destacar é a disposição final dos resíduos, somente 7% dos municípios tem essa informação disponível.

Ante o exposto, nota-se a necessidade de investimentos em estudos na gestão dos resíduos sólidos, visando minimizar os descartes inadequados, a participação da gestão pública, bem como fornecer conhecimento adequado no manejo dos resíduos sólidos.

**Tabela 8 - Principais Indicadores de Resíduos Sólidos**

<b>Município</b>	<b>População Total (hab)</b>	<b>% da pop. Atendida com Coleta domiciliar</b>	<b>% da pop. Atendida com Coleta Seletiva</b>	<b>Massa de resíduos per cap (kg/hab.dia)</b>	<b>Tipo de local de disposição final</b>
Belo Jardim	76.687	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Bezerros	60.880	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Bom Jardim	39.983	62,26	0,00	0,00	Sem informação
Brejo da Madre de Deus	51.225	95,00	0,00	0,00	Sem informação
Camaragibe	158.899	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Carpina	84.395	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Caruaru	365.278	100,00	6,48	0,00	Sem informação
Casinhas	14.368	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Chã de Alegria	13.556	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Chã Grande	21.815	100,00	0,00	0,00	Disposição final em aterro sanitário,
Cumaru	10.192	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Feira Nova	22.247	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Frei Miguelinho	15.546	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Glória do Goitá	30.751	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Gravatá	84.699	99,00	0,00	0,00	Sem informação
Jataúba	17.228	0,00	0,00	0,00	Sem informação
João Alfredo	33.328	49,13	0,00	0,00	Sem informação

<b>Município</b>	<b>População Total (hab)</b>	<b>% da pop. Atendida com Coleta domiciliar</b>	<b>% da pop. Atendida com Coleta Seletiva</b>	<b>Massa de resíduos per cap (kg/hab.dia)</b>	<b>Tipo de local de disposição final</b>
Lagoa do Carro	18.252	100,00	0,00	1,20	Sem informação
Lagoa de Itaenga	21.460	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Limoeiro	56.198	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Moreno	63.294	87,80	0,00	0,00	Sem informação
Passira	28.894	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Paudalho	56.933	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Pesqueira	67.735	87,04	0,00	0,00	Sem informação
Poção	11.305	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Pombos	27.148	100,00	0,00	0,00	Coleta de resíduos de limpeza pública,
Recife	1.653.461	100,00	29,80	0,88	Sem informação
Riacho das Almas	20.646	63,55	0,00	0,00	Sem informação
Salgadinho	11.068	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Sanharó	26.890	78,38	0,00	0,00	Disposição final em aterro sanitário,
Santa Cruz do Capibaribe	109.897	60,52	0,00	0,00	Sem informação
Santa Maria do Cambucá	14.223	98,77	0,00	0,20	Sem informação
São Caitano	37.368	61,00	0,00	0,00	Sem informação
São Lourenço da Mata	114.079	0,00	0,00	0,00	Sem informação
Surubim	65.647	99,18	16,19	0,00	Sem informação
Tacaimbó	12.859	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Taquaritinga do Norte	29.127	92,82	0,00	0,00	Sem informação
Toritama	46.164	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Tracunhaém	13.813	79,99	0,00	2,62	Sem informação
Vertente do Lério	7.571	100,00	0,00	0,00	Sem informação
Vertentes	20.954	88,70	0,00	0,00	Sem informação
Vitória de Santo Antão	139.583	0,00	0,00	0,00	Sem informação

Fonte: Adaptado pelo autor, a partir de Pernambuco (2022).

### 3.3.4 Drenagem Urbana

Quanto à drenagem de águas pluviais, as informações também são precárias. Observa-se uma baixa cobertura das vias públicas com redes de drenagem, tem-se 17 municípios sem informação de cobertura, os demais 25 municípios têm uma taxa média de 0,24%.

Pode-se observar que 2,38% dos municípios (1 no total) possuem Plano Diretor de Drenagem Urbana, 19,05% (8 municípios) possuem PMSB que contempla o Eixo de Drenagem Urbana. Com isso, apenas 21,43% dos municípios possuem instrumento de planejamento da drenagem urbana.

**Tabela 9 - Principais Indicadores de Drenagem Urbana**

<b>Município</b>	<b>População Total do Município (hab)</b>	<b>Existência de Plano</b>	<b>Tipo de Sistema de Drenagem</b>	<b>Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana %</b>
Belo Jardim	76.687	PMSB	Sem informação	0,00
Bezerros	60.880	Não existe	Não existe	0,20
Bom Jardim	39.983	Sem informação	Sem informação	0,10
Brejo da Madre de Deus	51.225	Sem informação	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	Sem informação
Camaragibe	158.899	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,00
Carpina	84.395	Sem informação	Sem informação	0,10
Caruaru	365.278	PMSB	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	2,10
Casinhas	14.368	Sem informação	Sem informação	0,00
Chã de Alegria	13.556	Sem informação	Sem informação	Sem informação
Chã Grande	21.815	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,00
Cumaru	10.192	Sem informação	Sem informação	Sem informação
Feira Nova	22.247	PMSB	Sem informação	0,60
Frei Miguelinho	15.546	Sem informação	Sem informação	Sem informação
Glória do Goitá	30.751	Sem informação	Sem informação	Sem informação
Gravatá	84.699	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,20
Jataúba	17.228	Não existe	Sem informação	Sem informação
João Alfredo	33.328	Não existe	Sem informação	Sem informação

<b>Município</b>	<b>População Total do Município (hab)</b>	<b>Existência de Plano</b>	<b>Tipo de Sistema de Drenagem</b>	<b>Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana %</b>
Lagoa do Carro	18.252	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,30
Lagoa de Itaenga	21.460	Não existe	Sem informação	Sem informação
Limoeiro	56.198	PMSB	Sem informação	Sem informação
Moreno	63.294	Não existe	Exclusivo para drenagem	0,00
Passira	28.894	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	Sem informação
Paudalho	56.933	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	Sem informação
Pesqueira	67.735	PMSB	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	Sem informação
Poção	11.305	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,10
Pombos	27.148	Não existe	Sem informação	0,30
Recife	1.653.461	Plano Diretor de Drenagem	Exclusivo para drenagem	0,40
Riacho das Almas	20.646	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,60
Salgadinho	11.068	Não existe	Sem informação	Sem informação
Sanharó	26.890	PMSB	Não existe	0,00
Santa Cruz do Capibaribe	109.897	Não existe	Sem informação	Sem informação
Santa Maria do Cambucá	14.223	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,20
São Caitano	37.368	Não existe	Sem informação	0,00
São Lourenço da Mata	114.079	PMSB	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	Sem informação
Surubim	65.647	Não existe	Sem informação	Sem informação
Tacaimbó	12.859	Não existe	Sem informação	Sem informação
Taquaritinga do Norte	29.127	Não existe	Sem informação	0,00
Toritama	46.164	Não existe	Sem informação	0,40
Tracunhaém	13.813	Não existe	Não existe	0,10
Vertente do Lério	7.571	Não existe	Exclusivo para drenagem	0,00
Vertentes	20.954	Não existe	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,40
Vitória de Santo Antão	139.583	PMSB	Unitário (misto com esgotamento sanitário)	0,00

Fonte: Adaptado pelo autor, a partir de Pernambuco (2022).

### 3.4 Características Geoambientais

Na sequência serão abordados aspectos relacionados às interações entre os elementos geológicos, geomorfológicos, climáticos e hidrológicos da área de estudo. Essas características influenciam a forma como o ambiente se apresenta, suas características naturais e antrópicas, bem como sua dinâmica e funcionamento.

#### 3.4.1 *Clima*

Visando classificar o clima na bacia do rio Capibaribe foi utilizada a metodologia de Classificação Climática de Köppen (KÖPPEN, 1936).

As regiões que estão mais próximas do litoral e na Zona da Mata, existem a predominância do clima **As**, clima este tropical e com chuvas de inverno, causadas pelo planalto da Borborema que interceptam a umidade dos ventos, trazendo os períodos chuvosos para a estação de Inverno, onde os ventos são mais inconstantes (PERNAMBUCO, 2018).

Já quando se aproxima do interior do estado, mais especificamente nas regiões do Agreste e Sertão, a classificação climática predominante é a **BSh**, caracterizado como o clima semiárido, com baixas umidades e poucos volumes de chuva, onde apresenta valores de precipitação entre 200 mm e 400 mm. É importante destacar que uma pequena parcela da bacia, próxima a RMR é tem sua classificação climática como **Am**, clima de monção, caracterizado como de regiões tropicais onde o regime de pluviosidade e alternância entre períodos secos e chuvosos é governado pela monção (PERNAMBUCO, 2018).

#### 3.4.2 *Mudanças Climáticas*

A bacia do rio Capibaribe, localizada em Pernambuco, é uma das regiões do Brasil que tem sido impactada pelas mudanças climáticas. A elevação da temperatura e a diminuição das chuvas têm afetado o ecossistema da região, principalmente a vegetação e a fauna.

As mudanças climáticas estão impactando diretamente a segurança hídrica em todo o mundo. De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2021, as mudanças climáticas têm levado a um aumento da frequência e intensidade de eventos

climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações, que podem afetar a disponibilidade e qualidade da água (IPCC, 2021).

Além disso, a elevação do nível do mar devido às mudanças climáticas pode contaminar as fontes de água doce com água salgada, reduzindo ainda mais a disponibilidade hídrica (IPCC, 2021).

Segundo o professor João Suassuna, da Universidade Federal de Campina Grande, a região Nordeste do Brasil é a mais vulnerável às mudanças climáticas. Ele destaca que a falta de planejamento urbano e a má gestão dos recursos hídricos têm contribuído para agravar a situação (SUASSUNA, 2021).

Além disso, a atividade humana, como o desmatamento e a poluição, tem impactado negativamente a bacia do rio Capibaribe. O aumento da urbanização e o crescimento da população têm levado a uma maior demanda por água, o que tem colocado pressão sobre os recursos hídricos da região, afetando assim a segurança hídrica na região.

Para lidar com esses desafios, é necessário implementar medidas de adaptação para garantir a segurança hídrica em face das mudanças climáticas. Isso inclui o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, a implementação de sistemas de monitoramento e previsão de eventos climáticos extremos, a redução da demanda por água por meio da promoção da eficiência hídrica e a diversificação das fontes de água (IPCC, 2021).

Além disso, a redução das emissões de gases de efeito estufa também é essencial para minimizar os impactos das mudanças climáticas na segurança hídrica. Um estudo publicado na revista *Nature Communications*, em 2020, mostrou que a redução das emissões de gases de efeito estufa poderia reduzir significativamente o risco de secas em todo o mundo (Byers *et al.*, 2020).

O governo do estado de Pernambuco tem implementado algumas iniciativas para enfrentar os desafios das mudanças climáticas na bacia do rio Capibaribe, como a construção de barragens e ações de educação ambiental (PERNAMBUCO, 2021). No entanto, é necessário um esforço conjunto dos governos, da sociedade civil e do setor privado para garantir a sustentabilidade da região.

Sendo assim, fica claro que as mudanças climáticas têm impactos significativos na segurança hídrica, afetando a disponibilidade e qualidade da água em todo o mundo. É necessário implementar medidas de adaptação e reduzir as emissões de gases de efeito estufa para garantir a segurança hídrica em face das mudanças climáticas.

### 3.4.3 Precipitação

A precipitação é uma das variáveis mais importantes do clima na região semiárida do Nordeste brasileiro (PERNAMBUCO, 2020). Os dados de chuva compreendendo um período médio de vinte e nove anos de série, estão distribuídos na bacia do rio Capibaribe. As informações irão possibilitar uma melhor análise do comportamento da precipitação na bacia, foram acrescentadas as mensais médias.

A variável climatológica da precipitação é analisada para a bacia em termos de valores anuais médios. Na Tabela 10 e Figura 12, observa-se o resumo da precipitação na bacia, apresentando uma média anual de 1.135 mm, aumentando a precipitação à medida que os postos se aproximam do litoral.

**Tabela 10 - Precipitação Mensal Média (mm)**

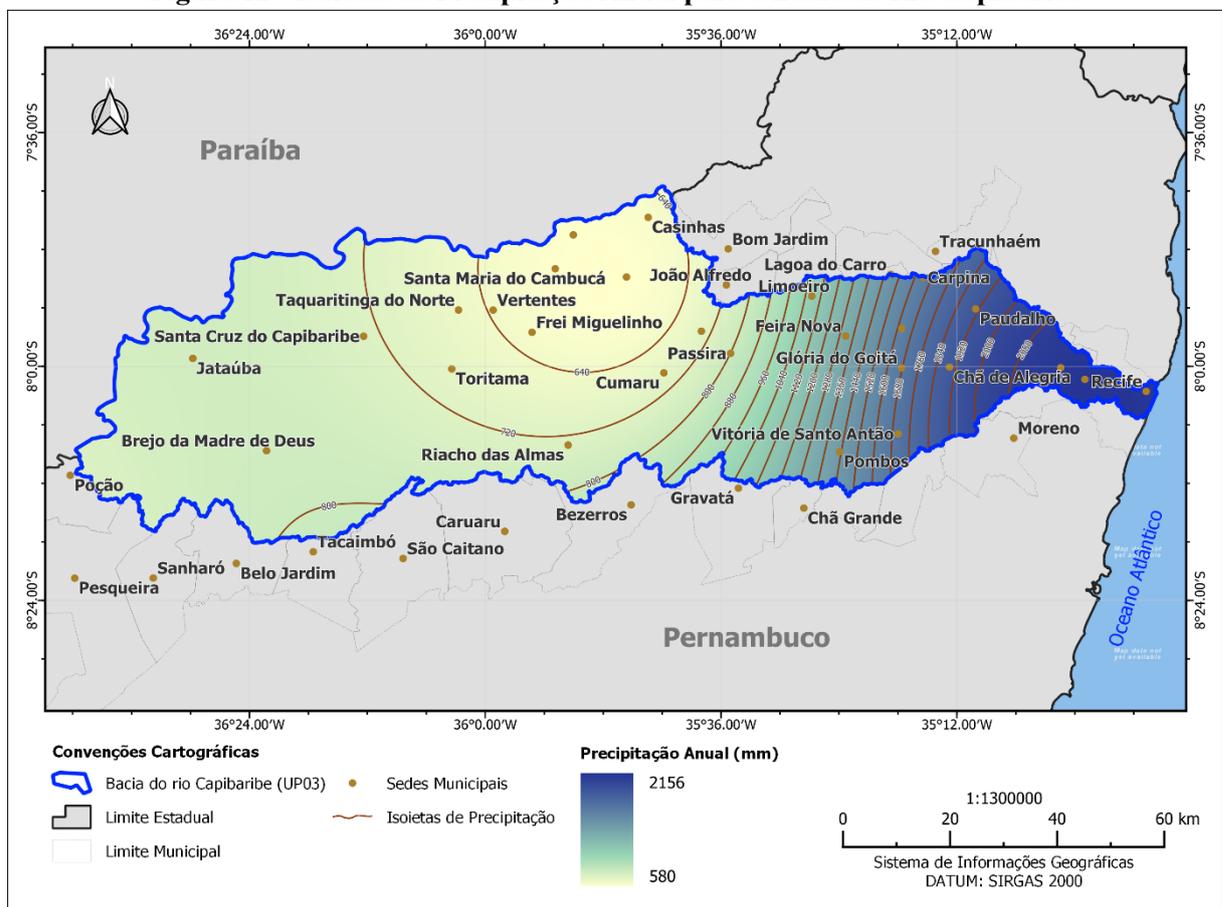
<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>JAN</b>	<b>FEV</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>
Arcoverde	82890	55,8	63,0	106,7	61,6	89,0	83,3	77,6
Recife (Curado)	82900	106,6	127,0	197,2	268,9	317,1	390,5	314,8
Surubim	82797	37,9	41,6	62,8	68,7	76,5	99,1	84,3
	Média	66,8	77,2	122,2	133,1	160,9	191,0	158,9
	Mediana	55,8	63,0	106,7	68,7	89,0	99,1	84,3
	Desvio	35,6	44,4	68,5	117,7	135,4	173,0	135,1
	Máx	106,6	127,0	197,2	268,9	317,1	390,5	314,8
	Mín	37,9	41,6	62,8	61,6	76,5	83,3	77,6
<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OUT</b>	<b>NOV</b>	<b>DEZ</b>	<b>ANO</b>	
Arcoverde	82890	55,0	19,7	16,9	15,3	26,1	670	
Recife (Curado)	82900	186,7	93,3	52,8	39,0	61,6	2.155,5	
Surubim	82797	47,8	23,1	8,8	10,6	19,1	580,3	
	Média	96,5	45,4	26,2	21,6	35,6	1.135,3	
	Mediana	55,0	23,1	16,9	15,3	26,1		
	Desvio	78,2	41,5	23,4	15,2	22,8		
	Máx	186,7	93,3	52,8	39,0	61,6		
	Mín	47,8	19,7	8,8	10,6	19,1		

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Brasil (2022a).

Os resultados mostram diferenças significativas entre as regiões da bacia. Nas cidades distantes do litoral, as chuvas não ultrapassam 150 mm, enquanto em Recife, as chuvas ultrapassam 300 mm nos meses chuvosos (maio a julho), conforme observa-se na Tabela 10 e Figura 12.

Esse resultado acontece por diversos fatores da região, como a influência da Zona de Convergência Intertropical que provoca chuvas no Agreste de fevereiro a julho, mesmo que haja um leve aumento das chuvas. Há também o efeito do Planalto da Borborema, que atua como barreira às nuvens que tentam entrar no continente, reduzindo as chuvas na região onde mais se entra no continente. Outra característica é o clima do Agreste e do Sertão, região seca caracterizada por altas temperaturas e pouca chuva (PERNAMBUCO, 2018).

**Figura 12 - Isoietas de Precipitação Anual para a Bacia do Rio Capibaribe**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2022a).

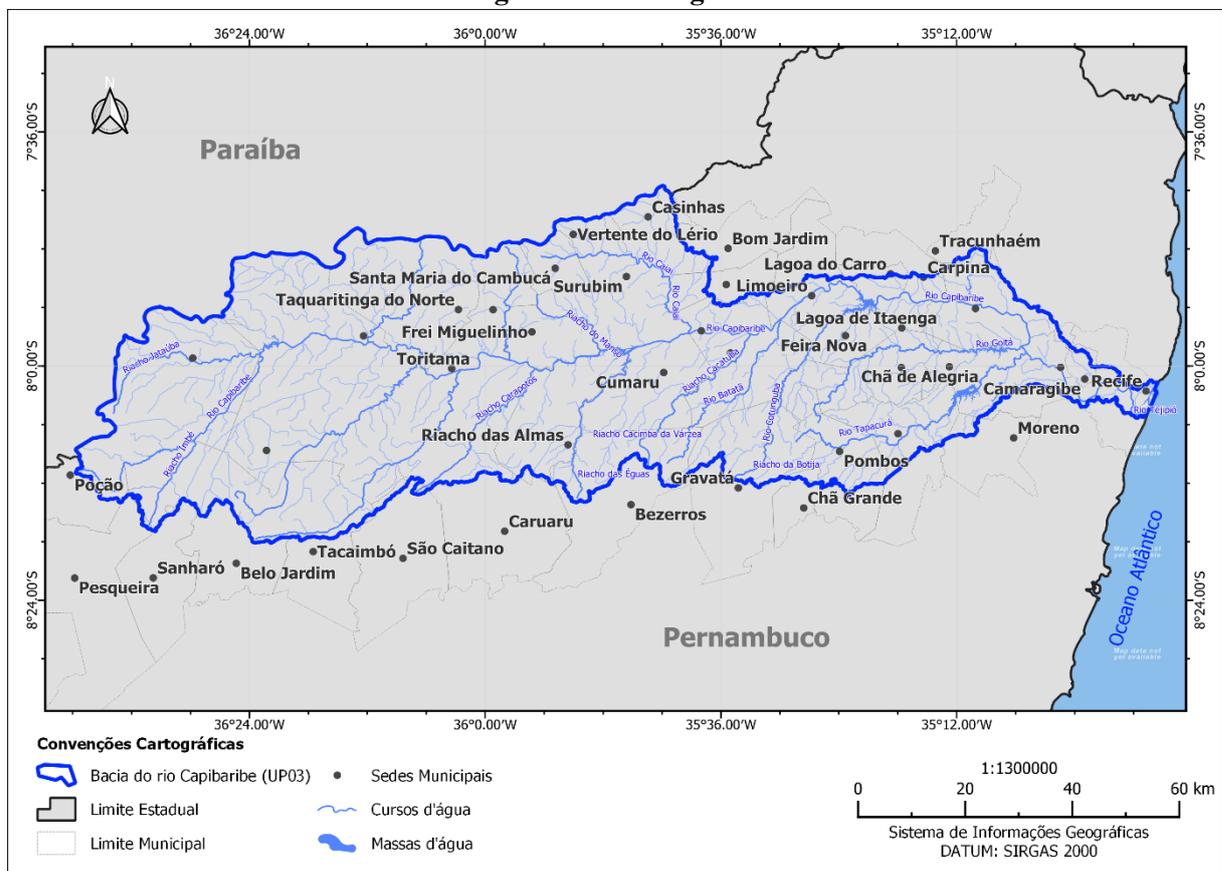
### 3.4.4 Hidrografia

A nascente do rio Capibaribe ocorre nas encostas da Serra de Jacarara a uma altitude de aproximadamente 1000 m, no município de Jataúba/PE. Tendo origem na mesorregião do

Agreste, a cerca de 200 km da capital do estado de Pernambuco, passando por vários centros urbanos no seu curso que vai de oeste a leste, com uma extensão de cerca de 292 km até sua foz, localizada em Recife. A bacia hidrográfica engloba as microrregiões do Recife, da Mata Setentrional Pernambucana (parte sul), de Vitória de Santo Antão, do Médio e Alto Capibaribe e da parte Norte do Vale do Ipojuca. É limítrofe ao norte com o estado da Paraíba, com a bacia do rio Goiana, ao sul, faz divisa com a bacia do rio Ipojuca (PERNAMBUCO, 2018).

O rio Capibaribe possui um regime intermitente no seu alto e médio curso, de modo que somente a partir da cidade de Limoeiro, no seu baixo curso, passa a ter um regime perene. Os principais afluentes pela margem direita são: rio do Mimoso, riacho Aldeia Velha, rio Tabocas, rio Fazenda Velha, riacho Doce, riacho Carrapatos, rio Cachoeira, riacho das Éguas, riacho Caçatuba, rio Batatã, rio Catunguba, rio Goitá e rio Tapacurá. Na margem esquerda destacam-se: rio Jataúba, rio Caraiqueira, rio Mulungu, rio Olho d'Água, riacho Pará, rio Tapera e riacho Doce, riacho Tapado, riacho do Manso, riacho Cajarí e riacho Camaragibe (PERNAMBUCO, 2018). Na Figura 13 apresenta-se a hidrografia da bacia do rio Capibaribe.

**Figura 13 - Hidrografia**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

### 3.4.5 Geologia

A bacia do rio Capibaribe possui em sua área, cerca de 69,21%, representada por rochas metamórficas. A unidade geológica dominante é o PPs Salgadinho, com maior ocorrência de Metagranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Metatrondhjemito, na porção mais oriental, desde Passira até São Lourenço da Mata e Camaragibe. Sua composição é predominantemente granodiorítica com paleossoma anfibolítico e neossoma quartzo-feldspático. Em grande parte, são granitizados incluindo corpos graníticos de difícil distinção e separação em campo. Na Tabela 11, observa-se a distribuição das classes de rochas na bacia.

