Cenários Futuros para os Recursos Hídricos das Bacias nos Horizontes de Planejamento Considerados – Litoral Sul

21001-ETP5-RP5-S-00-01

Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba















QUADRO DE CODIFICAÇÃO

| Código do Documento | | 21001-ETP5-RP5-S-00-01 | | |
|---------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|
| Título | | Cenários Futuros para os Recursos Hídricos das Bacias nos Horizontes de Planejamento Considerados | | |
| Aprovação por: | | Lawson Francisco de Souza Beltrame | | |
| Data da Aprovação: | | 28/04/2 | 023 | |
| | | Control | e de Revisões | |
| Revisão Nº | Natureza | | Data | Aprovação |
| 00 | Emissão Inicial | | 13/02/2023 | LB |
| 01 | Revisão | | 28/04/2023 | LB |







EQUIPE DA CONTRATANTE

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro - Diretor Presidente

Beranger Arnaldo de Araújo – Diretor Executivo de Acompanhamento e Controle

Joacy Mendes Nóbrega – Diretor Executivo Administrativo e Financeiro

Waldemir Fernandes Azevedo – Diretor Executivo de Gestão e Apoio Estratégico

SEIRH – SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E DOS RECURSOS HÍDRICOS

Deusdete Queiroga Filho – Secretário de Estado da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos

Ricardo Simplício Mota – Secretário Executiva da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos

GESTOR DO CONTRATO FERH Nº 0011/2021

Beranger Arnaldo de Araújo

Secretária: Maria Itaci Costa Leal

GRUPO DE ACOMPANHAMENTO DA ELABORAÇÃO DO PRHBHL – GET

1. AESA

Titular: Rosa Maria Lins Bonifácio

Suplente: Francisco José de Brito Sousa

2. SEIRH

Titular: Ricardo Simplício Mota

Suplente: Bárbara Meira de Oliveira

3. SEDAP

Titular: Demilson Lemos de Araújo

4. CAGEPA

Titular: Otoniel Pedrosa de Alencar

Suplente: Laudízio da Silva Diniz

5. SUDEMA







Titular: João Carlos de Miranda e Silva

Suplente: Samara Galvão

6. CBH-LN

Titular: Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro

Suplente: Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros

7. CBH-LS

Titular: Maria Edelcides Gondim de Vasconcelos

Suplente: Flávia Dias Suassuna

8. CERH

Titular: José Etham de Lucena Barbosa

Suplente: Ricardo Lavor Cavalcanti

9. CTGI

Titular: Edmundo Coelho Barbosa

Suplente: Leonardo Leite Brasil Montenegro





EQUIPE DA ÁGUA E SOLO ESTUDOS E PROJETOS

EOUIPE CHAVE

COORDENADOR

Lawson Francisco de Souza Beltrame – Eng. Agrônomo – CREA RS010020

ESPECIALISTA EM HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

Graziela Zim – Eng^a. Civil – CREA RS104270

ESPECIALISTA EM QUALIDADE DE ÁGUA, TRATAMENTO DE ÁGUA E HIDROBIOLOGIA

Luiz Fernando de Abreu Cybis – Eng. Civil – CREA RS039005

ESPECIALISTA EM HIDROLOGIA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Maurício Dambros Melati – Eng. Ambiental - CREA RS212995

ESPECIALISTA EM AGRONOMIA / AGRÍCOLA

Luiz Alberto Pinto Gondim – Eng. Agrônomo – CREA RS 012906

ESPECIALISTA EM PROGRAMAS, ORÇAMENTOS E CUSTOS

Mateus Michelini Beltrame – Administrador – CRA RS028948/O

ESPECIALISTA EM SOCIOECONOMIA

Tânia Maria Zanette – Cientista Política e Economista - CORECON RS2636

ESPECIALISTA EM TI E SIG

Elisa de Mello Kich – Eng^a. Ambiental - CREA RS211253

GERENTE DO CONTRATO

Bernardo Visnievski Zacouteguy – Eng. Ambiental – CREA RS237714

EQUIPE DE APOIO

Luis Carlos Brusa - Eng. Civil / Sanitarista - CPF 677.137.930-20

Nadia Fumaco Caldeira – Bióloga - CRBio 45775-03

Elda Julice Korpalski Morais Ramos - Geógrafa - CREA RS185303

Elis Gardênia dos Santos - Mobilizadora Social - CPF: 556.875.805-06







Magda Isabel Pinto Niederauer - Auxiliar Administrativa - OAB 109499

EQUIPE COMPLEMENTAR

Marina Refatti Fagundes – Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Bruno Henrique Abatti – Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Fernando Setembrino Meirelles – Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Iara dos Santos Medeiros – Mestre em Ecologia e Monitoramento Ambiental

Élvio Giasson – Doutor em Ciências do Solo

Isaac Queiroz – Mestre em Geologia

Laís Helena Mazzali – Eng^a. Ambiental

Larissa da Silva Soares –Enga Ambiental

Luana Gabriele Gomes Camelo – Eng^a Ambiental

Heloísa Franke - Graduanda em Eng. Ambiental

Luiza Vivian Santos – Graduanda em Eng. Ambiental

Lucas Ronzoni Calviera - Graduanda em Eng. Ambiental







SUMÁRIO

| 1 | IN | TRO | DUÇÃO | 21 |
|--------|-----|----------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 2 | AN | NÁL] | ISE DAS CONDIÇÕES ATUAIS REVELADAS PELO DIAGNÓSTICO | O23 |
| | 2.1 | Bac | cia Hidrográfica do rio Gramame | 23 |
| | 2.2 | Bac | cia Hidrográfica do rio Abiaí | 31 |
| | 2.3 | Pri | ncipais conflitos identificados nas Bacias do Litoral Sul | 37 |
| 3 | CE | ENÁI | RIOS ALTERNATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS | 39 |
| | 3.1 | Os | Cenários Econômicos Mundiais | 40 |
| | 3.1 | .1 | Crescimento do setor industrial no Brasil | 44 |
| | 3.1 | .2 | Crescimento da população | 48 |
| | 3.1 | .3 | Crescimento do setor primário | 49 |
| | 3.2 | Os | Cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos | 53 |
| | 3.3 | Os | Cenários do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba | 55 |
| | 3.4 | Os 57 | Cenários do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do L | itoral Sul |
| 4 A | | | IATIVA DAS DEMANDAS E DISPONIBILIDADES DOS CE | |
| | 4.1 | Dis | sponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica | 69 |
| | 4.2 | De | mandas Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica | 80 |
| | 4.2 | 2.1 | Consumo Humano Urbano (sem exportação de água) | 80 |
| | 4.2 | 2.2 | Consumo Humano Urbano (com exportação de água) | 82 |
| | 4.2 | 2.3 | Consumo Humano Rural | 85 |
| | 4.2 | 2.4 | Indústria | 87 |
| | 4.2 | 2.5 | Mineração | 91 |
| | 4.2 | 2.6 | Dessedentação Animal | 92 |
| | 4.2 | 7 | A gricultura Irrigada | 93 |







| | 4.2 | 2.8 | Síntese das Demandas Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica | 95 |
|---------|-----|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| ۷ | 4.3 | Bala | anço Hídrico por Sub-bacia Hidrográfica | . 104 |
| 5 DE | | | NATIVAS DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES S HÍDRICAS | |
| 4 | 5.1 | Ider | ntificação de Alternativas de Incremento das Disponibilidades Quantitativas | 113 |
| | 5.1 | .1 | Reúso para Fins não Potáveis | .116 |
| | 5.1 | .2 | Reúso para Fins Potáveis | 119 |
| | 5.1 | 3 | Reúso para Fins de Manutenção de Vazões | 120 |
| | 5.1 | .4 | Reúso na Recarga de Aquífero | 120 |
| 4 | 5.2 | Alte | ernativas de Atuação sobre as Demandas | 122 |
| 4 | 5.3 | Esti | mativa das Cargas Poluidoras por Cenário | 125 |
| | 5.3 | 3.1 | Esgoto Doméstico Urbano | 126 |
| | 5.3 | 3.2 | Efluentes da Criação Animal | 130 |
| | 5.3 | 3.3 | Irrigação | . 135 |
| | 5.3 | 3.4 | Drenagem Urbana | 137 |
| | 5.3 | 3.5 | Resíduos Sólidos | . 142 |
| | 5.3 | 3.6 | Indústria | . 145 |
| | 5.3 | 3.7 | Síntese da Avaliação das Cargas Poluidoras das Sub-bacias Hidrográficas | . 150 |
| 6 | DE | EFINI | IÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA "A BACIA QUE QUEREMOS" | . 160 |
| (| 5.1 | Ofic | cina de Mobilização | 160 |
| | 6.1 | .1 | Introdução e Justificativa | 160 |
| | 6.1 | .2 | Metodologia | . 164 |
| | 6.1 | 3 | Resultados | 171 |
| | 6.1 | .4 | Consolidação da pós-análise | 196 |
| (| 5.2 | Cen | iário Escolhido | 207 |
| ŕ | 5 3 | Arti | iculação e compatibilização dos interesses internos e externos às bacias | 211 |







CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 213 |
|------------------------------------------------------|-------------|
| | |
| APÊNDICE A – DEMANDAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS PO | R SUB-BACIA |
| HIDROGRÁFICA | 221 |







ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

| Figura 2.1 – Diagrama Unifiliar representativo das principais captações e lançamento |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| existentes na bacia do rio Gramame |
| Figura 2.2 - Diagrama Unifiliar representativo das principais captações e lançamento |
| existentes na bacia do rio Gramame |
| Figura 3.1 - Porcentagem de países com crescimento negativo do Produto Interno Bruto (PIB) |
| per capita de 1901 a outubro de 202140 |
| Figura 3.2 - Porcentagem do PIB utilizado como resposta fiscal à Covid-1941 |
| Figura 3.3 - Projeção para o crescimento do PIB brasileiro em 2022 |
| Figura 3.4 - Desempenho da indústria brasileira entre 2010 e 2022 com dados do IPEA44 |
| Figura 3.5 - Desempenho da economia cearense após a pandemia |
| Figura 3.6 - Projeção da população total com base no IBGE |
| Figura 3.7 - Produção de pescado (kg/ano) nas BHLN |
| Figura 3.8 - Produção de pescado (kg/ano) nas BHLS |
| Figura 3.9 - Evolução da produção de pescado (kg/ano) na Paraíba e nas $BHLN$ e $BHLS52$ |
| Figura 3.10 - Crescimento relativo das bacias litorâneas em relação à produção estadual53 |
| Figura 3.11 - Comparação entre os cenários definidos no PNRH, no PERH-PB e no presente |
| Plano |
| Figura 4.1 – Mapa de localização das sub-bacias das BHLS |
| Figura 4.2 – Distribuição das nascentes nas sub-bacias do Litoral Sul72 |
| Figura 4.3 - Mapa da Capacidade Específica Interpolado através dos poços do SIAGAS para |
| as bacias do Litoral Sul |
| $Figura~4.4-Disponibilidade~H\'idricas~Superficial~(em~L/s)~das~sub-bacias~do~Litoral~Sul79$ |
| Figura 4.5 – Demanda Hídrica para abasctecimento humano urbano (L/s) nas bacias do |
| Litoral Sul (sem exportação de água) |
| Figura 4.6 - Demanda Hídrica para abasctecimento humano urbano (L/s) nas bacias do Litoral |
| Sul (com exportação de água) |
| Figura 4.7 - Demanda Hídrica para abasctecimento humano rural (L/s) nas bacias do Litoral |
| Sul87 |
| Figura 4.8 - Demanda Hídrica para indústria de transformação (L/s) nas bacias do Litoral Sul. |
| 90 |
| Figura 4.9 - Demanda Hídrica para mineração (L/s) nas bacias do Litoral Sul92 |
| Figura 4.10 - Demanda Hídrica para dessedentação animal (L/s) nas bacias do Litoral Sul93 |









| Figura 4.11 - Demanda Hídrica para agricultura (L/s) nas bacias do Litoral Sul95 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Figura 4.12 - Demanda Hídrica Total (L/s) nas bacias do Litoral Sul (considerando a |
| exportação de água)97 |
| Figura 4.13 - Demanda Hídrica Total (L/s) nas bacias do Litoral Sul (sem exportação de |
| água)97 |
| Figura 4.14 - Distribuição das demandas hídricas nas sub-bacias do Litoral Sul98 |
| Figura 4.15 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 981 L/s |
| Figura 4.16 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 1471 L/s |
| Figura 4.17 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 1962 L/s |
| Figura 4.18 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 2542 L/s |
| Figura 4.19 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 3433 L/s |
| Figura 4.20 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de |
| retirada da CAGEPA de 3923 L/s |
| Figura 4.21 – Demandas vs Disponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica nas BHLS |
| - Cenário Tendencial |
| Figura 4.22 - Demandas vs Disponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica nas BHLS |
| considerando as vazões de retorno – Cenário Tendencial |
| Figura 5.1 - Esquema de poço de infiltração na zona vadosa |
| Figura 5.2 - Carga de DBO remanescente (ton/ano) nas BHLS, nos três cenários considerados |
| para esgoto doméstico urbano |
| Figura 5.3 - Carga de FÓSFORO remanescente (ton/ano) nas BHLS, nos três cenários |
| considerados para esgoto doméstico urbano |
| Figura 5.4 - Carga de COLIFORMES remanescente (10 ¹² org/ano) nas BHLS, nos três |
| cenários considerados para esgoto doméstico urbano |
| Figura 5.5 – Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da |
| criação animal |
| Figura 5.6 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para |
| efluentes da criação animal |







| Figura 5. / - Carga poluidora de FOSFORO por bacia hidrografica e cenarios para irrigação | э. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| | 137 |
| Figura 5.8 - Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para drenagem urb | ana. |
| | 141 |
| Figura 5.9 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para | |
| drenagem urbana | 142 |
| Figura 5.10 – Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para resíduos | |
| sólidos | 145 |
| Figura 5.11 - Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da | |
| indústria. | 150 |
| Figura 5.12 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para | |
| efluentes da indústria | 150 |
| Figura 5.13 – Carga de DBO remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral Sul oriunda | ì |
| das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL. | 155 |
| Figura 5.14 - Carga de FÓSFORO remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral Sul | |
| oriunda das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL | 156 |
| Figura 5.15 - Carga de COLIFORMES remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral S | Sul |
| oriunda das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL | 157 |
| Figura 6.1 - Exemplo de estratégia e tática. | 162 |
| Figura 6.2 - Riscos e fatores de sucesso das estratégias e das táticas | 164 |
| Figura 6.3 - Árvore dos Problemas | 165 |
| Figura 6.4 - Árvore dos Problemas das BHLS. | 165 |
| Figura 6.5 - Descrição do mapa de influência e dependência. | 170 |
| Figura 6.6 - Mapa de Influência e Dependência do Grupo 1. | 172 |
| Figura 6.7 - Gráfico de Influência Direta Grupo 1 | 173 |
| Figura 6.8 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 1. | 173 |
| Figura 6.9 - Gráfico de influência indireta Grupo 1. | 174 |
| Figura 6.10 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 1 | 174 |
| Figura 6.11 - Mapa de Influência e Dependência Potencial Grupo 1 | 175 |
| Figura 6.12 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo | 1. |
| | 175 |
| Figura 6.13 - Gráfico de influência potencial Grupo 1 | 176 |
| Figura 6.14 - Mana de influência e dependência potencial indireta Grupo 1 | 177 |



CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

| Figura 6.15 - Mapa de Influência e Dependência do Grupo 2. | 178 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Figura 6.16 - Gráfico de Influência Direta Grupo 2. | 178 |
| Figura 6.17 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 2. | 179 |
| Figura 6.18 - Gráfico de influência indireta Grupo 2. | 179 |
| Figura 6.19 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 2 | 180 |
| Figura 6.20 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo | 2. |
| | 180 |
| Figura 6.21 - Mapa de influência e dependência potencial Grupo 2 | 181 |
| Figura 6.22 - Gráfico de influência potencial Grupo 2 | 181 |
| Figura 6.23 - Mapa de influência e dependência potencial indireta Grupo 2 | 182 |
| Figura 6.24 - Gráfico de influência potencial indireta - Grupo 2. | 183 |
| Figura 6.25 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 3. | 184 |
| Figura 6.26 - Gráfico de influência direta Grupo 3. | 185 |
| Figura 6.27 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 3. | 185 |
| Figura 6.28 - Gráfico de influência indireta Grupo 3. | 186 |
| Figura 6.29 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 3 | 187 |
| Figura 6.30 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo | 3. |
| | 187 |
| Figura 6.31 - Mapa de influência e dependência potencial Grupo 3. | 188 |
| Figura 6.32 - Gráfico de influência potencial Grupo 3 | 188 |
| Figura 6.33 - Mapa de influência e dependência potencial indireta Grupo 3 | 189 |
| Figura 6.34 - Gráfico de influência potencial indireta Grupo 3. | 189 |
| | |
| Figura 6.35 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 4. | |
| Figura 6.35 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 4. Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. | 191 |
| | 191 191 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. | 191 191 192 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. | 191 191 192 192 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4. | 191 191 192 193 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4. Figura 6.39 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 4. | 191 191 192 192 193 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4. Figura 6.39 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 4. Figura 6.40 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo | 191 192 192 193 o 4. 193 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4. Figura 6.39 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 4. Figura 6.40 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo | 191 192 192 193 o 4. 193 194 |
| Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4. Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4. Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4. Figura 6.39 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 4. Figura 6.40 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo 4. Figura 6.41 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 4. | 191 192 192 193 o 4. 193 194 |







CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

| Figura 6.45 - Gráfico da influência direta da Moda das respostas. | . 197 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Figura 6.46 - Mapa de dependência e influência direta da Moda das respostas | . 197 |
| Figura 6.47 - Mapa de deslocamento direto/indireto da Moda das respostas | . 198 |
| Figura 6.48 - Mapa da influência e dependência indiretas da Moda das respostas | . 198 |
| Figura 6.49 - Gráfico da influência indireta da Moda das repostas | . 199 |
| Figura 6.50 - Classificação das variáveis pela influência - Moda das respostas | . 199 |
| Figura 6.51 - Mapa de influência e dependência potencial direta da Moda das respostas | .200 |
| Figura 6.52 - Gráfico da influência potencial direta da Moda das respostas | .201 |
| Figura 6.53 - Mapa da influência e dependência potencial indireta da Moda das respostas. | .201 |
| Figura 6.54 - Gráfico da influência potencial indireta da Moda das respostas. | .202 |
| Figura 6.55 - Gráfico da influência direta da Média das respostas. | .203 |
| Figura 6.56 - Mapa da influência e dependência direta da Média das respostas | .203 |
| Figura 6.57 - Mapa de deslocamento direto/indireto da Média das respostas | . 204 |
| Figura 6.58 - Mapa da influência e dependência indireta da Média das respostas | .204 |
| Figura 6.59 - Classificação das variáveis pela influência - Média das respostas | .205 |
| Figura 6.60 - Gráfico da influência indireta da Média das respostas. | .205 |
| Figura 6.61 - Mapa de influência e dependência potencial direta da Média das respostas | .206 |
| Figura 6.62 - Gráfico da influência potencial direta da Média das respostas | .206 |
| Figura 6.63 - Mapa de influência e dependência potencial indireta da Média das respostas. | . 207 |
| Figura 6.64 - Gráfico da influência potencial indireta da Média das respostas | .207 |