**Tabela 11 - Distribuição das Classes de Rochas**

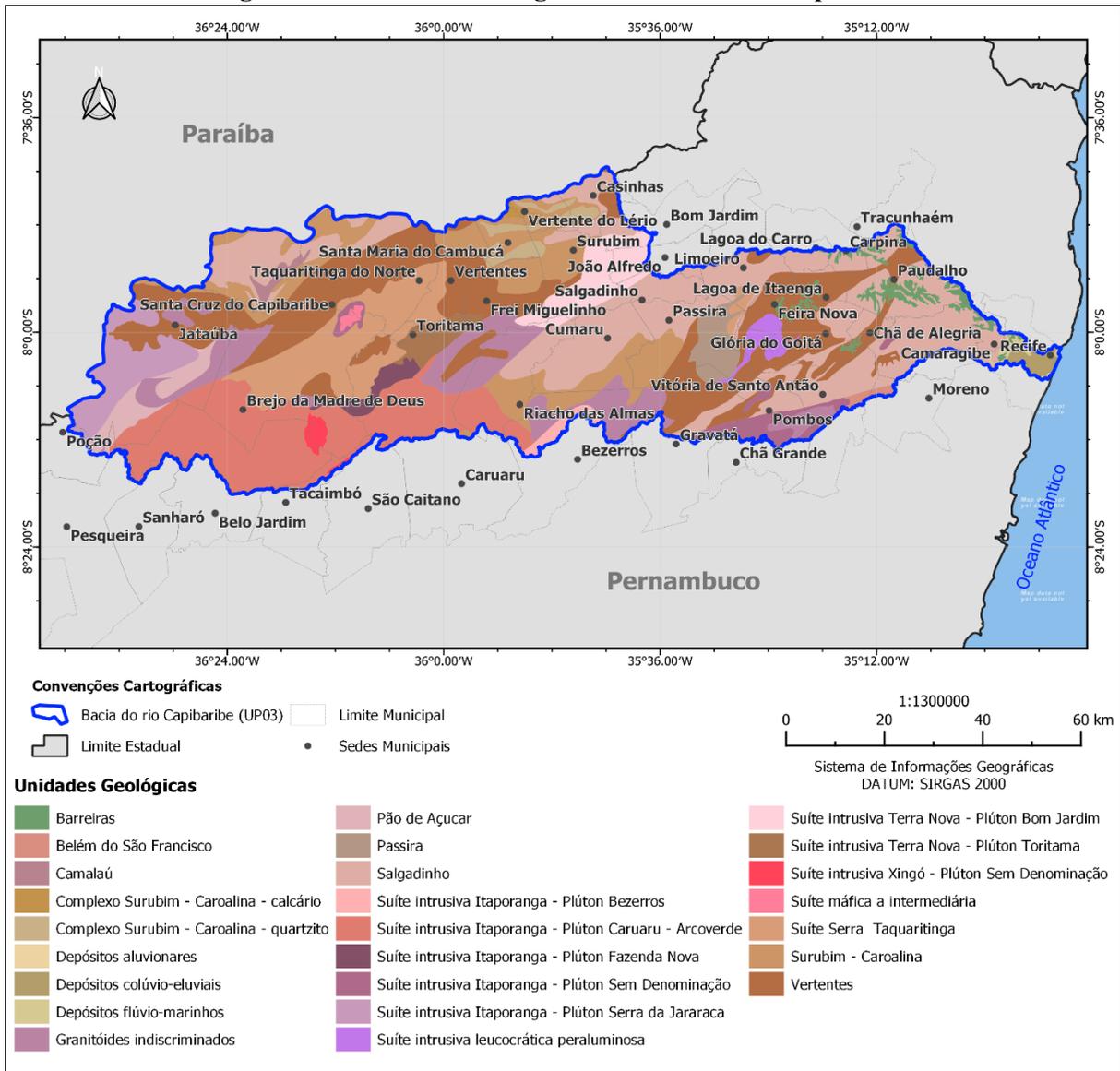
<b>CLASSE</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Metamórfica	5.159,16	69,21%
Ígnea	1.879,22	25,21%
Ígnea, metamórfica	219,14	2,94%
Sedimentar (ou Sedimentos)	197,36	2,65%
<b>TOTAL</b>	<b>7.454,88</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

Existe a ocorrência de granitos na faixa de Toritama até a parte mais alta da bacia, em Brejo da Madre de Deus e Jataúba, como também aparecem numa faixa de Salgadinho a Bom Jardim, além de granodioritos em Fazenda Nova. Esses granitos apresentam contato de falha de empurrão, tanto sobre os migmatitos em Frei Miguelinho, como sobre os micaxistos em Riacho das Almas, Vertentes e Santa Cruz do Capibaribe.

Os depósitos sedimentares areno-argilosos da Formação Barreiras ocorrem extensivamente no município de Olinda, estendendo-se para oeste em testemunhos isolados de erosão, até Paudalho, Carpina, Gloria do Goitá e Feira Nova. Na área baixa da bacia, na Planície Sedimentar do Recife, encontra-se, sob o pacote sedimentar, evidências do extenso falhamento transcorrente de direção Leste-Oeste, que separou as bacias sedimentares Pernambuco-Paraíba ao norte e Cabo ao sul, conforme observa-se na Figura 14.

**Figura 14 - Unidades Geológicas da Bacia do rio Capibaribe**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

### 3.4.6 Geomorfologia

A geomorfologia da bacia do rio Capibaribe apresenta grande influência do Planalto da Borborema, com algumas unidades morfoestruturais associadas. Dentre estas se destacam os maciços setentrionais representados pela superfície Sertaneja, a qual é formada por resíduos da superfície sul-americana e por superfícies dos tabuleiros, nas quais ocorrem os relevos dissecados preenchidos por sedimentação terciária, e por fim o ciclo polifásico do Paraguaçu, representado pela planície costeira (PERNAMBUCO, 2018).

O primeiro patamar do planalto da Borborema é constituído pela superfície Gravatá se integrando a superfície Sertaneja, representadas pelas serras divisora das bacias hidrográficas dos rios Capibaribe e Ipojuca. Algumas dessas superfícies são formadas a partir de resíduos da superfície sul-americana, como por exemplo a serra negra em Bezerros, serra do Urubu, no município do Brejo da Madre de Deus, serra dos Brejos, em Jataúba e a serra do Angico, em Belo Jardim (PERNAMBUCO, 2018).

Pode-se observar também a formação de grandes degraus de níveis altimétricos diferentes, originados por processos erosivos, os quais são denominados pediplanos. Nessa região, formam-se também brejos de altitude, que são formas residuais provenientes do relevo desprendido dos pediplanos, principalmente na fachada oriental da Borborema. Os processos erosivos intensos formam oásis sertanejos, que são originadas de formações residuais elevadas que restam do rebaixamento da superfície estrutural (PERNAMBUCO, 2018).

A partir do médio curso do rio Capibaribe o relevo é representado por colinas arredondadas, entrecortadas por pequenos vales. São também encontrados os tabuleiros típicos dos depósitos da formação Barreiras, a partir de Carpina em direção ao Recife, tendo sua expressão máxima em Camaragibe. Já no baixo curso rio observa-se a formação de colinas altimétricas com cerca de 40 metros de altitude, já dentro da RMR, nas quais se dá a quebra de relevo para planície costeira, com altitudes variando de 2 a 8 metros, registram a presença de terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos (PERNAMBUCO, 2018). Na Tabela 12 observa-se a ocorrência das unidades geomorfológicas na bacia do rio Capibaribe.

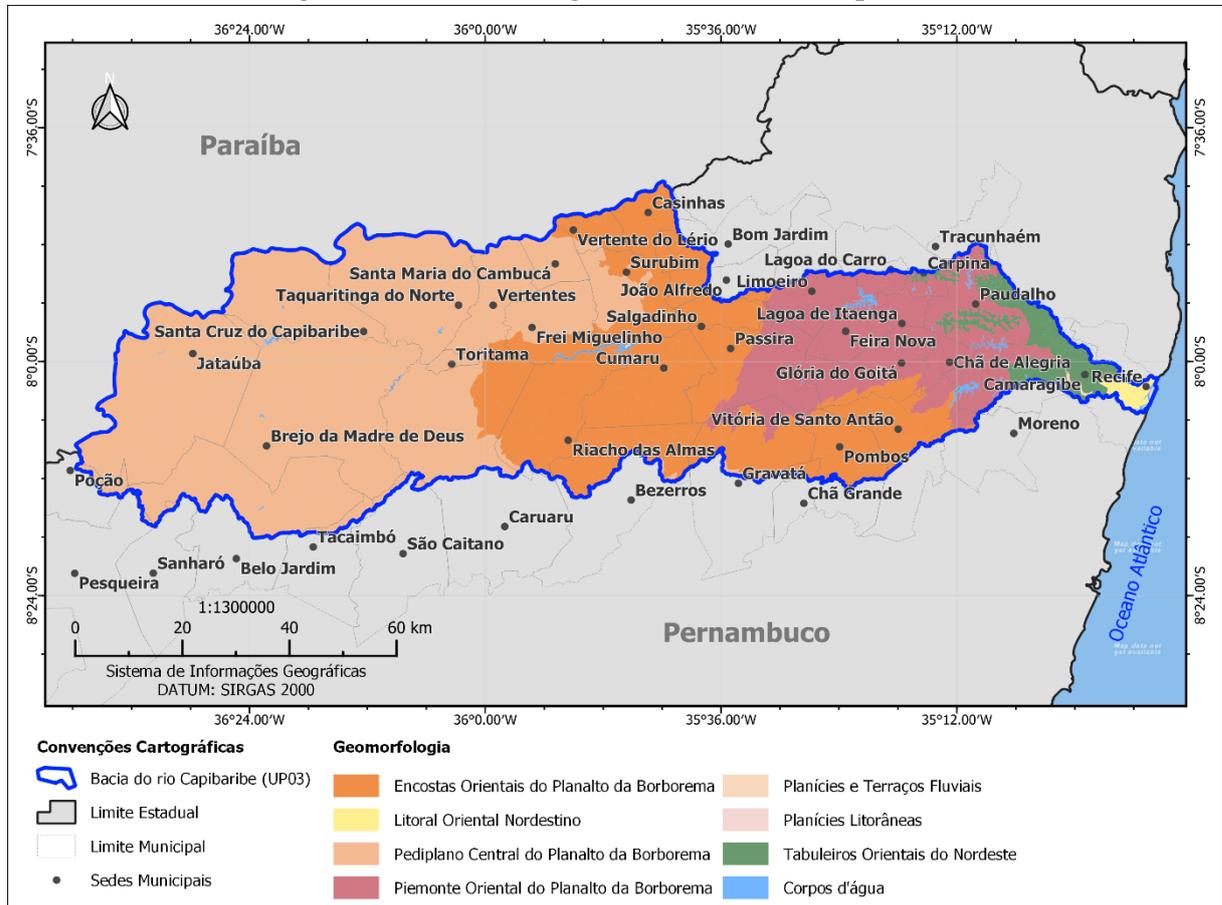
**Tabela 12 - Unidades Geomorfológicas**

<b>UNIDADE</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Tabuleiros Orientais do Nordeste	253,47	3,40%
Pediaplano Central do Planalto da Borborema	3.713,31	49,81%
Corpo d'água	47,32	0,63%
Encostas Orientais do Planalto da Borborema	2.207,98	29,62%
Piemonte Oriental do Planalto da Borborema	1.187,32	15,93%
Planícies e Terraços Fluviais	4,57	0,06%
Litoral Oriental Nordestino	39,56	0,53%
Planícies Litorâneas	1,36	0,02%
<b>TOTAL</b>	<b>7.454,88</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

Na Figura 15 observa-se a distribuição espacial das unidades geomorfológicas na bacia do rio Capibaribe.

**Figura 15 - Geomorfologia na Bacia do Rio Capibaribe**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

### 3.4.7 Solos

A bacia do Capibaribe tem cerca de 94% de sua cobertura dividida entre cinco principais classes de solo, conforme observa-se na Tabela 13. Os demais 6 % restantes estão divididos na bacia, em ordem decrescente de abundância, entre: corpos d'água, Gleissolos, Cambissolos, Vertissolos, Espodossolos, áreas urbanas, solos de mangue e Nitossolos.

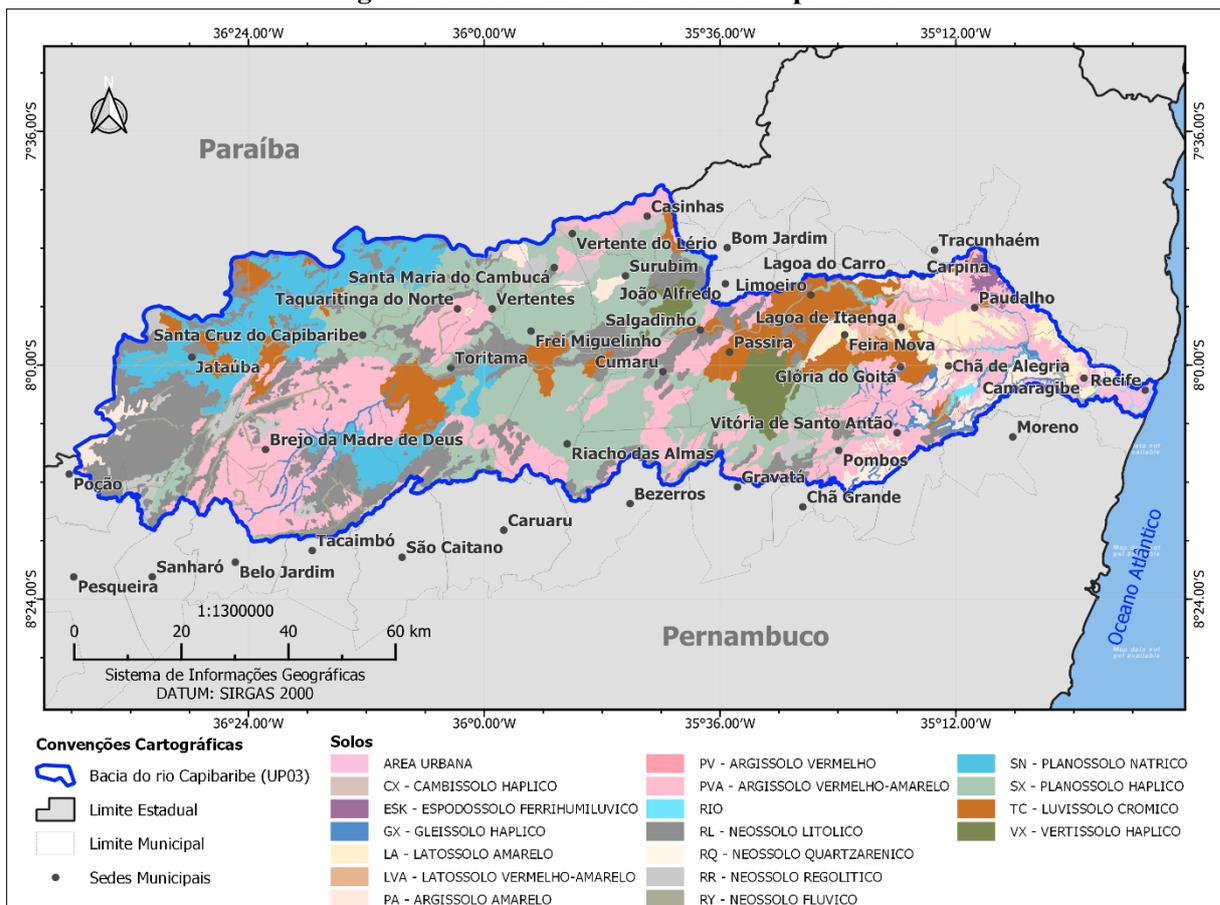
Tabela 13 - Distribuição da Classe de Solo na Bacia

CLASSE DE SOLO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	%
ARGISSOLO	2.038,23	27,34%
NEOSSOLO	1.726,39	23,16%
PLANOSSOLO	2.353,89	31,58%
LATOSSOLO	244,72	3,28%
LUVISSOLO	646,55	8,67%
OUTROS	445,10	5,97%
<b>TOTAL</b>	<b>7.454,88</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

Na Figura 16 pode-se observar a espacialização dos tipos solos predominantes na bacia do rio Capibaribe.

Figura 16 - Solos na Bacia do Rio Capibaribe



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Pernambuco (2022).

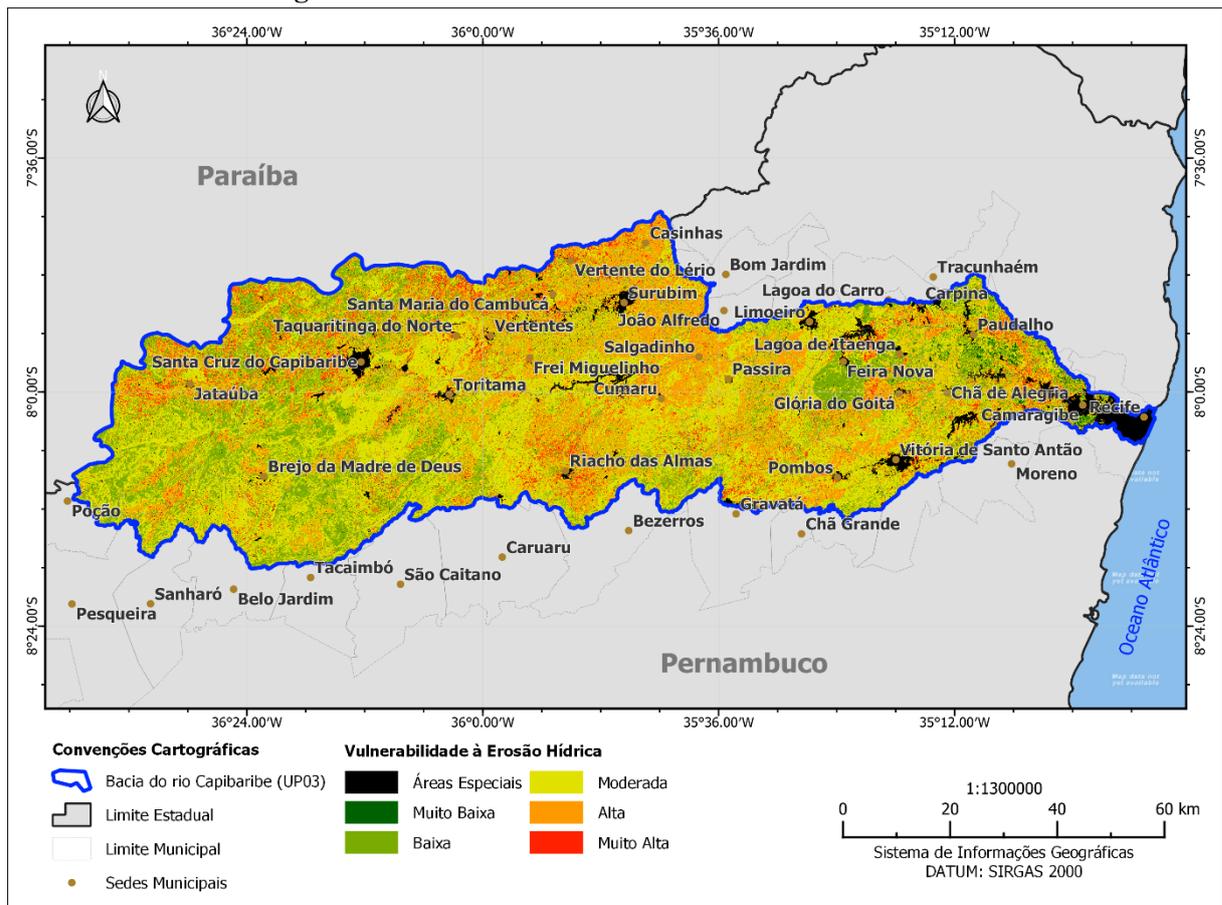
### 3.4.8 Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica

Na Figura 17 observa-se a vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia do rio Capibaribe, elaborado com base na Embrapa Solos (BRASIL, 2020b). Onde expressa o grau de vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos, considerando o nível de exposição em função da cobertura vegetal natural e/ou do uso agropecuário.

Segundo Brasil (2020b), para desenvolvimento do modelo espacial de vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica foi realizada a integração temática com os seguintes modelos de entrada:

- Mapa de Suscetibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil (Embrapa Solos);
- Mapa de Uso e Cobertura da Terra (MapBiomas – Coleção 5).

**Figura 17 - Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2020b).

Analisando a Figura 17, é possível observar a presença de solos com moderada, alta e muito alta vulnerabilidade por toda a área de estudo, contudo, há solos baixa vulnerabilidade espalhados nas proximidades dos municípios de Feira Nova, Paudalho, Lagoa de Itaenga.

Como é possível observar na Tabela 14, as classes que predominam na área da sub-bacia são: Áreas especiais (mangue, apicum, duna, praia, escarpa, afloramento de rocha, mineração, aquicultura, área urbana, corpo d'água) com 322,65 km<sup>2</sup> (4,33% da área da bacia); Muito baixa, com 40,87 km<sup>2</sup> (0,55% da área da bacia); Baixa, com 1.437,85 km<sup>2</sup> (19,29% da área da bacia); Média, com 3.757,37 km<sup>2</sup> (50,40% da área da bacia); Alta, com 1.491,94 km<sup>2</sup> (20,01% da área da bacia) e Muito alta, com 404,20 km<sup>2</sup> (5,42% da área da bacia).

**Tabela 14 - Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica na Bacia**

<b>Classificação da Vulnerabilidade dos Solos à Erosão Hídrica</b>	<b>ÁREA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Áreas Especiais	322,65	4,33%
Muito baixa	40,87	0,55%
Baixa	1.437,85	19,29%
Média	3.757,37	50,40%
Alta	1.491,94	20,01%
Muito alta	404,20	5,42%
<b>TOTAL</b>	<b>7.454,88</b>	<b>100,00</b>

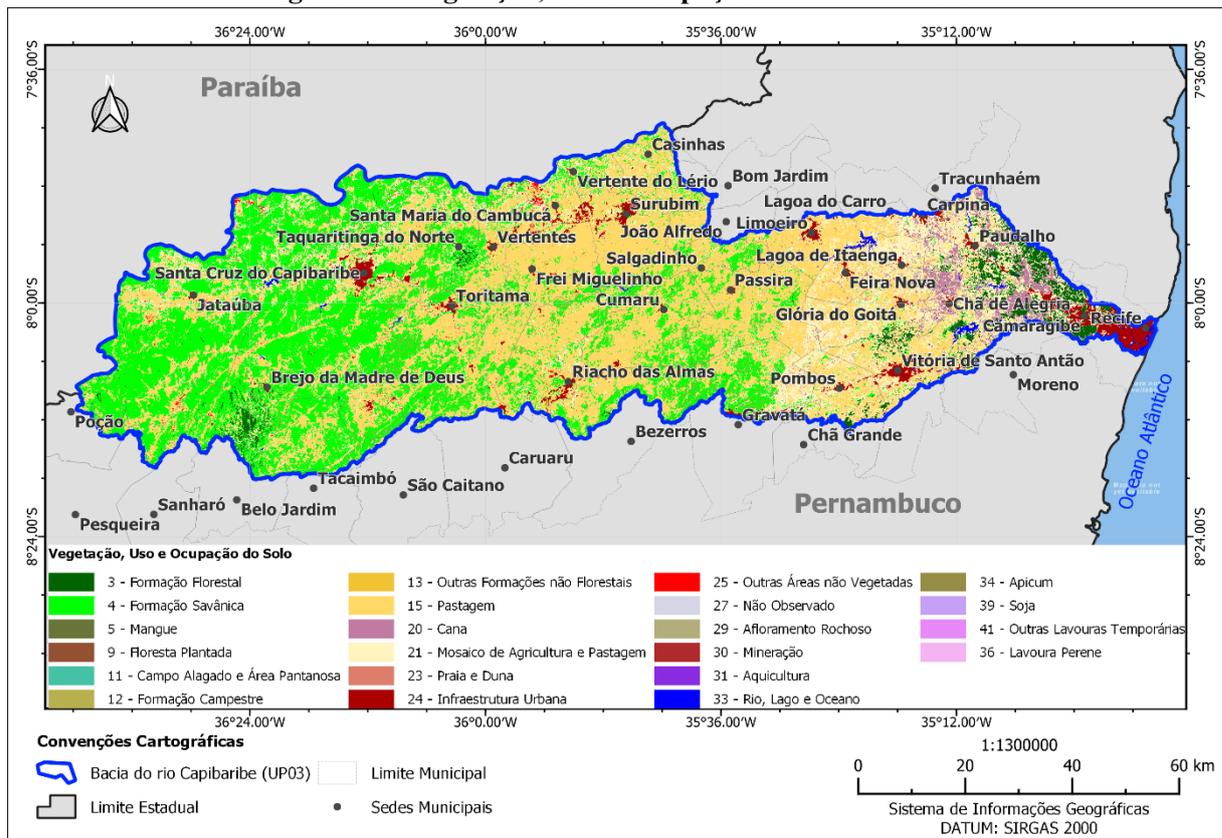
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2020b).

#### 3.4.9 *Vegetação, Uso e Ocupação do Solo*

A Figura 18 apresenta a Vegetação, Uso e Ocupação do Solo nível 2, a qual apresenta 22 (vinte e duas) classes predominantes na bacia do Capibaribe.

Ao analisar a espacialização ilustrada na Figura 18 no âmbito da vegetação, uso e ocupação do solo da bacia supracitada, nota-se a predominância da classe Formação Savânica, principalmente nas áreas ao leste da bacia.

**Figura 18 - Vegetação, Uso e Ocupação do Solo na Bacia**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Souza *et al.* (2019).

De acordo com a Tabela 15, a Pastagem e a Formação Savânica predomina na área da bacia do Capibaribe com 3.028,39 km<sup>2</sup> e 2.386,18 km<sup>2</sup> (40,62% e 32,01% da área total da bacia) respectivamente, seguido pelo Mosaico de Agricultura e Pastagem, com 1.261,02 km<sup>2</sup> (16,92% da área total). Estas três classes representam, juntas, cerca de 6.675,60 km<sup>2</sup> (89,55% da área total da bacia).

Dos restantes 10,45%, sobressaem as áreas de Infraestrutura urbana 211,45 km<sup>2</sup> (2,84% da área total da bacia); Formação florestal, com 192,29 km<sup>2</sup> (2,58% da área total da bacia) e Cana de açúcar com, 155,03 km<sup>2</sup> (2,08% da área total da bacia). As demais classes contidas na área da sub-bacia têm uma ocupação menor e são divididas em Rio, Lago e Oceano; Outras Áreas não Vegetadas; Afloramento Rochoso; Mineração; Não classificado; Floresta Plantada; Campo Alagado e Área Pantanosa; Outras Lavouras Temporárias; Mangue; Praia e Duna; Outras Formações não Florestais; Aquicultura; Apicum; Lavoura Perene; Soja, juntas, representam o montante de 68,30 km<sup>2</sup>, o mesmo que 0,92% da área da bacia.

**Tabela 15 - Vegetação, Uso e Ocupação do Solo na Bacia**

<b>Vegetação, Uso e Cobertura do Solo – Nível 2</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Não classificado	1,23	0,02%
Formação Florestal	192,29	2,58%
Formação Savânica	2.386,18	32,01%
Mangue	0,72	0,01%
Floresta Plantada	1,22	0,02%
Campo Alagado e Área Pantanosa	1,14	0,02%
Formação Campestre	152,20	2,04%
Outras Formações não Florestais	0,00	0,00%
Pastagem	3.028,39	40,62%
Cana	155,03	2,08%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1.261,02	16,92%
Praia e Duna	0,70	0,01%
Infraestrutura Urbana	211,45	2,84%
Outras Áreas não Vegetadas	27,12	0,36%
Afloramento Rochoso	2,32	0,03%
Mineração	1,76	0,02%
Aquicultura	0,00	0,00%
Rio, Lago e Oceano	30,96	0,42%
Apicum	0,00	0,00%
Lavoura Perene	0,00	0,00%
Soja	0,00	0,00%
Outras Lavouras Temporárias	1,13	0,02%
<b>TOTAL</b>	<b>7.454,88</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Souza *et al.* (2019).

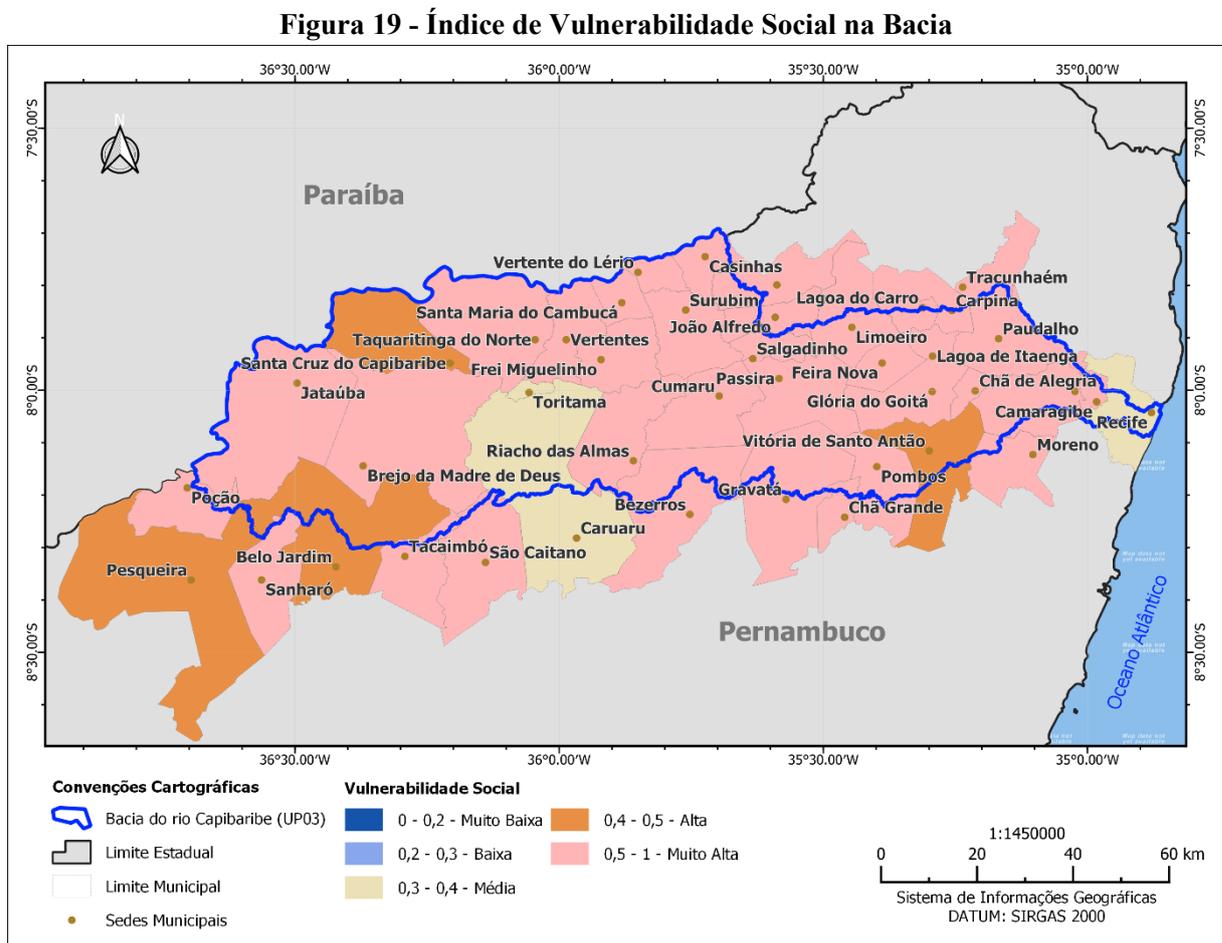
#### 3.4.10 Vulnerabilidade Social

Foi adicionado na análise, a vulnerabilidade social desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o qual possui três dimensões:

- Índice de Vulnerabilidade Social - IVS Infraestrutura Urbana;
- Índice de Vulnerabilidade Social - IVS Capital Humano;
- Índice de Vulnerabilidade Social - IVS Renda e Trabalho.

Tais dimensões representam os ativos, recursos ou estruturas, que indicam se o padrão de vida das famílias encontra-se baixo, bem como o não acesso aos direitos sociais. Cada dimensão é composta por um conjunto de indicadores (BRASIL, 2015b).

Na Figura 19 observa-se a distribuição espacial da vulnerabilidade social na bacia do rio Capibaribe.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2015b).

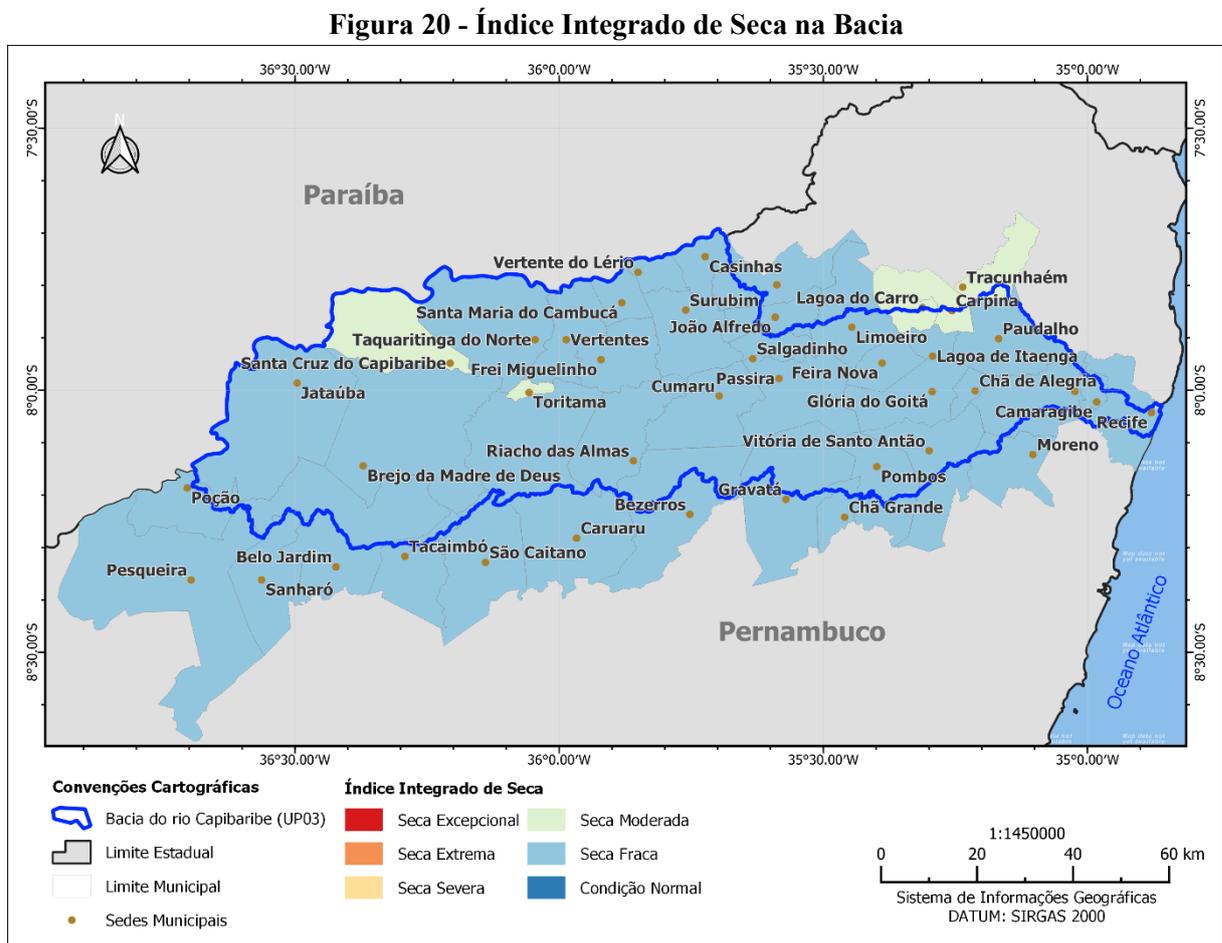
### 3.4.11 Índice Integrado de Seca

Adicionalmente, foi admitido também o índice integrado de seca desenvolvido pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), o qual consiste em uma combinação de 3 (três) outros subíndices:

- Índice de precipitação padronizada (SPI);
- Índice de saúde da vegetação (VHI);
- Dados de anomalia da umidade do solo (AUS).

O índice integrado de seca possui as seguintes classes: condição normal (6), seca fraca (5), seca moderada (4), seca severa (3), seca extrema (2) e seca excepcional (1) (BRASIL, 2022b).

Na Figura 20 observa-se a distribuição espacial o índice integrado de seca na bacia do rio Capibaribe.

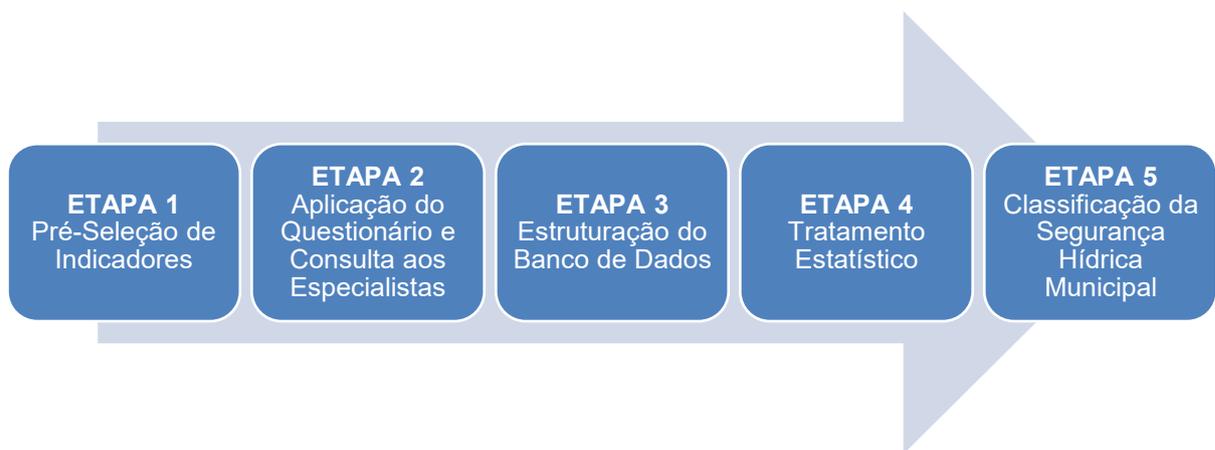


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2022b).

## 4. METODOLOGIA

Este capítulo é destinado a apresentar a metodologia desenvolvida neste estudo, a qual tem caráter exploratória. A abordagem metodológica adotada é qualitativa e quantitativa, que permite analisar e interpretar questões mais complexas, tais como hábitos, atitudes, tendências, também é possível utilizar-se de amostras amplas e informações numéricas. Na Figura 21, observa-se o fluxo das etapas desenvolvidas na metodologia.

**Figura 21 - Fluxo das Etapas da Metodologia**



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.1 ETAPA 01 - Pesquisa e Pré-seleção de Indicadores

Esta etapa consiste na pesquisa e pré-seleção dos indicadores e construção das dimensões que compõem o índice de segurança hídrica para os municípios da bacia do rio Capibaribe. Para tanto, foi realizada uma pesquisa detalhada na literatura visando a coleta e seleção de indicadores de segurança hídrica, representativos para a bacia em questão.

Com a aplicação de tais indicadores é possível mensurar as condições de segurança hídrica, nos âmbitos: abastecimento de água e esgotamento sanitário, hidroambiental, social e capacidade institucional, permitindo o planejamento direcionado para realidade local dos municípios e auxiliando na tomada de decisão.

## 4.2 ETAPA 02 - Aplicação de Questionário e Consulta a Especialistas

Os indicadores pré-selecionados na etapa anterior, foram dispostos em um questionário, para fins acadêmicos, visando a avaliação por especialistas. O questionário pode ser apreciado no Apêndice A.

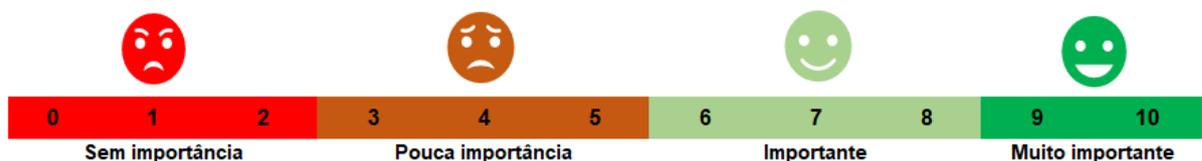
A aplicação do questionário seguiu o método Delphi, tal metodologia é utilizada visando estruturar a comunicação de um grupo de especialistas através de interações realizadas em rodadas sucessivas de questionários, devidamente acompanhados de *feedback*. É importante destacar que foi mantido o total anonimato das respostas dos participantes.

Para execução da metodologia Delphi, as seguintes etapas foram seguidas: 1) Escolha do grupo de especialistas; 2) Elaboração do questionário; 3) Aplicação do questionário ao painel de especialistas; 4) Coleta e reflexão das respostas dos especialistas; 5) Análise e compilação das respostas do questionário.

O questionário aborda os seguintes tópicos: Apresentação da pesquisa; informações de preenchimento do questionário; informações gerais do entrevistado (e-mail, faixa etária, formação acadêmica, entidade onde trabalha, atividade que desempenha, tempo de atuação na instituição.) e atribuição dos níveis de importância dos indicadores pré-selecionados.

Para cada indicador apresentado foi utilizada a escala de *likert*, dividida em quatro níveis de importância de acordo com os graus de importância, conforme disposto na Figura 22.

**Figura 22 - Escala de Importância para Avaliação dos Indicadores**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O número mais próximo de 0 representa um indicador sem importância para a análise, podendo ser descartado. Por outro lado, um número mais próximo de 10 corresponde a um indicador muito importante sendo ele essencial para esta pesquisa.

As consultas foram feitas através de formulários elaborados na plataforma Google Forms e aplicados virtualmente através de e-mails. Foram selecionados especialistas distribuídos em diferentes áreas de atuação, os quais têm ligação direta com a gestão do saneamento e recursos hídricos.

A quantidade de especialistas que devem ser entrevistados é muito variada (POWELL, 2003), entretanto, estudos indicam que um número ótimo deles não deve ser inferior a 10 (dez), na maioria dos casos, os painéis têm no máximo algumas dezenas de membros (GRISHAM, 2009).

Destaca-se que um número abaixo de 10 (dez) pessoas compromete os resultados em termos de consenso efetivo e relevância das informações obtidas. Já um número muito elevado gera uma quantidade enorme de informações e torna a administração e a análise inviáveis (MIRANDA *et al.*, 2012).

É importante salientar que, normalmente, no máximo metade das pessoas responde ao primeiro contato e é comum participantes desistirem no meio do processo, levando o tamanho do painel a diminuir. Assim, recomenda-se começar com um grupo de especialistas de tamanho confortavelmente superior ao mínimo que se quer atingir (MARQUES; FREITAS, 2018).

Portanto, para essa pesquisa foi definido um número total de 30 (trinta) especialistas, distribuídos em diferentes áreas, conforme observa-se na Tabela 16.

**Tabela 16 - Painel de Especialistas**

<b>Entidade</b>	<b>Quantidade de Especialistas</b>
<b>Órgãos Governamentais</b>	
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA	5
Entidades e Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais	5
Agências Reguladoras de Saneamento	5
Professores e Pesquisadores de Universidades Públicas e Privadas	5
<b>Concessionárias de Saneamento Básico</b>	
Públicas	5
Privadas	5
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas recebidas dos questionários foram analisadas por meio da distribuição de frequência das categorias de avaliação. O consenso entre os especialistas quanto à importância de cada indicador foi determinado a partir do Nível de Consenso (NC) das respostas fornecidas pelos especialistas para cada um dos indicadores. Essa metodologia utiliza medidas de tendência central e percentagem e tem sido bastante utilizada em análises semelhantes. Na Tabela 17, observa-se a classificação adotada para avaliar o nível de consenso das respostas dadas pelos especialistas.

**Tabela 17 - Classificação do Nível de Consenso**

<b>Nível de Consenso (NC)</b>	<b>Classificação</b>
Alto	70% das respostas estão em uma única categoria de avaliação; ou, 80% estão em duas classes de avaliação adjacentes
Médio	60% das respostas estão em uma categoria de avaliação; ou, 70% estão em duas categorias de avaliação adjacentes.
Baixo	50% das classificações estão em uma única categoria de avaliação; ou, 60% em duas categorias de avaliação adjacentes
Inexistente	Menos de 60% das classificações estão em duas categorias de avaliação adjacentes

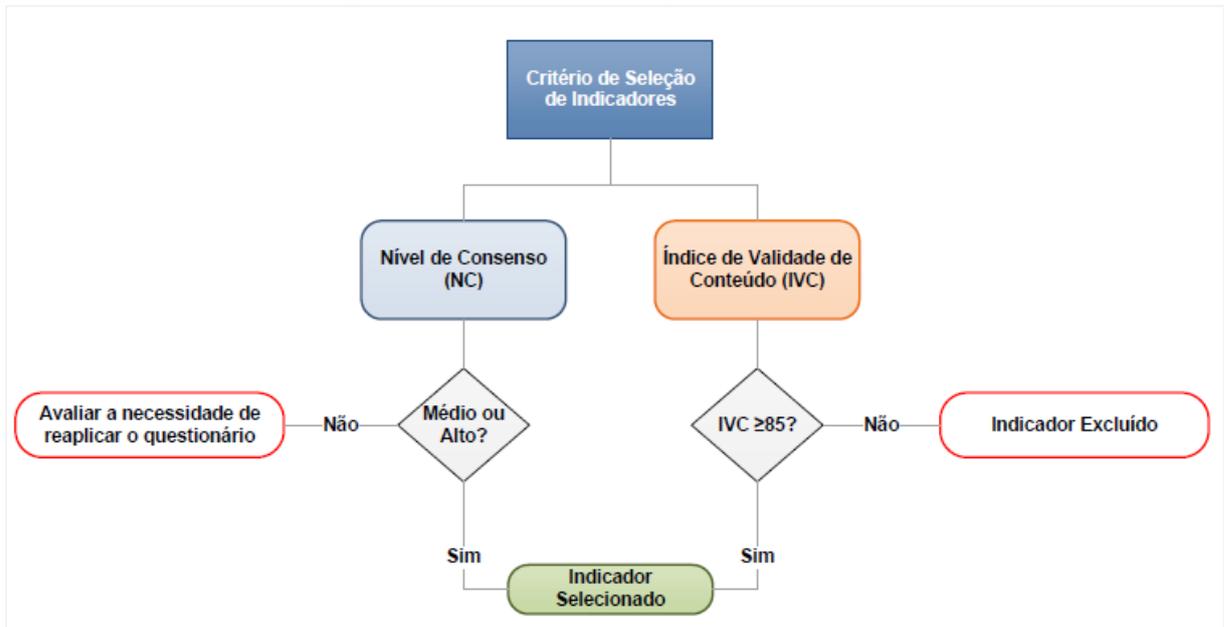
Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Rabelo (2022).

Para avaliar a relevância de cada indicador pré-selecionado, foi utilizado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), esse método mede a proporção de participantes que estão em concordância a respeito dos itens apresentados, de forma quantitativa. O índice de validade de conteúdo foi calculado por meio da Equação (4.1) (RABELO, 2022).

$$IVC = \frac{n^{\circ} \text{ de respostas "importante" ou "muito importante"}}{n^{\circ} \text{ total de respostas}} \quad (4.1)$$

É recomendado que o resultado do IVC seja de no mínimo 80%, entretanto, para a validação dos dados do presente estudo, foi adotado que para o indicador ser selecionado, ele deve ter um nível de consenso (NC) classificado como médio ou alto consenso entre os especialistas e um IVC de no mínimo 85%.

**Figura 23 - Critério de Seleção de Indicadores**



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Machado (2018).

Ao final dessa etapa, foram definidos os indicadores relevantes para a análise da segurança hídrica, recomendados pelos especialistas, e que desse modo deverão prosseguir nas etapas subsequentes do estudo.

É importante destacar que não houve necessidade de submeter o questionário de pesquisa acadêmica ao Comitê de Ética da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, tendo em vista que não foram solicitados dados pessoais dos especialistas.

### 4.3 ETAPA 03 - Estruturação do Banco de Dados

Nesta etapa, foi estruturado um banco de dados, constando das informações levantadas dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Capibaribe para cada um dos indicadores selecionados. Dessa forma, foi possível realizar uma análise da consistência das informações. Essa etapa é primordial, pois um banco de dados mal estruturado impacta diretamente nos resultados das análises, podendo até mesmo implicar em erros ou impedir a aplicação do tratamento estatístico.

Os dados coletados foram tabulados com a ajuda do *software* Excel, visando tratar problemas como: valores ausentes e valores discrepantes, em seguida os dados serão carregados no

*software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*, visando à análise multivariada por meio da análise fatorial (AF), com extração pela análise dos componentes principais (ACP).

Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010) recomendam que sejam eliminados indicadores com ausência de dados superior a 10% para os municípios.

Destaca-se que podem ser empregadas ações para a correção desses dados, a fim de minimizar os efeitos pelas perdas deles ou por um excesso de exclusão de variáveis. Porém, é importante frisar que, interferir o mínimo possível é a melhor escolha, para evitar uma tendência nos resultados.

#### **4.4 ETAPA 04 - Tratamento Estatístico**

Após o tratamento dos dados, realizado na Etapa 3, visando estruturar o índice de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, foi aplicado o método estatístico de análise multivariada, com objetivo de verificar a correlação e as possíveis associações entre os indicadores (variáveis) analisados que influenciam na segurança hídrica da bacia.

Nesse ponto, cabe mencionar que, a análise multivariada consiste em um conjunto de técnicas estatísticas que permite a análise e interpretação de conjuntos de dados de natureza quantitativa com grande número de variáveis de forma simplificada. O advento das técnicas multivariadas se deu pelo avanço tecnológico e o uso de computadores para análise estatística, sem os quais não seria possível analisar grande número de variáveis de forma conjunta. Por conta da facilidade de análise e interpretação de grande número de variáveis, as técnicas multivariadas têm se tornado muito populares em várias áreas do conhecimento apesar de terem sido desenvolvidas para problemas específicos (NEISSE; HONGYU, 2016).

De acordo com King (2001), no modelo da análise fatorial, há muitas variáveis observadas cujo objetivo é gerar fatores subjacentes não observados. Ou seja, a principal função das diferentes técnicas de análise fatorial é reduzir uma grande quantidade de variáveis observadas em um número menor de fatores. Hair *et al.* (2009) definem fator como a combinação linear das variáveis (estatísticas) originais.

A Análise Fatorial (AF) é constituída das seguintes etapas: análise da matriz de correlações e adequação da utilização da análise fatorial; extração dos fatores iniciais e determinação do número de fatores; rotação dos fatores e interpretação dos fatores.

Na análise da matriz de correlação deve-se verificar se existem valores significativos para justificar o emprego da técnica, uma baixa correlação indica a necessidade de se utilizar outras técnicas. Recomenda-se que a matriz de correlações exiba a maior parte dos coeficientes com valor acima de 0,30 (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010). Se a matriz de correlações não revelar um número substancial de valores superiores a 0,30 há fortes indícios de que a utilização da técnica não é apropriada.

A verificação da adequação da utilização da análise fatorial requer ainda a determinação Kaiser Meyer Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett.

O KMO, cujos valores estão entre 0 e 1, verifica a adequação da amostra em relação ao nível de correlação parcial entre as variáveis. O valor KMO próximo de zero indica que a AF pode não ser apropriada, uma vez que há correlação fraca entre as variáveis originais. Por outro lado, quanto mais o valor estiver próximo de 1, mais apropriada é a aplicação da técnica (FÁVERO *et al.*, 2009; HAIR *et al.*, 2009), conforme expresso na Tabela 18 abaixo.

**Tabela 18 - Valores obtidos para o teste KMO**

Adequação para AF	Estatística (KMO)
Inaceitável	<0,5
Má	0,5 - 0,6
Razoável	0,6 - 0,7
Média	0,7 - 0,8
Boa	0,8 - 0,9
Muito Boa	0,9 - 1,00

Fonte: Fávero *et al.* (2009).

O teste de esfericidade de Bartlett aponta se a matriz de correlação é uma matriz identidade com determinante igual a 1, isto é, a correlação entre as variáveis é zero (HAIR *et al.*, 2009). Caso essa situação seja comprovada em alguma das variáveis, o modelo de AF para a análise dos dados em questão deve ser descartado.