ÍNDICE DE TABELAS

| Tabela 3.1 - Crescimento do PIB brasileiro (%) entre 2017 e 2022 | 42 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabela 3.2 - Crescimento real do Produto Interno Bruto (Fundo Monetário) | 43 |
| Tabela 3.3 - Taxas de crescimento da população estimada por período | 48 |
| Tabela 3.4 - Número de estabelecimentos aquícolas por município da Paraíba | 50 |
| Tabela 3.5 – Área e vazão para a aquicultura nas bacias litorâneas | 53 |
| Tabela 3.6 - Demandas Hídricas (L/s) por uso consuntivo nas Bacias do Litoral Sul | 56 |
| Tabela 3.7 - Cenários e premissas para estimativas das disponibilidades hídricas futuras | 58 |
| Tabela 3.8 - Cenários e premissas para estimativas das demandas hídricas futuras | 63 |
| Tabela 4.1 – Princpais trechos de rio e suas respectivas extensões por sub-bacia | 67 |
| Tabela 4.2 – Valores de evapotranspiração potencial (mm) nos diferentes cenários de | |
| mudanças climáticas para a estação INMET de João Pessoa (82798). | 69 |
| Tabela 4.3 – Incremento da disponibilidade hídrica considerando os cenários de recuperação | ão e |
| degradação das nascentes (em L/s) | 70 |
| Tabela 4.4 - Vazões monitoradas, em litros por segundo, em duas nascentes sob uso do sol | O |
| com mata e com pastagens. | 71 |
| Tabela 4.5 - Vazão, em litros por segundo, de três nascentes na bacia do rio da Prata/PB | 73 |
| Tabela 4.6 - Valores de Reserva Renovável e Disponibilidade das águas subterrâneas nas | |
| BHLS. | 76 |
| Tabela 4.7 – Valores de disponibilidade hídrica (Q90) nas sub-bacias do Litoral Sul por | |
| cenário e horizonte de planejamento (em L/s) | 76 |
| Tabela 4.8 - Valores de disponibilidade hídrica acumulada nas sub-bacias do Litoral Sul po | or |
| cenário e horizonte de planejamento. | 77 |
| Tabela 4.9 – Evolução das populações urbanas e rurais dos municípios das BHLS | 80 |
| Tabela 4.10 – Demandas Hídricas (em L/s) para abastecimento humano urbano para as s | sub- |
| bacias do Litoral Sul (sem exportação de água). | 81 |
| Tabela 4.11 – Somatório das demandas hídricas para consumo humano urbano por bacia | |
| hidrográfica (sem exportação de água) | 81 |
| Tabela 4.12 – Evolução das populações urbanas dos municípios fora das BHLS atendidos. | 83 |
| Tabela 4.13 - Demandas Hídricas (em L/s) para abastecimento humano urbano para as s | ub- |
| bacias do Litoral Sul (com exportação de água) | 84 |
| Tabela 4.14 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano urbano por bacia | |
| hidrográfica (com exportação de água). | 84 |









| Tabela 4.15 - Demandas Hídricas (em L/s) para abastecimento humano rural para as sub- |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bacias do Litoral Sul86 |
| Tabela 4.16 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano rural por bacia |
| hidrográfica86 |
| Tabela 4.17 – Quantidade de indústrias por sub-bacia |
| Tabela 4.18 – Valores de referência adotados para a estimativa da demanda hídrica das |
| indústrias nas BHLS |
| Tabela 4.19 - Demandas Hídricas (em L/s) para a indústria para as sub-bacias do Litoral Sul. |
| 89 |
| Tabela 4.20 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano rural por bacia |
| hidrográfica90 |
| Tabela 4.21 - Demandas Hídricas (em L/s) para mineração para as sub-bacias do Litoral Sul. |
| 91 |
| Tabela 4.22 - Somatório das demandas hídricas para mineração por bacia hidrográfica (em |
| L/s)91 |
| Tabela 4.23 - Demandas Hídricas (em L/s) para dessedentação animal para as sub-bacias do |
| Litoral Sul |
| Tabela 4.24 - Somatório das demandas hídricas para dessedentação animal por bacia |
| hidrográfica93 |
| Tabela 4.25 - Demandas Hídricas (em L/s) para agricultura para as sub-bacias do Litoral Sul. |
| 94 |
| Tabela 4.26 - Somatório das demandas hídricas para agricultura por bacia hidrográfica94 |
| Tabela 4.27 - Demandas Hídricas Total (em L/s) para as sub-bacias do Litoral Sul95 |
| Tabela 4.28 - Somatório das demandas hídricas totais por bacia hidrográfica96 |
| Tabela 4.29 – Coeficientes de retorno adotado para os usos consuntivos da água na estimativa |
| do consumo de água nas bacias do Litoral Sul |
| Tabela 4.30 – Vazão de retorno acumulada para as sub-bacias do Litoral Sul (em L/s) 100 |
| Tabela 4.31 – Vazões de referência (Q90 em L/s) resultantes nos exutórios das bacias do |
| Litoral Sul |
| Tabela 5.1 - Principais Modalidades de Reúso e Aplicações Típicas |
| Tabela 5.2 - Relação das modalidades de reúso com os níveis de restrição115 |
| Tabela 5.3 - Benefícios mais Relevantes Relacionados ao Reúso |









| Tabela 5.4 - Potenciais Gargalos que devem ser Considerados e/ou Mitigados Quanto ao |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reúso116 |
| Tabela 5.5 - Vantagens e desvantagens das wetlands construídas |
| Tabela 5.6 – Valores dos índices de atendimento de esgotamento sanitário (% população |
| atendida) para os diferentes cenários adotados e respectivos horizontes126 |
| Tabela 5.7 – Cargas potenciais e remanescentes para esgoto doméstico |
| Tabela 5.8 – Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para esgoto |
| doméstico urbano |
| Tabela 5.9 - Taxas de contribuição <i>per capita</i> para criação animal131 |
| Tabela 5.10 – Carga poluidora oriunda de efluentes da criação animal |
| Tabela 5.11 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para efluentes |
| da criação animal133 |
| Tabela 5.12 - Carga poluidora oriunda da irrigação |
| Tabela 5.13 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para |
| irrigação136 |
| Tabela 5.14 - Carga poluidora oriunda da drenagem urbana |
| Tabela 5.15 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para |
| drenagem urbana |
| Tabela 5.16 - Carga poluidora oriunda de resíduos sólidos |
| Tabela 5.17 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários resíduos |
| sólidos144 |
| Tabela 5.18 - Valores de referência adotados para a estimativa da carga poluidora das |
| indústrias nas BHLS146 |
| Tabela 5.19 - Carga poluidora oriunda de efluentes da indústria nas sub-bacias do LS 149 |
| Tabela 5.20 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para |
| indústria |
| Tabela 5.21 – Somatórios das cargas totais de DBO, FÓSFORO e COLIFORMES para as |
| sub-bacias do Litoral Sul, considerando o cenário Tendencial |
| Tabela 5.22 – Cargas poluidoras por fonte de poluição e parâmetro, considerando o cenário |
| Tendencial de curto prazo |
| Tabela 6.1 - Diferenças entre estratégias e táticas |
| Tabela 6.2 - Matriz de Análise Estrutural |
| Tabela 6.3 - Matriz de influência direta do Grupo 1 |







CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

| Tabela 6.4 - Matriz de influência direta do Grupo 2. | 177 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 6.5 - Matriz de influência direta Grupo 3. | 183 |
| Tabela 6.6 - Matriz de influência direta Grupo 4. | 190 |
| Tabela 6.7 - Distribuição das variáveis de acordo com a influência na análise indireta | 208 |
| Tabela 6.8 - Classificação das variáveis. | 208 |







LISTA DE SIGLAS

| AESA | Agência Executiva de Gestão de Água da Paraíba |
|---------|-------------------------------------------------------------------|
| ANA | Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| APP | Área de Preservação Permanente |
| CAGEPA | Companhia de Água e Esgotos da Paraíba |
| CAR | Cadastro Ambiental Rural |
| СВН | Comitê de Bacia Hidrográfica |
| CBH-LN | Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte |
| CBH-LS | Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul |
| CNRH | Conselho Nacional de Recursos Hídricos |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| FERH | Fundo Estadual de Recursos Hídricos |
| FIEP | Federação das Indústrias do Estado da Paraíba |
| FUNASA | Fundação Nacional de Saúde |
| GTE | Grupo de Trabalho de acompanhamento de elaboração do Plano |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia |
| IPCC | Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| PERH-PB | Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba |
| PERS-PB | Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PMSB | Planos Municipais de Saneamento Básico |
| PNRH | Plano Nacional de Recursos Hídricos |
| PNRS | Plano Nacional de Resíduos Sólidos |
| TINKS | Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da |
| PRHBHL | Paraíba |
| RF | Relatórios Finais |
| RP | Relatórios Parciais |
| RSU | Resíduos Sólidos Urbanos |
| SAA | Sistemas de Abastecimento de Água |
| SEIRHMA | Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos e Meio Ambiente |
| SES | Sistema de Esgotamento Sanitário |
| SIAGAS | Sistema de Informações de Águas Subterrâneas |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| SIGEL | Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico |
| SUDEMA | Superintendência de Administração do Meio Ambiente |
| UGRH | Unidade de Gestão de Recursos Hídricos |
| UPH | Unidade de Planejamento Hídrico |
| | emade de l'uniojumento l'italico |







APRESENTAÇÃO

A ÁGUA E SOLO ESTUDOS E PROJETOS LTDA (CNPJ: 02.563.448/0001-49) vem apresentar o RP5 – Cenários possíveis para os Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul, em conformidade com o Termo de Contrato FERH nº 0011/2021, firmado entre a empresa, denominada CONTRATADA, e a SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE – SEIRHMA (CNPJ: 12.271.681/0001-01), através do seu órgão gestor, a AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA (CNPJ: 07.529.125/0001-52), doravante denominada AESA ou CONTRATANTE, cujo objeto é a "ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS LITORÂNEAS DA PARAÍBA".

O presente documento apresenta o Cenários possíveis para os Recursos Hídricos da Bacias Hidrográficas do Litoral Sul, elaborado na Etapa 5 dos PRHBHL. Este produto integra a Fase B do projeto.







1 INTRODUÇÃO

A etapa de cenarização, compatibilização e articulação das bacias concernem à construção de possíveis cenários para disponibilidades e demandas hídricas ao longo do tempo. Estes, por sua vez, objetivam estabelecer um componente estratégico à formulação do PRHBH, fixando objetivos e metas para o plano e, concomitante a isso, abranger diferentes interesses e contingências, compatibilizando a disponibilidade e a demanda existentes.

O presente relatório baseia-se no diagnóstico realizado na etapa antecedente (RP4 — Diagnóstico das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul) e teve como base motriz a realização de uma oficina de mobilização que buscou alinhar os cenários à visão de técnicos e atores vinculados à gestão dos recursos hídricos na Paraíba, de modo que, conjuntamente à expertise técnica da Água e Solo Estudos e Projetos, pudesse ser realizada a identificação da estratégia e das táticas a serem utilizadas no processo de planejamento. Para realização dos cenários, assumiu-se horizontes de planejamento — curto, médio e longo prazo — além de considerar cenários tendenciais, otimistas e pessimistas de demandas e balancear as condições com os planos e políticas já existentes.

A versão inicial do relatório de cenarização foi levada à discussão junto aos membros do GET, CBH-LS e demais atores das bacias, através da segunda Consulta Pública, em que as comunidades das bacias expressaram seu entendimento sobre a cenarização proposta. Após a coleta das contribuições, elaborou-se o relatório de cenarização final.

Dentro das atividades do relatório, serão abordados:

- Análise das condições atuais reveladas pelo diagnóstico: objetiva retomar os principais pontos levantados na etapa de Diagnóstico do Plano de Recursos Hídricos das Bacias do Litoral Sul da Paraíba, de forma sucinta e objetiva, além da análise crítica daquilo que foi observado;
- Cenários alternativos das demandas hídricas: está voltada à visão de futuro em relação às bacias, considerando a conjuntura observada na fase de Diagnóstico e a definição de premissas que caracterizem possíveis cenários futuros;
- Estimativa das demandas e disponibilidades dos cenários alternativos;







- Alternativas de compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas: são comparadas as disponibilidades com as demandas, buscando hipóteses de ampliação das disponibilidades e controle ou racionalização das demandas possíveis;
- Definição do cenário de referência "a bacia que queremos": são descritos os resultados da oficina de mobilização e, com base nisso, estabelecido o cenário mais viável técnico, econômico e socialmente justo, além de ser ambientalmente sustentável.







CONDIÇÕES ANÁLISE DAS **ATUAIS REVELADAS PELO** DIAGNÓSTICO

O presente item possui como objetivo retomar as principais conclusões e tendências observadas na etapa anterior FASE A - DIAGNÓSTICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS "A BACIA QUE TEMOS" do processo de elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba. Os parágrafos seguintes tratam-se de resumos elaborados de forma concisa. Para maios detalhamento das informações destacadas e análise das fontes consultadas sugere-se que sejam consultados os relatórios da FASE A disponibilizados. Os principais pontos referentes a cada bacia são separados conforme os itens. Uma vez que os conflitos pelo uso da água se relacionam diretamente entre as bacias do Gramame e do Abiaí, o item 2.3 final elenca tais discussões de forma agregada para as duas bacias.

2.1 Bacia Hidrográfica do rio Gramame

Caracterização da Bacia

A bacia hidrográfica do rio Gramame conta com seis municípios inseridos total ou parcialmente na sua área de abrangência, com duas sedes municipais – Conde e Pedras de Fogo – além de parte da capital do estado da Paraíba, João Pessoa. Limita-se a leste com o Oceano Atlântico, a oeste e norte com a Bacia do Rio Paraíba e ao sul com a bacia do rio Abiaí. A bacia possui uma área total de 589,6 km² com declividade média de 7,9%. Seu principal curso d'água é o rio Gramame com cerca de 54 km de extensão, cujos principais afluentes são os rios Mumbaba, Mamuaba e Água Boa.

Os conflitos característicos desta bacia centram-se na degradação da qualidade da água devido ao recebimento de efluentes industriais, assoreamento do rio principal além do abastecimento de 70% da denominada Grande João Pessoa que abrange os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita. O fornecimento desta água ocorre través da captação no reservatório Gramame-Mamuaba. Seu volume de armazenamento máximo é de aproximadamente 56.937.000 m³. Este açude garante uma vazão regularizada de aproximadamente 2.646,39 L/s associada à garantia de 90. As intervenções futuras na bacia do Gramame tem como objetivo evitar o possível colapso largamente estudado do Sistema Integrado de Gramame e reforçar o aporte hídrico aos municípios da Região Metropolitana de João Pessoa.

População







Conforme dados levantados na etapa anterior de Diagnóstico do PRHBHL, estima-se que no ano de 2022, aproximadamente 25% da população da bacia do rio Gramame seja rural e 75% urbana. Para o horizonte de longo prazo do Plano contados 20 anos futuros, a estimativa é que a população rural da bacia passe a compor apenas 15,7% do total, enquanto a urbana deve representar 84,3%. Os municípios das bacias hidrográficas do Litoral Sul como um todo registraram no passado e continuam a seguir um processo de urbanização crescente e em trajetória similar ao verificado no país. Processo este associado à crise na produção agropecuária e sua mecanização, fatores que interferem negativamente no número de empregos na zona rural promovendo o êxodo em direção à zona urbana. A tendência é que este movimento continue acontecendo com diminuição ou estagnação da população rural.

Nas BHLS da Paraíba encontram-se os povos Tabajaras, com uma população superior a 750 indígenas, distribuídos em 4 aldeias localizadas nas terras das antigas Sesmarias de Jacoca e Aratagui nos municípios de Conde, Alhandra e Pitimbu. Em relação as terras quilombolas, existem as comunidades Gurugi, Ipiranga, Mituaçu e Paratibe.

• Erosão

Tanto na bacia do Rio Gramame quanto na bacia do Abiaí as regiões com maior potencial erosivo são aquelas localizadas nas cabeceiras dos rios. A combinação entre o elevado potencial erosivo na regiões dos rios de menor ordenamento e as condições mais planas identificadas a jusante da bacia apontam uma tendência de produção e transporte de sedimentos que depositam-se na calha dos rios. Este processo é potencializado pela degradação das matas ciliares e ocupação destas por áreas de cultivo e monocultura.

Para a bacia do Rio Gramame especificamente, destaca-se o alto potencial erosivo nas regiões de cabeceira a montante do reservatório localizado na confluência entre os rios Gramame e Mamuaba. Esta região deve ser priorizada quanto aos programas de conservação e manutenção das funções ecossistêmicas; a atenuação das ações erosivas pode levar a um aumento de volume útil no reservatório devido a dinâmica de produção e transporte de sedimentos nestes rios.

• Saneamento Básico

A caracterização do Saneamento Básico das BHLS englobou a análise dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana dos municípios das bacias. A título de simplificação os pontos a seguir buscaram focar nas questões do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto – maiores detalhes constam no item







3.6 Saneamento Básico e Saúde Pública no relatório de Diagnóstio. A principal responsável pelos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário dos municípios da bacia do Litoral Sul é a CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba.

O índice de atendimento de água tem como base a população atendida pelo prestador do serviço de abastecimento em uma dada região e a sua respectiva população de referência registrada. Entre os municípios do Litoral Sul, apenas Alhandra, João Pessoa e Santa Rita possuem índices de atendimento urbano de água equivalentes a 100%. Os índices de atendimento total e urbano da bacia do Gramame são respectivamente 73,47% e 89,76% - inferiores às médias do estado da Paraíba (76,1% e 92,2%, respectivamente, para atendimento total e urbano) e do Nordeste Brasileiro (74,7% e 90,1%, respectivamente).

Em relação aos mananciais destinados ao abastecimento urbano, os resultados sintetizados expressam que nenhum dos municípios do LS possui manancial e sistema produtor plenamente satisfatórios. O município de São Miguel de Taipu (ocupando uma porção bem pequena da bacia do rio Gramame) detém de mananciais não vulneráveis, mas com necessidade de ampliação do sistema. Os demais municípios possuem algum grau de vulnerabilidade dos seus mananciais para atendimento da demanda projetada de água de 2035 - 3 deles com alta vulnerabilidade (Conde, Santa Rita e Cruz do Espírito Santo), 4 com média e 1 com baixo grau de vulnerabilidade (Alhandra, com necessidade de ampliação do sistema).

Na bacia do Gramame, o destino mais comum para o esgoto sanitário dos domicílios localizados em região urbana é a rede geral de esgoto ou pluvial. Em 2017, o município de João Pessoa coletava e tratava 100% de seu esgoto; em Pedras de Fogo (localizado no alto Gramame) este montante era de apenas 11,60% enquanto em Conde era de zero. Vale destacar, contudo, a participação das soluções individuais nestes dois últimos municípios supracitados, com 22% de esgoto doméstico encaminhado para soluções individuais em Pedras de Fogo e Conde. Assim, apesar da solução individual representar uma parcela pequena de destinação e tratamento dos esgotos entre as localidades avaliadas, esses sistemas são representativos nestas duas localidades.

A maioria dos municípios do Litoral Sul requerem a adoção de uma solução complementar para tratamento e destinação do esgoto em função dessas localidades apresentarem uma baixa relação entre disponibilidade hídrica e carga orgânica lançada. A solução complementar pode envolver a busca de um novo corpo receptor, a disposição no solo ou reúso do efluente. A única







ETE existente nas bacias do Litoral Sul, de acordo com a ANA (2019), é a ETE de Pedras de Fogo que opera através de variações do sistema de lagoas (sistema australiano ou lagoa facultativa), possuindo uma remoção média projetada de DBO 5 dias, 20° C de 75%.

Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente

Na bacia do rio Gramame, observa-se a predominância na paisagem de atividades de agricultura e pastagem com ocupação de 357 km² equivalentes a cerca de 60% da área da BH. Ao longo de toda a extensão do rio Gramame o uso do solo predominante são as atividades de agricultura (em especial o cultivo de cana) e pastagem, com alguns poucos fragmentos florestais. A bacia também possui uma grande concentração de área urbanizada em seu extremo nordeste, compreendendo a região metropolitana de João Pessoa. As áreas urbanizadas também se concentram nas sedes municipais de Pedras de Fogo e Conde. Na comparação histórica de imagens de satélite recentes em relação a de uma década atrás, destaca-se uma perda das áreas de pastagem e de campos de composições herbáceas para o cultivo de cana-de-açúcar.

As BLHS somaram cerca de 5.201 hectares de APPs em faixas marginais de cursos d'água naturais. No entanto, mais da metade das áreas (62,58%) é composta por mosaico de agricultura e pastagem. Além disso, ainda se enquadram como atividade antrópica na região o cultivo de cana (2,98%), pastagem (0,52%), área urbanizada (0,4%) e mineração (0,02%). Os resultados dão indícios dos conflitos entre a delimitação das Áreas de Preservação Permanente de rios e a expansão das atividades de agricultura e pastagem existentes na bacias do Litoral Sul.

No que tange ao quantitativo de nascentes identificadas na bacia do Gramame, o município de Pedras de Fogo apresentou o maior número registrado (443 nascentes), sendo praticamente 77,4% dessas protegidas por matas. A proteção das nascentes desta localidade possui uma importância significativa para o aporte de água e carga orgânica no reservatório estratégica Gramame-Mamuaba. Não obstante, as nascentes da região foram largamente estudadas com algumas destas em processo de recuperação e conservação. No que concerne ao uso do solo, é importante destacar que a existência de nascentes em regiões de Formação Florestal totaliza 55% das nascentes do LS. Já no que diz respeito às áreas antropizadas, somam-se as porcentagens de uso para cana (2%) e mosaico de agricultura e pastagem (41%).

Em relação à avaliação da concentração de áreas degradadas potenciais na bacia do Gramame, houve um aumento considerável deste quantitativo na comparação 2014 a 2021, em especial na porção do alto da bacia do rio Gramame. Este acréscimo foi sobretudo maior para as classes







de mosaico de usos e cultivo de cana. Além disso, em todos os centros urbanos dos principais municípios das bacias é possível observar uma expansão das áreas urbanizadas. Esta diferença é mais notória na região metropolitana de João Pessoa inserida na bacia do rio Gramame.

A Congregação Holística da Paraíba - Escola Olho Vivo do Tempo realiza ações de Educação Ambiental voltadas para a revitalização da bacia do Rio Gramame, especialmente, orientados pela campanha permanente de preservação do MPF "O rio Gramame quer viver em águas limpas", através de formação, diálogo e conservação objetivam melhorar a qualidade e quantidade da água e garantir o bem estar de todos que vivem o Gramame.

Infraestrutura hídrica

As intervenções previstas na infraestrutura hídrica da bacia do Gramame e elencadas pela ANA têm como objetivo evitar o colapso do Sistema Integrado de Gramame e reforçar a oferta hídrica destinada aos municípios da Região Metropolitana de João Pessoa. As interferências que tem vistas a aumentar a disponibilidade no reservatório são a construção da Barragem Cupissura (com Projeto Executivo a Iniciar quando da realização do Diagnóstico) e do Sistema Adutor Abiaí-Papocas, além da ampliação da ETA Gramame e reforço no sistema de distribuição.

Os órgãos integrantes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos na bacia do Litoral Sul possuem como um importante desafio a gestão destas novas infraestruturas além do já existente quantitativo de pequenos reservatórios na região. Dentre os fatores que levaram a este cenário, pode-se destacar a pequena capacidade de armazenamento destas estruturas isoladas e a existência de uma grande quantidade e ampla distribuição no território, o que dificulta o monitoramento e, consequentemente, a sua gestão. Além disso, não há uma regra de operação conhecida e as estruturas hidráulicas mostram-se rudimentares ou inexistentes.

Situação dos Recursos Hídricos

Para a determinação das vazões de referência para os principais cursos de água das BHLS (disponibilidades e potencialidades), considerou-se as características de cada sub-bacia e a disponibilidade de dados em cada uma delas. Devido à carência ou insuficiência de dados, optou-se pela aplicação de um modelo hidrológico para caracterizar a disponibilidade hídrica superficial. Neste processo, a bacia do rio Gramame foi dividida em sete sub-bacias menores.







A vazão de permanência adotada foi a Q90, que representa a quantidade de água que pode ser garantida em um curso de água em 90% do tempo. As maiores disponibilidades naturais específicas da Q₉₀ foram observadas nas bacias SBGr5 (Riacho Ipiranga) e SBGr1 (Alto Gramame). A sub-bacia que demonstrou menor disponibilidade específica de água foi a SBGr3 (Rio Mumbaba). Os valores observadas são diretamente influenciados pela distribuição da precipitação ao longo da bacia que apresenta variação considerável de oeste a leste.

A ocorrência de águas subterrâneas ao longo da bacia é heterogênea, sendo determinada pelas características de permeabilidade e porosidade do substrato rochoso no qual a água infiltra e fica armazenada, bem como pela recarga proveniente das precipitações ou de cursos d'água influentes, especialmente nos períodos chuvosos e de cheia. A bacia do Gramame está inserida no sistema aquífero Paraíba com valores de potencialidade e disponibilidade de água subterrânea de 106,85 hm³/ano, dos quais 89,66 hm³/ano (84%) estão ativados principalmente destinado ao uso industrial no Distrito Industrial de João Pessoa. A disponibilidade explotável na bacia é de 1,90 x 106 m³/ano no sistema aquífero Cristalino e 73,54 x 106 m³/ano no Sedimentar.

Em relação às demandas hídricas, inicialmente destaca-se o papel preponderante da demanda hídrica para abastecimento da região metropolitana de João Pessoa, conforme discutido. Segundo o banco de outorgas da AESA com outorgas obtidas até o ano de 2022 e vigentes, as principais retiradas e lançamentos na bacia do rio Gramame podem sem sumarizados conforme o esquema do diagrama unifilial da Figura 2.1. A retirada de água para irrigação, realizada através de usuários que captam menor volume individual, foi somada e atribuída aos "irrigantes".

Como é possível notar pela figura existem duas grandes retiradas de água da CAGEPA na bacia, uma de vazão outorgada de 2452 L/s retirada diretamente do reservatório Gramame-Mamuaba e outra de 500 L/s no rio Mumbaba. A primeira destinada a ETA Gramame para abastecimento de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux além de parte de Santa Rita e a segunda a ETA Marés que complementa o abastecimento dos municípios supracitados. Assim, destacase o abastecimento urbano se destaca como o uso mais importante das bacias do Litoral Sul. Os usos rurais mostra-se como de baixa expressão em termos de água retirada frente ao abastecimento urbano e a indústria de transformação.

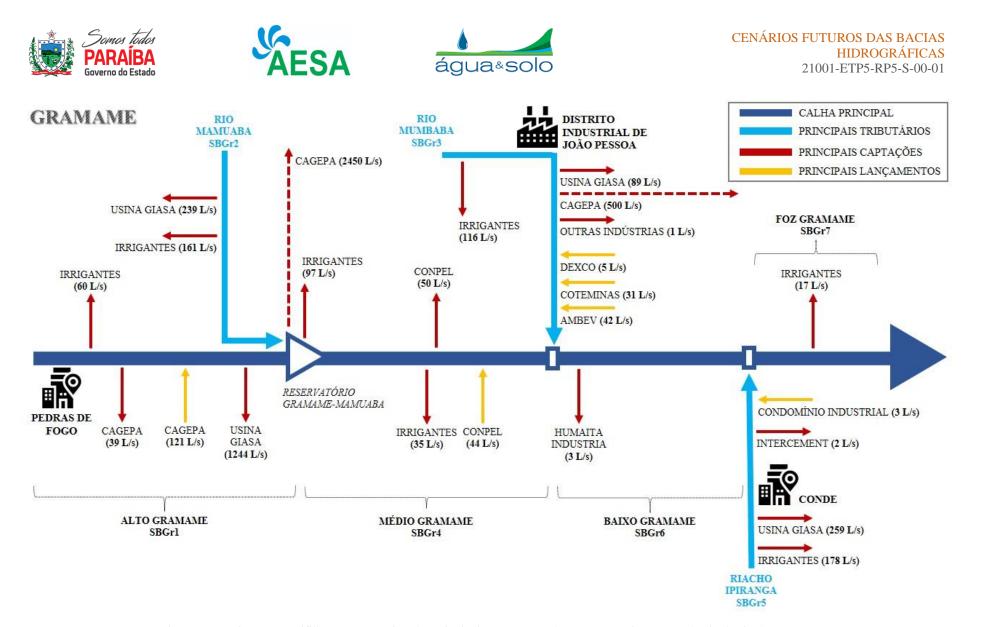


Figura 2.1 – Diagrama Unifiliar representativo das principais captações e lançamento existentes na bacia do rio Gramame. Fonte: Elaboração Própria a partir do Banco de Dados de Outorgas da AESA (2022).







Sobre a qualidade da água na bacia do Gramame, a rede de monitoramento existente nas BHLS é deficiente em termos de cobertura espacial, abrangência temporal e adoção de metodologias em comum ou padronização. Nas bacias em questão os pontos de análise encontram-se em sua grande maioria na região do baixo Gramame, com maior concentração na região próxima à foz da bacia. Há uma necessidade de concepção e operacionalização de uma rede de monitoramento das águas superficiais que seja bem distribuída espacialmente, georreferenciada e padronizada no Litoral Sul paraibano. Além destes pontos, a quantidade de análises químicas realizadas é limitada. Parâmetros como fósforo e nitrogênio possuem poucas análises ou estas são parciais (como a monitoramento de nitrogênio amoniacal e nitrato, sem monitoramento conjunto do nitrito, ou a ausência de análises de nitrogênio total). Tais nutrientes são de especial relevância diante da problemática emergente de eutrofização dos corpos hídricos devido às ações antrópicas.

Ainda assim, de posse dos dados de monitoramento da qualidade da água da AESA, SUDEMA e CAGEPA, a avaliação dos pontos de monitoramento demonstrou predomínio das classes II e III para o período chuvoso e seco e parâmetros considerados. O enquadramento dos corpos hídricos da Paraíba é antigo, datado de 1988. Considerando este enquadramento, constatou-se a violação do atendimento das classes em alguns trechos específicos para a bacia do rio Gramame, em especial o de encontro de riacho Mussuré com o rio principal, sobretudo para os parâmetros turbidez e oxigênio dissolvido com concentrações de classe IV tanto no período chuvoso quanto seco.

Cabe salientar que em 2015 foi firmado o "Termo de Mútua Cooperação Técnica, Científica e Operacional para controle da emissão de efluentes industriais no riacho Mussuré, da qualidade da água e da preservação dos ecossistemas devido aos conflitos existentes de lançamentos de efluentes industrias neste corpo hídrico. Tal problemática configura um conflito pelo uso da água, visto que usos a jusante dos lançamentos podem ser impactados pela alteração da qualidade da água.

A bacia do Gramame possui um arrecadação maior pela cobrança de água bruta em comparação a bacia do Abiaí – correspondente à 30% do total de todo o estado da Paraíba. Analisando as propostas de alocação dos recursos do FERH entre 2018 e 2022 se verifica que o número de ações apoiadas pelo fundo vem crescendo a cada ano, chegando a onze programas em 2022. Dentre essas ações, apenas três permanecem em todos os anos: Política de Cobrança pelo Uso







da Água, Educação Ambiental para proteção dos Recursos Hídricos e Capacitação Técnica em Recursos Hídricos.

2.2 Bacia Hidrográfica do rio Abiaí

• Caracterização da Bacia

A bacia hidrográfica do rio Abiaí conta com cinco municípios inseridos total ou parcialmente na sua área de abrangência, com três sedes municipais – Alhandra, Caaporã e Pitimbu. A bacia localiza-se no limite do estado da Paraíba com Pernambuco, entre as latitudes 7°10' e 7°30' Sul. A bacia possui uma área total de 675,1 km² com declividade média de 9,2%. O rio Abiaí com extensão de 28,2 km, apresenta como seus principais afluentes os rios Taperubus e Cupissura e o riacho Pitanga.

Na bacia identifica-se uma série de conflitos principalmente relacionados ao processo de degradação de nascentes e matas ciliares, além da retirada de água para irrigação. Além disso, a bacia do Abiaí exporta cerca de 600 L/s para a bacia do rio Gramame a fim de complementar a oferta de água para abastecimento da Região Metropolitana de João Pessoa. A bacia possui outras alternativas em estudo para a complementação do sistema de abastecimento d'água da Grande João Pessoa.

População

Conforme as estimativas realizadas na etapa de Diagnóstico, em 2022 a população rural na bacia do Abiaí seria de 18.865 habitantes (25%) e 56.795 na zona urbana. Para o horizonte de longo prazo dos PRHBHL, a estimativa é que na UPH Rio Abiaí, a população rural deverá representar 19,2% do total e a urbana 80,8%. A maior taxa de crescimento apresentada entre os munícipios da região nas últimas décadas é para a população urbana de Caaporã com 3,93% associado a uma taxa de crescimento da população rural do município de -8,04%.

• Erosão

Conforme discutido anteriormente, assim como na bacia do Gramame, a bacia do rio Abiaí concentra nas cabeceiras dos rios de menor porte as regiões com maior potencial erosivo são aquelas localizadas. A bacia do Abiaí apresenta áreas frágeis quanto à erosão hídrica laminar. Para o intervalo de perda de solo superior a 200 ton/ha/ano (condição potencial de erosão muito alta) estima-se cerca de 90 km² inseridos bacia.

• Saneamento Básico







Na avaliação do saneamento básico, as considerações feitas no item anterior sobre as bacias do Litoral Sul aplicam-se para a bacia do Gramame e Abiaí. No que diz respeito especificamente ao Abiaí o menor valor obtido de índice de atendimento está associado ao município de Pitimbu com apenas 42% de atendimento urbano e 26% total. Vale destacar, no entanto, que devido à disponibilidade de água subterrânea na região a níveis moderados de profundidade, os municípios de Pitimbu, Caaporã e Alhandra tem de forma integral ou parcial a cobertura da demanda de água por água oriunda de poços.

A média dos índices de atendimento total e urbano de água, respectivamente, para a bacia do Abiaí é de 54,22% e 73,16%. Tais valores são inferiores às medias da bacia do Gramame (73,47% e 89,76%), do estado da Paraíba (76,1% e 92,2%), do Nordeste Brasileiro como um todo (74,7 % e 90,1%) e do Brasil (84,2% e 93,5%). O consumo médio per capita de água para a bacia é de 97,62 L/hab./dia; a tarifa média é igual a 4,42 R\$/m³. Entre os municípios considerados, todos possuem perdas superiores à média estadual de 38,24%, com Conde, Pitimbu, Caaporã e Pedras de Fogo chegando a valores superiores a 50% - ou seja, para essas localidades, mais da metade do volume de água é perdida na distribuição. O valor médio de perdas físicas para a bacia é de 58,41%.

Na bacia do Abiaí, o destino mais comum para o esgoto sanitário dos domicílios localizados em região urbana são as fossas sépticas e rudimentares. Os municípios da região da bacia do Abiaí possui uma carência de infraestrutura de saneamento básico principalmente no que tange à coleta e tratamento de esgotos domésticos. Em 2017, Alhandra possuía um índice de coleta de apenas 3%, sem tratamento; 11% dos efluentes sanitários tinham como destino final as fossas (solução individual) enquanto os restantes 86% não eram coletados e tratados. Para Pitimbu este valor era equivalente a 81% (sem coleta e tratamento) sendo que 17% do total de esgoto sanitário gerado tinha como destino a solução individual. Assim como Alhandra e Pitimbu, Caaporã não possui nenhuma parcela do seu esgoto coletado sendo tratado, sendo que apenas 5% era coletado sem tratamento e 85% sem coleta e tratamento.

Uso do Solo e Áreas de Preservação Permanente

Na bacia do rio Abiaí – em quadro semelhante ao existente no Gramame – o tipo de uso e cobertura do solo mais predominante também são os mosaicos de agricultura e pastagem, ocupando uma área de cerca de 357km² equivalente a 60,58% da bacia. Ao longo da última década, houve uma expansão considerável da malha urbana dos municípios da Bacia,







principalmente aqueles mais próximos ao litoral como em Pitimbu. Além disso, no comparativo com o ano de 2010, a atividade de pastagem cedeu nos últimos anos alguns de seus espaços para os mosaicos de agricultura e pastagem. O cultivo de cana, por sua vez, manteve-se como uma atividade bastante representativa nas BHLS particularmente aglomerada entre Caaporã e Pitimbu. As áreas de formações florestais e savânicas são pouco significativas.

O município de Pitimbu, então em 2014 com um baixo quantitativo de áreas degradadas potenciais associadas ao cultivo de cana, apresentou uma expansão dessas áreas. Também na avaliação comparativa entre 2014 e 2021 é notável uma diminuição considerável das áreas de pastagem identificadas como em potencial degradação ambiental. Neste sentido, os resultados demonstraram a vulnerabilidade do município de Pitimbu ao processo de degradação ambiental e desertificação.

O quadro de ocupação de Áreas de Preservação Permanente apresentado na bacia do Abiaí é bastante semelhante ao do Gramame, uma vez que os mosaicos de agricultura e pastagem ocupam 62,58% das APPs. Do mesmo modo, apresentam-se em sequência formação florestal, compreendendo 19,72% da área (517,85 hectares) e áreas de mangue, com 7,91% (207,75). Ao todo, a bacia do rio Abiaí conta com cerca de 2625,89 hectares de APPs de cursos hídricos.

Conforme a metodologia adotada, as Bacias do Litoral Sul somaram cerca de 5.201,4 hectares de APPs em faixas marginais de cursos d'água naturais. No entanto, mais da metade das áreas (62,58%) é composta por mosaico de agricultura e pastagem. Além disso, ainda se enquadram como atividade antrópica na região: cultivo de cana (2,98%), pastagem (0,52%), área urbanizada (0,4%) e mineração (0,02%). Os resultados dão indícios dos conflitos entre a delimitação das Áreas de Preservação Permanente e a expansão das atividades de agricultura e pastagem existentes.

Na estimativa do quantitativo de nascentes nos municípios da bacia do Abiaí, destacam-se Alhandra e Pitimbu com respectivamente 182 e 266 nascentes registradas no CAR. Apesar do número elevado, conforme a avaliação realizada no Diagnóstico e levantamento de dados junto aos moradores da região, grande parte destas nascentes não estão cercadas ou protegidas e encontram-se em processo de degradação. A deterioração destas nascentes representa uma diminuição da oferta e qualidade da água do rio Abiaí.