Outra maneira que possibilita quantificar o nível de intercorrelações entre as variáveis e a adequação da AF é a *Measure of Sampling Adequacy* (MSA). Conforme, Hair *et al.* (2009) propõem uma classificação, onde os valores MSA varia de 0 a 1, e que devem estar acima de 0,50 para o teste geral e para cada variável individual, já para as variáveis com valores abaixo de 0,50 devem ser excluídas da AF uma de cada vez.

Com relação à extração dos fatores iniciais, o método proposto no presente trabalho corresponde à Análise dos Componentes Principais (ACP). Nesse método, a combinação linear das variáveis observadas, ocorre de maneira a maximizar a variância total explicada. Logo, se determinadas variáveis forem altamente correlacionadas, elas serão combinadas de modo a formar um fator que explicará a maior quantidade de variância na amostra. Por sua vez, o segundo componente terá a segunda maior quantidade de variância e não será correlacionado com o primeiro e, assim, sucessivamente (MORAES, 2016). Para a definição do número de fatores a ser extraído, a partir da análise fatorial, deve ser considerada a regra do autovalor (*eigenvalue*), que representa a variância total explicada individualmente por fator. Essa regra, conhecida como critério de Kaiser que sugere que devem ser extraídos apenas os fatores com autovalor acima de 1, isso explica-se pois se estiver abaixo de um, ele está contribuindo pouco para explicar a variância nas variáveis originais (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Destaca-se que nem sempre os fatores produzidos na fase de extração são facilmente interpretados. Por isso, o método de rotação tem por objetivo transformar os coeficientes dos componentes principais retidos em uma estrutura mais simplificada. Como as cargas fatoriais são pontos entre eixos (fatores), pode-se girar os eixos sem alterar a distância entre os pontos (relação entre fator e variável). O método mais utilizado e adotado no presente trabalho é denominado Varimax. Ele consiste em um método de rotação ortogonal que minimiza o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, simplificando a interpretação dos fatores (MORAES, 2016).

Diante do exposto, neste estudo, tem-se o seguinte planejamento para a análise estatística multivariada: 1) estruturação da base de dados (realizada na Etapa 3); 2) determinação sobre a técnica de extração e o número dos fatores a serem extraídos; e 3) decisão sobre o tipo de rotação utilizada para os fatores. Com base nos pressupostos descritos por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), considerou-se as seguintes premissas: a técnica de extração é a matriz de

correlação, considerando Análise Fatorial através dos componentes principais e a rotação ortogonal Varimax.

Portanto, nesta pesquisa, foi utilizada a Análise Fatorial (AF) dos componentes principais, por meio da extração de fatores pela matriz de correlação, com objetivo de determinar a quantidade de fatores que melhor representam o padrão de correlação entre as variáveis analisadas, onde a solução ótima é identificar o número mínimo de fatores que maximiza a quantidade de variância total explicada. Com a aplicação dessa técnica foi possível resumir diferentes variáveis em um conjunto reduzido de fatores.

Alguns fatores podem ser vistos claramente, outros, que também contribuem para a variabilidade, muitas vezes não podem ser vistos claramente. Isso reforça a necessidade de usar a Análise Fatorial exploratória, que permitirá avaliar as variáveis por meio de uma matriz de correlação.

Para a realização dessa análise, foi utilizado o programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), um software estatístico que permite a utilização de dados em diversos formatos para gerar relatórios, calcular estatísticas descritivas, conduzir análises estatísticas complexas e elaborar gráficos. A versão mais recente é o SPSS *Statistics 28*.

#### **4.5 ETAPA 05 - Classificação da Segurança Hídrica Municipal**

A partir dos fatores identificados na Etapa 4, por meio da aplicação da ACP com uso do *software* SPSS, foi possível determinar a equação que vai representar o índice de segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe (ISH-C).

Visando uma melhor forma de apresentação dos dados, a segurança hídrica será classificada em função do município. Dessa forma, os resultados foram apresentados para os 42 (quarenta e dois) municípios que estão contemplados na bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

Cabe mencionar que, para uma melhor visualização da distribuição espacial do índice, foram elaborados mapas temáticos referentes à classificação dos municípios quanto ao ISH-C, com o uso do software QGIS 3.28.4.

## 5. RESULTADOS

Este item destina-se a apresentar os resultados da pesquisa, bem como uma breve discussão no âmbito do índice de segurança hídrica da bacia do rio Capibaribe.

### 5.1 Pesquisa e Pré-Seleção de Indicadores

Após a pesquisa da literatura, descrita no item 4.1, foram selecionados 28 indicadores, os quais foram agrupados em 4 dimensões. Essas dimensões foram definidas de modo a abranger todos os componentes do saneamento básico, bem como aspectos ambiental, social e institucional, uma vez que essas dimensões influenciam diretamente na segurança hídrica, conforme detalhado na sequência. Cabe destacar que, ao final da pesquisa, os indicadores poderão ser reagrupados a depender da correlação identificada entre eles.

Na Tabela 19, observam-se os indicadores selecionados no âmbito da dimensão de infraestrutura de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 11 (onze) indicadores, sendo 7 (sete) de abastecimento de água e 4 (quatro) de esgotamento sanitário.

**Tabela 19 - Indicadores da Dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto**

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
A1	População urbana atendida com esgotamento sanitário	População urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	hab.	SNIS (2020)
A2	População total atendida com esgotamento sanitário	População total atendida com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	hab.	SNIS (2020)
A3	População urbana atendida com abastecimento de água	População urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	hab.	SNIS (2020)
A4	População total atendida com abastecimento de água	População total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	hab.	SNIS (2020)
A5	Índice de atendimento total de água	Percentual de atendimento da população total com abastecimento de água.	%	SNIS (2020)
A6	Índice de atendimento urbano de água	Percentual de atendimento da população urbana com abastecimento de água.	%	SNIS (2020)
A7	Índice de coleta de esgoto	Percentual de coleta de esgotamento sanitário.	%	SNIS (2020)

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
A8	Índice de tratamento de esgoto coletado	Volumes de esgoto tratados em relação ao total de esgoto produzido.	%	SNIS (2020)
A9	Consumo médio per capita de água	Representa o consumo médio diário de água por habitante em um município.	l/hab.dia	SNIS (2020)
A10	Densidade de rede de água	Representa a extensão de rede de água por ligação.	m/lig.	SNIS (2020)
A11	Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água	Desempenho quanto ao controle de perdas de água na distribuição.	und.	ANA (2021)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 20, observam-se os indicadores selecionados no âmbito da dimensão hidroambiental, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 11 (onze) indicadores, os quais têm ligação direta com a segurança hídrica.

**Tabela 20 - Indicadores da Dimensão Hidroambiental**

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
H1	Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água	Representa a situação dos mananciais e eficiência da produção de água.	und.	ANA (2021)
H2	Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	Consiste na composição da vulnerabilidade social e vulnerabilidade ecossistêmica (desastres naturais, mudanças climáticas e infraestruturas hídricas) medido na escala municipal.	und.	Moura (2020)
H3	Índice de área verde	Corresponde à quantidade de área verde presente em um município.	%	MAPBIOMAS (2019)
H4	Disponibilidade hídrica superficial	Vazão que está disponível no manancial durante, pelo menos 95% do tempo.	m <sup>3</sup> /s	ANA (2021)
H5	Disponibilidade hídrica subterrânea	Quantidade de água disponível na reserva hídrica de um aquífero.	m <sup>3</sup> /s	ANA (2021)
H6	Índice Integrado de Seca	Representa o monitoramento das secas e seus impactos.	und.	CEMADEN (2022)
H7	Índice de atendimento total de resíduos sólidos	Percentual de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população total.	%	SNIS (2020)
H8	Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos	Percentual de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população urbana.	%	SNIS (2020)

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
H9	Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com pavimentação e meio-fio.	%	SNIS (2020)
H10	Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com redes ou canais pluviais subterrâneos.	%	SNIS (2020)
H11	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais)	Número de captações de drenagem urbana por área de um município.	und/km <sup>2</sup>	SNIS (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, também foi considerada a dimensão Social, pois essa dimensão tem relação direta com a segurança hídrica de um município.

Segundo GWSP (2012), para assegurar uma abordagem sustentável para a gestão da água, não é suficiente documentar os aspectos físicos, químicos e biológicos do ciclo hidrológico e desenvolver opções técnicas para criar um acesso mais equitativo. É preciso compreender as dinâmicas sociais e políticas, bem como as aspirações, crenças e valores que afetam o comportamento humano em relação à utilização dos recursos hídricos.

Na Tabela 21 observa-se os indicadores selecionados nessa dimensão, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 3 (três) indicadores.

**Tabela 21 - Indicadores da Dimensão Social**

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
S1	Índice de Vulnerabilidade Social	Representa o acesso, a ausência ou a insuficiência de capital humano, renda e trabalho em áreas do território brasileiro.	und.	IPEA (2015)
S2	Crescimento Populacional	Projeção populacional a nível municipal (população urbana e rural).	hab.	ANA (2021)
S3	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Representa o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros.	und.	FIRJAN (2016)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, foram selecionados indicadores relacionados à dimensão Institucional. Na Tabela 22, observam-se os indicadores selecionados, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 3 (três) indicadores.

**Tabela 22 - Indicadores da Dimensão Institucional**

<b>CÓD.</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>FONTE</b>
<b>I1</b>	Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos	Relativo à presença de regulamentação sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos.	und.	IBGE (2019)
<b>I2</b>	Legislação sobre saneamento ambiental	Referente à existência de Plano municipal de saneamento básico que contemple todos os componentes do saneamento.	und.	IBGE (2019)
<b>I3</b>	Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021	Percentual de atendimento dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	%	SNIS (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.2 Painel de Especialistas

Os indicadores pré-selecionados foram dispostos em um questionário para avaliação de um painel de especialistas através do método Delphi (Apêndice A). O questionário foi desenvolvido conforme detalhado no item 4.2 da metodologia. Destaca-se que não foi necessário a submissão do questionário ao comitê de ética da Universidade, pois não foram solicitados dados pessoais dos especialistas.

Após a realização da pesquisa aos especialistas, obteve-se um total de 33 respostas ao questionário aplicado. Na sequência são detalhadas as respostas por tipo de empresa ou entidade onde trabalha, formação acadêmica, tempo de atuação na área onde atua e faixa etária.

No que diz respeito à formação acadêmica dos especialistas, observa-se que mais de 50% são formados em Engenharia Civil, conforme observa-se na Tabela 23.

**Tabela 23 - Número de Entrevistados por Formação Acadêmica**

<b>Formação Acadêmica</b>	<b>Número de Entrevistado</b>	<b>Percentual (%)</b>
Administrador de Empresas	1	3,00
Bacharel em Direito	1	3,00
Biologia e Mestre em Saúde Pública	1	3,00
Engenharia Agrícola	2	6,00
Engenharia Ambiental	1	3,00
Engenharia Civil	22	67,00
Engenharia Florestal	1	3,00
Engenharia Química	2	6,00
Engenheiro Agrônomo	1	3,00
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando analisado o tempo de atuação na instituição onde trabalha, observa-se que boa parcela dos especialistas entrevistados são de nível pleno e sêniores, representando 42% da amostra, conforme observa-se na Tabela 24.

**Tabela 24 - Nível de Especialista por Número de Entrevistados**

Nível do Especialista	Tempo de Atuação	Número de Entrevistados	Percentual (%)
Junior	1 a 5	19	58,00
Pleno	5 a 10	3	9,00
Sênior	acima de 10	11	33,00
<b>TOTAL</b>		<b>33</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação a faixa etária dos entrevistados a grande maioria está presente na faixa etária de 25 a 34 anos, representando 56,67% da amostra, conforme observa-se na Tabela 25.

**Tabela 25 - Faixa Etária por Número de Entrevistados**

Faixa Etária	Número de Entrevistado	Percentual (%)
menos de 25	1	3,00
25 a 34 anos	18	55,00
35 a 44 anos	6	18,00
45 a 54 anos	2	6,00
mais de 55	6	18,00
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3 Nível de Consenso e Índice de Validade de Conteúdo

Aplicando a metodologia para cálculo do nível de consenso e índice de validade de conteúdo, observa-se que dos 28 indicadores pré-selecionados para compor o banco de dados, 6 (seis) foram excluídos, pois não atenderam o critério de seleção, na Tabela 26 observa-se o resultado do nível de consenso e índice de validade de conteúdo.

**Tabela 26 - Indicadores Excluídos da Amostra**

Indicadores	Níveis de Importância Atribuído				Critérios		
	Sem importância	Pouco importante	Importante	Muito importante	NC	IVC	Indicador selecionado?
A1	0	1	7	25	Alto	0,97	Sim
A2	1	2	9	21	Alto	0,91	Sim
A3	0	0	5	28	Alto	1,00	Sim
A4	0	1	9	23	Alto	0,97	Sim
A5	0	0	11	22	Alto	1,00	Sim

Indicadores	Níveis de Importância Atribuído				Critérios		
	Sem importância	Pouco importante	Importante	Muito importante	NC	IVC	Indicador selecionado?
A6	0	0	7	26	Alto	1,00	Sim
A7	1	0	7	25	Alto	0,97	Sim
A8	2	2	6	23	Alto	0,88	Sim
A9	1	3	14	15	Alto	0,88	Sim
A10	1	3	17	12	Alto	0,88	Sim
A11	1	1	15	16	Alto	0,94	Sim
H1	1	3	7	21	Alto	0,88	Sim
H2	0	4	9	19	Alto	0,88	Sim
H3	0	5	14	13	Alto	0,84	Não
H4	0	4	13	15	Alto	0,88	Sim
H5	0	4	11	17	Alto	0,88	Sim
H6	1	2	12	17	Alto	0,91	Sim
H7	1	4	11	16	Alto	0,84	Não
H8	1	4	9	18	Alto	0,84	Não
H9	0	8	13	11	Médio	0,75	Não
H10	0	5	16	11	Alto	0,84	Não
H11	1	4	19	8	Alto	0,84	Não
S1	2	2	13	16	Alto	0,88	Sim
S2	1	3	11	18	Alto	0,88	Sim
S3	2	2	13	16	Alto	0,88	Sim
I1	1	1	19	12	Alto	0,94	Sim
I2	1	0	12	20	Alto	0,97	Sim
I3	1	1	9	22	Alto	0,94	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.4 Banco de Dados

Com base nos resultados apresentados no item 4.3, foi estruturado com o apoio do *software* Excel e SPSS um banco de dados contendo todos os indicadores selecionados, organizados cada um em sua devida dimensão. Com a boa estruturação do banco de dados, o SPSS realiza cálculos estatísticos e gera, de forma rápida, informações para a tomada de decisão, apresentando resultados com alta qualidade de tabulação, bem como a geração de gráficos. Na Figura 24 observa-se a tela do SPSS onde está cadastrado todo o banco de dados. Também foi elaborado um dicionário de dados no SPSS, visando facilitar o entendimento dos dados selecionados. Na Figura 25 apresenta-se a tela do SPSS com o dicionário de dados. O banco de dados detalhado elaborado no Excel, pode ser observado no Apêndice C.

Figura 24 - Tela do Software SPSS com o Banco de Dados Cadastrado

48 : FAC1_1																							Visível: 37 de 37 variáveis	
	CD_MUN	NM_MUN	UF	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7			
1	2601706	Belo Jardim	PE	61849	76930	61849	76930	100,00	100,00	81,20	,00	122,10	8,20	A2	Alta	Média	62	,70	0	5,00	80			
2	2601904	Bezerros	PE	40778	48097	51683	60960	94,74	100,00	78,90	,00	81,90	9,40	B	Média	Alta	28	,36	0	5,00	100			
3	2602209	Bom Jardim	PE	16084	40038	16084	40038	65,89	100,00	14,66	,00	66,00	10,80	B	Média	Alta	16	1,55	0	5,00	65			
4	2602605	Brejo da Madre de Deus	PE	40190	51696	40190	51696	56,75	73,00	100,00	,00	62,40	10,30	A2	Mínima	Alta	62	1,27	0	5,00	87			
5	2603454	Camaragibe	PE	159945	159945	159945	159945	79,37	79,40	2,09	100,00	86,50	9,30	D	Média	Alta	35	,00	0	6,00	100			
6	2604007	Carpina	PE	2540	2639	81944	85131	99,69	100,00	3,10	,00	73,30	8,00	B	Mínima	Média	1	,00	0	4,00	100			
7	2604106	Caruaru	PE	327915	369343	327915	369343	100,00	100,00	47,79	100,00	120,20	8,70	A2	Alta	Média	30	,63	0	4,00	100			
8	2604155	Casinhas	PE	1782	14395	1782	14395	22,31	100,00	100,00	,00	64,30	11,00	C	Baixa	Muito Alta	12	,11	0	5,00	50			
9	2604403	Chã de Alegria	PE	1694	2196	10519	13641	70,07	90,90	16,10	,00	55,40	8,10	A2	Mínima	Muito Alta	3	2,60	0	6,00	78			
10	2604502	Chã Grande	PE	14910	21929	14910	21929	66,60	98,00	53,54	33,33	63,40	7,80	A2	Mínima	Alta	10	,01	0	5,00	86			
11	2604908	Cumaru	PE	1466	3133	4442	9494	78,50	100,00	33,00	,00	72,90	9,40	A2	Baixa	Muito Alta	26	4,29	0	5,00	78			
12	2605400	Feira Nova	PE	3334	4204	17732	22360	93,96	100,00	18,80	,00	60,70	7,90	A2	Alta	Alta	1	1,70	0	5,00	78			
13	2605806	Frei Miguelinho	PE	1442	6081	3707	15633	44,39	100,00	38,90	,00	37,30	11,80	B	Baixa	Alta	12	4,23	0	4,00	58			
14	2606101	Glória do Goitá	PE	9893	18601	16406	30847	62,26	100,00	60,30	,00	81,20	10,70	C	Média	Alta	5	,00	0	5,00	78			
15	2606408	Gravatá	PE	76301	85309	76301	85309	100,00	100,00	2,93	100,00	137,80	10,70	B	Média	Alta	28	,00	0	5,00	88			
16	2608008	Jataúba	PE	6912	11906	10047	17305	20,12	34,70	68,80	,00	62,90	18,70	B	Alta	Muito Alta	64	,86	0	5,00	58			
17	2608107	João Alfredo	PE	16401	33570	16401	33570	63,21	100,00	74,09	,00	61,20	9,40	C	Média	Alta	20	,23	0	5,00	49			
18	2608453	Lagoa do Carro	PE	455	627	13392	18429	64,90	89,30	3,40	,00	57,30	10,70	B	Alta	Alta	1	1,70	0	4,00	99			
19	2608503	Lagoa de Itaenga	PE	2475	2987	17807	21490	82,29	99,30	13,90	,00	55,80	7,90	A2	Máxima	Alta	1	1,70	0	5,00	84			
20	2608909	Limoeiro	PE	17646	21954	45131	56149	90,01	100,00	39,10	,00	82,30	8,50	B	Média	Média	5	1,80	0	4,00	100			
21	2609402	Moreno	PE	56480	63792	56480	63792	79,86	90,20	30,28	100,00	63,60	8,40	B	Mínima	Muito Alta	21	2,67	0	6,00	89			
22	2610509	Passira	PE	984	2020	14056	28856	62,19	100,00	7,00	,00	54,40	7,80	A2	Baixa	Alta	18	,24	0	5,00	60			
23	2610608	Paudalho	PE	7465	10552	40569	57346	72,88	100,00	18,40	,00	65,60	9,50	B	Mínima	Muito Alta	24	4,80	0	6,00	78			
24	2610905	Pesqueira	PE	48809	68067	48809	68067	67,08	93,60	100,00	11,00	103,40	8,60	A2	Média	Alta	59	,31	0	5,00	80			
25	2611200	Poção	PE	7029	11308	7029	11308	59,09	95,10	100,00	,00	4,80	8,60	A2	Máxima	Muito Alta	58	,32	0	5,00	80			
26	2611309	Pombos	PE	12952	19451	18114	27204	82,75	100,00	71,50	,00	76,30	7,80	A2	Mínima	Alta	8	,06	0	5,00	66			
27	2611606	Recife	PE	1661017	1661017	1661017	1661017	96,43	96,40	75,30	99,74	120,00	10,00	D	Baixa	Média	25	2,28	0	5,00	100			
28	2611705	Riacho das Almas	PE	9485	20744	9485	20744	58,89	100,00	100,00	,00	80,10	13,30	B	Baixa	Alta	23	4,23	0	4,00	70			
29	2612109	Salgadinho	PE	144	437	3687	11214	33,93	100,00	3,90	,00	50,00	7,60	A2	Média	Muito Alta	27	,23	0	5,00	78			
30	2612406	Sanharó	PE	10448	18351	15548	27308	79,18	100,00	67,20	,00	67,20	9,60	A2	Alta	Alta	42	,00	0	5,00	77			
31	2612505	Santa Cruz do Capibaribe	PE	109274	111812	109274	111812	69,27	70,90	100,00	100,00	61,30	8,20	B	Máxima	Média	58	,87	0	4,00	85			
32	2612703	Santa Maria do Cambucá	PE	1760	6997	3599	14308	55,01	100,00	48,90	,00	50,80	19,60	A2	Baixa	Alta	14	,00	0	4,00	59			
33	2613107	São Caitano	PE	18044	23505	28779	37488	81,77	100,00	62,70	,00	42,20	9,00	B	Alta	Alta	28	,00	0	5,00	85			
34	2613701	São Lourenço da Mata	PE	108078	114910	108078	114910	85,88	91,30	37,75	100,00	74,90	9,70	D	Alta	Muito Alta	23	5,72	0	5,00	70			
35	2614501	Surubim	PE	49813	66192	49813	66192	100,00	100,00	15,10	100,00	67,50	7,80	A2	Baixa	Média	10	4,64	0	5,00	91			
36	2614709	Tacaimbó	PE	7151	12843	7151	12843	81,62	100,00	60,51	100,00	73,60	14,20	A2	Alta	Alta	39	,00	0	5,00	78			
37	2615003	Taquaritinga do Norte	PE	10267	14235	21256	29472	45,60	63,20	48,30	2,00	54,30	10,10	A2	Máxima	Média	49	,41	0	4,00	94			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

Figura 25 - Tela do Software SPSS com o Dicionário de Dados

	Nome	Tipo	Largura	Decimais	Rótulo	Valores	Ausente	Colunas	Alinhar	Medir	Função
1	CD_MUN	Númérico	7	0	Código do Município (BGE)	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
2	NM_MUN	Sequência	50	0	Nome do Município	Nenhum	Nenhum	17	Esquerdo	Nominal	Entrada
3	UF	Sequência	50	0	Estado	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Nominal	Entrada
4	A1	Númérico	8	0	População urbana atendida com esgotamento sanitário	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
5	A2	Númérico	8	0	População total atendida com esgotamento sanitário	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
6	A3	Númérico	8	0	População urbana atendida com abastecimento de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
7	A4	Númérico	8	0	População total atendida com abastecimento de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
8	A5	Númérico	8	2	Índice de atendimento total de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
9	A6	Númérico	8	2	Índice de atendimento urbano de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
10	A7	Númérico	8	2	Índice de coleta de esgoto	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
11	A8	Númérico	8	2	Índice de tratamento de esgoto coletado	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
12	A9	Númérico	8	2	Consumo médio per capita de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
13	A10	Númérico	8	2	Densidade de rede de água	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
14	A11	Númérico	8	0	Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água	{1, A2}...	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
15	H1	Númérico	8	0	Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água	{1, Máxima}...	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
16	H2	Númérico	8	0	Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	{1, Muito Alt}...	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
17	H3	Númérico	8	0	Índice de área verde	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
18	H4	Númérico	8	2	Disponibilidade hídrica superficial	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
19	H5	Númérico	8	0	Disponibilidade hídrica subterrânea	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
20	H6	Númérico	8	2	Índice Integrado de Seca	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
21	H7	Númérico	8	0	Índice de atendimento total de resíduos sólidos	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
22	H9	Númérico	8	2	Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
23	H8	Númérico	8	0	Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
24	H10	Númérico	8	0	Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais)	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
25	H11	Númérico	8	2	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais)	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
26	S1	Númérico	8	0	Índice de Vulnerabilidade Social	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
27	S2	Númérico	8	0	Taxa de Crescimento Populacional	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
28	S3	Númérico	8	2	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
29	I1	Númérico	8	2	Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos	{1,00, Sim}...	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
30	I2	Númérico	8	0	Legislação sobre saneamento ambiental	{1, Sim}...	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
31	I3	Númérico	8	2	Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021	Nenhum	Nenhum	8	Centro	Escala	Entrada
32	FAC1_1	Númérico	11	5	BART factor score 1 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
33	FAC2_1	Númérico	11	5	BART factor score 2 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
34	FAC3_1	Númérico	11	5	BART factor score 3 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
35	FAC4_1	Númérico	11	5	BART factor score 4 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
36	FAC5_1	Númérico	11	5	BART factor score 5 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
37	FAC6_1	Númérico	11	5	BART factor score 6 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada
38	FAC7_1	Númérico	11	5	BART factor score 7 for analysis 1	Nenhum	Nenhum	13	Direito	Escala	Entrada

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

## 5.5 Análise Fatorial da Segurança Hídrica

Conforme descrito nas etapas anteriores, para a aplicação da Análise Fatorial, neste estudo, foram selecionados indicadores, que são variáveis adequadas ao âmbito da segurança hídrica. O processo de determinação das variáveis baseou-se nos estudos realizados sobre indicadores e na definição de um conceito mensurável de segurança hídrica. O processo de exclusão e inclusão de uma ou mais variáveis se deu a partir da coleta de indicadores relacionados à segurança hídrica e da aplicação do questionário aos especialistas. Após a realização de testes de adequabilidade dessas variáveis por meio do SPSS, os resultados demonstraram a viabilidade desta pesquisa considerando o universo de 22 variáveis adequadas para o presente estudo.