Infraestrutura hídrica







As intervenções previstas de infraestrutura hídrica para a bacia do Abiaí visam complementar diretamente o Sistema Integrado de Gramame no fornecimento de água para abastecimento da Região Metropolitana de João Pessoa. Atualmente, os municípios Alhandra, Caaporã, Pedras de Fogo, Pitimbu e Santa Rita, são abastecidos apenas por sistemas isolados, com captações subterrâneas e superficiais. Os municípios Bayeux e João Pessoa também são abastecidos por sistemas isolados, mas a maior vazão de abastecimento vem do Sistema Integrado de Gramame, que também abastece Cabedelo e Conde, através das ETA Gramame e a ETA Marés.

O novo Sistema Adutor Abiaí - Papocas, que tem como objetivo o reforço dos municípios, Alhandra, Bayeux, Cabedelo, Conde, João Pessoa e Santa Rita. O objetivo da construção do Sistema Adutor Abiaí-Papocas é solucionar o problema de abastecimento de água tratada da Grande João Pessoa até 2025. A obra possui ligação com a construção da Barragem Cupissura, que irá abastecer o sistema. A barragem será localizada próximo às comunidades de Cupissura e Retirada, no município de Caaporã.

• Situação dos Recursos Hídricos

No processo de modelagem hidrológica, a bacia do rio Abiaí foi dividida em quatorze subbacias – com seis delas representando Unidades de Planejamento Hídricos menores que desaguam diretamente no mar. As sub-bacias que apresentaram a maior disponibilidade natural considerando a vazão de referência Q₉₀ foram SBAb2 (Papocas), SBAb1 (riacho Cupissura) e SbAb3 (rio Aterro) com respectivamente 0,300 m³/s, 0,200 m³/s e 0,181 m³/s.

A bacia do Abiaí está inserida no sistema aquífero Paraíba com valores de potencialidade e disponibilidade de água subterrânea de 61,51 hm³/ano, dos quais apenas 2,42 hm³/ano estão ativados. A bacia possui apenas uma pequena parte inserida no sistema cristalino estando quase sua totalidade inserida na porção sedimentar. A área de recarga desta última no Abiaí equivale a 585,30 km² com reserva reguladora de 139,33 x 10⁶ m³/ano e disponibilidade de água subterrânea de 83,60 x 10⁶ m³/ano – valores estes superiores ao do Gramame.

Em relação às demandas hídricas, inicialmente destaca-se o papel preponderante da demanda hídrica para exportação de água do Abiaí para a bacia do Gramame como complemento ao Sistema Integrado Gramame-Mamuaba. Segundo o banco de outorgas da AESA, com outorgas realizadas até dezembro de 2022, as principais retiradas e lançamentos na bacia do rio Abiaí podem sem sumarizados conforme o esquema do diagrama unifilial da **Figura 2.2**.







CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

Como é possível notar pela figura existem duas grandes retiradas de água da CAGEPA na bacia, uma de vazão outorgada de 642 L/s retirada diretamente do rio Papocas com destino a ETA Gramame e outra de 700 L/s no riacho Cupissura. Assim, o abastecimento urbano se destaca como o uso mais importante da bacia do Abiaí – mesmo que este seja para alimentação de outra bacia – juntamente com a irrigação e a indústria.







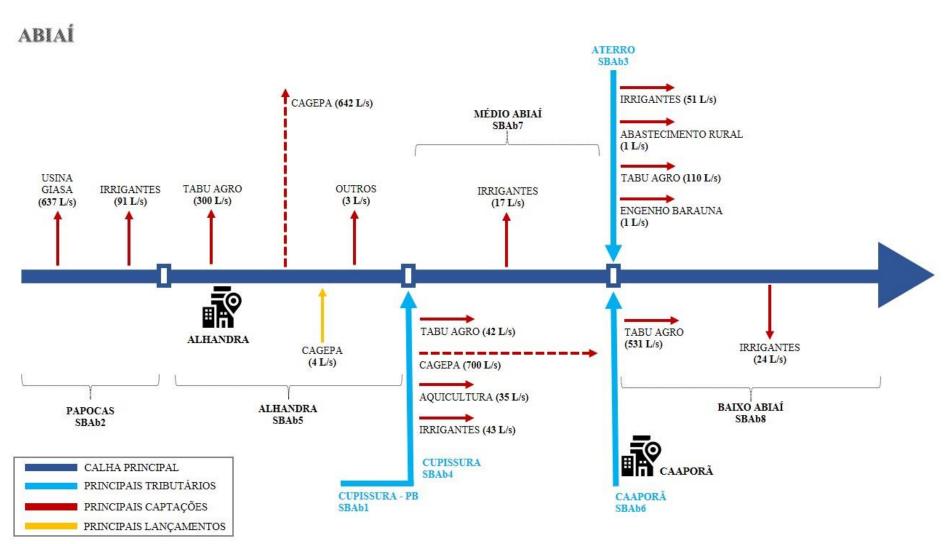


Figura 2.2 - Diagrama Unifiliar representativo das principais captações e lançamento existentes na bacia do rio Gramame. Fonte: Elaboração Própria a partir do Banco de Dados de Outorgas da AESA (2022).



Conforme explicitado anteriormente, as BHLS não dispõem de uma rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais consolidada e padronizada. Ainda assim, no Litoral Sul, há uma maior concentração de pontos de monitoramento na bacia do Gramame nas proximidades do Distrito Industrial de João Pessoa e próximo a foz do rio principal. No Abiaí há poucos pontos de avaliação da qualidade da água, estes concentrados na confluência entre os rios Abiaí e Aterro. Apesar da atividade industrial e o lançamento de efluentes na bacia ser pouco representativo frente ao cenário presento na bacia do Gramame, os esgotos sanitários não tratados e a degradação de nascentes e da mata ciliar na bacia do Abiaí representam uma forçante negativa para a qualidade da água dos rios da região.

2.3 Principais conflitos identificados nas Bacias do Litoral Sul

O principais conflitos pelo uso da água identificados nas bacias do Litoral Sul são sumarizados de forma objetiva através dos pontos elencados a seguir. Tais apontamento, juntamente com as informações a serem trabalhadas no presente relatório de Cenarização, embasarão o Programa de Ações condizente com a próxima etapa deste Plano de Recursos Hídricos.

- As nascentes e Áreas de Preservação Permanente das bacias do rio Gramame e Abiaí
 estão submetidas a uma pressão antrópica decorrente da perda de vegetação nativa
 pela expansão da agricultura e áreas urbanizadas e ocupação em áreas protegidas pelo
 Código Florestal. Situação semelhante ocorre nos entornos do reservatório de
 Gramame-Mamuaba.
- Em decorrência da situação supracitada, os rios e reservatórios da região em um processo de assoreamento vigente; há relatos inclusive de redução ou extinção de pequenos córregos que alimentam os tributários principais.
- A liberação de efluentes das indústrias no curso do Rio Gramame, através do aporte advindo do riacho Mussuré, é uma problemática há muitos anos já existente na região e que afeta diretamente as comunidades do entorno e a flora e fauna aquática do rio. A perda de qualidade da água neste trecho é notória quando comparada a concentração dos parâmetros a montante e a jusante do Distrito Industrial de João Pessoa.
- Nota-se a presença de espécies dominantes de cianobactérias com inúmeras espécies potencialmente toxigênicas em densidades elevadas nos reservatórios das bacias do Litoral Sul. As atividades agrícolas desenvolvidas na região contribuem com o aumento das entradas de nutrientes nos açudes, em função do uso de fertilizantes químicos.









- Adicionalmente, cultivos de peixe desenvolvido diretamente nos reservatórios e a prática da agricultura familiar em suas margens contribuem para sua degradação.
- Há uma panorama de falta de dados consistente em diversos regiões nas bacias do Litoral Sul ou nas bacias como um todo que compromete a avalição e monitoramento da quantidade e qualidade da água, bem como a gestão dos recursos hídricos como um todo. Cita-se aqui, por exemplo, as desconformidade existentes no banco de dados de Outorga, a ausência de padronização nos métodos de coleta e análise de parâmetros de qualidade da água bem como a escassez destes pontos em diversos trechos relevantes das bacias e ausência de estações pluviométricas e fluviométricas representativas e próprias do Litoral Sul.

Em relação às percepções do meio social sobre os principais problemas na bacia do Gramame, nas atividades de mobilização 90,9% das respostas indicaram as "APPs degradadas", "Assoreamento dos rios" e "Desmatamento" como os principais problemas na bacia. Entre os demais problemas principais elencados teve-se ainda "Erosão" e "Degradação das nascentes".







CENÁRIOS ALTERNATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS

A presente fase de Prognóstico do Plano das Bacias Litorâneas da Paraíba está voltada à visão de futuro em relação às bacias, considerando a conjuntura desenhada na fase de Diagnóstico e a definição de premissas que caracterizem possíveis cenários futuros. As situações futuras mais prováveis e possíveis são embasadas técnica e legalmente, sendo balanceadas com as políticas e planos públicos existentes, bem como a disposição e capacidade para pactuação de metas que os atores das bacias manifestarem.

A análise das condições futuras das BHLS se dá sob a ótica de três cenários de disponibilidade hídrica e outros três cenários de demandas hídricas considerados tendencial, otimista e pessimista. Tais panoramas orientados pelos processos de planejamento dos recursos hídricos, considerando a investigação das trajetórias mais prováveis do crescimento econômico, a sustentabilidade ambiental e o grau de participação popular nos processos. Assim sendo, a base dos cenários do Plano das Bacias do Litoral Sul consiste no estabelecimento de alternativas de futuro com variação da situação tendencial, otimista e pessimista, tomando-se como referência o Artigo 12º da Resolução CNRH Nº 145/2012. Deste modo, foram considerados os seguintes três cenários institucionais:

- Cenário Tendencial: Consiste na permanência dos parâmetros atuais de crescimento econômico e manutenção do ritmo atual de consumo dos recursos hídricos, bem como do atual modelo e do ritmo de implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH e do seu reflexo na gestão das águas nas BHLS.
- Cenário Otimista: Considera a ocorrência do processo de crescimento econômico, com ampliação da capacidade de atuação dos órgãos de gestão de recursos hídricos e consequente aumento dos recursos para a gestão e implementação de obras de infraestrutura hídrica. Estima-se melhoria da eficiência no uso dos recursos hídricos em todos os usuários das BHLS, com a adoção de sistemas de usos modernos e mais econômicos.
- Cenário Pessimista: Com uma visão pessimista da manutenção futura do modelo e ritmo de implementação em vigor do sistema de gestão de recursos hídricos nas BHLS associado a um panorama de piora da economia e consequente restrição orçamentária e financeira. Neste ínterim, ampliam-se os usos indiscriminados dos recursos hídricos, com aumento de perdas e a redução da eficiência.





Os itens de Os Cenários Econômicos Mundiais, Os Cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos e Os Cenários do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba descrevem criticamente os cenários alternativos traçados nestes Planos. A seguir, em Os Cenários do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul, a partir das metodologias e resultados avaliados nos itens anteriores, são descritos os cenários analisados no presente Plano de Bacia.

3.1 Os Cenários Econômicos Mundiais

As projeções do crescimento econômico mundial e, consequentemente, do consumo de água sofreram um impacto muito significativo da pandemia da Covid-19, que abalou fortemente a economia mundial, com reflexos mais significativos do que outros eventos de escala mundial, como a Grande Depressão da década de 30, as duas grandes guerras e a crise financeira global de 2008, que teve reflexo no Brasil até 2012. O estudo do Banco Mundial (2022) sobre o cenário econômico de 2022 destaca o papel da pandemia de Covid-19, que supera o impacto da Crise Financeira Global de 2008 em termos de porcentagem de países com crescimento negativo do PIB, como mostra a **Figura 3.1**.

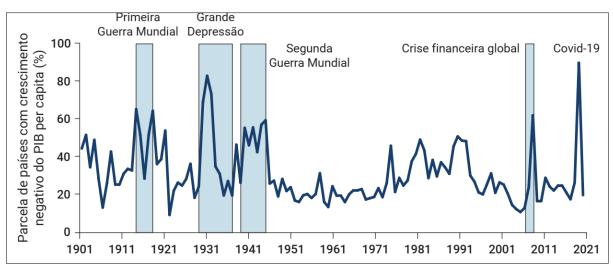


Figura 3.1 - Porcentagem de países com crescimento negativo do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de 1901 a outubro de 2021.

Fonte: Banco Mundial, 2022.

O mesmo estudo ainda cita que o comportamento dos países depende da situação de sua economia em termos médios das últimas décadas:

Os dados disponíveis até agora indicam que os efeitos econômicos da pandemia serão mais persistentes e severos nas economias emergentes. Por exemplo, após o colapso da renda per capita ao redor do mundo em 2020, 40% das economias avançadas se recuperaram em 2021,







inclusive excedendo os níveis de produção de 2019. A proporção comparável de países que alcançaram renda per capita em 2021 superior aos resultados de 2019 é muito menor nos países de renda média (27%) e de renda baixa (21%), o que indica uma recuperação mais lenta nos países mais pobres.

O Brasil é um país considerado de renda média alta. Ainda de acordo com o Banco Mundial (2022), houve uma resposta muito diferenciada dos países em relação à pandemia,

sendo quase uniformemente ampla nos países de renda alta e uniformemente limitada ou inexistente em países de renda baixa. Nos países de renda média, a resposta fiscal variou significativamente, refletindo diferenças marcantes na capacidade e disposição dos governos de mobilizar recursos fiscais e investir em programas de apoio.

A pandemia de Covid-19 é possivelmente o maior choque sofrido pela economia global em mais de um século. À medida que os programas de estímulos fiscais, monetárias e financeiras forem retirados, surgirão novos desafios na área de políticas públicas tanto em nível doméstico quanto global (**Figura 3.2**).

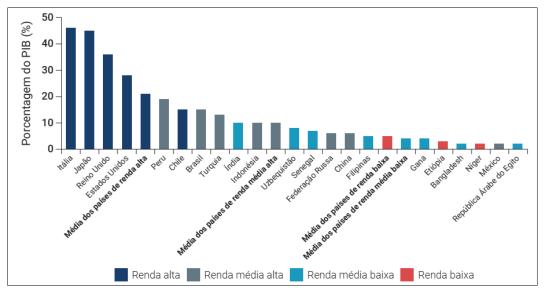


Figura 3.2 - Porcentagem do PIB utilizado como resposta fiscal à Covid-19. Fonte: Banco Mundial, 2022.

Assim, no Brasil, que teve uma política de programas de estímulos fiscais mais próxima da média dos países de renda elevada, a retirada desses estímulos trará desafios importantes para a economia. A análise de dois economistas do Banco Mundial, Rafael Muñoz Moreno e Marek Hanusch (MORENO & HANUSCH, 2020), conclui que a pandemia atingiu a economia do Brasil de três formas:







- um choque de demanda externa, causado pelo fechamento das economias de outros países;
- um choque de demanda interna (principalmente no consumo privado), decorrente do fechamento da economia brasileira; e
- um choque no preço do petróleo, que prejudica o Brasil em sua condição de exportador líquido de petróleo (os consumidores, no entanto, se beneficiarão da queda dos preços).

A combinação dos três choques deve causar uma recessão na economia nacional, com efeitos em cadeia nos diferentes setores. De acordo com o Banco Mundial (2020), o crescimento do PIB brasileiro teve um desempenho negativo em 2020, com uma recuperação pequena em 2021 e 2022, como mostra a **Tabela 3.1**.

Tabela 3.1 - Crescimento do PIB brasileiro (%) entre 2017 e 2022.

| 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------|------|------|------|------|------|
| 1,3 | 1,3 | 1,1 | -5,0 | 1,5 | 2,3 |

Fonte: Banco Mundial, 2022.

De acordo com Roberto Campos, presidente do Banco Central (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022), o crescimento do PIB brasileiro seria ainda menor (**Figura 3.3**). A previsão para o ano de 2022 realizada nos primeiros meses do ano passado mostrava valores positivos, mas inferiores ou iguais a 1% ao ano.



Figura 3.3 - Projeção para o crescimento do PIB brasileiro em 2022. Fonte: Banco Central do Brasil (2022).





Um estudo recente do Fundo Monetário Internacional (FMI, 2022) salienta que a economia mundial está desacelerando de forma mais ampla e acentuada do que o inicialmente esperado, tanto pela persistência da Covid-19 como pela forte influência da guerra entre a Rússia e Ucrânia. O quadro geral é de um aumento da inflação e do custo de vida. O crescimento do PIB mundial (**Tabela 3.2**) deve desacelerar de 6% em 2021 para 3,2% em 2022 e 2,7% em 2023, sendo um dos piores desempenhos.

Tabela 3.2 - Crescimento real do Produto Interno Bruto (Fundo Monetário)

| Análise | Média 2004- 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2027 |
|---------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mundo | 4,1 | 3,5 | 3,4 | 3,3 | 3,8 | 3,6 | 2,8 | -3,0 | 6,0 | 3,2 | 2,7 | 3,2 |
| Brasil | 4,0 | 0,5 | -3,5 | -3,3 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | -3,9 | 4,6 | 2,8 | 1,0 | 2,0 |

Fonte: Fundo Monetário (2022).

Por fim, o Banco Central (BC) revisou no final de 2022 a projeção de crescimento da economia, neste ano, de 2,7% para 2,9% (BRASIL, 2022), portanto coerente com a **Tabela 3.2**. Para 2023, a projeção de crescimento do PIB continua em 1%. A alta do PIB em 2022 deveu-se à elevação da atividade do setor de serviços, que compensou os recuos da indústria e da agropecuária, sendo que essa passou da estabilidade para uma queda de 2%, o que não era esperado. No ano anterior, base de comparação, tinha ocorrido uma queda pela quebra da soja. A queda na produção de cana de açúcar, no entanto, foi significativa e superou as altas obtidas na produção de laranja.

Para a indústria o crescimento foi reduzido, de 2,4% para 1,9%, sendo que apenas a construção civil manteve a previsão de crescimento anterior. No setor de serviços a estimativa é de um crescimento ainda maior que a previsão anterior, passando de 3,4% para 4,1%, sendo que na atividade de comércio o crescimento é bem menor, 1%, afetada pelo arrefecimento do varejo e da atividade industrial.

A projeção do Banco Central é de desaceleração ainda maior do setor, coerente com a previsão de desaceleração do consumo das famílias, taxas de juros mais elevadas e desaquecimento do mercado de trabalho. Os programas de apoio social reduzirão esse impacto na população da baixa renda, mas o quadro positivo previsto é de um baixo crescimento econômico. O aumento da inadimplência, gerado pela redução da renda, aumento do desemprego e aumento de falência de pequenas e microempresas, pode afetar em particular as empresas de distribuição de energia elétrica e de água. Para os governos subnacionais, especialmente os mais pobres, a redução de consumo da população afeta diretamente a receita estadual, visto que os impostos sobre o consumo respondem pela maior parte da receita.





3.1.1 Crescimento do setor industrial no Brasil

O desempenho da indústria brasileira entre 2010 e outubro de 2022 pode ser observado na **Figura 3.4**, elaborada com base nos dados da Carta de Conjuntura Janeiro de 2023 do IPEA, que utiliza a produção física mensal da indústria em relação à média de 2012. O último valor para a indústria geral é 85,6%, ou seja, a indústria está produzindo cerca de 15% a menos do que produziu em 2012.