De forma a garantir uma técnica adequada para o conjunto de dados propostos neste estudo, foram realizados os seguintes testes: *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e *Bartlett*, conforme observa-se na Tabela 27. No Apêndice B pode ser observado a memória de cálculo da modelagem realizada no software SPSS.

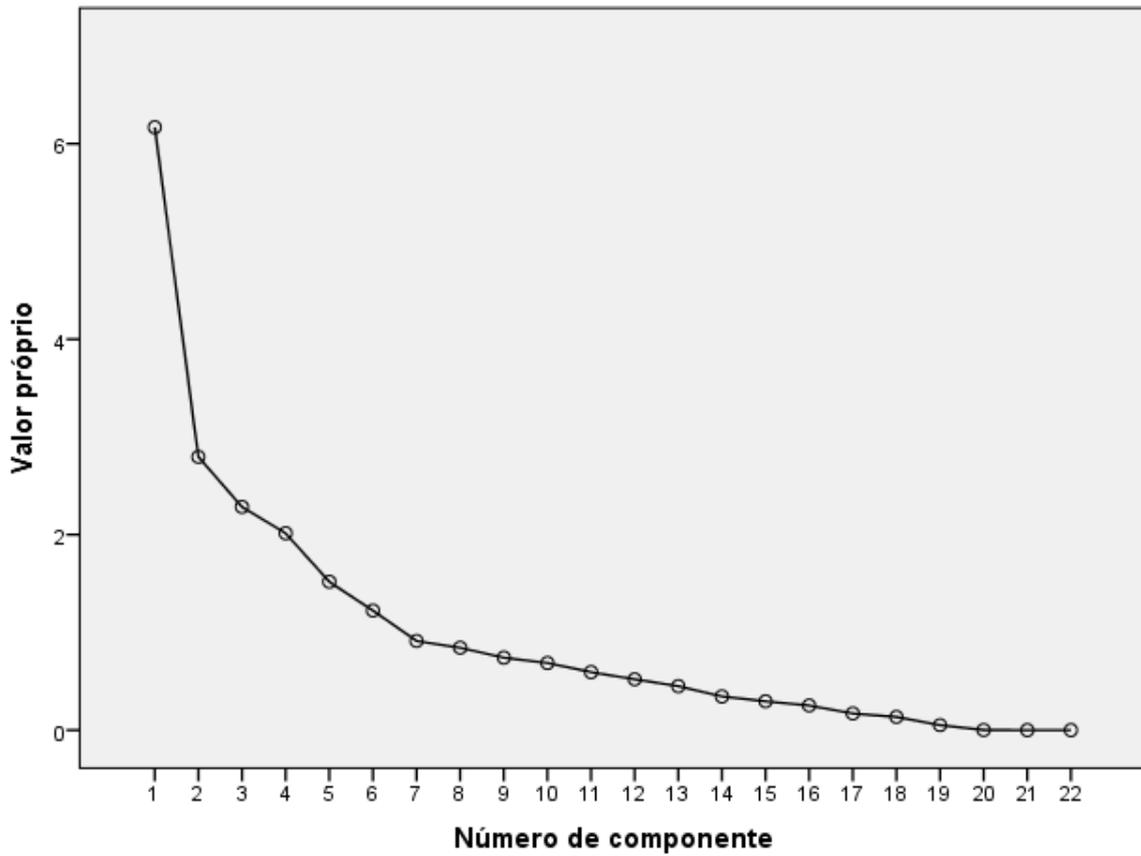
**Tabela 27 - Teste de KMO e Bartlett**

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem		0,514
Teste de esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado aprox.	1144,406
	df	231
	Sig.	<0,001

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

Conforme os resultados obtidos, observa-se que o KMO = 0,514 e o Valor Significância apresentaram valores próximos a zero para o teste de Bartlett. Sendo assim, os resultados obtidos nos testes permitem validar os dados para a aplicação da Análise Fatorial.

Depois da rodada dos dados no SPSS foi possível identificar seis componentes principais os quais atendem ao critério de Kaiser, considerando que o autovalor deve ser maior que 1, conforme observa-se na Figura 26.

**Figura 26 - ScreePlot (Gráfico de Sedimentação)**

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

A Figura 26 demonstra os seis componentes principais que possuem o autovalor maior que 1. É possível constatar que quando se realiza a aplicação por componentes principais, os três primeiros fatores apresentados permitem explicar mais de 50% da variabilidade dos dados (Tabela 28).

Neste estudo, o primeiro fator extraído explica um pouco mais de 28% da variância total dos dados, sendo que cumulativamente os seis fatores explicam cerca de 72% da variância (Tabela 28).

**Tabela 28 - Variância Total Explicada pelos Seis Fatores Selecionados**

Componente	Valores Próprios Iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de Variância	% Cumulativa	Total	% de Variância	% Cumulativa	Total	% de Variância	% Cumulativa
1	6,169	28,039	28,039	6,169	28,039	28,039	5,193	23,604	23,604
2	2,796	12,708	40,747	2,796	12,708	40,747	2,616	11,891	35,495
3	2,284	10,383	51,130	2,284	10,383	51,130	2,388	10,855	46,349
4	2,015	9,157	60,287	2,015	9,157	60,287	2,130	9,683	56,033
5	1,518	6,902	67,189	1,518	6,902	67,189	1,860	8,455	64,488
6	1,223	5,560	72,749	1,223	5,560	72,749	1,818	8,262	72,749
7	0,912	4,146	76,895						
8	0,843	3,830	80,725						
9	0,742	3,372	84,097						
10	0,687	3,121	87,218						
11	0,594	2,698	89,916						
12	0,520	2,364	92,281						
13	0,450	2,045	94,325						
14	0,344	1,565	95,890						
15	0,295	1,340	97,230						
16	0,252	1,144	98,374						
17	0,170	0,774	99,148						
18	0,135	0,614	99,763						
19	0,051	0,231	99,994						
20	0,001	0,005	99,999						
21	0,000	0,001	100,000						
22	1,371E-005	6,233E-005	100,000						

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

A metodologia mostra-se adequada para ilustrar de forma satisfatória o conjunto de dados selecionados, conforme os resultados obtidos, com uma variância total explicada de 72,749%, uma variância total explicada acima de 60% já é bastante aceitável.

A fim de evidenciar a composição de cada um dos seis fatores, foi realizada a rotação ortogonal dos fatores, a partir do método Varimax, conforme já descrito na metodologia. O método Varimax, que é um dos mais populares métodos de rotação fatorial ortogonal, pois concentra-se em simplificar as colunas em uma matriz fatorial. Na Tabela 29, observa-se os resultados obtidos após a rotação pelo método Varimax.

**Tabela 29 - Matriz de Componente Rotativa (Carga Fatorial dos Fatores Rotacionados)**

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
A1	<b>,983</b>	,055	,073	-,039	,011	-,007
A2	<b>,982</b>	,064	,080	-,050	,016	-,005
A3	<b>,982</b>	,060	,085	-,029	-,001	-,001
A4	<b>,981</b>	,069	,091	-,039	-,001	,003
A11	<b>,527</b>	-,206	-,148	-,066	,254	,289
S3	<b>,461</b>	,357	,430	-,215	-,077	,144
H2	,251	<b>,792</b>	,242	-,027	,069	-,011
H6	,057	<b>-,788</b>	,226	-,269	,020	,038
S1	-,538	<b>-,565</b>	-,252	-,170	-,423	,087
H5	-,001	<b>,541</b>	,209	-,233	,239	,262
H1	,099	<b>-,455</b>	,088	,256	-,379	,339
A10	,016	,122	<b>-,838</b>	-,050	-,033	,164
A5	,208	,228	<b>,787</b>	-,107	-,024	,198
A9	,413	,183	<b>,434</b>	-,034	,167	,320
I2	,095	,040	-,061	<b>,921</b>	-,001	,082
I1	-,236	-,044	-,014	<b>,877</b>	,008	,052
S2	,011	,239	,162	,083	<b>,787</b>	-,051
A6	-,022	,034	,466	-,022	<b>-,660</b>	,115
A8	,392	-,012	,319	-,179	<b>,501</b>	,419
I3	,093	,227	-,103	,174	,032	<b>,832</b>
A7	,168	,220	-,246	-,001	,242	<b>-,554</b>
H4	,094	-,319	-,003	-,386	-,096	<b>,389</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SPSS.

Método de extração: Análise do Componente principal

Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser

Rotação convergida em 7 iterações

Após análise, extração e organização dos componentes principais, para melhor visualização, é apresentada na sequência uma análise detalhada de cada um dos fatores no contexto da segurança hídrica dos municípios da bacia do rio Capibaribe.

Na Tabela 29, pode se observar as cargas fatoriais por variável. Destacam-se as variáveis A1 (População urbana atendida com esgotamento sanitário) possui uma carga fatorial de 0,983, isso explica que essa variável possui uma grande correlação positiva com o Fator 1. Com isso pode-se dizer que, para os municípios estudados da bacia, onde o Fator 1 é predominante, a realidade é de que a quantidade de população atendida com o esgoto sanitário possui alta relação com a segurança hídrica local. O mesmo ocorre para as variáveis A2, A3 e A4, o que explica a boa segurança hídrica quando se tem um alto número de população atendida com esgotamento sanitário e abastecimento de água, tanto para a total quanto para a urbana.

As variáveis relacionadas ao Fator 1 estão principalmente ligadas a dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto. Cabe mencionar que bons resultados de segurança hídrica ocorrem com adequado atendimento de esgotamento sanitário, relevantes à saúde do meio ambiente e de população atendida com água, o que reforça a importância da água para a manutenção da saúde e desenvolvimento de atividades básicas para a subsistência, que pode gerar economia aos gastos públicos com saúde provenientes da água. Com isso, constata-se que o Fator 1 está relacionado com o atendimento de água e esgoto, e, conseqüentemente contribui positivamente com a segurança hídrica.

Com isso, conclui-se que o Fator 1 demonstra os municípios que possuem níveis adequados de segurança hídrica da dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto, sendo possível identificar que esse fator é o mais representativo quando se trata de segurança hídrica.

O Fator 2 está correlacionado com as variáveis H2 (Índice de Vulnerabilidade Hídrica) e H5 (Disponibilidade hídrica subterrânea). Logo, resultados mais positivos referentes ao índice de vulnerabilidade hídrica, ou seja, classificação de baixa vulnerabilidade e maior disponibilidade hídrica no manancial subterrâneo refletem em uma maior segurança hídrica ao município. Este é um Fator passível de ser mensurado, porém com alguns desafios para ser monitorado. Portanto, o Fator 2 está relacionado com a dimensão hidroambiental e correlaciona-se positivamente com a segurança hídrica.

Já o Fator 3 está correlacionado também com questões de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto, pois está representado pela seguinte variável: A5 (Índice de atendimento total de água) e A9 (Consumo médio per capita de água). Os resultados revelam uma boa carga fatorial positiva para essas variáveis, demonstrando que os municípios que têm o Fator 3 como predominante possuem bom atendimento no âmbito da infraestrutura de água. Com isso, conclui-se que municípios com destaque no Fator 3 também possuem níveis adequados de segurança hídrica.

O Fator 4 está correlacionado com questões institucionais, pois estão representados pelas seguintes variáveis: I1 (Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos) e I2 (Legislação sobre saneamento ambiental). Os resultados revelam uma boa carga fatorial para essas variáveis, demonstrando que os municípios que têm o Fator 4 como predominante possuem bom

atendimento no âmbito das normas e padrões institucionais, e conseqüentemente, relacionam-se positivamente com a segurança hídrica.

No Fator 5, é explicada a correlação com as variáveis A6 (Índice de atendimento urbano de água), A8 (Índice de tratamento de esgoto coletado) e S2 (Taxa de Crescimento Populacional), tendo boa carga fatorial entre as variáveis.

Deve-se levar em consideração que com o aumento da taxa de crescimento da população, os índices de atendimento com água e esgoto são prejudicados, sendo assim afetando negativamente a segurança hídrica.

Observa-se ainda que o aumento populacional, tende a refletir em uma maior sobrecarga no sistema existente. Porém, o avanço de ambos não segue o mesmo compasso temporal. A população cresce em maior velocidade que a cobertura dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

Dessa forma, enquanto o índice de tratamento de esgoto coletado tem uma relação negativa com o Fator 5, o crescimento populacional tem uma relação positiva. Percebe-se ainda que esse fator está negativamente correlacionado com a segurança hídrica e associado à dimensão social.

Por fim, o Fator 6, está fortemente relacionado com a dimensão Institucional I3 (Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021), intimamente relacionadas aos padrões de qualidade de água, de modo que, resultados positivos dessa variável, refletem em uma maior segurança hídrica. Cabe ainda mencionar que maior número de domicílios sujeitos a doenças de veiculação hídrica, afetam a segurança hídrica, considerando que essas variáveis estão diretamente relacionadas às questões institucionais e sociais. Assim, o Fator 6 contribui positivamente para a segurança hídrica.

## **5.6 Classificação da Segurança Hídrica**

Partindo dos fatores identificados pela aplicação da ACP com uso do *Software* SPSS, foi possível determinar a equação modelo para o Índice de Segurança Hídrica na bacia do rio Capibaribe (ISH-C). Destaca-se que o ISH-C foi calculado para cada um dos municípios pertencentes a bacia em estudo. Na sequência observa-se a Equação (5.1).

$$\text{ISHC} = 23,604 \times F1 + 11,891 \times F2 + 10,855 \times F3 + 9,683 \times F4 - 8,455 \times F5 + 8,262 \times F6 \quad (5.1)$$

Sendo:

- F1 - Resultado do Fator 1 para o município;
- F2 - Resultado do Fator 2 para o município;
- F3 - Resultado do Fator 3 para o município;
- F4 - Resultado do Fator 4 para o município;
- F5 - Resultado do Fator 5 para o município;
- F6 - Resultado do Fator 6 para o município.

Visando uma melhor visualização dos dados, para a classificação final da segurança hídrica na bacia, foi realizada um agrupamento conforme observa-se na Tabela 30.

**Tabela 30 - Tipologia da Segurança Hídrica**

<b>Indicador de Segurança Hídrica Calculado</b>	<b>Classificação</b>
> 100	Máxima
Entre 50 e 100	Alta
Entre 0 e 50	Média
Entre -30 e 0	Baixa
< -30	Mínima

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como resultado obteve-se a classificação da segurança hídrica para cada município que se encontra dentro dos limites da bacia, conforme observa-se na Tabela 31.

**Tabela 31 - Resumo da Classificação da Segurança Hídrica por Município**

<b>Classificação</b>	<b>Quant. Município</b>	<b>%</b>
Máxima	1	2,38
Alta	0	0,00
Média	18	42,86
Baixa	19	45,24
Mínima	4	9,52
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o diagnóstico da segurança hídrica dos municípios quanto à avaliação realizada neste trabalho, observa-se que dos 42 municípios (100%), mais de 95% possuem alguma fragilidade na Segurança Hídrica, dos quais 9,52% foram classificados como “Mínima”, 45,24% como “Baixa” e 42,86% como “Média”. O resultado detalhado por município e sua classificação, são apresentados na Tabela 32.

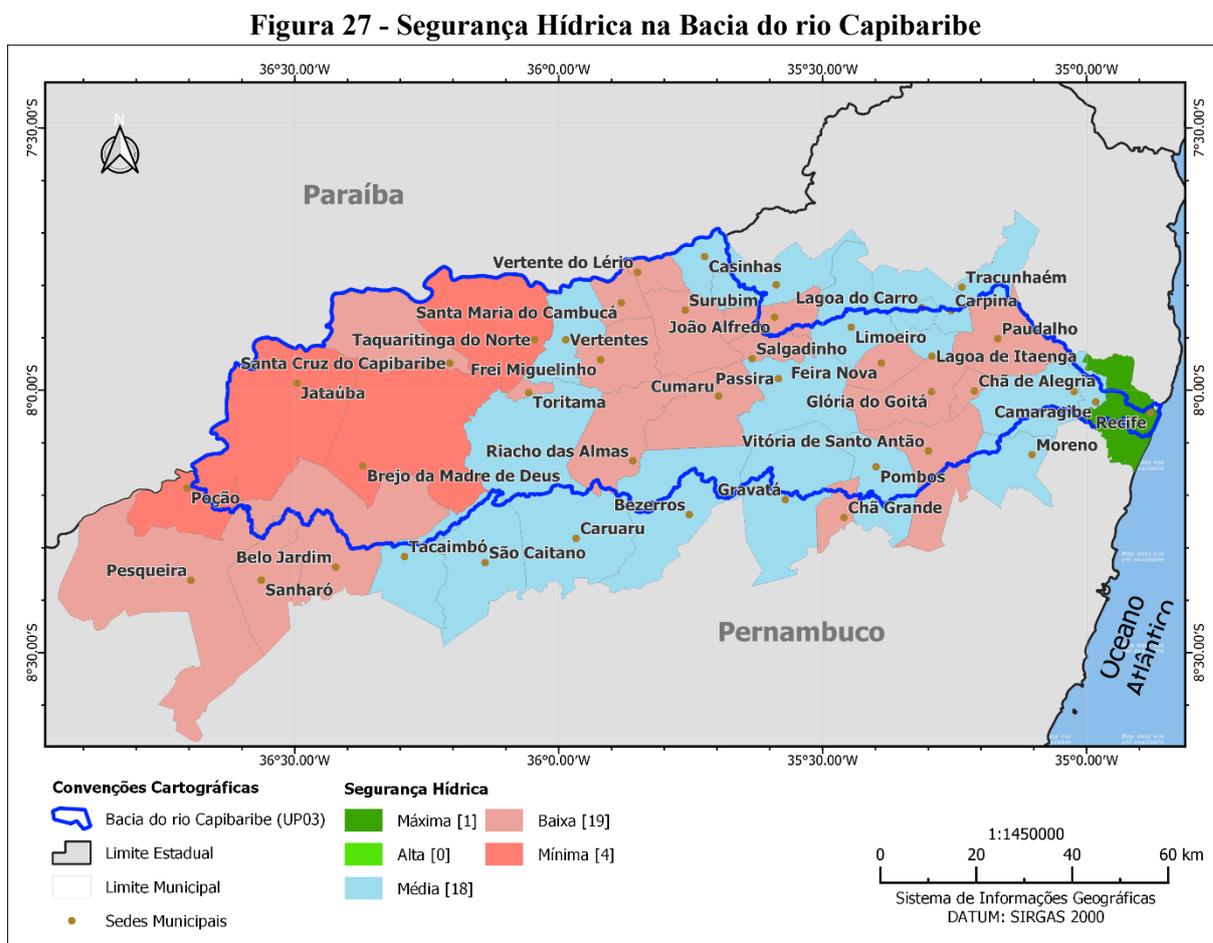
**Tabela 32 - Resultado por Município**

<b>Município</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>ISH-C</b>	<b>Classif.</b>
Recife	6,1132	-0,0665	-0,0916	0,2327	-0,6746	-0,3722	147,39	Máxima
Caruaru	0,5034	2,7037	1,6001	-1,4684	0,9575	0,6291	44,29	Média
Santa Cruz do Capibaribe	-0,1536	0,8073	1,0927	1,2354	-0,4969	0,4453	37,68	Média
Gravatá	0,0055	1,1643	0,7029	0,4782	-1,2529	-0,1014	35,99	Média
Carpina	-0,0959	-0,5472	0,6415	2,7844	-0,6036	0,2465	32,29	Média
Toritama	-0,1704	0,2268	1,1428	0,5126	0,8926	1,6922	22,48	Média
Tracunhaém	-0,4065	0,0116	0,3701	0,8063	-0,9791	0,4244	14,15	Média
Vitória de Santo Antão	-0,0012	1,0847	1,1976	-1,0223	-0,5864	-0,8328	14,05	Média
Limoeiro	-0,1921	-0,1868	0,8495	1,0333	-0,6206	-0,5982	12,78	Média
Camaragibe	-0,1693	0,4316	0,6739	0,3921	-0,1322	-0,1092	12,46	Média
Bezerras	-0,3275	0,2468	0,7660	0,2533	-1,0352	-0,2971	12,27	Média
Tacaimbó	0,3235	-0,2079	0,7335	-0,8457	0,4817	1,1179	10,10	Média
Vertentes	-0,2951	0,4911	-0,3377	0,8812	-0,2196	0,4782	9,55	Média
Belo Jardim	-0,2698	0,5558	-0,5791	0,6499	-0,1384	0,6505	6,79	Média
Lagoa de Itaenga	-0,2231	0,0911	1,4046	-1,3489	0,0360	0,7533	3,92	Média
Surubim	-0,3181	-0,4926	0,4218	1,1956	0,0543	0,0869	3,05	Média
Moreno	-0,3036	0,4943	-0,2802	0,3458	0,2584	0,7364	2,92	Média
Chã Grande	-0,1387	0,5804	-1,2566	0,3793	-0,1872	0,8871	2,57	Média
Pombos	-0,0996	1,7201	-0,4541	1,1104	1,1531	-1,4259	2,40	Média
Riacho das Almas	0,0765	1,2656	0,0213	0,5738	2,5337	-0,1638	-0,14	Baixa
Sanharó	-0,1564	-0,0694	-0,4411	-0,2162	-0,6340	0,6535	-0,64	Baixa
São Lourenço da Mata	-0,2159	-0,0984	-1,4272	0,5281	-1,7774	-0,0868	-2,33	Baixa
Passira	-0,3164	-0,5891	-0,2809	-1,4872	-2,2011	0,7168	-7,39	Baixa
Lagoa do Carro	-0,5912	-0,1269	0,8936	-0,2854	-0,3842	-0,3009	-7,77	Baixa
Brejo da Madre de Deus	0,2359	-0,7775	-1,2418	0,6989	-0,5569	-0,3041	-8,19	Baixa
Pesqueira	-0,1752	1,1660	-2,2825	-0,9963	-1,4972	0,3854	-8,85	Baixa
Taquaritinga do Norte	-0,4601	-0,0847	0,3071	0,9769	0,7343	-0,6873	-10,96	Baixa
Bom Jardim	-0,0111	-0,0189	-0,4948	-0,9709	-0,4242	-0,1065	-12,55	Baixa
Salgadinho	-0,4349	0,6349	0,0281	-1,1815	-0,0939	-0,0693	-13,63	Baixa
São Caitano	-0,4464	-0,8098	0,0839	1,0530	0,2097	-0,3644	-13,84	Baixa
Feira Nova	-0,3896	0,1052	-1,4711	-0,4038	-0,8418	0,7517	-14,50	Baixa
Casinhas	-0,0557	-0,1588	0,7370	-0,0606	0,3617	-1,9439	-14,91	Baixa
João Alfredo	0,0153	-2,1650	0,9017	0,6335	1,2129	0,5717	-14,99	Baixa
Jataúba	0,5383	-1,3810	0,3220	-0,8774	1,7203	0,7515	-17,05	Baixa
Glória do Goitá	-0,2913	-1,7989	0,3685	-0,5996	-0,2540	1,0866	-18,95	Baixa
Paudalho	-0,0911	-0,6426	-0,5785	0,8563	0,6676	-0,6927	-19,15	Baixa
Frei Miguelinho	-0,0253	-0,1956	-0,1814	-0,8773	0,1412	-0,6840	-20,23	Baixa
Santa Maria do Cambucá	0,2606	-1,2246	-0,2175	-1,6320	1,3594	1,6091	-24,77	Baixa
Vertente do Lério	-0,5572	1,6378	-1,0575	-1,2158	1,1141	-0,6091	-31,38	Mínima
Cumarú	-0,4401	-2,1298	0,5521	-1,1549	-0,4714	-0,6510	-42,30	Mínima
Chã de Alegria	0,0800	-0,6200	-3,2954	0,3550	2,1749	-0,0928	-56,97	Mínima
Poção	-0,3299	-1,0270	0,1567	-1,3216	-0,0007	-4,1806	-65,63	Mínima

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 27, pode-se observar a espacialização da Segurança Hídrica nos limites da bacia hidrográfica do Capibaribe, onde observa-se que em sua maioria a classificação da Segurança Hídrica é Baixa e Média, retratando assim a aderência das análises realizadas neste trabalho. O mapa em maior escala é apresentado no Apêndice C desse trabalho.

As áreas críticas na bacia são basicamente regiões que não tem grande potencial de armazenamento de água, tem baixos índices de atendimento com água e esgotamento sanitário como por exemplo no Agreste, região esta que vem sofrendo escassez nos recursos hídricos, e não há investimentos para ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário existentes, envolvendo todas as dimensões apresentadas neste trabalho, sendo elas: Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto, Hidroambiental, Social e Institucional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a intenção de entender e avaliar os fenômenos que interferem na segurança hídrica, se desenvolveu o presente estudo, que teve como objetivo geral analisar a segurança hídrica dos municípios contemplados na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, no âmbito da sustentabilidade e gestão sustentável da água, bem como definir um índice de segurança hídrica da bacia (ISH-C).

Sabe-se que a grande maioria dos indicadores de sustentabilidade hídrica são limitados pela problemática da oferta de água. Apesar da reconhecida importância da quantidade e qualidade da água para a determinação da segurança hídrica, deve-se também trazer visibilidade a outros fatores importantes nessa mensuração, tal como a dinâmica social da água.