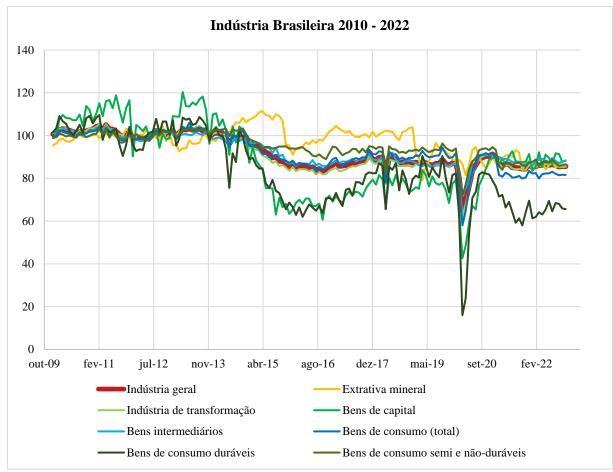


Figura 3.4 - Desempenho da indústria brasileira entre 2010 e 2022 com dados do IPEA. Fonte: Própria do autor elaborado a partir de IPEA (2022).

Os dados do Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará (IPECE, 2022) para a atividade econômica daquele estado mostra que o setor terciário (comércio e serviços) teve uma recuperação mais rápida, com baixo crescimento em relação ao período anterior à pandemia, enquanto a indústria está abaixo dos valores daquele ano (**Figura 3.5**).





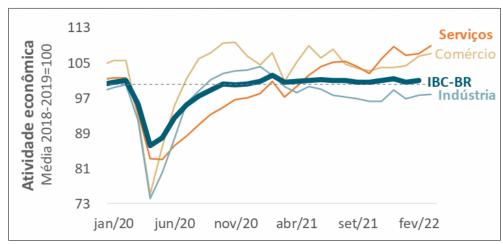


Figura 3.5 - Desempenho da economia cearense após a pandemia. Fonte: IPECE (2022).

A expectativa de crescimento do PIB nacional era de 1,4% para 2022 de acordo com a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), enquanto o da Paraíba seria superior a 4%, de acordo com a publicação Brasil em Mapas. Segundo o Secretário de Estado da Fazenda (Sefaz-PB), Marialvo Laureano, esse crescimento acima da média nacional foi devido à gestão fiscal equilibrada do estado, o crescimento dos investimentos com recursos próprios, a atração de grandes empresas e o fortalecimento da indústria, mesmo ainda sob forte impacto da pandemia na economia. Assim, para o setor secundário, mesmo com a presença de importantes polos industriais na porção litorânea da Paraíba, incluindo a Região Metropolitana de João Pessoa, e uma estimativa de crescimento econômico acima do crescimento nacional, é esperado um crescimento do setor secundário, mas dentro de valores coerentes com a retomada da atividade econômica.

O trabalho de ALBUQUERQUE e SOUSA (2016), denominado de DILEMAS DA INDÚSTRIA NA PARAÍBA: LEITURAS DAS PERCEPÇÕES DO SETOR EMPRESARIAL, traz que os problemas para a expansão da indústria paraibana são cinco: 1) restrita oferta de serviços voltados à indústria; 2) infraestrutura deficiente; 3) falta de água e os impactos econômicos do período da seca; 4) recursos humanos com qualificação educacional limitada ou insuficiente; 5) questões tributárias e trabalhistas. Interessa, portanto, entender onde falta água e como isso interfere no plano de bacia.

Ainda segundo o artigo, a partir da década de 1960, durante a política da Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) houve um processo de instalação de distritos industriais nas principais cidades do estado que desde então abrigam empreendimentos de diferentes segmentos da indústria extrativa, de transformação e construção civil. Atualmente, a Paraíba conta com distritos industriais nos municípios de João Pessoa, Santa Rita, Alhandra,







Rio Tinto, Campina Grande, Queimadas, Taperoá, Patos, Sousa e Cajazeiras. Com base nessa distribuição espacial, podemos então destacar a existência de três aglomerados industriais no território paraibano. Os aglomerados são responsáveis por abrigarem 3.212 das 3.366 indústrias cadastradas pela Federação das Indústrias da Paraíba (FIEP) em 2011.

Destes municípios, quatro são litorâneos ou da RMJP (Região Metropolitana de João Pessoa), que dependem do Litoral Sul como fonte hídrica, total ou parcialmente. Por fim, o artigo traz uma análise sobre a tipologia dominante da indústria paraibana:

"a indústria paraibana caracteriza-se como uma indústria tradicional, especializada em Arranjos Produtivos de baixo conteúdo tecnológico e com suas bases na produção de bens de consumo não duráveis, com destaque para o segmento coureiro-calçadista, têxtil e confecções e apenas duas empresas do binômio têxtil calçadista são responsáveis por aproximadamente 70% das exportações do estado em 2010."

Em entrevista ao Jornal A União, o presidente da FIEP e vice-presidente executivo da CNI, Francisco Gadelha (REPORTERPB, 2022) fala sobre a indústria paraibana e a pandemia:

"Passados dois anos de pandemia, período intenso e atípico, o qual não estávamos preparados e precisamos nos adequar em muitas situações, vivemos agora uma retomada do desenvolvimento. A pandemia inevitavelmente impactou na produção industrial, porém, o avanço do processo de vacinação e o controle gradual da doença, tem possibilitado um recomeço. Não atingimos a velocidade ideal de crescimento, mas, estamos confiantes. Para o setor industrial um dos maiores desafios nesse momento de instabilidade no país é a alta do preço dos insumos industriais. Há poucos dias, a CNI (Confederação Nacional da Indústria), divulgou uma Nota Econômica cujas informações mostram que a indústria de transformação registra, há oito trimestres seguidos, a falta ou o alto custo de insumos e matérias-primas como principal problema. A crise provocada pela pandemia da Covid-19, a guerra entre Rússia e Ucrânia e os lockdowns na China têm sido os principais fatores pelo atraso na normalização das cadeias de insumos globais e os impactos são percebidos por quase todos os setores industriais. Desta forma, o desafio é manter a nossa indústria em patamar de competitividade mesmo com um cenário tão adverso."

Em publicação na página da Secretaria da Fazenda (SEFAZ-PB, 2022), o secretário Marialvo Laureano, destacou a gestão fiscal equilibrada do Estado, o crescimento dos investimentos com recursos próprios, a atração de grandes empresas e o fortalecimento da indústria como as







principais razões para o crescimento da economia da Paraíba para o ano de 2022, mesmo ainda sob forte impacto da pandemia na economia. Por fim, a publicação da Fundação Getúlio Vargas, Monitor do PIB, de março de 2023 (FGV, 2013) concorda com o presidente da FIEPB: a indústria ainda não retomou o crescimento:

"[...] em 2021, estima-se que o PIB da região Nordeste tenha crescido 3,5%. Apesar de expressivo, esse crescimento foi menor que o do PIB brasileiro, que registrou alta de 5,0% em 2021, segundo as Contas Nacionais Trimestrais do IBGE (CNT). A principal atividade que explica essa diferença de pouco mais de 1 p.p. de diferença de crescimento entre a estimativa de PIB da região Nordeste e o brasileiro é a indústria de transformação. De acordo com as CNT, o valor adicionado real da transformação brasileira cresceu 4,5% em 2021. Esse crescimento foi, segundo a Pesquisa Industrial Mensal do IBGE, impulsionado principalmente pelos segmentos de fabricação de máquinas e equipamentos e de veículos automotores [...]. No caso do Nordeste, entretanto, estima-se que o valor adicionado da indústria de transformação tenha retraído fortemente em 2021. Segundo dados da Pesquisa Industrial Mensal Regional do IBGE, a produção física da indústria de transformação da região Nordeste recuou 6,5%, em 2021. [...] Dado esse contexto, enquanto a indústria de transformação brasileira contribuiu com 0,5 p.p. para o crescimento do PIB nacional em 2021, estimase que a indústria de transformação nordestina tenha retirado 0,4 p.p. do PIB da região, no mesmo ano. [...] estima-se que a representatividade da indústria de transformação nordestina tenha se reduzido no Brasil de 10,5% em 2020 para 9,6% em 2021, o menor percentual desde 2014. Em 2022, a estimativa é que a participação da indústria de transformação nordestina tenha se mantido nesse patamar."

Em 2022, estima-se que o PIB da região Nordeste tenha crescido 3,4%; maior do que o crescimento de 2,9% observado no país, para o mesmo período (FGV, 2023). Esse maior crescimento do Nordeste em relação ao Brasil está associado ao desempenho do setor de serviços. Segundo as estimativas, espera-se que o crescimento do valor adicionado do setor de serviços nordestino tenha tido crescimento mais elevado em 2022 do que o observado no país.





3.1.2 Crescimento da população

De acordo com as projeções do IBGE, a população no estado da Paraíba atingirá um pico no ano de 2040, alcançando 4.267.727 habitantes, sendo que a partir deste ano a população decresce lentamente (Figura 3.6). As taxas de crescimento total ficam entre 0,44% ao ano e -0,45% ao ano entre 2024 e 2058 (**Tabela 3.3**).

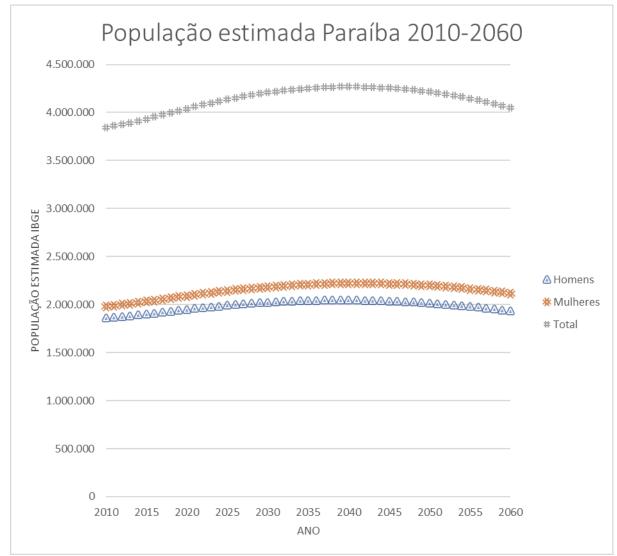


Figura 3.6 - Projeção da população total com base no IBGE. Fonte: Própria do autor elaborado a partir de IBGE (2018).

| Ano inicial | Ano final | Crescimento médio (% ao ano) |
|-------------|-----------|------------------------------|
| 2024 | 2028 | 0,44% |
| 2029 | 2033 | 0,29% |
| 2034 | 2038 | 0,14% |
| 2039 | 2043 | -0,01% |
| 2044 | 2048 | -0,15% |
| 2049 | 2053 | -0,30% |







| Ano inicial | Ano final | Crescimento médio (% ao ano) |
|-------------|-----------|------------------------------|
| 2054 | 2058 | -0,45% |

Fonte: Própria do autor elaborado a partir de IBGE (2018).

No entanto, a cidade de João Pessoa deve ser examinada com mais cuidado, pois a população residente cresceu de 597.937 em 2000 para 723.515 em 2010, com uma taxa de crescimento decenal de 21,0%, enquanto a população do estado todo cresceu 9,4%. Em comparação com outras capitais nordestinas no mesmo período, apenas Aracaju teve um crescimento maior (23,7%), enquanto nas outras capitais a taxa variou entre 8,1% (Recife) a 16,9% (Maceió). No mesmo período, a população da Região Nordeste cresceu 11,2% e a do Brasil 12,3%. O crescimento econômico, no entanto, não segue o mesmo ritmo, resultando em condições de vida desfavoráveis em relação às demais capitais nordestinas.

3.1.3 Crescimento do setor primário

O PIB do agronegócio brasileiro calculado pelo Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Esalq/USP), em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), alcançou recordes sucessivos em 2020 e em 2021 (CEPEA & CNA, 2020). Esse biênio foi considerado um dos melhores da história recente do agronegócio nacional.

Em 2022, o PIB do setor teve recuos sucessivos ao longo dos três primeiros trimestres do ano, acumulando queda de 4,28% de janeiro a setembro de 2022, motivada pela alta dos custos com insumos no setor, tanto na agropecuária quanto nas agroindústrias. De janeiro a setembro, o PIB do ramo agrícola caiu 5,69% e o do pecuário, 0,24%.

Além do aumento dos custos de produção, o PIB agrícola também segue pressionado pela redução da produção em culturas importantes, especialmente soja e cana-de-açúcar. Outras culturas devem registrar menor produção: arroz, batata, fumo, mandioca, tomate, uva e madeira em tora. Na pecuária, o baixo crescimento é resultado de uma redução dos custos de insumos em relação a 2021, mas neste ano o aumento dos insumos foi considerável.

A **Tabela 3.4** apresenta o número de estabelecimentos ligados à aquicultura registrados nos municípios da Paraíba no Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006). Dos municípios apresentados, um deles na região das BHLS registrara possuir estabelecimentos voltados para a prática da aquicultura em águas doces, o município de Conde. Outros cinco municípios das bacias do Litoral Sul têm registro de estabelecimentos aquícolas em águas salgadas ou salobras, sendo estes, Santa Rita (com o maio quantitativo registrado para a região), São Miguel de Taipu, Caaporã, João Pessoa e Pitimbu.







Tabela 3.4 - Número de estabelecimentos aquícolas por município da Paraíba.

| Município | Número de estabelecimentos |
|---------------------------|----------------------------|
| Áş | gua doce |
| Jericó (PB) | 2 |
| Algodão de Jandaíra (PB) | 1 |
| Baía da Traição (PB) | 1 |
| Barra de São Miguel (PB) | 1 |
| Conde (PB) | 1 |
| Coremas (PB) | 1 |
| Emas (PB) | 1 |
| Itabaiana (PB) | 1 |
| Juazeirinho (PB) | 1 |
| Pombal (PB) | 1 |
| São Mamede (PB) | 1 |
| Água sal _l | gada ou salobra |
| Marcação (PB) | 8 |
| Santa Rita (PB) | 6 |
| Baía da Traição (PB) | 5 |
| Salgado de São Félix (PB) | 4 |
| Mogeiro (PB) | 3 |
| Lucena (PB) | 2 |
| São Miguel de Taipu (PB) | 2 |
| Barra de Santa Rosa (PB) | 1 |
| Caaporã (PB) | 1 |
| João Pessoa (PB) | 1 |
| Juazeirinho (PB) | 1 |
| Mulungu (PB) | 1 |
| Pilar (PB) | 1 |
| Pitimbu (PB) | 1 |
| Rio Tinto (PB) | 1 |

Fonte: IBGE (2006).

Uma vez que os dados mais recentes do Censo Agropecuário de 2017 não estão disponíveis, para uma avaliação do setor da aquicultura em anos mais recentes, optou-se pela utilização dos dados da Pesquisa da Pecuária Municipal, série de 2013 a 2021 (IBGE, 2021). Esses dados têm a vantagem de formar uma série evolutiva, que permite inferir o desenvolvimento futuro tendencial. Como desvantagem tem a fonte de informação secundária, já que se baseia nos dados observados pelos serviços de extensão rural, o que não tem a mesma precisão.

Na prática de aquicultura só são observados dados de produção de pescado. Camarão, ostras, alevinos e larvas não foram informados pelo IBGE. A **Figura 3.7** apresenta a evolução da produção do Litoral Norte. Verifica-se que há um início com crescimento destacado entre 2013 e 2015, quando a seca severa atinge um pico. Depois, há uma estabilidade até 2019 e outro





trecho ascendente na época de pandemia. Os dados recentes permitiriam avaliar o pós pandemia, mas não estão disponíveis. O mesmo pode ser observado para o Litoral Sul (**Figura 3.8**), mas com valores bem menores.

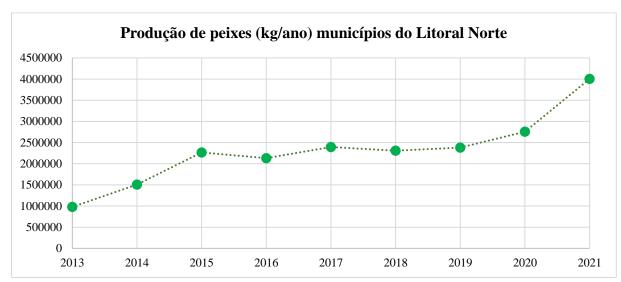


Figura 3.7 - Produção de pescado (kg/ano) nas BHLN. Fonte: Autoria própria a partir de IBGE (2021).



Figura 3.8 - Produção de pescado (kg/ano) nas BHLS. Fonte: Autoria própria a partir de IBGE (2021).

Comparando as duas bacias com o estado da Paraíba (**Figura 3.9**) verifica-se que o crescimento das bacias litorâneas é coerente com o crescimento estadual. Na **Figura 3.9** pode-se verificar que os municípios da BHLN tiveram um crescimento de produção diferenciado entre 2013 e 2015, quando há uma queda significativa da participação da região sobre o total do estado. A partir de 2016 a região se consolida como área de produção de dois terços da produção estadual. Como conclusão observa-se o aumento da atividade de aquicultura, o que irá demandar água





de qualidade compatível com Classe 2 e a geração de um efluente que necessitará de monitoramento e tratamento, conforme a situação.

Os municípios com maior participação da BHLN são Bananeiras, Mari e Araçagi. Mari teve um crescimento muito alto em 2016 e em 2021 representava um terço da produção das BHLN. Bananeiras, por sua vez, tece uma queda acentuada em 2021, reduzindo pela metade a sua participação na região. Por fim Araçagi está enfrentando uma grande queda relativa, passando de 30% para 2%.

Na BHLS, o município com maior produção é São Miguel de Traipu, que apresenta apenas 0,4% da área das BHLS. São Miguel de Traipu chegou a representar 99% da produção das BHLS, mas em 2021 essa participação era de 45%. Santa Rita e Caaporã tiveram crescimentos muito importantes e em 2021 representavam 13% e 27% respectivamente da produção das BHLS.

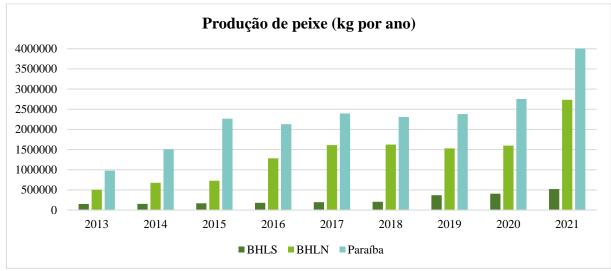


Figura 3.9 - Evolução da produção de pescado (kg/ano) na Paraíba e nas BHLN e BHLS. Fonte: Autoria própria a partir de IBGE (2021).





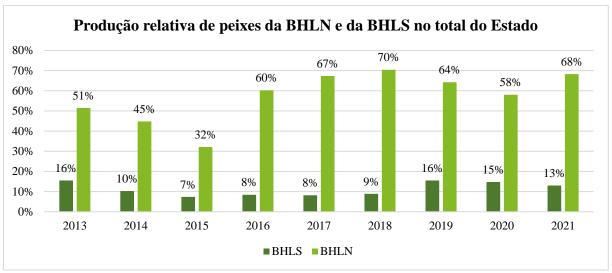


Figura 3.10 - Crescimento relativo das bacias litorâneas em relação à produção estadual. Fonte: Autoria própria a partir de IBGE (2021).

Em termos de vazão para a aquicultura, utilizando dados para tanques apenas com reposição de água pela evaporação e infiltração, os valores produzidos são compatíveis com áreas alagadas crescentes, chegando a 152 hectares nas BHLN, considerando três períodos de produção por ano – vide **Tabela 3.5**. As vazões consumidas são da ordem de 600 litros por segundo para o ano de 2021 (KUBITZA, 2008).

Tabela 3.5 – Área e vazão para a aquicultura nas bacias litorâneas.

| | | Tabela 3.3 | THEAT | azao para a | aquicuituit | mas ouclas | moraneas. | | |
|----------------------------|------|------------|-------|-------------|-------------|------------|-----------|------|------|
| ANO | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Área (hectares) | | | | | | | | | |
| BHLS | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 21 | 23 | 29 |
| BHLN | 28 | 38 | 40 | 71 | 90 | 90 | 85 | 89 | 152 |
| Vazão (litros por segundo) | | | | | | | | | |
| BHLS | 34 | 34 | 37 | 40 | 44 | 46 | 82 | 90 | 116 |
| BHLN | 112 | 150 | 162 | 285 | 358 | 361 | 340 | 355 | 608 |

Fonte: Elaboração própria.

3.2 Os Cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos

O Plano Nacional de Recursos Hídricos em sua versão mais recente de 2022 está estruturado conforme a Resolução CNRH Nº 145/2012 em dois volumes: (i) o primeiro que se refere ao Diagnóstico e Prognóstico dos recursos hídricos, representado pelo Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2021); e (ii) o segundo, composto pelo Plano de Ações e Anexo Normativo, que traz, baseado na conjuntura apresentada no primeiro volume e, nas contribuições advindas do processo participativo, estratégias de ação, objetivos, macrodiretrizes, programas e subprogramas com ações e metas associadas. O Diagnóstico e o Prognóstico do PNRH permitem a identificação das principais pressões ou temas relevantes na escala territorial adotada, correspondente às Unidades de Gestão de Recursos Hídricos







(UGRHs), com foco na agenda de recursos hídricos e na sua interface com os planejamentos setoriais.

O PNRH destaca as principais pressões existentes em escala regional nas UGRH que ocorrem em porções relevantes e estratégicas de seu território. Estes fatores são sintetizados sobre a forma dos seguintes temas relevantes: restrição da oferta hídrica, vulnerabilidade da qualidade da água, intensidade atual dos usos da água, expansão competitiva dos usos e interdependência regional de mananciais. A bacia do rio Gramame e parte da bacia do Abiaí estão inseridas na UGRH das Bacias Litorâneas Estaduais da Paraíba, conforme a divisão adotada pela ANA (2002). Os temas relevantes desta UGRH são a restrição da oferta hídrica e a interdependência regional de mananciais. Assim, a partir do Diagnóstico e Prognóstico do Plano Nacional de Recursos Hídricos que esta UGRH possui trechos com balanço hídrico desfavorável e/ou com baixa resiliência no índice de segurança hídrica além da existência de grandes transferências de água atuais ou que eventualmente requerem infraestrutura complementar para o abastecimento, estudos de desenvolvimento regional e aprimoramento de regras operativas para ampliar sua efetividade.

Quanto aos cenários utilizados para fins do planejamento de curto e longo prazos e a avaliação dos efeitos da evolução das demandas frente à oferta hídrica, o PNRH trabalha com três cenários de balanço hídrico. O cenário atual considera as demandas e a disponibilidade hídrica do presente; o cenário tendencial futuro considera as demandas projetadas para 2040 frente à disponibilidade hídrica atual; e há ainda um terceiro cenário com ambas as variáveis submetidas aos efeitos das mudanças climáticas. O cenário de mudanças climáticas baseou-se essencialmente no aumento da demanda para irrigação e consequente redução na disponibilidade hídrica.

De acordo com PNRH (ANA, 2022), as demandas de água no Brasil crescem continuamente principalmente devido ao abastecimento das cidades, à indústria e à agricultura irrigada (principal contribuinte). Segundo o PNRH, até 2040 é estimado um aumento de 42% das retiradas de água. As mudanças climáticas, por sua vez, tendem a acelerar alguns usos, especialmente na agropecuária e na agroindústria, com um acréscimo de até 20% nas regiões de irrigação mecanizada (excluindo o arroz sob inundação).

Para as UGRH das Bacias Litorâneas Estaduais da Paraíba, no ano de 2020, foram retirados cerca de 9,326 m³/s de água com o abastecimento urbano sendo o principal contribuinte com 4,776 m³/s. Para esta UGRH, o PNRH estima que em 2040 o montante total passará a ser 11,031







m³/s (aumento de 18%). Na UGRH, excluídos os rios intermitentes (oferta nula) que representam 79,6% e se concentram na porção oeste da Unidade de Gestão, 10,5% dos rios na região estão em classe de comprometimento crítico no balanço hídrico de 2020. Para o ano de 2040, no cenário de mudanças climáticas este valor eleva-se para 12,9%. A comprometimento hídrico crítico (acima de 100%) está concentrado na porção litorânea do estado, abrangendo as bacias do Litoral Sul.

Na consideração das mudanças climáticas, de um modo geral, temperaturas mais altas intensificam substancialmente o ciclo hidrológico tendo como principais consequências associadas o aumento da evapotranspiração, mudanças nos padrões de precipitação, e um provável aumento na frequência de inundações e secas. Nos cenários futuros de redução da disponibilidade hídrica devido aos efeitos da mudança climática, a UGRH das Bacias Litorâneas Estaduais da Paraíba apresenta uma redução superior a 25% em 40 a 60% dos cenários de alteração do clima considerados. Assim, ainda segundo a ANA (2022) no cenário de mudanças climáticas até 2040, as bacias do Litoral Sul apresentam uma redução da oferta de 25 a 50% enquanto a demanda altera, em geral, de 0 a 5%.

Os Cenários do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba

O antigo Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB) do ano de 2006 utilizou como horizontes de planejamento os anos de 2008, 2013 e 2023. Entre as ações então estipuladas na época, as destacadas como relevantes na atualização do PERH-PB foram o Planejamento da Operação Integrada dos Reservatórios, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) e a Implantação de Obras de Infraestrutura Hídricas. A atualização do Plano então ocorrida em 2021, trabalhou com três cenários de avaliação na fase de Cenarização, sendo estes o tendencial, otimista e crítico, em um total de nove simulações realizadas. Além disso, haja vista a forte influência do período de seca prolongada entre 2011 e 2018 na demanda diminuída pela escassez hídrica, foi elaborado um cenário considerado de base referente ao ano de 2021.

Os horizontes adotados de curto, médio e longo prazo possuem o ano de 2021 como base alcançando 2026, 2031 e 2041. As premissas adotadas para a construção dos cenários foram a taxa de crescimento populacional IBGE; a análise de comportamento dos últimos 10 anos da agricultura, pecuária e indústria; documentos de projeção de cada setor usuário; documentos de referência do Governo do Estado da Paraíba; e obras e projetos públicos projetados nos horizontes de projeto adotados.







O cenário tendencial do Plano buscou refletir para o futuro as tendências do passado sem que interferências importantes (presentes ou futuras) nos ambientes internos e externos sejam consideradas. Parte disso a premissa de que a projeção populacional segue a taxa de crescimento IBGE e as demandas e disponibilidades hídricas baseiam-se na análise de comportamento dos últimos 10 anos da agricultura, pecuária e indústria e em obras e projetos públicos projetados no horizonte de projeto adotado. Sendo assim, neste cenário, as demandas para abastecimento humano, pecuária, indústria, agricultura e aquicultura aumentam a taxas ao ano de, respectivamente, 0,6% de consumo urbano, -0,3% de consumo rural, 2,0%, 1,0%, 0,5% acrescido das demandas de projetos futuros e 3%.

No cenário crítico ocorre uma conjugação de fatores negativos quanto às mudanças climáticas, ao desenvolvimento econômico e à eficácia dos instrumentos de gestão em promover o desenvolvimento sustentável e melhorar os indicadores de qualidade da água. Em vias de baixa disponibilidade hídrica o foco para atendimento é nas demandas de abastecimento humano e pecuária. Neste ínterim, adotou-se neste cenário as taxas de crescimento da população do IBGE, sem crescimento na agricultura, pecuária e indústria, além de obras e projetos públicos projetados no horizonte de projeto adotado. As demandas para pecuária, indústria, agricultura e aquicultura possuem as seguintes taxas de crescimento anuais associadas, respectivamente: -2,0%, -2,0% -4,0% e -0,5%.

Por fim, no cenário otimista a economia cresce e ocorre uma melhor eficácia dos instrumentos de gestão para racionalizar as demandas, promover e fiscalizar os usos múltiplos da água e melhorar os indicadores de qualidade da água. O setor agrícola, da pecuária e da indústria crescem, bem como as demandas hídricas associadas. As demandas para pecuária, indústria, agricultura e aquicultura possuem as seguintes taxas de crescimento anuais associadas, respectivamente: 3,0%, 4,0%, 2,0% junto às demandas de projetos e 4,0%.

A partir das taxas delimitadas e descritas acima, foi calculada a demanda hídrica por uso consuntivo, cujos resultados são exibidos na **Tabela 3.6**. As demandas para as bacias do Gramame e do Abiaí são bastante semelhantes na metodologia adotada. No cenário otimista de crescimento dos setores considerados até 2041 o somatório das demandas pode alcançar 11.335 L/s no Gramame e 11.442 no Abiaí. No cenário pessimista, por sua vez, estes valores se alteram para até 3411 em ambas as bacias. No cenário tendencial, nas duas bacias a demanda hídrica total sobe cerca de 11% no período de 2021 a 2041.

Tabela 3.6 - Demandas Hídricas (L/s) por uso consuntivo nas Bacias do Litoral Sul.







| Ano | Demanda/Cenários | Tende | ncial | Otimista | | Crítico | |
|------|----------------------|---------|-------|----------|-------|---------|-------|
| Allo | Demanda/Cenarios | Gramame | Abiaí | Gramame | Abiaí | Gramame | Abiaí |
| 2021 | Abastecimento Humano | 6751 | 6635 | 6751 | 6635 | 6751 | 6635 |
| 2021 | Agrícola | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 2021 | Aquicultura | 7 | 6 | 7 | 6 | 6 | 5 |
| 2021 | Dessedentação animal | 441 | 539 | 526 | 642 | 368 | 449 |
| 2021 | Indústria | 7324 | 7337 | 7399 | 7428 | 7249 | 7246 |
| 2021 | Total | 127 | 162 | 116 | 148 | 127 | 162 |
| 2026 | Abastecimento Humano | 6928 | 6803 | 7460 | 7326 | 5508 | 5410 |
| 2026 | Agrícola | 4 | 5 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| 2026 | Aquicultura | 8 | 6 | 8 | 7 | 5 | 4 |
| 2026 | Dessedentação animal | 464 | 566 | 640 | 781 | 333 | 406 |
| 2026 | Indústria | 7530 | 7542 | 8229 | 8267 | 5975 | 5986 |
| 2026 | Total | 131 | 168 | 120 | 154 | 131 | 168 |
| 2031 | Abastecimento Humano | 7103 | 6974 | 8237 | 8088 | 4491 | 4411 |
| 2031 | Agrícola | 5 | 6 | 5 | 7 | 2 | 3 |
| 2031 | Aquicultura | 9 | 7 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| 2031 | Dessedentação animal | 487 | 595 | 779 | 950 | 301 | 367 |
| 2031 | Indústria | 7734 | 7750 | 9149 | 9206 | 4930 | 4953 |
| 2031 | Total | 134 | 173 | 122 | 158 | 134 | 173 |
| 2041 | Abastecimento Humano | 7466 | 7331 | 10040 | 9859 | 2986 | 2933 |
| 2041 | Agrícola | 6 | 8 | 8 | 10 | 2 | 3 |
| 2041 | Aquicultura | 10 | 8 | 12 | 9 | 4 | 3 |
| 2041 | Dessedentação animal | 538 | 657 | 1152 | 1407 | 246 | 300 |
| 2041 | Indústria | 8155 | 8177 | 11335 | 11442 | 3371 | 3411 |
| 2041 | Total | 6751 | 6635 | 6751 | 6635 | 6751 | 6635 |

Fonte: Extraído do PERH-PB (2021).

3.4 Os Cenários do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul

Os cenários delimitados foram construídos com base nas alternativas de futuro consideradas e avaliadas no Plano Nacional de Recursos Hídricos (2022) e no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (2019). A **Figura 3.11** apresenta um comparativo dos cenários e horizontes de planejamento trabalhados nos três diferentes Planos em questão. Semelhante ao estabelecido no PERH-PB, este plano contempla o cenário tendencial e dois cenários alternativos (otimista e pessimista). Em alinhamento com a metodologia adotada no Estudo Hidrológico e na etapa de Diagnóstico do PRH das bacias do Litoral Sul as análises de demandas e disponibilidades hídricas além da avaliação da carga poluidora serão feitas por sub-bacia hidrográfica — delimitadas ainda na fase de Estudo Hidrológico.

Os cenários desenhados são estudados em três horizontes de projeto distintos contabilizados a partir do ano estimado de consolidação do presente Plano de Bacia em 2023 – ano base. De tal forma, foram ponderados os impactos dos cenários sobre as disponibilidades e demandas hídricas ao longo dos horizontes de curto prazo em 5 anos (2028), médio prazo em 10 anos







(2033) e longo prazo em 20 anos (2043), adotando-se modelos matemáticos de simulação, considerando variáveis no tempo e no espaço.



Figura 3.11 - Comparação entre os cenários definidos no PNRH, no PERH-PB e no presente Plano. Fonte: Elaboração própria.

Ao todo, foram contabilizados três cenários de demandas hídricas (tendencial, otimista e pessimista), três cenários de disponibilidades hídricas (tendencial, otimista e pessimista) e três horizontes de planejamento distintos de curto, médio e longo prazo (respectivamente, 2028, 2033 e 2043). Os cenários de disponibilidades hídricas incorporam dois fatores principais de alteração: (i) a recuperação ou degradação de nascentes e matas ciliares e (ii) o aumento da evapotranspiração em consequência dos aumentos de temperatura previstos no processo de mudança climática. A **Tabela 3.7** resume as premissas consideradas para cada cenário para as estimativas das disponibilidades hídricas futuras nas BHLS. Nos parágrafos que se seguem as metodologias delimitadas são melhores descritas. Em seguida, as metodologias de cálculo das demandas hídricas são apresentadas e comentadas.

| Tabela 3.7 - Cenários e premissas para estimativas das disponibilidades hídricas futuras. | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Cenário Tendencial | Cenário Otimista | Cenário Pessimista | | | | | |
| NASCENTES: Recuperação de 1 nascente para cada 50 km², com aumento de 1 L/s por nascente, por ano respeitado o número estimado de nascentes por sub-bacia. | NASCENTES: Recuperação de 1 nascente para cada 10 km², com aumento de 1 L/s por nascente, por ano respeitado o número estimado de nascentes por sub-bacia. | NASCENTES: Redução de 1 nascente para cada 50 km² devido ao processo de degradação, com redução de 1 L/s por nascente, por ano respeitado o número estimado de nascentes por sub-bacia. | | | | | |
| MUDANÇA CLIMÁTICA: | MUDANÇA CLIMÁTICA: | MUDANÇA CLIMÁTICA: | | | | | |
| Cenário IPPC SSP2-4.5 de | Cenário IPPC SSP1-2.6 de baixas | Cenário IPPC SSP3-7.0 de altas | | | | | |
| emissões médias com aumento de | emissões com aumento de | emissões com aumento de | | | | | |
| temperatura previsto de 1,19 °C no | temperatura previsto de 0,99 °C no | temperatura previsto de 1,32 °C no | | | | | |
| Litoral Sul no período de 2040 a | Litoral Sul no período de 2040 a | Litoral Sul no período de 2040 a | | | | | |
| 2060. | 2060. | 2060. | | | | | |





Fonte: Elaboração própria.

Para a contabilização do acréscimo ou redução da disponibilidade hídrica devido à recuperação ou degradação de nascentes foram consideradas, por sub-bacia, a quantidade de nascentes obtidas na etapa de Diagnóstico. As principais fontes trabalhadas foram o Cadastro Ambiental Rural (CAR), as nascentes geradas com base na localização das cabeceiras dos corpos hídricos e, por fim o "Relatório técnico de inspeção nas nascentes do rio Gramame dentro dos limites da usina BIOSEV — Município de Pedras de Fogo", realizado pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA). O aumento ou decréscimo da oferta de água é proporcional à área de drenagem de cada sub-bacia, sendo considerada uma nascente em casos de áreas inferiores aos limites estabelecidos de 50 e 10 km². Para aquelas sub-bacias com área de drenagem inferior a estes limites foi considerada a recuperação (ou degradação, conforme o cenário) de uma nascente por ano como forma de arredondamento, respeitada a quantidade de nascentes delimitadas na etapa de Diagnóstico.

Conforme apontado anteriormente, entre as prioridades do PNRH para 2016-2021 estava "Desenvolver planejamento de longo prazo para a conservação e o uso racional das águas do país, considerando as mudanças climáticas". O ciclo hidrológico relaciona-se diretamente com as condições climáticas, de forma que, o aumento da temperatura no cenário de mudança climática ocasiona aumento da evapotranspiração e consequente redução da oferta de água.

A avaliação dos impactos das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica nas BHLS foi realizada a partir das análises dos resultados oriundos da modelagem climática e das projeções dos modelos climáticos globais (MCG) utilizados pelo IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Embora tenha havido grandes avanços na área de climatologia, os MCGs são, por natureza, uma simplificação de processos altamente não-lineares e, mesmo os MCGs de última geração não modelam adequadamente todos os processos climáticos nas mais diferentes escalas que afetam significativamente a hidrologia. Os resultados dos modelos convergem para um aumento de temperatura de até 1,32 °C nas BHLS no pior cenário de emissões atmosféricas. No entanto, as estimativas de alterações dos regimes de precipitação são divergentes (IPCC, 2023). Dadas essa incerteza, o fator de aumento ou diminuição das chuvas não foi considerado na avaliação das ofertas hídricas futuras sobre a influência das mudanças climáticas.

O mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas de número 6 aponta que atualmente, o planeta apresenta um aquecimento médio de 1,1°C em relação aos







níveis pré-industriais. O relatório do Grupo de Trabalho I do IPCC mostra que o mundo provavelmente atingirá ou excederá 1,5 °C de aquecimento nas próximas duas décadas. No documento, são trabalhados cinco cenários diferentes de mudanças globais socioeconômicas projetadas até 2100, os chamados SSPs - Caminhos Socioeconômicos Compartilhados.

Para este PRH das bacias do Litoral Sul os cenários tendencial, otimista e pessimista foram diretamente relacionados, respectivamente, com os: SSP2-4.5 com emissões intermediárias de gases de efeito estufa (GEE) com emissões de gás carbônico (CO₂) em torno dos níveis atuais até 2050, depois caindo, mas não atingindo zero líquido até 2100; SSP1-2.6 de baixas emissões de GEE e as emissões de CO2 reduzidas a zero líquido por volta de 2075; e SSP3-7.0 de altas emissões, com as emissões de CO₂ dobradas até 2100. A partir do aumento de temperatura previsto para cada cenário e disponibilizados pelo IPCC (2023) foram recalculadas as estimativas de evapotranspiração segundo o mesmo método adotado no Diagnóstico de HARGREAVES & SAMANI (1985). Os novos valores de evapotranspiração foram introduzidos no HEC-HMS (utilizado na etapa de Estudo Hidrológico), mantido os mesmos parâmetros adotados na fase de Diagnóstico, para obtenção das novas disponibilidades hídricas com influência das mudanças climáticas.

A partir do Diagnóstico realizado, na etapa de Cenarização de um Plano de Bacia são feitas projeções dos usos de recursos hídricos com base em diferentes cenários socioeconômicos, climáticos, demográficos e de oferta hídrica e a possível interferência de outros planejamentos setoriais e regionais. Entre estes cenários, o Tendencial busca refletir para o futuro, nos horizontes de planejamento adotados, as tendências observadas no passado sem a consideração de interferências significativas nos ambientes internos e externos.