Dessa forma, a construção do índice de segurança hídrica da bacia do rio Capibaribe, é fundamental no sentido de produzir parâmetros importantes para avaliação do nível de segurança hídrica dos municípios, bem como proporcionar a tomada de decisão no planejamento da gestão da água.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que Recife é o município de maior segurança hídrica na área de estudo, isso se justifica pelo melhor resultado na dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto, decorrente da maior quantidade de população total e urbana atendida com o esgoto sanitário e abastecimento de água. Além disso o município é abastecido por sistemas integrados que tem seus mananciais em outros municípios da região metropolitana do Recife, contribuindo também para a máxima segurança hídrica. Outra questão a se destacar, é a existência de captações subterrâneas para atendimento da população do Recife, os demais 41 municípios da bacia são atendidos exclusivamente por mananciais superficiais. Tais questões corroboram com o resultado da segurança hídrica máxima para a capital do Estado.

Por outro lado, para os municípios ao leste da bacia, a segurança hídrica é apontada como baixa e mínima. Esse resultado é aderente à realidade desses municípios, visto que essa região apresenta baixos índices de atendimento de água e esgoto, bem como baixos índices pluviométricos, afetando os resultados, principalmente, nas dimensões de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto e Hidroambiental.

Além disso, mais ao centro da bacia, tem-se a maioria dos municípios classificados como média vulnerabilidade, mesmo sendo uma região carente no quesito armazenamento de água. Esse resultado pode ser explicado em virtude da presença do atendimento desses municípios por sistemas de abastecimento integrados de abastecimento de água, afetando a dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto, e refletindo em uma melhoria na segurança hídrica.

Ante o exposto, observa-se aqui que, os resultados esperados deste estudo não encerram o debate sobre segurança hídrica, mas trazem evidências e subsídios que podem contribuir para elaboração de ações e políticas públicas mais próximas à realidade de cada município. Este estudo fica limitado ao período estudado, e na restrição de informações de outros indicadores a nível municipal.

Nesse contexto, espera-se que a mensuração proposta através desse índice seja um importante instrumento de apoio para contribuir com o planejamento e a gestão pública, dando a possibilidade de definir as prioridades, formulação, avaliação e monitoramento das políticas públicas. Através do diagnóstico dos municípios, é possível direcionar e alertar ao poder público, bem como a sociedade, sobre a necessidade de investimento e manutenção dos recursos para a garantia da segurança hídrica.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação da análise de segurança hídrica em outras bacias hidrográficas e regiões de interesse. Visando atender a esse objetivo, cabe mencionar que a partir dos indicadores já selecionados nesta pesquisa, através das consultas aos especialistas, é possível obter uma nova equação, aderente à realidade da nova região de estudo. Para isso, necessita-se da estruturação do banco de dados de indicadores para essa nova área. Cabe mencionar que as fontes de informações para essa estruturação são as bases de dados públicos disponibilizados no âmbito nacional. A consistência das informações divulgadas determina um bom resultado do modelo. Através da integração de diferentes índices existentes associados com dimensões distintas (infraestrutura de abastecimento de água e esgoto, social, hidroambiental e institucional) é possível mensurar e identificar a situação de diversas regiões.

Por fim, sugere-se que periodicamente através do mesmo índice, uma mesma área de estudo seja analisada, permitindo o monitoramento os avanços e das ações realizadas no âmbito da segurança hídrica.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ian Rocha de. **Análise de vulnerabilidade à carência de esgotamento sanitário e sua gestão em municípios do Rio Grande do Sul**. 2019. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

ALVES, Laura Ranincheski *et al.* Estudo do aumento da biodegradabilidade de chorume de aterro sanitário. **Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química**. Porto Alegre, p. 1-6. out. 2010.

BAUM, Camila; GOLDENFUM, Joel. Indicadores e índices para o gerenciamento de águas pluviais urbanas no Brasil: situação atual e oportunidades de evolução. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, n. 1, p. 21, 18 out. 2021. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. <http://dx.doi.org/10.21168/rega.v18e21>.

BEGA, João Miguel Mercés *et al.* Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. 1-21, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu202114de>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu2021L4DE>. Acesso em: 24 jun. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **ATLAS Águas: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano**. Brasília, 2021. 169 p. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Atualização da Base de Disponibilidade Hídrica Superficial da ANA**. Brasília. 2020a. 14 p. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75\\_2020.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75_2020.pdf). Acesso em: 25 jul. 2022.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapeamento da vulnerabilidade à erosão hídrica dos solos brasileiros em função da dinâmica de uso e cobertura da terra – Subsídio às políticas de conservação de solo e água conduzidas pelo MAPA**. 2020b. 26 p.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico e Altera A Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Brasília, 15 jul. 2020c.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Painel de Informações Sobre Saneamento**. 2020d. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 05 set. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília, 2013. 252 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, 2019. 116 p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normais Climatológicas**. 2022a. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/normais-climatol%C3%B3gicas>. Acesso em: 07 set. 2022.

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Boletim de Monitoramento de Secas e Impactos no Brasil**. Brasília, 2022b. 12 p.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei Federal nº 9.433. **Institui A Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 23 maio 2022.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 14.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece As Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico**. Brasília, 05 jan. 2007.

BRASIL. Constituição (2007). Lei nº 14.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**. Brasília, DF.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais, 2015a. 425 p.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea. Ministério da Economia. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros**. Brasília, 2015b. 84 p.

BRK AMBIENTAL (Brasil). **Saneamento em Pauta por BRK**. 2020. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/marco-legal-do-saneamento/>. Acesso em: 07 set. 2022.

BURSZTYN, Maria Augusta; BURSZTYN, Marcel. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: caminhos para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2012. 599 p. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/958712/mod\\_resource/content/3/Fundamentos%20de%20pol%C3%A](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/958712/mod_resource/content/3/Fundamentos%20de%20pol%C3%A). Acesso em: 02 maio 2022.

Byers, E., Hall, J. W., Amezaga, J. M., & Wada, Y. (2020). The role of greenhouse gas emissions in reducing the probability of droughts: A global hydrological assessment. *Nature Communications*, 11(1), 1-9.

CARVALHO, Natália Esteves. **Desenvolvimento de baixo impacto no manejo de águas pluviais urbanas: uma proposta para o município de campinas**. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2019.

CASTRO, Tiago Augusto de Sousa. **Modelo de Gestão de Recursos Hídricos como Incentivo a Preservação e Conservação Ambiental na Propriedade Rural**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade, Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2010.

CHAUVEL, Marie Agnes; COHEN, Marcos. Ética, Sustentabilidade e sociedade: desafios da nossa era. **Mauad X**. Rio de Janeiro, p. 253-253. jan. 2009.

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200005>.

COLOMBELLI, Karina. **Serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas: avaliação do contexto brasileiro e da adaptabilidade de práticas norte-americanas para a proposição de melhorias institucionais e financeiras**. 2018. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

DELGADO, Juliana Aparecida da Silva. **Segurança Hídrica e a Gestão de Risco da RMSP**. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ESTÁCIO, Ályson Brayner Sousa. **Análise da sustentabilidade hídrica de mananciais do projeto Malha d'água**. 2018. 128 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FARIA, Edimur Ferreira de *et al.* **Os desafios da integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos**. Belo Horizonte: Núcleo Jurídico de Políticas Públicas do Observatório de Políticas Urbanas-Proex e do Programa de Pós, 2008. 19 p. Disponível em: [http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/bh/edimur\\_ferreira\\_de\\_faria2.pdf](http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/bh/edimur_ferreira_de_faria2.pdf). Acesso em: 02 maio 2022.

FÁVERO, Luiz Paulo *et al.* **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2009.

FEITOSA, Renato Castiglia; VEIGA, Marcelo Motta. Sustentabilidade dos serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas. **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**. Manguinhos, p. 1-7. jul. 2019.

FERREIRA, Ana Carla; BARROS, Raphael Tobias Vasconcelos. Panorama dos gastos públicos municipais com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: uma análise da região metropolitana de belo horizonte (mg). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**,

v. 26, n. 4, p. 659-668, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220200022>.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-62762010000100007>.

GARCIA, Carlos Alexandre Borges *et al.* Caracterização ambiental e hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica - volume 2. **Caracterização Ambiental e Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica**, v. 1, p. 0-26, jun. 2020. Editora Poisson. <http://dx.doi.org/10.36229/978-65-86127-74-4>.

GIMENES, Aline Fernandes Lima *et al.* Manejo de resíduos sólido urbano adequado e promoção de saúde de uma população. **Anais [...]**. Vitória, p. 1-13. maio 2018.

GRISHAM, Thomas. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics. **International Journal of Managing Projects In Business**, v. 2, n. 1, p. 112-130, 23 jan. 2009. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/17538370910930545>.

GUEDES, Flávio Leôncio *et al.* Indicadores de sustentabilidade da limpeza urbana para o município de Paulista, Pernambuco, Brasil. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Vitória, p. 1-5. nov. 2020.

GWSP. GLOBAL WATER SYSTEM PROJECT. **Recomendações para Rio+20: segurança hídrica para um planeta sob pressão**. Rio de Janeiro. 2012. 8 p. Disponível em: [http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water\\_FINAL\\_LR-portugues.pdf](http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water_FINAL_LR-portugues.pdf). Acesso em: 02 maio 2022.

HAIR, Joseph *et al.* **Joseph Hair: análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 687 p.

HAMMOND, Allen *et al.* Environmental Indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context. **World Resources Institute**. p. 1-58. maio 1995. Disponível em: [http://pdf.wri.org/environmentalindicators\\_bw.pdf](http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf). Acesso em: 24 jun. 2022.

HANAZAKI, Natalia. Colapso: como as sociedades escolhem o sucesso ou o fracasso. **Ambiente & Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 199-201, dez. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2006000200010>.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. 2015. 352 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

IPCC. (2021). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

IUCN ROWA. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. **Water, energy and food security Nexus in Jordan, Lebanon and Tunisia: assessment of current policies and regulatory and legal framework.** Jordan. 2019. 121 p.

JACOBI, Pedro Roberto; FRACALANZA, Ana Paula. Comitês de bacias hidrográficas no Brasil: desafios de fortalecimento da gestão compartilhada e part. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, n. 11, p. 41-49, dez. 2005.

KEEBLE, Brian R. The Brundtland report: our common future. *Medicine and war*, v. 4, n. 1, p. 17-25, jan. 1988. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/07488008808408783>.

KING, Gary. How not to lie with statistics: avoiding common mistakes in quantitative political science. **Workshop**. New York, p. 1-22. 2001.

KOPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimat. **Handbuch Der Klimatologie**. Berlin, p. 1-46. 1936.

LANNA, Antônio Eduardo. **Introdução à Gestão das Águas no Brasil**. Porto Alegre. 2001. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Introdu%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-Gest%C3%A>. Acesso em: 02 maio 2022.

LIBERATI, Alessandro; ALTMAN, Douglas G.; TETZLAFF, Jennifer; MULROW, Cynthia; GØTZSCHE, Peter C.; IOANNIDIS, John P.A.; CLARKE, Mike; DEVEREAUX, P.J.; KLEIJNEN, Jos; MOHER, David. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1-34, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>.

LIMA, Manoela de Oliveira; PINSKY, Daniel; IKEDA, Ana Akemi. **A Utilização do Delphi em Pesquisas Acadêmicas em Administração: um estudo nos anais do enanpad**. São Paulo: In XI Semead (Seminários de Administração Fea-Usp), 2008. 13 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ana-Ikeda/publication/255658144\\_A\\_Utilizacao\\_do\\_Delphi\\_em\\_Pesquisas\\_Academicas\\_em\\_Administracao\\_um\\_Estudo\\_nos\\_Anais\\_do\\_EnAnpad/links/0c96053adc3606ac35000000/A-Utilizacao-do-Delphi-em-Pesquisas-Academicas-em-Administracao-um-Estudo-nos-Anais-do-EnAnpad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Ikeda/publication/255658144_A_Utilizacao_do_Delphi_em_Pesquisas_Academicas_em_Administracao_um_Estudo_nos_Anais_do_EnAnpad/links/0c96053adc3606ac35000000/A-Utilizacao-do-Delphi-em-Pesquisas-Academicas-em-Administracao-um-Estudo-nos-Anais-do-EnAnpad.pdf). Acesso em: 25 jul. 2022.

LOUCKS, Daniel P. Quantifying trends in system sustainability. **Hydrological Sciences Journal**, v. 42, n. 4, p. 513-530, ago. 1997. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/02626669709492051>.

MACHADO, Fernando Henrique. **Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim**. 2018. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jundiá, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/153669>. Acesso em: 07 set. 2022.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em educação. **Pro-Posições**, v. 29, n. 2, p. 389-415, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140>.

MEADOWS, Donella. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. **The Sustainability Institute**. p. 1-95. set. 1998. Disponível em: <https://donellameadows.org/wp-content/userfiles/IndicatorsInformation.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

MIRANDA, Casa Nova, CORNACCHIONE, Junior. Dimensões da qualificação docente em contabilidade: um estudo por meio da técnica Delphi. 2012, **Anais [...]**. São Paulo: EAC/FEA/USP, 2012. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/artigos122012/120.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

MORAES, Marcelo Botelho da Costa. **Análise Multivariada Aplicada à Contabilidade**. São Paulo: Usp, 2016. 47 slides, color.

MOURA, Micaella Raíssa Falcão de. **Gestão integrada e desafios à segurança dos recursos hídricos: proposta de índice de vulnerabilidade**. 2020. 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Civil, Ctg Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

MUÑOZ, Andrea Paola López. **Aplicação do objetivo de desenvolvimento sustentável 6 de “água e saneamento” na gestão do desenvolv.** 2019. 0 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Relações Internacionais, Escola de Ciência Política da Universidade de São Carlos da Guatemala, Guatemala, 2019.

NEISSE, Anderson Cristiano; HONGYU, Kuang. Aplicação de componentes principais e análise fatorial a dados criminais de 26 estados dos EUA. **E&S Engineering and Science**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 105-115, 23 nov. 2016. Universidade Federal de Mato Grosso. <http://dx.doi.org/10.18607/es201654354>.

OECD. Environment at a Glance 2013. **Environment at a Glance**, Paris, p. 1-108, 19 dez. 2013a. OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264185715-en>.

OECD. Environmental Indicators: towards sustainable development 2001. **Oecd Publishing**, Paris, p. 1-152, 27 ago. 2001. OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264193499-en>.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD environmental indicators: development, measurement and use**, 2003. 37 p. Disponível em: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.

OECD. Studies on water. **Water Security for Better Lives**. United Nations University Institute For Water, Environment & Health, 2013b. 171 p. Disponível em: [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/water-security\\_9789264202405-en#page3](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/water-security_9789264202405-en#page3). Acesso em: 02 maio 2022.

OLIVEIRA, Joelma de Souza Passos de *et al.* **Introdução ao Método Delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008. 18 p.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Documentos Temáticos: objetivos de desenvolvimento sustentável 6-7-11-12-15**. Brasília, 2018. 116 p.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O Direito Humano à Água e Saneamento**. 2010. 8 p. Disponível em: [https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief\\_por.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf). Acesso em: 02 maio 2022.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco**. Recife. 2022.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia do rio Capibaribe**. Recife. 2010.

PERNAMBUCO. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Institui as Microrregiões de Água e Esgoto do Sertão e da RMR Pajeú e respectivas estruturas de governança**. 2021. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=2&numero=455&complemento=0&ano=2021&tipo=&url=>. Acesso em: 07 set. 2022.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Planos Regionais de Saneamento Básico das Bacias Hidrográficas do Rio Ipojuca e do Rio Capibaribe**. Recife. 2018. 242 p.

PIEZON HIDRÁULICA E SANEAMENTO (Brasil). **Vem aí o novo marco do saneamento. E Agora?** 2020. Disponível em: <https://www.piezom.com/vem-ai-o-novo-marco-do-saneamento-e-agora/>. Acesso em: 05 set. 2022.

PONTES, Carlos Antonio Alves; SCHRAMM, Fermin Roland. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, p. 1319-1327. out. 2004.

POWELL, Catherine. The Delphi technique: myths and realities. **Journal of Advanced Nursing**, v. 41, n. 4, p. 376-382, fev. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x>.

PUB. **Our water, our future**. Singapore: Public Utilities Board. 2018. 52 p. Disponível em: <https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022.

RABELO, Nosliana Nobre. **Análise da Segurança Hídrica no Estado do Ceará**: subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. 2022. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

RESENDE, Augusto César Leite de. O acesso à água potável como parcela do mínimo existencial: reflexões sobre a interrupção do serviço público de abastecimento de água por inadimplemento do usuário. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 7, n. 2, p. 268-284, 3 out. 2017. Centro de Ensino Unificado de Brasília.  
<http://dx.doi.org/10.5102/rbpp.v7i2.4728>.

RIBEIRO NETO, Alfredo *et al.* Segurança Hídrica e Mudanças Climáticas no Brasil. **XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. Florianópolis, p. 1-8. 2017.

RIBEIRO, Christian Ricardo; PIZZO, Henrique da Silva. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA DE JUIZ DE FORA/MG. **Mercator**, v. 10, n. 21, p. 171-188, 30 abr. 2011. Mercator - Revista de Geografia da UFC.  
<http://dx.doi.org/10.4215/rm2011.1021.0012>.

RIBEIRO, Lauro A. *et al.* Prospects of using microalgae for biofuels production: results of a delphi study. **Renewable Energy**, v. 75, p. 799-804, mar. 2015. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.065>.

ROSSONI, Hygor Aristides Victor *et al.* Aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal determinantes na ausência de prestado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 393-402, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO).  
<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020183887>.

ROZADOS, Helen Beatriz Frota. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. **Em Questão**. Porto Alegre, p. 64-86. dez. 2015.

SADOFF. **Securing Water, Sustaining Growth**: report of the gwp/oecd task force on water security and sustainable growth: University Of Oxford, 2015. 171 p. Disponível em: <https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/the-global-dialogue/securing-water-su>. Acesso em: 02 maio 2022.

SANTIAGO; DIAS. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. p. 203-212. jun. 2012.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DE PERNAMBUCO. Bacia do Rio Capibaribe (2021). Acesso em: 01 mai. 2023. Disponível em: <http://www.semam.pe.gov.br/gestao-de-recursos-hidricos/bacias-hidrograficas/bacia-do-rio-capibaribe/>

SILVA; PRUSKI. **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Viçosa: Folha de Viçosa, 2005. 659 p.

SOUZA, *et al.* Práticas em Educação Ambiental voltadas à implementação do sistema de esgotamento sanitário de Presidente Médici (RO). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Revbea)**, v. 14, n. 1, p. 275-294, 30 mar. 2019. Universidade Federal de Sao Paulo. <http://dx.doi.org/10.34024/revbea.2019.v14.2604>.

SOUZA, Naara Ferreira Carvalho de *et al.* Práticas em Educação Ambiental voltadas à implementação do sistema de esgotamento sanitário de Presidente Médici (RO). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Revbea)**, v. 14, n. 1, p. 275-294, 30 mar. 2019. Universidade Federal de Sao Paulo. <http://dx.doi.org/10.34024/revbea.2019.v14.2604>.

SUASSUNA, J. Vulnerabilidades das Regiões Semiáridas do Brasil às Mudanças Climáticas. In: **Anais [...]**, 2021, pp. 1-10.

TEOBALDO. **Consórcio público**: implantação de gestão associada para os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos em municípios do leste mineiro. 2018. 142 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos Para A Gestão Municipal de Recursos Hídricos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018.

TURNER, *et al.* **Managing drought**: learning from Australia. 2016. 93 p.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para Educação Ciência e Cultura. **Water Security & the Global Water Agenda**: a un-water analytical brief. Canada: United Nations University Institute For Water, Environment & Health, 2013. 47 p.

UNESCO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO CIENCIA E CULTURA. **Water Security and the Sustainable Development Goals Water Security and**. 2019.

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos Ebape.Br**, v. 2, n. 1, p. 01-14, mar. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-39512004000100002>.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2002. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84033/189898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jul. 2022.

YOSHII, Maria Paula Cardoso *et al.* Boas práticas para a universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: **Revista DAE**, Piracicaba, v. 67, n. 219, p. 115-127, out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.049>. Acesso em: 24 jun. 2022.

ZHANG, Xiang *et al.* Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. **Science of The Total Environment**, v. 693, p. 133536, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.342>.

ZONA de Convergência Intertropical e os temporais no Nordeste. 2015. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=SHbQbIl\\_7wQ](https://www.youtube.com/watch?v=SHbQbIl_7wQ). Acesso em: 07 set. 2022.

PERNAMBUCO. Plano de Comunicação do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca. Volume I: Mapeamento, análises das áreas e dos Públicos.

Janeiro, 2016. Disponível em:

[https://servicos.compesa.com.br/wpcontent/uploads/2016/02/volume1\\_plano\\_executivo\\_iloovepdf-compressed.pdf](https://servicos.compesa.com.br/wpcontent/uploads/2016/02/volume1_plano_executivo_iloovepdf-compressed.pdf). Acesso em: 05 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste. Segurança Hídrica e Conservação Ambiental. Brasília, 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/prconsolidado-seghidrica-pdf-pdf>.

Acesso em: 05 jun 2023.

ANTUNES, Paulo de Bessa; D'OLIVEIRA, Rafael Daudt. Breves considerações sobre o novo marco regulatório do saneamento básico – Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. São Paulo: GEN Jurídico, 2020. Disponível em: <http://genjuridico.com.br/2020/07/23/marco-regulatorio-saneamento-basico/>. Acesso em: 05 jun de 2023.

## 8. APÊNDICE

**APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA FINS ACADÊMICOS**

# Questionário para Fins Acadêmicos - Indicadores de Sustentabilidade

Universidade de Pernambuco

Escola Politécnica de Pernambuco

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**Tema da Pesquisa:** Indicadores de Sustentabilidade para Gestão da Água: Análise da Segurança Hídrica em uma Bacia Hidrográfica

**Pesquisador:** Mestrando em Engenharia Civil Abmael de Sousa Lima Junior

**Orientadora:** Professora Dra. Simone Rosa da Silva

**Co-orientadora:** Professora Dra. Roberta de Melo Guedes Alcoforado

\*Obrigatório

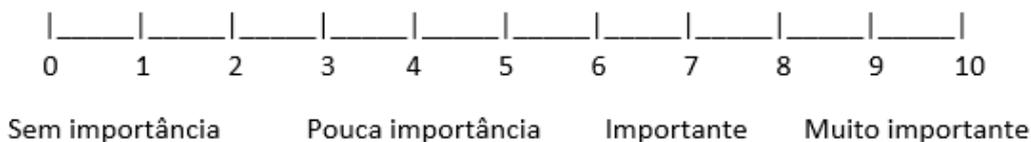
## Informações de preenchimento do Questionário

Considerando os objetivos desta pesquisa de construir um conjunto de indicadores de sustentabilidade visando analisar a segurança hídrica na bacia do rio Capibaribe, solicitamos que você expresse sua opinião sobre quais são os indicadores mais aderentes à pesquisa em questão.

Na sequência, apresenta-se um conjunto de indicadores de sustentabilidade pré-selecionados.

Para cada indicador apresentado, avalie e assinale um número entre 0 e 10, de acordo com o grau de importância e aderência do indicador à segurança hídrica na bacia.

Considere que, na escala de análise, o número mais próximo de 0 representa um indicador sem importância para a análise, podendo ser descartado. Por outro lado, o número mais próximo de 10 corresponde a um indicador muito importante, sendo essencial para a avaliação. Observe a escala representada abaixo.