Para a avaliação das demandas de água em uma bacia hidrográfica para fins de planejamento podem ser adotados dados diretos, referentes à outorga, ou estimativas com dados secundários mais facilmente obtidos. Conforme apresentado na etapa de Diagnóstico do Plano, o banco de dados de outorga existente e em operação das bacias do Litoral Sul encontra-se desatualizado e estruturado de forma não plenamente satisfatória – conforme análise realizada e informações levantadas em campo e nas Audiências Públicas. Os valores outorgados mostram-se na prática inferiores ao realmente praticada principalmente para o uso agrícola e de pequenos irrigantes.

Ainda assim, o banco de dados de outorga da AESA foi utilizado como base para discussão e comparação dos resultados obtidos ao longo dessa fase do PRH. É possível observar o panorama de outorgas em vigor no ano de 2021 para as bacias do Gramame e do Abiaí através







das Figura 2.1 e Figura 2.2 exibidos no capítulo de ANÁLISE DAS CONDIÇÕES ATUAIS REVELADAS PELO DIAGNÓSTICO.

A discrepância entre dados de outorga e as estimativas de consumo efetivo de água são comuns no Brasil. As deficiências no controle do uso da água, a multiplicidade de pequenos usos não cadastrados ou outorgados e a falta de registro por parte dos usuários faz com que o balanço hídrico quantitativo seja sempre um ponto frágil na compreensão da situação da bacia.

No entanto, o planejamento não deve ser confundido com o controle. No planejamento, as informações necessárias para desenhar os cenários e identificar possíveis conflitos são geradas a partir de dados que indiretamente refletem o uso da água pelas atividades econômicas, possibilitando especializar na escala de município as retiradas e devoluções de água em uma situação que reflete usos efetivamente medidos em situações similares. Os dados outorgados, por sua vez, não representam o uso em si, pois não é garantido que a situação declarada pelo usuário esteja, de fato ocorrendo.

Os dados informados na outorga também são estimativas de vazão ou volume obtidas por projetos, que podem ou não estar sendo observados. As situações encontradas em fiscalização podem tanto encontrar retiradas muito abaixo do valor outorgado, seja por redução da atividade econômica momentânea, seja pela restrição causada por instalações mal planejadas ou mal operadas, como de retiradas muito acima, por troca de equipamentos entre a outorga e a fiscalização ou aumento da potência de motores, por exemplo. Ou seja, tanto utilizar dados de outorga como gerados por estimativas a partir de dados econométricos nunca trará a situação real a cada instante. A vantagem dos dados econométricos é a existência de fontes externas que têm registros anuais de informações, enquanto que os dados outorgados ficarão fixos ao longo do período de validade.

A situação ideal só se obterá com um monitoramento dos cursos de água em uma escala compatível com o grau de conflito de cada UPG. A partir de um monitoramento com coleta de dados diários (ou até a cada 15 minutos, em estações telemétricas) pode-se entender o consumo de água por um conjunto de usuários de cada UPG ou fração desta. É justamente na identificação desses locais de monitoramento futuro que está o foco do planejamento em relação à quantidade de água retirada da bacia e a observância do critério de outorga definido pelo comitê. Dentro de cada área monitorada, pode-se investir em fiscalização dos maiores e mais restritivos usos de água, mas em uma situação futura.







No caso das bacias litorâneas, observou-se que o banco de outorgas tinha inconsistências que não seriam sanadas, pois eram dados do passado ou falta completa de informações. Portanto, a partir da contestação dessa carência, assumida pela AESA, a opção mais sólida passa a ser, neste primeiro plano de bacia, o uso de dados gerados a partir da metodologia da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, para, posteriormente, identificar as bacias ou UPG mais críticas quanto ao monitoramento hídrico. Conceitualmente, a opção pela metodologia da ANA, já testada em muitos outros planos, é a opção mais segura e confiável para a execução dos planos.

Por outro lado, a deficiência da outorga da AESA indica a necessidade urgente de desenvolvimento de banco de dados mais ágeis e mais acessíveis aos usuários, para que se tenha condições de revisão do plano de bacia e realização dos novos planos nos intervalos de tempo estabelecidos na CNRH 145. Assim sendo, considerando que a outorga não apresenta um grau de cobertura suficiente para a avaliação das demandas e disponibilidades hídricas bem como para a análise dos lançamentos de efluentes, podem ser utilizados indicadores sobre dados de população, de rebanhos, de áreas irrigadas e da produção industrial. Soma-se a isso a discrepância de valores obtidos quando consultadas as bases estaduais e nacionais de referência para a região das bacias do Litoral Sul.

Além da aplicação destes indicadores, para o cenário tendencial, as estimativas das **demandas hídricas** nas sub-bacias do Litoral Sul basearam-se na Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos de Água no Brasil – BD Usos, com dados de diagnóstico até 2021 e projeções até 2040, compatível com o horizonte do Plano Nacional de Recursos Hídricos. No desenvolvimento do BD Usos, foram analisados os métodos e as bases de dados utilizadas em trabalhos anteriores da ANA, incorporando os procedimentos considerados relevantes e propondo avanços consequentes da disponibilidade de novas bases de dados e de progressos tecnológicos para o processamento de informações. Dentre esses estudos prévios destacam-se, em escala nacional, os primeiros levantamentos elaborados para o Plano Nacional de Recursos Hídricos e para o primeiro relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, além de importantes esforços de estimativas de usos da água conduzidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA.

No cenário macro de avaliação do país, a demanda por água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado nas últimas duas décadas. A previsão é de que ocorra um aumento de 24% na demanda até 2030. Na região Nordeste, a agricultura irrigada





se configura como principal uso na segunda metade da década de 1990, superando o abastecimento urbano - reflexo de grandes investimentos públicos em infraestrutura hídrica e financiamentos. As bacias do Litoral Sul da Paraíba estão inseridas na região hidrográfica do Nordeste Oriental, cujos usos setoriais levantados no ano de 2017 foi de 44,4% para a irrigação, 29,4% para o abastecimento humano e 15,5% para a indústria.

Os usos consuntivos elencados para avaliação neste Plano foram o abastecimento humano (urbano e rural), a dessedentação animal, a irrigação, indústria, mineração e aquicultura. Para cada uso são caracterizadas as vazões de retirada (montante captado no corpo hídrico), de consumo (fração da retirada que não retorna ao corpo hídrico) e de retorno (fração da retirada que retorna ao corpo hídrico) (ANA, 2019). Nos cenários tendencial e alternativos de avaliação das demandas hídricas foram consideradas as seguintes premissas:

- a taxa geométrica de crescimento calculada entre os Censos Demográficos de 2000 e (i)2010 (IBGE, 2021) para as estimativas de abastecimento humano urbano e rural;
- (ii) os valores de demandas hídricas estimados através do cadastro de indústrias da FIEPB (Federação das Indústrias do Estado da Paraíba), com aplicação de coeficientes técnicos e taxas respectivas de crescimento e decrescimento;
- (iii) os valores de demandas hídricas calculados pela ANA (2022) para a mineração e agricultura irrigada adicionadas de percentuais de crescimento ou decrescimento conforme o cenário avaliado;
- o quantitativo de rebanhos por espécie animal obtidos no Censo Agropecuário (2017) (iv)junto às taxas de crescimento da pecuária considerado no PERH-PB (2021).

A **Tabela 3.8** abaixo apresenta as premissas adotadas para a estimativa das demandas hídricas por uso consuntivo nos diferentes cenários elencados. As respectivas metodologias de cálculo são descritas nos parágrafos que se seguem.

Tabela 3.8 - Cenários e premissas para estimativas das demandas hídricas futuras

| USOS CONSUNTIVOS | CENÁRIO OTIMISTA | CENÁRIO PESSIMISTA | CENÁRIO TENDENCIAL |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Índice de perdas conforme a faixa populacional: | Índice de perdas conforme a faixa populacional: | Índice de perdas conforme a faixa populacional: |
| Consumo Humano Urbano | <5.000 – 28% Entre 5.000 e 35.000 – 30% Entre 35.000 e 75.000 – 33% >75.000 – 32% | <5.000 – 47% Entre 5.000 e 35.000 – 46% Entre 35.000 e 75.000 – 56% >75.000 – 58% | <5.000 – 37% Entre 5.000 e 35.000 – 36% Entre 35.000 e 75.000 – 39% >75.000 – 50% |
| Consumo | Consumo per capita de 75 | Consumo per capita de 125 | Consumo per capita de 100 |
| Humano Rural | L/hab.dia | L/hab.dia | L/hab.dia |







| Indústria | Cenário de redução de perdas: diminuição de 10% da demanda do presente junto ao crescimento de 2% a.a. do setor. | Cenário de redução de perdas: aumento de 15% da demanda do presente junto ao crescimento de -2% a.a. do setor. | Cenário tendencial: crescimento de 1% a.a. do setor. | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--|
| Mineração | Demanda calculada pela ANA (2021). | Demanda calculada pela ANA (2021). | Demanda calculada pela ANA (2021). | |
| Dessedentação Animal | Taxa de crescimento do setor de 3% a.a. | Taxa de crescimento do setor de -2% a.a. | Taxa de crescimento do setor de 2% a.a. | |
| Agricultura Irrigada | Eficiência de 75% dos sistemas de irrigação. | Eficiência de 50% dos sistemas de irrigação. | Eficiência de 68% dos sistemas de irrigação. | |

Fonte: Elaboração própria.

Para o consumo humano urbano e rural, as populações foram calculadas considerando os Censos Demográficos do IBGE de 2000 e 2010 – os dois mais recentes disponíveis até então. A taxa geométrica de crescimento foi obtida, conforme a mesma metodologia adotada na etapa de Diagnóstico. Aplicou-se uma mesma taxa de crescimento para todos os municípios das BHLS considerando a média aritmética das taxas calculadas por municípios. Assumiu-se que a população urbana dos municípios se concentra essencialmente em sua sede municipal enquanto a população rural distribui-se de forma homogênea ao longo do território. Desta forma, a demanda e a carga poluidora oriunda da população urbana estaria concentrada nas sedes municipais dos municípios.

No **abastecimento humano urbano** os valores de retirada são estimados, além do crescimento populacional, a partir de outros dois indicadores: o uso *per capita* (água que potencialmente chega aos usuários) e as perdas nas redes de distribuição (água perdida entre a captação e o usuário final). Conforme a metodologia descrita no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), o estado da Paraíba pertence ao Grupo 2 de aglomerados de estados, cujos valores de consumo *per capita* por faixa populacional corresponde, respectivamente a 87 L/hab.dia para populações iguais ou inferiores a 5 mil habitantes e entre 5 e 35 mil habitantes, 95 L/hab.dia entre 35 e 75 mil habitantes e 112 L/hab.dia para populações superiores a 75 mil indivíduos.

Os valores de consumo *per capita* foram mantidos, variando-se conforme o cenário apenas os índices de perdas idênticos aos valores exibidos na **Tabela 3.8**. No cenário tendencial, adotouse os índices de perdas também do Grupo 2 que incluem além da Paraíba os demais estados da região nordeste. No cenário otimista e pessimista as perdas assumem os melhores e piores valores entre os grupos de estados, referentes, respectivamente, à região centro-oeste Grupo 6 (DF, GO, MS, MT e TO) e a à região norte Grupo 1 (AC, AM, AP, MA, PA, RO e RR).







No que tange ao **consumo humano rural**, conveniou-se pela variação do consumo *per capita* conforme os cenários junto ao cálculo da projeção populacional. Neste sentido, no cenário tendencial o coeficiente rural adotado, além da Paraíba, é o mesmo adotado em ANA (2019) para AC, BA, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PE, PB, PR, RN, RO, SE, SC, TO. No cenário otimista este consumo se reduz para 75 L/hab.dia e no cenário pessimista aumenta para 125 L/hab.dia (valores dos estados de AM, AP, MG, RJ, RS, RR, SP). Embora se espere o aumento *per capita* do uso da água com a modernização e o aumento da renda, por exemplo, outros fatores intervêm no processo, como o próprio aumento da eficiência (diminuição de perdas), escassez hídrica, impacto de políticas públicas e mudanças de hábito de consumo (ANA, 2019).

Para a **indústria**, a demanda hídrica para o setor foi calculada com base no cadastro de indústrias disponibilizado pela Federação das Indústrias do Estado da Paraíba com ano de referência em 2022. A estimativa do uso da água na indústria de transformação consistiu na aplicação de coeficientes técnicos (vazões médias, por empregado, por tipologia industrial) ao número de trabalhadores de determinada tipologia em determinado município. No cenário otimista as práticas de reúso de água ganham espaço com consequente redução de 10% em relação ao cenário tendencial. No cenário pessimista, por sua vez, as perdas dos sistemas aumentam, com consequente aumento de 15% dos valores adotados no cenário tendencial.

A mineração não apresenta valores de demandas hídricas significativas nas BLHS segundo os resultados da etapa de Diagnóstico e no PERH-PB (2021). Assim sendo, conveniou-se na adoção dos mesmos valores de demanda em todos os cenários analisados apenas com a variação do crescimento previsto para o setor, notadamente extraídos de ANA (2019). O método de cálculo associa a produção mineral (toneladas/ano), por tipo ou grupo de substância, com coeficientes técnicos (volume de água médio necessário para a produção de cada tonelada).

O consumo de água para **dessedentação animal** foi estimado através da aplicação de coeficientes técnicos *per capita* (litros por dia por cabeça), por tipo de rebanho, ao número de cabeças registrado e o crescimento previsto do setor nos horizontes adotados. Os quantitativos dos rebanhos de bovinos, equinos, ovinos, suínos e aves foram extraídos do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017), por município, com a taxa de crescimento variando conforme os valores da **Tabela 3.8**. Para efeito de quantificação por sub-bacia, foi admitido que os rebanhos se distribuem nos municípios de forma homogênea, sendo o número de cabeças por sub-bacia estimado conforme a porcentagem de área do município inserida na sub-bacia.



O uso da água para **agricultura irrigada** estimado pela ANA (2019) é completo ao considerar os dados climáticos de precipitação e evapotranspiração; a necessidade de água da cultura, em um dado estágio de desenvolvimento e em um determinado local; a eficiência dos sistemas de irrigação com adaptações especiais para o cultivo de cana-de-açúcar e arroz. De tal forma, além do crescimento previsto para o setor, foram adotados para os diferentes cenários variações na taxa de eficiência dos sistemas de irrigação - **Tabela 3.8**. O cenário tendencial possui o quantitativo inicialmente considerado para o estado da Paraíba de 68%, a eficiência, no entanto se eleva para 75% no cenário otimista, com redução para 50% no pessimista.







ESTIMATIVA DAS DEMANDAS E DISPONIBILIDADES DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Com os cenários tendencial, otimista e pessimista delimitados, junto aos horizontes de planejamento de curto (2028), médio (2033) e longo prazo (2043) definidos e as metodologias de cálculo descritas anteriormente foram obtidas as estimativas de demandas e disponibilidades hídricas para as BHLS. Uma vez que estes valores foram calculados por sub-bacia, preliminar à avaliação dos resultados, faz-se necessária a retomada da denominação das sub-bacias e a localização das mesmas no Litoral Sul. O mapa da Figura 4.1 apresenta a localização das subbacias do Litoral Sul da Paraíba, complementado pelo principais trechos de rio e suas respectivas extensões por sub-bacia da Tabela 4.1 a partir da Base Hidrográfica Ottocodificada 2017 50k (ANA, 2017).

Tabela 4.1 – Princpais trechos de rio e suas respectivas extensões por sub-bacia

| Tabela 4.1 – Princpais trechos de rio e suas respectivas extensões por sub-bacia. Bacia Sub-bacia Principais trechos de rio com extensão (km) | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| Sub-bacia | Principais trechos de rio com extensão (km) | | | | |
| SB Centro Sul | Rio Mucatu (9,3) | | | | |
| SB Grau | Rio Garaú (18,7) | | | | |
| SB Norte | Rio Guruji (12,7) | | | | |
| SB Pitimbu | Riacho Engenho Velho (5,3) | | | | |
| SB Sul | Rio Abiaí (0,8) | | | | |
| SBAb1 | Riacho Cupissura (1,6); Riacho Muzumba (0,3); Rio Dois Rios (2,0) | | | | |
| SBAb2 | Riacho do Calaço (6,0); Riacho Sal Amargo (10,2), Riacho Taperubus (15,8), Rio Papocas (17,2) | | | | |
| SBAb3 | Riacho Acaís (6,3); Riacho Jaguarema (4,7); Riacho Sarapo (3,0); Rio Aterro (18,7) | | | | |
| SBAb4 | Riacho Cupissura (9,2); Rio do Galo (11,9) | | | | |
| SBAb5 | Riacho Cupissura (1,1); Rio do Galo (0,9); Rio Papocas (9,8) | | | | |
| SBAb6 | Rio Abiaí (0,3); Rio Camocim (13,7) | | | | |
| SBAb7 | Rio Abiaí (0,2); Rio Papocas (3,5) | | | | |
| SBAb8 | Rio Abiaí (5,6); Rio Camocim (0,1) | | | | |
| SBGr1 | Riacho Jabuçu (7,6); Riacho Sal Amargo (0,7); Riacho Santa Cruz (4,7); Rio Gramame (28); Rio Utinga (5,6) | | | | |
| SBGr2 | Riacho Buraco (6,6); Riacho Vermelho (8,5); Rio Gramame (7,5); Rio Mamuaba (21,7) | | | | |
| SBGr3 | Riacho Coqueirinho (5,3); Riacho Gavião (5,7); Riacho Imbé (3,6); Riacho Mineiro (3,5); Riacho Passagem Funda (3,5); Rio Gramame (0,2); Rio Mumbaba (41,3); Rio Mussure (5,1) | | | | |
| SBGr4 | Rio Gramame (9,3) | | | | |
| SBGr5 | Riacho Ipiranga (4,8); Rio Água Boa (11,6); Rio da Salsa (12,1); Rio Gramame (1,3) | | | | |
| SBGr6 | Riacho Ipiranga (0,7); Rio Gramame (10,9) | | | | |
| SBGr7 | Rio Gramame (4,4) | | | | |
| | Sub-bacia SB Centro Sul SB Grau SB Norte SB Pitimbu SB Sul SBAb1 SBAb2 SBAb3 SBAb4 SBAb5 SBAb6 SBAb7 SBAb8 SBGr1 SBGr2 SBGr3 SBGr4 SBGr5 SBGr6 | | | | |

Fonte: Elaboração própria.