1. Endereço de e-mail \*

\_\_\_\_\_

2. Qual faixa etária você se enquadra? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- menos de 25  
 25 a 34 anos  
 35 a 44 anos  
 45 a 54 anos  
 mais de 55

3. Qual a sua formação acadêmica? \*

---

4. Qual empresa ou entidade pública você trabalha? \*

---

5. Qual atividade que desempenha? \*

---

6. Quanto tempo de atuação você tem na instituição em que trabalha? \*

---

### Dimensão: Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto

7. **Indicador A1:** População urbana atendida com esgotamento sanitário \*

**Descrição:** População urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.

*Marcar apenas uma oval.*

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

---

---

8. **Indicador A2:** População total atendida com esgotamento sanitário \*

**Descrição:** População total atendida com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

9. **Indicador A3:** População urbana atendida com abastecimento de água \*

**Descrição:** População urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

10. **Indicador A4:** População total atendida com abastecimento de água \*

**Descrição:** População total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

11. **Indicador A5:** Índice de atendimento total de água

**Descrição:** Percentual de atendimento da população total com abastecimento de água.

Marcar apenas uma oval.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

12. **Indicador A6:** Índice de atendimento urbano de água \*

**Descrição:** Percentual de atendimento da população urbana com abastecimento de água.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

13. **Indicador A7:** Índice de coleta de esgoto \*

**Descrição:** Percentual de coleta de esgotamento sanitário.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

14. **Indicador A8:** Índice de tratamento de esgoto coletado \*

**Descrição:** Volumes de esgoto tratados em relação ao total de esgoto produzido.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

15. **Indicador A9:** Consumo médio per capita de água \*

**Descrição:** Representa o consumo médio diário de água por habitante em um município.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

16. **Indicador A10:** Densidade de rede de água \*

**Descrição:** Representa a extensão de rede de água por ligação.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

17. **Indicador A11:** Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água \*

**Descrição:** Desempenho quanto ao controle de perdas de água na distribuição.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

**Dimensão:** Hidroambiental

18. **Indicador H1:** Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água \*

**Descrição:** Representa a situação dos mananciais e eficiência da produção de água.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

19. **Indicador H2: Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)** \*

**Descrição:** Consiste na composição da vulnerabilidade social e vulnerabilidade ecossistêmica (desastres naturais, mudanças climáticas e infraestruturas hídricas) medido na escala municipal.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

20. **Indicador H3: Índice de área verde** \*

**Descrição:** Corresponde à quantidade de área verde presente em um município.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

21. **Indicador H4: Disponibilidade hídrica superficial** \*

**Descrição:** Vazão que está disponível no manancial durante, pelo menos 95% do tempo.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

22. **Indicador H5: Disponibilidade hídrica subterrânea** \*

**Descrição:** Quantidade de água disponível na reserva hídrica de um aquífero.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

23. **Indicador H6: Índice Integrado de Seca** \*

**Descrição:** Representa o monitoramento das secas e seus impactos.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

24. **Indicador H7: Índice de atendimento total de resíduos sólidos** \*

**Descrição:** Percentual de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população total.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

25. **Indicador H8: Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos** \*

**Descrição:** Percentual de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população urbana.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

26. **Indicador H9: Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)** \*

**Descrição:** Percentual de vias públicas urbanas com pavimentação e meio-fio.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

27. **Indicador H10:** Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais) \*

**Descrição:** Percentual de vias públicas urbanas com redes ou canais pluviais subterrâneos.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

28. **Indicador H11:** Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais) \*

**Descrição:** Número de captações de drenagem urbana por área de um município.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

### Dimensão: Social

29. **Indicador S1:** Índice de Vulnerabilidade Social \*

**Descrição:** Representa o acesso, a ausência ou a insuficiência de capital humano, renda e trabalho em áreas do território brasileiro.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

30. **Indicador S2: Crescimento Populacional** \***Descrição:** Projeção populacional a nível municipal (população urbana e rural).*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

31. **Indicador S3: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal** \***Descrição:** Representa o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros.*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

**Dimensão: Institucional**32. **Indicador I1: Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos** \***Descrição:** Relativo à presença de regulamentação sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos.*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

33. **Indicador I2: Legislação sobre saneamento ambiental** \***Descrição:** Referente à existência de Plano municipal de saneamento básico que contemple todos os componentes do saneamento.*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

34. **Indicador I3:** Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021 \*

**Descrição:** Percentual de atendimento dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

*Marcar apenas uma oval.*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>										

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

**APÊNDICE B - RESULTADOS DA MODELAGEM NO SPSS**

```

FACTOR
/VARIABLES A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 H1 H2 H4 H5 H6 S1 S2 S3 I1 I2 I3
/MISSING MEANSUB
/ANALYSIS A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 H1 H2 H4 H5 H6 S1 S2 S3 I1 I2 I3
/PRINT UNIVARIATE INITIAL CORRELATION SIG DET KMO EXTRACTION ROTATION FSCORE
/FORMAT SORT
/PLOT EIGEN ROTATION
/CRITERIA MINEIGEN(1) ITERATE(999)
/EXTRACTION PC
/CRITERIA ITERATE(999)
/ROTATION VARIMAX
/SAVE BART(ALL)
/METHOD=CORRELATION.

```

## Análise fatorial

Observações	
Saída criada	10-APR-2023 23:38:57
Comentários	
Dados	H:\Meu Drive\01-Mestrado_UPE\03-Dissertação\10-SPSS\Banco de Dados_MUN_V1.sav
Entrada	Conjunto de dados ativo
	Filtro
	Ponderação
	Arquivo dividido
	N de linhas em arquivo de dados de trabalho
	Definição de ausente
Tratamento de valor ausente	MISSING=EXCLUDE: Os valores ausentes definidos pelo usuário são tratados como ausentes.
	Casos utilizados
	MEAN SUBSTITUTION: Para cada variável usada, os valores ausentes são substituídos pela média variável.

Sintaxe

```
FACTOR
/VARIABLES A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7
A8 A9 A10 A11 H1 H2 H4 H5 H6 S1
S2 S3 I1 I2 I3
/MISSING MEANSUB
/ANALYSIS A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7
A8 A9 A10 A11 H1 H2 H4 H5 H6 S1
S2 S3 I1 I2 I3
/PRINT UNIVARIATE INITIAL
CORRELATION SIG DET KMO
EXTRACTION ROTATION FSCORE
/FORMAT SORT
/PLOT EIGEN ROTATION
/CRITERIA MINEIGEN(1)
ITERATE(999)
/EXTRACTION PC
/CRITERIA ITERATE(999)
/ROTATION VARIMAX
/SAVE BART(ALL)
/METHOD=CORRELATION.
```

Recursos

Tempo do processador 00:00:00,55  
Tempo decorrido 00:00:00,64

Memória máxima solicitada 61992 (60,539K) bytes

Variáveis criadas

FAC1\_1 Pontuação 1 de componente  
FAC2\_1 Pontuação 2 de componente  
FAC3\_1 Pontuação 3 de componente  
FAC4\_1 Pontuação 4 de componente  
FAC5\_1 Pontuação 5 de componente  
FAC6\_1 Pontuação 6 de componente

**Estatísticas descritivas**

	Média	Desvio padrão <sup>a</sup>	Análise N <sup>a</sup>	N ausente
A1	73795,69	257911,997	42	0
A2	80985,43	258104,179	42	0
A3	80644,17	256463,226	42	0
A4	90440,62	255870,508	42	0
A5	71,8250	20,45654	42	0
A6	93,6071	12,87263	42	0
A7	47,5276	33,41621	42	0
A8	25,9255	42,70898	42	0
A9	68,8286	26,81464	42	0
A10	9,9619	2,68600	42	0
A11	1,76	,878	42	0
H1	3,21	1,335	42	0
H2	1,98	,680	42	0
H4	1,2393	1,61807	42	0
H5	,02	,026	42	0
H6	4,7857	,64527	42	0
S1	,57	,083	42	0
S2	,20	,076	42	0
S3	,6431	,04827	42	0
I1	1,6429	,53289	42	0
I2	1,60	,544	42	0
I3	86,0610	17,39210	42	0

a. Para cada variável, os valores ausentes são substituídos pela média de variável.

**Matriz de correlações<sup>a</sup>**

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	1,000	1,000	,999	,998	,273	,011	,133	,417
A2	1,000	1,000	,998	,998	,277	,015	,140	,424
A3	,999	,998	1,000	1,000	,287	,018	,115	,404
A4	,998	,998	1,000	1,000	,290	,024	,117	,406
Correlação A5	,273	,277	,287	,290	1,000	,400	-,172	,418
A6	,011	,015	,018	,024	,400	1,000	-,204	-,067
A7	,133	,140	,115	,117	-,172	-,204	1,000	-,117
A8	,417	,424	,404	,406	,418	-,067	-,117	1,000
A9	,411	,424	,410	,420	,532	,066	,025	,420

	A10	-,042	-,044	-,053	-,054	-,495	-,310	,141	-,106
	A11	,433	,430	,435	,430	,047	-,092	,035	,333
	H1	,050	,048	,060	,061	-,021	,264	-,247	-,012
	H2	,301	,308	,312	,318	,440	,031	,143	,191
	H4	,101	,101	,101	,103	,124	,064	-,167	,172
	H5	,095	,111	,091	,106	,261	,015	,091	,328
	H6	,045	,045	,038	,038	,016	,057	-,219	,167
	S1	-,558	-,566	-,558	-,562	-,356	,177	-,250	-,462
	S2	,073	,081	,075	,080	,140	-,317	,204	,326
	S3	,472	,481	,486	,496	,475	,134	-,125	,366
	I1	-,260	-,270	-,249	-,257	-,144	-,026	-,024	-,228
	I2	,052	,043	,058	,049	-,081	-,060	-,011	-,076
	I3	,093	,093	,098	,100	,121	,071	-,296	,255
	A1		,000	,000	,000	,040	,473	,201	,003
	A2	,000		,000	,000	,038	,463	,188	,003
	A3	,000	,000		,000	,032	,456	,235	,004
	A4	,000	,000	,000		,031	,440	,231	,004
	A5	,040	,038	,032	,031		,004	,138	,003
	A6	,473	,463	,456	,440	,004		,098	,336
	A7	,201	,188	,235	,231	,138	,098		,229
	A8	,003	,003	,004	,004	,003	,336	,229	
	A9	,003	,003	,003	,003	,000	,339	,439	,003
	A10	,395	,392	,369	,367	,000	,023	,186	,251
	A11	,002	,002	,002	,002	,383	,280	,412	,016
	H1	,378	,380	,353	,350	,447	,046	,057	,470
	H2	,026	,024	,022	,020	,002	,424	,184	,113
	H4	,261	,261	,262	,258	,216	,344	,145	,138
	H5	,275	,241	,284	,251	,047	,462	,282	,017
	H6	,387	,389	,405	,405	,460	,360	,082	,145
	S1	,000	,000	,000	,000	,010	,131	,055	,001
	S2	,323	,306	,319	,308	,188	,021	,097	,018
	S3	,001	,001	,001	,000	,001	,198	,214	,008
	I1	,048	,042	,056	,050	,181	,435	,441	,073
	I2	,372	,393	,357	,379	,305	,352	,472	,316
	I3	,278	,279	,269	,265	,222	,328	,029	,051

Sig. (1  
extremidade)

Matriz de correlações<sup>a</sup>

	A9	A10	A11	H1	H2	H4	H5	H6
Correlação A1	,411	-,042	,433	,050	,301	,101	,095	,045

	A2	,424	-,044	,430	,048	,308	,101	,111	,045
	A3	,410	-,053	,435	,060	,312	,101	,091	,038
	A4	,420	-,054	,430	,061	,318	,103	,106	,038
	A5	,532	-,495	,047	-,021	,440	,124	,261	,016
	A6	,066	-,310	-,092	,264	,031	,064	,015	,057
	A7	,025	,141	,035	-,247	,143	-,167	,091	-,219
	A8	,420	-,106	,333	-,012	,191	,172	,328	,167
	A9	1,000	-,178	,235	,077	,299	,030	,365	,082
	A10	-,178	1,000	,039	-,050	-,129	-,060	-,047	-,167
	A11	,235	,039	1,000	,024	-,051	,166	-,107	,080
	H1	,077	-,050	,024	1,000	-,263	,190	-,203	,281
	H2	,299	-,129	-,051	-,263	1,000	-,200	,317	-,512
	H4	,030	-,060	,166	,190	-,200	1,000	-,050	,171
	H5	,365	-,047	-,107	-,203	,317	-,050	1,000	-,231
	H6	,082	-,167	,080	,281	-,512	,171	-,231	1,000
	S1	-,485	,192	-,218	,327	-,680	,266	-,280	,436
	S2	,100	-,142	,078	-,275	,330	-,142	,298	-,202
	S3	,461	-,264	,184	-,094	,432	,031	,365	-,055
	I1	-,104	-,006	-,186	,179	-,159	-,178	-,138	-,228
	I2	-,007	,043	-,002	,156	-,027	-,305	-,131	-,253
	I3	,263	,142	,265	,163	,210	,129	,205	-,135
	A1	,003	,395	,002	,378	,026	,261	,275	,387
	A2	,003	,392	,002	,380	,024	,261	,241	,389
	A3	,003	,369	,002	,353	,022	,262	,284	,405
	A4	,003	,367	,002	,350	,020	,258	,251	,405
	A5	,000	,000	,383	,447	,002	,216	,047	,460
	A6	,339	,023	,280	,046	,424	,344	,462	,360
	A7	,439	,186	,412	,057	,184	,145	,282	,082
	A8	,003	,251	,016	,470	,113	,138	,017	,145
	A9		,130	,067	,315	,027	,426	,009	,302
	A10	,130		,402	,376	,208	,354	,384	,146
	A11	,067	,402		,441	,375	,147	,250	,307
	H1	,315	,376	,441		,046	,114	,099	,036
	H2	,027	,208	,375	,046		,102	,020	,000
	H4	,426	,354	,147	,114	,102		,377	,139
	H5	,009	,384	,250	,099	,020	,377		,070
	H6	,302	,146	,307	,036	,000	,139	,070	
	S1	,001	,111	,083	,017	,000	,044	,036	,002

Sig. (1  
extremidade)

S2	,264	,186	,311	,039	,016	,184	,028	,099
S3	,001	,045	,121	,278	,002	,422	,009	,366
I1	,256	,484	,119	,129	,158	,130	,191	,073
I2	,481	,394	,494	,162	,433	,025	,204	,053
I3	,046	,185	,045	,151	,091	,208	,097	,196

**Matriz de correlações<sup>a</sup>**

		S1	S2	S3	I1	I2	I3
Correlação	A1	-,558	,073	,472	-,260	,052	,093
	A2	-,566	,081	,481	-,270	,043	,093
	A3	-,558	,075	,486	-,249	,058	,098
	A4	-,562	,080	,496	-,257	,049	,100
	A5	-,356	,140	,475	-,144	-,081	,121
	A6	,177	-,317	,134	-,026	-,060	,071
	A7	-,250	,204	-,125	-,024	-,011	-,296
	A8	-,462	,326	,366	-,228	-,076	,255
	A9	-,485	,100	,461	-,104	-,007	,263
	A10	,192	-,142	-,264	-,006	,043	,142
	A11	-,218	,078	,184	-,186	-,002	,265
	H1	,327	-,275	-,094	,179	,156	,163
	H2	-,680	,330	,432	-,159	-,027	,210
	H4	,266	-,142	,031	-,178	-,305	,129
	H5	-,280	,298	,365	-,138	-,131	,205
	H6	,436	-,202	-,055	-,228	-,253	-,135
	S1	1,000	-,488	-,481	,036	-,179	-,125
	S2	-,488	1,000	-,009	,041	,010	,075
	S3	-,481	-,009	1,000	-,269	-,095	,092
	I1	,036	,041	-,269	1,000	,752	,106
I2	-,179	,010	-,095	,752	1,000	,221	
I3	-,125	,075	,092	,106	,221	1,000	
Sig. (1 extremidade)	A1	,000	,323	,001	,048	,372	,278
	A2	,000	,306	,001	,042	,393	,279
	A3	,000	,319	,001	,056	,357	,269
	A4	,000	,308	,000	,050	,379	,265
	A5	,010	,188	,001	,181	,305	,222
	A6	,131	,021	,198	,435	,352	,328
	A7	,055	,097	,214	,441	,472	,029
	A8	,001	,018	,008	,073	,316	,051
	A9	,001	,264	,001	,256	,481	,046

A10	,111	,186	,045	,484	,394	,185
A11	,083	,311	,121	,119	,494	,045
H1	,017	,039	,278	,129	,162	,151
H2	,000	,016	,002	,158	,433	,091
H4	,044	,184	,422	,130	,025	,208
H5	,036	,028	,009	,191	,204	,097
H6	,002	,099	,366	,073	,053	,196
S1		,001	,001	,409	,129	,216
S2	,001		,479	,399	,475	,319
S3	,001	,479		,042	,274	,281
I1	,409	,399	,042		,000	,252
I2	,129	,475	,274	,000		,080
I3	,216	,319	,281	,252	,080	

a. Determinante = 1,007E-013

#### Teste de KMO e Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,514
Qui-quadrado aprox.		1144,406
Teste de esfericidade de Bartlett	df	231
	Sig.	,000

#### Comunalidades

	Inicial	Extração
A1	1,000	,977
A2	1,000	,978
A3	1,000	,976
A4	1,000	,976
A5	1,000	,766
A6	1,000	,669
A7	1,000	,503
A8	1,000	,714
A9	1,000	,524
A10	1,000	,748
A11	1,000	,494
H1	1,000	,550
H2	1,000	,755
H4	1,000	,420

H5	1,000	,516
H6	1,000	,749
S1	1,000	,887
S2	1,000	,713
S3	1,000	,598
I1	1,000	,830
I2	1,000	,870
I3	1,000	,795

Método de extração: análise do componente principal.

#### Variância total explicada

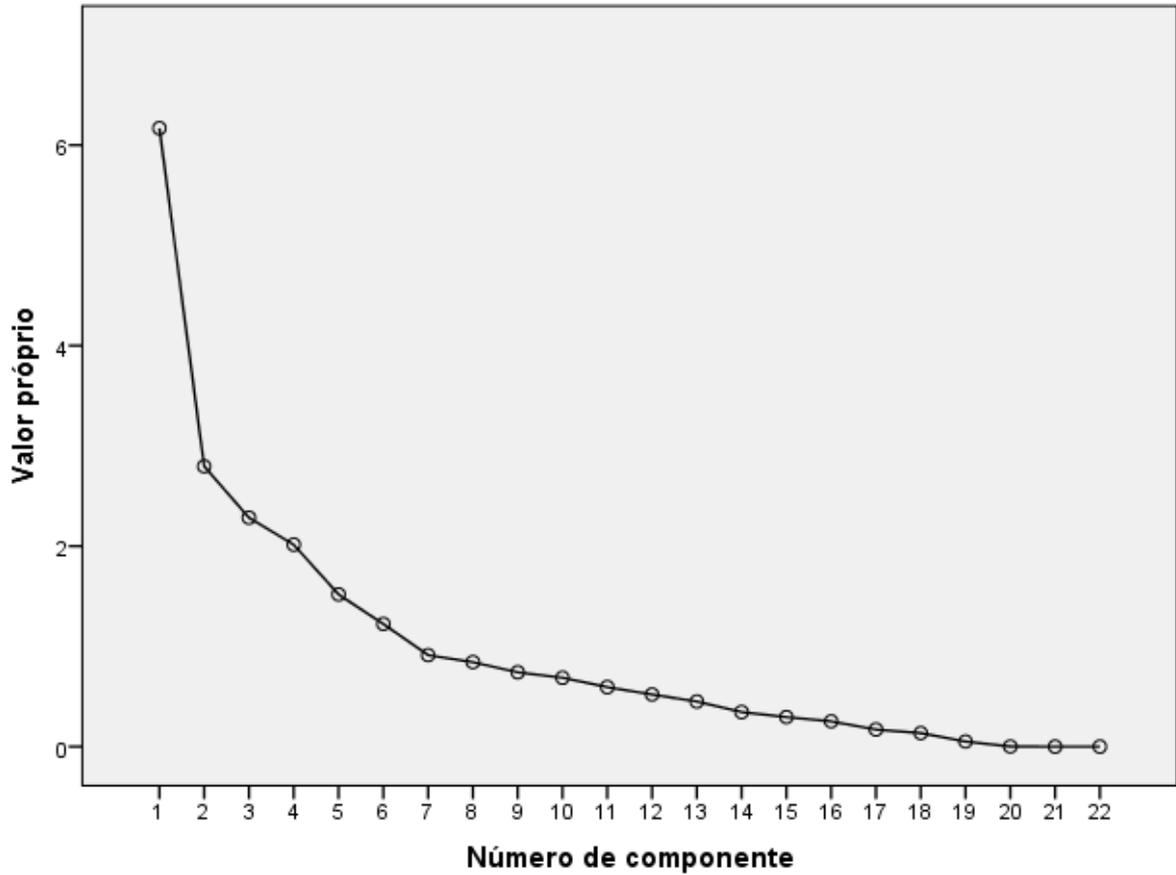
Componente	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado	
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância
1	6,169	28,039	28,039	6,169	28,039
2	2,796	12,708	40,747	2,796	12,708
3	2,284	10,383	51,130	2,284	10,383
4	2,015	9,157	60,287	2,015	9,157
5	1,518	6,902	67,189	1,518	6,902
6	1,223	5,560	72,749	1,223	5,560
7	,912	4,146	76,895		
8	,843	3,830	80,725		
9	,742	3,372	84,097		
10	,687	3,121	87,218		
11	,594	2,698	89,916		
12	,520	2,364	92,281		
13	,450	2,045	94,325		
14	,344	1,565	95,890		
15	,295	1,340	97,230		
16	,252	1,144	98,374		
17	,170	,774	99,148		
18	,135	,614	99,763		
19	,051	,231	99,994		
20	,001	,005	99,999		
21	,000	,001	100,000		
22	1,371E-005	6,233E-005	100,000		

#### Variância total explicada

Componente	Somas de extração de carregamentos ao quadrado	Somas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	28,039	5,193	23,604	23,604
2	40,747	2,616	11,891	35,495
3	51,130	2,388	10,855	46,349
4	60,287	2,130	9,683	56,033
5	67,189	1,860	8,455	64,488
6	72,749	1,818	8,262	72,749
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Método de extração: análise do componente principal.

**Gráfico de sedimentação**



**Matriz de componente<sup>a</sup>**

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
A4	,900	,210	,319	,016	-,140	,041
A2	,900	,206	,328	-,004	-,132	,033
A3	,895	,212	,330	,022	-,142	,036
A1	,893	,211	,340	,004	-,134	,031
S1	-,759	,539	-,032	-,050	,044	,120
S3	,670	,016	-,329	,005	-,120	,159
A9	,627	,015	-,277	,166	,138	-,081
A8	,608	,071	-,203	-,024	,466	-,284
A11	,442	,257	,302	-,013	,365	-,089
H6	-,074	,713	-,067	-,151	,056	-,453
S2	,262	-,554	-,058	-,135	,306	-,470
H1	-,077	,548	,041	,491	,012	-,002
H2	,543	-,543	-,256	,001	-,132	,285
H4	,066	,529	-,134	-,120	,307	,096

A7	,101	-,392	,380	-,357	-,246	-,081
A5	,531	,034	-,648	,174	-,139	-,115
A10	-,192	-,078	,542	-,143	,367	,506
A6	,033	,333	-,466	,310	-,415	,269
H5	,334	-,358	-,412	-,109	,251	,177
I2	-,021	-,283	,374	,791	-,055	-,141
I1	-,315	-,296	,211	,741	-,037	-,221
I3	,216	-,014	-,101	,473	,629	,345

Método de extração: Análise do Componente principal.<sup>a</sup>

a. 6 componentes extraídos.

**Matriz de componente rotativa<sup>a</sup>**

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
A1	,983	,055	,073	-,039	,011	-,007
A2	,982	,064	,080	-,050	,016	-,005
A3	,982	,060	,085	-,029	-,001	-,001
A4	,981	,069	,091	-,039	-,001	,003
A11	,527	-,206	-,148	-,066	,254	,289
S3	,461	,357	,430	-,215	-,077	,144
H2	,251	,792	,242	-,027	,069	-,011
H6	,057	-,788	,226	-,269	,020	,038
S1	-,538	-,565	-,252	-,170	-,423	,087
H5	-,001	,541	,209	-,233	,239	,262
H1	,099	-,455	,088	,256	-,379	,339
A10	,016	,122	-,838	-,050	-,033	,164
A5	,208	,228	,787	-,107	-,024	,198
A9	,413	,183	,434	-,034	,167	,320
I2	,095	,040	-,061	,921	-,001	,082
I1	-,236	-,044	-,014	,877	,008	,052
S2	,011	,239	,162	,083	,787	-,051
A6	-,022	,034	,466	-,022	-,660	,115
A8	,392	-,012	,319	-,179	,501	,419
I3	,093	,227	-,103	,174	,032	,832
A7	,168	,220	-,246	-,001	,242	-,554
H4	,094	-,319	-,003	-,386	-,096	,389

Método de extração: Análise do Componente principal.

Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser.<sup>a</sup>

a. Rotação convergida em 8 iterações.

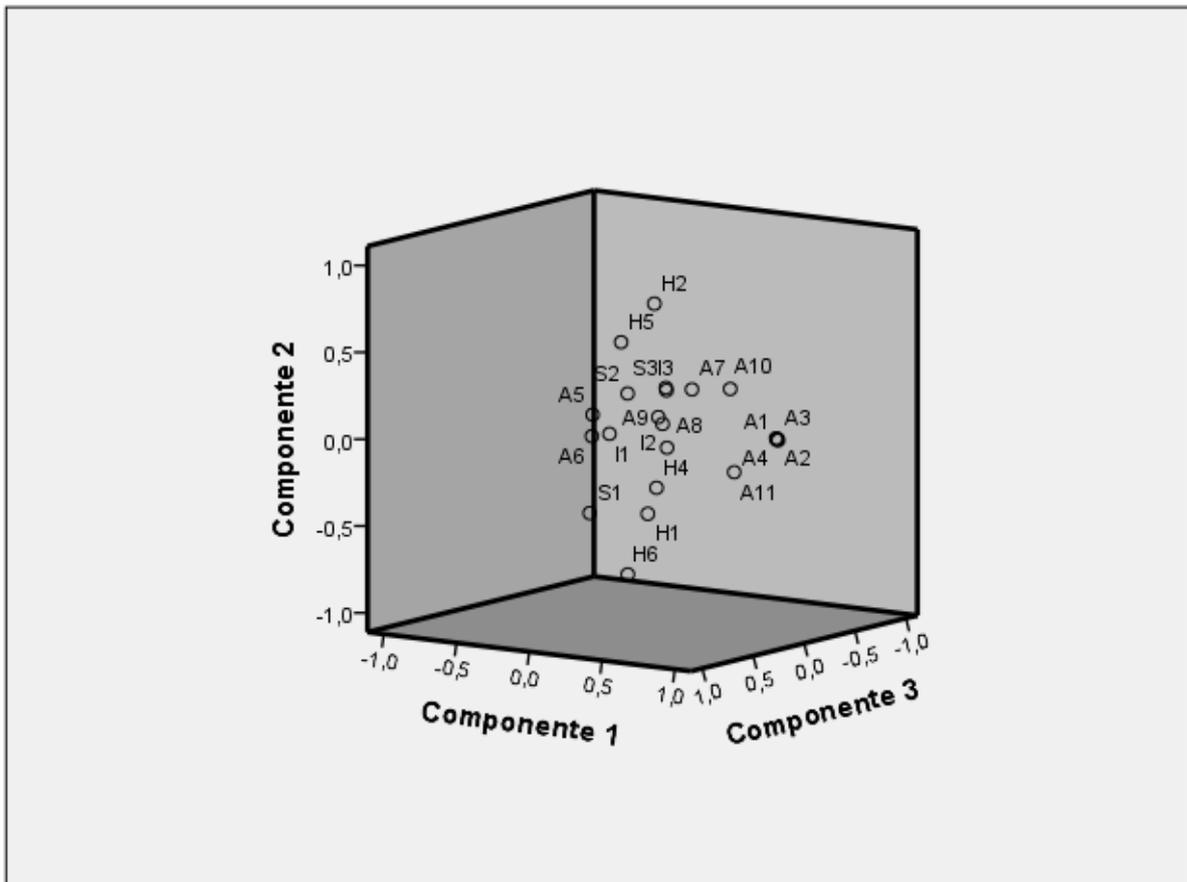
**Matriz de transformação de componente**

Componente	1	2	3	4	5	6
1	,862	,298	,316	-,116	,188	,138
2	,246	-,755	,075	-,318	-,443	,256
3	,425	-,229	-,750	,347	,090	-,275
4	,029	-,015	,214	,832	-,272	,432
5	-,115	-,075	-,316	-,132	,541	,756
6	,034	,532	-,431	-,234	-,628	,285

Método de extração: Análise do Componente principal.

Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser.

**Gráfico de componente em espaço rotacionado**



**Matriz de coeficiente de pontuação de componente**

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
A1	,218	-,028	-,043	,018	-,058	-,060
A2	,216	-,024	-,041	,013	-,056	-,059
A3	,217	-,025	-,038	,024	-,065	-,058
A4	,215	-,020	-,037	,018	-,067	-,056
A5	-,033	,037	,329	-,006	-,029	,035
A6	-,009	,093	,188	,003	-,397	,010
A7	,062	,052	-,088	-,010	,083	-,297
A8	,010	-,116	,100	-,046	,314	,205
A9	,027	,011	,141	,017	,074	,134
A10	,051	,160	-,460	-,093	-,082	,193
A11	,110	-,135	-,116	-,012	,162	,155
H1	,051	-,161	,048	,147	-,149	,155
H2	-,002	,329	,024	-,030	-,101	-,006
H4	,008	-,099	-,049	-,176	-,011	,215
H5	-,077	,219	,017	-,129	,064	,168
H6	,021	-,388	,169	-,071	,155	-,039
S1	-,065	-,129	-,071	-,099	-,149	,075
S2	-,061	-,050	,105	,057	,462	-,024
S3	,047	,136	,112	-,083	-,120	,035
I1	-,023	-,056	,071	,423	,045	,029
I2	,053	-,026	,014	,448	,005	,038
I3	-,021	,140	-,158	,057	-,012	,511

Método de extração: Análise do Componente principal.

Método de rotação: Varimax com normalização de Kaiser.

Pontuações de componente.

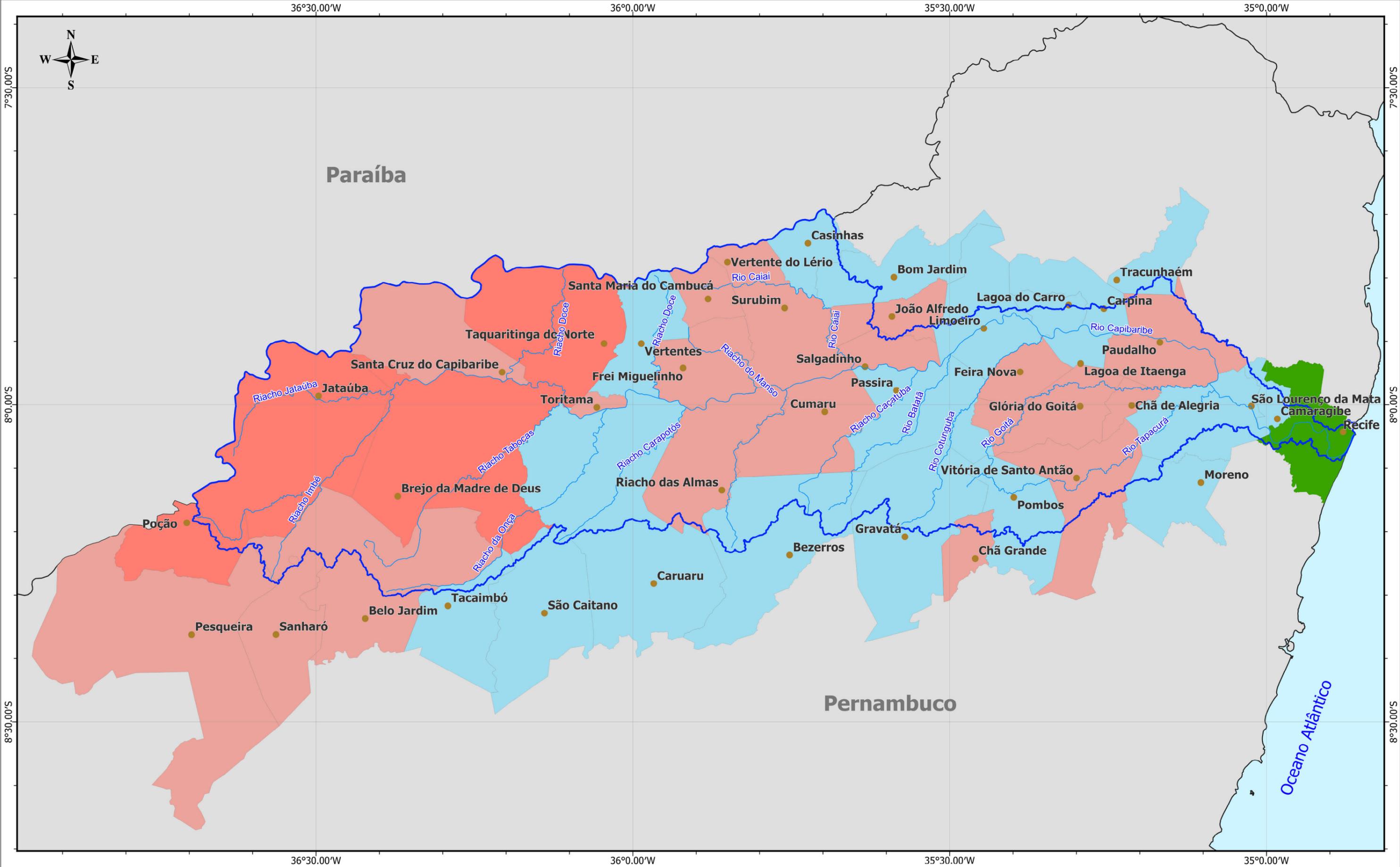
**APÊNDICE C - BANCO DE DADOS**

DIMENSÃO	CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UNIDADE	FONTE
Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto	A1	População urbana atendida com esgotamento sanitário	População urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	habitante	SNIS, 2020
	A2	População total atendida com esgotamento sanitário	População total atendida com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	habitante	SNIS, 2020
	A3	População urbana atendida com abastecimento de água	População urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	habitante	SNIS, 2020
	A4	População total atendida com abastecimento de água	População total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	habitante	SNIS, 2020
	A5	Índice de atendimento total de água	Percentual de atendimento da população total com abastecimento de água.	percentual	SNIS, 2020
	A6	Índice de atendimento urbano de água	Percentual de atendimento da população urbana com abastecimento de água.	percentual	SNIS, 2020
	A7	Índice de coleta de esgoto	Percentual de coleta de esgotamento sanitário.	percentual	SNIS, 2020
	A8	Índice de tratamento de esgoto coletado	Volumes de esgoto tratados em relação ao total de esgoto coletado.	percentual	SNIS, 2020
	A9	Consumo médio per capita de água	Representa o consumo médio diário de água por habitante em um município.	l/hab.dia	SNIS, 2020
	A10	Densidade de rede de água	Representa a extensão de rede de água por ligação.	m/ligação	SNIS, 2020
	A11	Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água	Desempenho quanto ao controle de perdas de água na distribuição.	unidade	ANA, 2021
Hidroambiental	H1	Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água	Representa a situação dos mananciais e eficiência da produção de água.	unidade	ANA, 2021
	H2	Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	Consiste na composição da vulnerabilidade social e vulnerabilidade ecossistêmica (desastres naturais, mudanças climáticas e infraestruturas hídricas) medido na escala municipal.	unidade	MOURA, 2020
	H3	Índice de área verde	Corresponde à quantidade de área verde presente em um município.	percentual	MAPBIOMAS, 2019
	H4	Disponibilidade hídrica superficial	Vazão que está disponível no manancial durante, pelo menos 95% do tempo.	m³/s	ANA, 2021
	H5	Disponibilidade hídrica subterrânea	Quantidade de água disponível na reserva hídrica de um aquífero.	m³/s	ANA, 2021
	H6	Índice Integrado de Seca	Representa o monitoramento das secas e seus impactos.	unidade	CEMADEN, 2022
	H7	Índice de atendimento total de resíduos sólidos	Percentual de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população total.	percentual	SNIS, 2020
	H8	Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos	Percentual de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população urbana.	percentual	SNIS, 2020
	H9	Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com pavimentação e meio-fio.	percentual	SNIS, 2020
	H10	Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com redes ou canais pluviais subterrâneos.	percentual	SNIS, 2020
	H11	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais)	Número de captações de drenagem urbana por área de um município.	unidades/km²	SNIS, 2020
Social	S1	Índice de Vulnerabilidade Social	Representa o acesso, a ausência ou a insuficiência de capital humano, renda e trabalho em áreas do território brasileiro.	unidade	IPEA, 2015
	S2	Taxa de Crescimento Populacional	Projeção populacional a nível municipal (população urbana e rural).	percentual	ANA, 2021
	S3	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Representa o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros.	unidade	FIRJAN, 2016
Institucional	I1	Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos	Relativo à presença de regulamentação sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos.	percentual	IBGE, 2019
	I2	Legislação sobre saneamento ambiental	Referente à existência de Plano municipal de saneamento básico que contemple todos os componentes do saneamento.	percentual	IBGE, 2019
	I3	Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021	Percentual de atendimento dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	percentual	SNIS, 2020

CD_MUN	NM_MUN	SIGLA	Dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto											
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	
			xs	População total atendida com esgotamento sanitário	População urbana atendida com abastecimento de água	População total atendida com abastecimento de água	Índice de atendimento total de água	Índice de atendimento urbano de água	Índice de coleta de esgoto	Índice de tratamento de esgoto coletado	Consumo médio per capita de água	Densidade de rede de água	Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água	
2601706	Belo Jardim	PE	0	0	61.849	76.930	100,00	100,00	0,00	0,00	122,10	8,20	A2	
2601904	Bezerros	PE	0	0	51.683	60.960	94,74	100,00	0,00	0,00	81,90	9,40	B	
2602209	Bom Jardim	PE	16.084	40.038	16.084	40.038	65,89	100,00	14,66	0,00	66,00	10,80	B	
2602605	Brejo da Madre de Deus	PE	40.190	51.696	40.190	51.696	56,75	73,00	100,00	0,00	62,40	10,30	A2	
2603454	Camaragibe	PE	159.945	159.945	159.945	159.945	79,37	79,40	2,09	100,00	86,50	9,30	D	
2604007	Carpina	PE	0	0	81.944	85.131	99,69	100,00	0,00	0,00	73,30	8,00	B	
2604106	Caruaru	PE	327.915	369.343	327.915	369.343	100,00	100,00	47,79	100,00	120,20	8,70	A2	
2604155	Casinhas	PE	1.782	14.395	1.782	14.395	22,31	100,00	100,00	0,00	64,30	11,00	C	
2604403	Chã de Alegria	PE	0	0	10.519	13.641	70,07	90,90	0,00	0,00	55,40	8,10	A2	
2604502	Chã Grande	PE	14.910	21.929	14.910	21.929	66,60	98,00	53,54	33,33	63,40	7,80	A2	
2604908	Cumaru	PE	0	0	4.442	9.494	78,50	100,00	0,00	0,00	72,90	9,40	A2	
2605400	Feira Nova	PE	0	0	17.732	22.360	17,732	22,360	100,00	0,00	93,96	60,70	7,90	A2
2605806	Frei Miguelinho	PE	0	0	3.707	15.633	44,39	100,00	0,00	0,00	37,30	11,80	B	
2606101	Glória do Goitá	PE	0	0	16.406	30.847	62,26	100,00	0,00	0,00	81,20	10,70	C	
2606408	Gravatá	PE	76.301	85.309	76.301	85.309	100,00	100,00	2,93	100,00	137,80	10,70	B	
2608008	Jataúba	PE	0	0	10.047	17.305	20,12	34,70	0,00	0,00	62,90	18,70	B	
2608107	João Alfredo	PE	16.401	33.570	16.401	33.570	63,21	100,00	74,09	0,00	61,20	9,40	C	
2608453	Lagoa do Carro	PE	0	0	13.392	18.429	64,90	89,30	0,00	0,00	57,30	10,70	B	
2608503	Lagoa de Itaenga	PE	0	0	17.807	21.490	82,29	99,30	0,00	0,00	55,80	7,90	A2	
2608909	Limoeiro	PE	0	0	45.131	56.149	90,01	100,00	0,00	0,00	82,30	8,50	B	
2609402	Moreno	PE	56.480	63.792	56.480	63.792	79,86	90,20	30,28	100,00	63,60	8,40	B	
2610509	Passira	PE	0	0	14.056	28.856	62,19	100,00	0,00	0,00	54,40	7,80	A2	
2610608	Paudalho	PE	0	0	40.569	57.346	72,88	100,00	0,00	0,00	65,60	9,50	B	
2610905	Pesqueira	PE	48.809	68.067	48.809	68.067	67,08	93,60	100,00	0,00	103,40	8,60	A2	
2611200	Poção	PE	7.029	11.308	7.029	11.308	59,09	95,10	100,00	0,00	4,80	8,60	A2	
2611309	Pombos	PE	0	0	18.114	27.204	82,75	100,00	0,00	0,00	76,30	7,80	A2	
2611606	Recife	PE	1.661.017	1.661.017	1.661.017	1.661.017	96,43	96,40	75,30	99,74	120,00	10,00	D	
2611705	Riacho das Almas	PE	9.485	20.744	9.485	20.744	58,89	100,00	100,00	0,00	80,10	13,30	B	
2612109	Salgadinho	PE	0	0	3.687	11.214	33,93	100,00	0,00	0,00	50,00	7,60	A2	
2612406	Sanharó	PE	0	0	15.548	27.308	79,18	100,00	0,00	0,00	67,20	9,60	A2	
2612505	Santa Cruz do Capibaribe	PE	109.274	111.812	109.274	111.812	69,27	70,90	100,00	100,00	61,30	8,20	B	
2612703	Santa Maria do Cambucá	PE	0	0	3.599	14.308	55,01	100,00	0,00	0,00	50,80	19,60	A2	
2613107	São Caitano	PE	0	0	28.779	37.488	81,77	100,00	0,00	0,00	42,20	9,00	B	
2613701	São Lourenço da Mata	PE	108.078	114.910	108.078	114.910	85,88	91,30	37,75	100,00	74,90	9,70	D	
2614501	Surubim	PE	49.813	66.192	49.813	66.192	100,00	100,00	15,10	100,00	67,50	7,80	A2	
2614709	Tacaimbó	PE	7.151	12.843	7.151	12.843	81,62	100,00	60,51	100,00	73,60	14,20	A2	
2615003	Taquaritinga do Norte	PE	0	0	21.256	29.472	45,60	63,20	0,00	0,00	54,30	10,10	A2	
2615409	Toritama	PE	45.195	47.088	45.195	47.088	79,80	83,10	100,00	0,00	54,40	9,80	B	
2615508	Tracunhaém	PE	0	0	11.642	13.856	78,97	94,00	0,00	0,00	85,90	7,90	B	
2616183	Vertente do Lério	PE	0	0	1.733	7.526	39,95	100,00	0,00	0,00	15,60	14,90	A2	
2616209	Vertentes	PE	0	0	15.036	21.172	73,65	100,00	0,00	0,00	20,60	10,40	B	
2616407	Vitória de Santo Antão	PE	122.518	140.389	122.518	140.389	77,79	89,10	29,12	100,00	99,40	8,30	B	

CD_MUN	NM_MUN	Dimensão Hidroambiental										Dimensão Social			Dimensão Institucional			
		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	S1	S2	S3	I1	I2	I3
		Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água	Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	Índice de área verde	Disponibilidade hídrica superficial	Disponibilidade hídrica subterrânea	Índice Integrado de Seca	Índice de atendimento total de resíduos sólidos	Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos	Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)	Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais)	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais)	Índice de Vulnerabilidade Social	Taxa de Crescimento Populacional	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos	Legislação sobre saneamento ambiental	Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021
2601706	Belo Jardim	Alta	Média	61,99	0,7000	0,01233	5	80,00	99,51	34,30	0,00	0	0,491	0,16	0,697	Sim	Sim	83,33
2601904	Bezerras	Média	Alta	27,64	0,3576	0,06752	5	100,00	100,00	100,00	50,60	1	0,597	0,20	0,666	Não	Não	83,86
2602209	Bom Jardim	Média	Alta	15,51	1,5504	0,01472	5	64,94	74,61	43,50	4,30	1	0,613	0,17	0,616	Sim	Não	99,00
2602605	Brejo da Madre de Deus	Mínima	Alta	62,01	1,2740	0,01452	5	87,05	100,00	71,10	15,60	7	0,628	0,26	0,597	Não	Não	81,17
2603454	Camaragibe	Média	Alta	35,29	0,0034	0,00346	6	100,00	100,00	43,70	22,90	25	0,524	0,23	0,638	Sim	Sim	90,89
2604007	Carpina	Mínima	Média	1,14	0,0034	0,00996	4	100,00	100,00	75,00	7,50	1	0,507	0,27	0,675	Não	Não	91,94
2604106	Caruaru	Alta	Média	29,98	0,6308	0,14333	4	100,00	100,00	75,80	6,60	16	0,391	0,35	0,788	Sim	Sim	87,03
2604155	Casinhas	Baixa	Muito Alta	11,69	0,1123	0,00781	5	49,50	99,83	99,60	19,90	0	0,631	0,11	0,663	Não	Não	87,50
2604403	Chã de Alegria	Mínima	Muito Alta	2,82	2,6008	0,00328	6	0,00	0,00	74,10	0,00	4	0,762	0,19	0,619	Sim	Sim	58,33
2604502	Chã Grande	Mínima	Alta	9,70	0,0132	0,01169	5	86,23	100,00	66,70	26,70	175	0,579	0,23	0,580	Não	Não	106,44
2604908	Cumaru	Baixa	Muito Alta	25,91	4,2868	0,02677	5	0,00	0,00	ND	ND	ND	0,694	-0,06	0,617	Sim	Sim	91,67
2605400	Feira Nova	Alta	Alta	0,58	1,6957	0,00727	5	78,26	98,69	ND	ND	ND	0,614	0,21	0,633	Não	Sim	85,05
2605806	Frei Miguelinho	Baixa	Alta	11,87	4,2320	0,02925	4	57,57	99,81	16,70	5,60	0	0,640	0,16	0,554	Não	Sim	92,50
2606101	Glória do Goitá	Média	Alta	4,75	0,0029	0,01564	5	0,00	0,00	ND	ND	ND	0,606	0,15	0,636	Sim	Sim	87,22
2606408	Gravatá	Média	Alta	28,29	0,0046	0,06979	5	87,92	98,29	100,00	8,50	4	0,557	0,24	0,631	Não	Não	97,37
2608008	Jataíba	Alta	Muito Alta	63,86	0,8600	0,01360	5	58,06	100,00	24,40	15,60	7	0,565	0,23	0,608	Não	Não	82,50
2608107	João Alfredo	Média	Alta	19,74	0,2282	0,00942	5	48,50	99,28	37,50	0,00	0	0,580	0,24	0,646	Sim	Sim	80,32
2608453	Lagoa do Carro	Alta	Alta	0,74	1,7033	0,00470	4	99,04	99,04	ND	ND	ND	0,545	0,21	0,656	Não	Não	170,83
2608503	Lagoa de Itaenga	Máxima	Alta	0,75	1,6960	0,00386	5	83,76	95,47	71,40	1,40	19	0,585	0,11	0,723	Não	Não	85,12
2608909	Limoeiro	Média	Média	4,62	1,8041	0,01845	4	100,00	100,00	ND	ND	ND	0,527	0,11	0,722	Não	Não	76,19
2609402	Moreno	Mínima	Muito Alta	21,28	2,6679	0,01323	6	88,54	100,00	70,60	0,40	16	0,572	0,24	0,614	Não	Não	80,64
2610509	Passira	Baixa	Alta	18,19	0,2382	0,02996	5	59,70	96,96	40,30	38,60	94	0,600	0,14	0,649	Não	Não	248,33
2610608	Paudalho	Mínima	Muito Alta	24,13	4,7961	0,01854	6	0,00	0,00	ND	ND	ND	0,719	0,24	0,665	Não	Sim	92,86
2610905	Pesqueira	Média	Alta	58,65	0,3100	0,01864	5	80,00	91,85	56,10	0,00	0	0,501	0,21	0,624	Não	Sim	49,63
2611200	Poção	Máxima	Muito Alta	57,90	0,3245	0,00388	5	79,59	99,59	88,90	0,00	0	0,622	0,19	0,611	Sim	Sim	0,00
2611309	Pombos	Mínima	Alta	7,77	0,0551	0,02201	5	66,45	99,79	100,00	0,00	0	0,547	0,16	0,619	Não	Não	81,25
2611606	Recife	Baixa	Média	24,97	2,2798	0,01479	5	100,00	100,00	75,20	67,80	239	0,330	0,19	0,755	Sim	Não	94,21
2611705	Riacho das Almas	Baixa	Alta	23,02	4,2320	0,04317	4	69,90	94,89	60,50	0,00	2	0,594	0,23	0,588	Não	Não	191,67
2612109	Salgadinho	Média	Muito Alta	26,82	0,2315	0,00800	5	0,00	0,00	ND	ND	ND	0,540	0,26	0,606	Não	Não	87,50
2612406	Sanharó	Alta	Alta	42,05	0,0000	0,00511	5	76,90	96,48	ND	ND	ND	0,561	0,33	0,558	Não	Não	92,86
2612505	Santa Cruz do Capibaribe	Máxima	Média	58,09	0,8690	0,04600	4	84,96	86,94	ND	ND	ND	0,420	0,36	0,678	Não	Não	97,98
2612703	Santa Maria do Cambucá	Baixa	Alta	13,94	0,0000	0,00620	4	58,85	98,17	60,00	10,00	0	0,627	0,16	0,631	Sim	Sim	91,67
2613107	São Caitano	Alta	Alta	28,08	0,0000	0,05960	5	85,36	86,87	80,00	1,50	0	0,606	0,22	0,649	Sim	Sim	402,50
2613701	São Lourenço da Mata	Alta	Muito Alta	23,26	5,7232	0,01768	5	69,62	74,02	ND	ND	ND	0,600	0,24	0,641	Sim	Sim	190,56
2614501	Surubim	Baixa	Média	10,34	4,6423	0,01703	5	90,65	100,00	50,60	21,10	3	0,536	0,24	0,691	Sim	Sim	83,75
2614709	Tacaimbó	Alta	Alta	39,47	0,0000	0,03544	5	77,86	100,00	ND	ND	ND	0,573	0,17	0,621	Não	Não	122,96
2615003	Taquaritinga do Norte	Máxima	Média	48,68	0,4050	0,06525	4	94,33	96,44	40,00	0,00	0	0,531	0,27	0,634	Sim	Sim	83,33
2615409	Toritama	Máxima	Média	27,09	0,0000	0,00353	3	100,00	100,00	63,90	9,40	3	0,397	0,33	0,591	Não	Não	79,35
2615508	Tracunhaém	Mínima	Muito Alta	2,85	0,0072	0,00914	4	83,00	94,49	89,30	17,90	80	0,567	0,14	0,648	Não possui informação	Não possui informação	80,21
2616183	Vertente do Lério	Baixa	Alta	24,86	0,0000	0,00496	5	54,48	100,00	43,80	26,90	45	0,664	0,07	0,626	Não	Não	78,33
2616209	Vertentes	Baixa	Alta	25,04	0,0000	0,02698	4	70,38	98,43	19,80	0,00	5	0,580	0,23	0,638	Não	Não	216,67
2616407	Vitória de Santo Antão	Mínima	Alta	10,00	1,5086	0,02594	5	30,19	32,65	11,10	3,30	0	0,494	0,20	0,710	Sim	Sim	106,25

**APÊNDICE D - MAPA GERAL DA SEGURANÇA HÍDRICA**



# MAPA GERAL DA SEGURANÇA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

## Segurança Hídrica

- Máxima [1]
- Alta [0]
- Média [18]
- Baixa [19]
- Mínima [4]

## Convenções Cartográficas

- Bacia do rio Capibaribe (UP03)
- Cursos D'água
- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Sedes Municipais

1:530000  
0 10 20 30 km

Sistema de Informações Geográficas  
DATUM: SIRGAS 2000