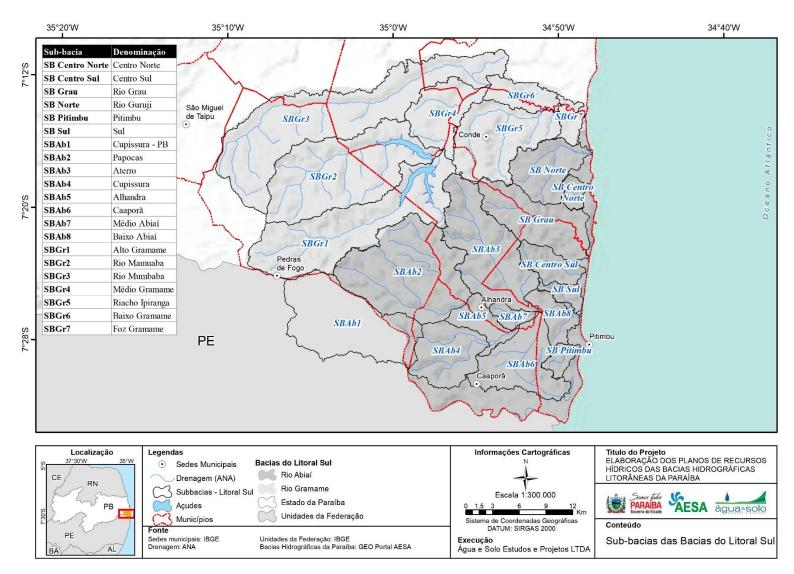


Figura 4.1 – Mapa de localização das sub-bacias das BHLS. Fonte: Elaboração própria.







4.1 Disponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica

No caso das BHLS, a vazão de permanência adotada foi a Q90, que representa a quantidade de água que pode ser garantida em um curso de água em 90% do tempo. A Q90 foi utilizada para corroborar e verificar as informações previamente geradas na Atualização do PERH-PB (2021). Além disso, a política atual de outorga do direito de uso dos recursos hídricos na Paraíba garante que a soma dos volumes de água outorgados numa determinada bacia não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia e o valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. Conforme descrito anteriormente, a Q90 foi obtida para os três cenários distintos variando-se a contribuição do processo de recuperação e degradação de nascentes e os cenários de emissões de gases de efeito estufa e respectivo aumento de temperatura média previsto.

As perdas de água que ocorrem devido ao aumento da evapotranspiração foram calculadas pelo método de HARGREAVES & SAMANI (1985) que também foi utilizado para determinar a evapotranspiração na Atualização do PERH-PB (2021). No caso em estudo, a evapotranspiração potencial para as BHLS foi determinada tomando como base a série histórica da estação convencional de João Pessoa (82798). É válido destacar que essa estação se encontram sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Os dados relativos à evapotranspiração mensal obtidos na etapa do Diagnóstico e para cenários do IPCC elencados são exibidos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Valores de evapotranspiração potencial (mm) nos diferentes cenários de mudanças climáticas para a

estação INMET de João Pessoa (82798).

| Mês | Cenário Otimista (IPPC SSP1-2.6 - Baixas emissões) | Cenário Pessimista (IPPC SSP3-7.0 - Altas emissões) | Cenário Tendencial (IPPC SSP2-4.5 - Médias emissões) | Cenário Atual - Diagnóstico |
|-----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Janeiro | 126,70 | 130,50 | 126,20 | 123,20 |
| Fevereiro | 118,30 | 121,80 | 117,80 | 115,00 |
| Março | 131,00 | 134,90 | 130,40 | 127,40 |
| Abril | 119,40 | 122,90 | 118,80 | 116,00 |
| Maio | 112,70 | 116,20 | 112,30 | 109,60 |
| Junho | 100,30 | 103,50 | 99,90 | 97,40 |
| Julho | 103,80 | 107,10 | 103,40 | 100,80 |
| Agosto | 114,50 | 118,10 | 114,00 | 111,20 |
| Setembro | 116,70 | 120,30 | 116,20 | 113,40 |
| Outubro | 122,60 | 126,30 | 122,10 | 119,20 |
| Novembro | 118,80 | 122,40 | 118,30 | 115,50 |
| Dezembro | 124,90 | 128,70 | 124,40 | 121,50 |

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível observar pelos valores da tabela, no pior cenário de emissões de gases de efeito estufa há um aumento de cerca de 83 mm de perda de água por evapotranspiração – em comparação aos dados atuais. Os novos valores de evapotranspiração obtidos foram inseridos





como entradas no modelo hidrológico no HEC-HMS, que mantido os mesmos parâmetros utilizados no Estudo Hidrológico, forneceram novos valores de disponibilidade hídrica sobre a forma da Q90.

O quantitativo de nascentes nas sub-bacias foi determinado conforme a metodologia descrita anteriormente, agregando-se diferentes fontes de dados para composição da base principal. O mapa da **Figura 4.2** apresenta a distribuição das nascentes nas sub-bacias hidrográficas das Bacias do Litoral Sul. Como é possível observar, as sub-bacias com os maiores quantitativos de nascentes são a SBGr5 - Riacho Ipiranga (62), a SBGr1 - Alto Gramame (47) e a SBAb3 – Aterro (36). A maior quantidade de nascentes identificadas nestas sub-bacias interfere diretamente em suas respectivas disponibilidades hídricas conforme a metodologia delimitada de aumento da vazão de oferta com o processo de recuperação de nascentes e redução devido à degradação destas – vide **Tabela 4.3**.

Tabela 4.3 – Incremento da disponibilidade hídrica considerando os cenários de recuperação e degradação das nascentes (em L/s).

| SUB-BACIAS | CENÁRIO OTIMISTA | | | CENÁRIO PESSIMISTA | | | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|-----------------|------------------|------|------|--------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 4 | 4 | 4 | -4 | -4 | -4 | 4 | 4 | 4 |
| SB Centro Sul | 10 | 18 | 18 | -5 | -10 | -18 | 5 | 10 | 18 |
| SB Grau | 25 | 25 | 25 | -6 | -12 | -24 | 6 | 12 | 24 |
| SB Norte | 17 | 17 | 17 | -5 | -10 | -17 | 5 | 10 | 17 |
| SB Pitimbu | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 |
| SB Sul | 5 | 5 | 5 | -5 | -5 | -5 | 5 | 5 | 5 |
| SBAb1 | 11 | 11 | 11 | -10 | -11 | -11 | 10 | 11 | 11 |
| SBAb2 | 30 | 30 | 30 | -12 | -24 | -30 | 12 | 24 | 30 |
| SBAb3 | 36 | 36 | 36 | -9 | -18 | -35 | 9 | 18 | 35 |
| SBAb4 | 9 | 9 | 9 | -5 | -9 | -9 | 5 | 9 | 9 |
| SBAb5 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 |
| SBAb6 | 3 | 3 | 3 | -3 | -3 | -3 | 3 | 3 | 3 |
| SBAb7 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 |
| SBAb8 | 10 | 12 | 12 | -5 | -10 | -12 | 5 | 10 | 12 |
| SBGr1 | 47 | 47 | 47 | -12 | -25 | -47 | 12 | 25 | 47 |
| SBGr2 | 34 | 34 | 34 | -13 | -26 | -34 | 13 | 26 | 34 |
| SBGr3 | 30 | 30 | 30 | -17 | -30 | -30 | 17 | 30 | 30 |
| SBGr4 | 4 | 4 | 4 | -4 | -4 | -4 | 4 | 4 | 4 |
| SBGr5 | 37 | 62 | 62 | -7 | -15 | -29 | 7 | 15 | 29 |
| SBGr6 | 3 | 3 | 3 | -3 | -3 | -3 | 3 | 3 | 3 |
| SBGr7 | 6 | 8 | 8 | -5 | -8 | -8 | 5 | 8 | 8 |

Fonte: Elaboração própria.

Na SBGr1 e SBGr2 destaca-se a existência de nascentes estratégicas para a oferta hídrica do reservatório Gramame-Mamuaba. O Sistema Gramame-Mamuaba dirige suas águas diretamente para a ETA Gramame, que por sua vez, abastece os municípios de Cabedelo, João Pessoa e Bayeux. Nas proximidades da sede municipal de Pedras de Fogo, quatro importantes nascentes do rio Gramame foram largamente estudadas (SILVA et al., 2011; RODRIGUES et







al., 2014; BOMFIM et al., 2015; MARTINS et al., 2020; RODRIGUES et al., 2022); e estiveram sujeitas a um processo de recuperação; são estas as nascentes Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha – destacadas na Figura 4.2.

A estimativa do resultado de recuperação de nascentes relaciona-se com muitas variáveis que envolvem o comportamento do aquífero e das áreas de recargas. A Tabela 4.4 apresenta os resultados medidos em duas nascentes na bacia do ribeirão Lavrinhas, em Minas Gerais (JÚNIOR et al., 2010). A comparação entre as duas nascentes mostra valores 200 vezes maiores na nascente protegida com matas na época de estiagem mais severa em setembro e outubro de 2005.

Tabela 4.4 - Vazões monitoradas, em litros por segundo, em duas nascentes sob uso do solo com mata e com

pastagens.

| | 2004 | | 2005 | | | |
|-------|-------|----------|-------|-------|----------|--|
| Data | Mata | Pastagem | Data | Mata | Pastagem | |
| 10/04 | 7,300 | 0,214 | 22/04 | 6,563 | 0,106 | |
| 11/06 | 4,920 | 0,101 | 3/07 | 4,324 | 0,023 | |
| 5/08 | 3,237 | 0,053 | 21/09 | 2,411 | 0,010 | |
| 1/10 | 2,579 | 0,032 | 20/10 | 1,532 | 0,007 | |
| 5/11 | 3,098 | 0,113 | | | | |

Fonte: JÚNIOR, MELLO & SILVA (2010).

Em estudo realizado na bacia do rio da Prata, no município de Pedras de Fogo, (SILVA,2015) relata que:

Na década de 70, os rios que drenam o município de Pedras de Fogo (Una, Abiaí, Goyana, Gramame e seus afluentes, Mumbaba, Prata, São Bento e Urtiga) sofreram muito com o desenvolvimento da cultura canavieira. O desmatamento promovido por esta monocultura amplificou o processo de assoreamento em boa parte destes corpos hídricos.







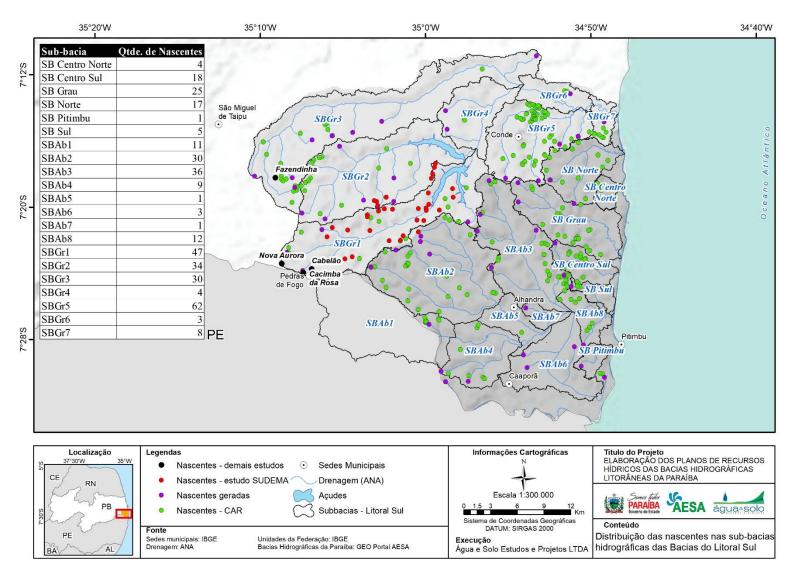


Figura 4.2 – Distribuição das nascentes nas sub-bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.





A medição da vazão de três nascentes mostra valores muito pequenos para as nascentes degradadas (**Tabela 4.5**).

Tabela 4.5 - Vazão, em litros por segundo, de três nascentes na bacia do rio da Prata/PB

| Mês | Nascente 1 | Nascente 2 | Nascente 3 |
|---------------|------------|------------|------------|
| Maio/2015 | 0,08 | 0,05 | 0,23 |
| Setembro/2015 | 0,03 | 0,03 | 0,15 |

Fonte: SILVA (2015).

A recuperação das nascentes pode aumentar a vazão de estiagem, mas essa recuperação deve ser realizada com espécies nativas da região. Estudo realizado na China mostrou que a recuperação com floresta aumentou a vazão média no período de estiagem em cerca de 46% e reduziu o período de estiagem em quase 9 dias, mas o mesmo efeito não foi conseguido com árvores frutíferas (ZHIPENG et al., 2019).

Além disso, a análise da disponibilidade hídrica superficial em discussão deve ser acompanhada da avaliação da disponibilidade das água subterrâneas nas BHLS. Na bacia sedimentar Paraíba existente na região das BHLS encontram-se reservatórios de águas subterrâneas significativos, os quais são utilizados principalmente para abastecimento humano. A região das Bacias do Litoral Sul está localizada, a leste, sobre unidades litoestratigráficas da Bacia Sedimentar Paraíba e, a oeste, sobre rochas do embasamento cristalino da Província Borborema. O embasamento cristalino é composto por rochas duras, com baixa capacidade de armazenamento, pouca circulação e produção limitada de água subterrânea. O mapa da **Figura 4.3** apresenta a distribuição espacial dos dados de capacidade específica (produtividade) dos poços no território das Bacias do Litoral Sul.

Na região do embasamento cristalino as águas subterrâneas são utilizadas principalmente para abastecimento rural disperso, em função das pequenas vazões disponíveis. Na região litorânea, na bacia sedimentar, adquirem importância como fonte de abastecimento humano para alguns núcleos urbanos expressivos através de captações da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Apesar da importância desses mananciais da região litorânea, não se dispõem de conhecimento adequado do funcionamento hidráulico desses aquíferos e da capacidade de produção, como também não se faz o monitoramento adequado de seu uso como subsídio para ações de preservação da quantidade e da qualidade das águas.







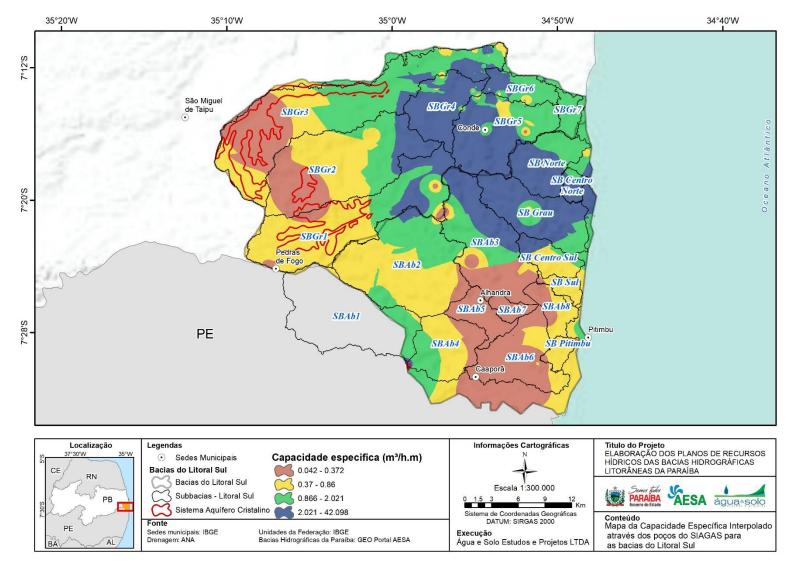


Figura 4.3 - Mapa da Capacidade Específica Interpolado através dos poços do SIAGAS para as bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.







Esforços mais significativos para caracterização e entendimento desses mananciais da região litorânea foram realizados no âmbito do Estudo de Caracterização e Verificação da Disponibilidade Hídrica da Vertente Litorânea do Estado da Paraíba (COSTA et al., 2007), envolvendo estudos hidrogeológicos e geofísicos, cadastro de poços, teste de bombeamento, análises de qualidade da água, dentre outros. Esses estudos já indicavam para o ano de 2007 a possibilidade de uma exploração excessiva do Sistema Aquífero Paraíba (unidade Beberibe), inclusive caracterizando regiões onde já se identifica rebaixamento de nível estático, pontos com nível estático negativo em relação ao nível do mar e inversão de direção de fluxo natural das águas. O estudo conclui que já pode estar em curso (ano de 2007) uma sobre-exploração das águas subterrâneas, recomendado ações de monitoramento, fiscalização e controle do uso dessas águas.

De acordo com as informações de produtividade dos poços do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) na região e de vazões específicas, pode-se constar que o aquífero granular associado à Bacia Sedimentar Paraíba apresenta, em média, poços com produtividade moderada, embora localmente seja registrados poços de produtividade muito elevada, apresentado vazões de até 100 m³/h (excepcionalmente o poço tipo amazonas apresentou vazão de 368 m³/h). Por outro lado, o sistema aquífero associado ao embasamento cristalino apresenta, em média, baixa produção de água subterrânea, justificada pela baixa capacidade de armazenamento.

A ocorrência de águas subterrâneas ao longo da bacia é heterogênea, sendo determinada pelas características de permeabilidade e porosidade do substrato rochoso no qual a água infiltra e fica armazenada, bem como pela recarga proveniente das precipitações ou de cursos d'água influentes, especialmente nos períodos chuvosos e de cheia. A disponibilidade hídrica subterrânea está baseada no conceito de Reserva Renovável (ou reguladora) que corresponde à variação de volume hídrico entre o máximo e o mínimo de armazenamento do aquífero livre devido a flutuações sazonais do nível do lençol freático. Corresponde, portanto, ao volume de água armazenado na faixa de flutuação do nível hidrostático do aquífero.

A dificuldade para o cálculo de disponibilidade hídrica subterrânea na maioria dos sistemas aquíferos está na falta de estudos específicos sobre as características hidrodinâmicas dos reservatórios subterrâneos e ausência de uma rede de monitoramento sazonal que caracterize a variação anual do nível estático. No cálculo das estimativas de disponibilidade hídrica subterrânea o PERH (2019) manteve os valores definidos pelo PERH (2006) calculado por







bacia hidrográfica, justificando que não houve atualização da rede de monitoramento desde aquele período, ressaltando também a escassez de dados. A bacia do Rio Gramame possui um potencial Subterrâneo de 107 hm³/ano, dos quais 90 (84%) hm³/ano estão ativados; na bacia do Abiaí estes valores são, respectivamente, 61 hm³/ano com 2 (apenas 3%) hm³/ano ativado.

A estimativa da disponibilidade hídrica para os sistemas aquíferos pode ser estabelecida a partir da parcela da precipitação pluviométrica que infiltra e efetivamente chega aos sistemas aquíferos, constituindo assim a reserva renovável ou reguladora. Para tanto, é necessário definir as áreas de recarga, a precipitação média que incide sobre essas áreas e a taxa de infiltração para cada unidade aquífera. O conceito de Disponibilidade Explotável representa a parcela da Reserva Reguladora que pode ser explotada do aquífero levando-se em conta a preservação das reservas ecológicas, ou seja, o volume de água que são restituídas do aquífero para a rede de drenagem superficial. A **Tabela 4.6** apresenta os valores de Reserva Renovável e Disponibilidade Explotável por sistema aquífero nas Bacias do Litoral Sul.

Tabela 4.6 - Valores de Reserva Renovável e Disponibilidade das águas subterrâneas nas BHLS.

| Bacia | | Recarga km²) | | Reguladora /ano) | Disponibilidade (m³/ano) | | |
|-------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|--|
| | Cristalino | Sedimentar | Cristalino | Sedimentar | Cristalino | Sedimentar | |
| Rio Gramame | 74,70 | 514,90 | $3,17 \times 10^6$ | $122,57 \times 10^6$ | $1,90 \times 10^6$ | $73,54 \times 10^6$ | |
| Rio Abiaí | 0,20 | 585,30 | $8,50 \times 10^3$ | $139,33 \times 10^6$ | $5,10 \times 10^3$ | $83,60 \times 10^6$ | |
| Total | 74,90 1.100,20 | | $3,18 \times 10^6$ | 261,90 x 10 ⁶ | 1,91 x 10 ⁶ 157,14 x 10 ⁶ | | |

Fonte: Elaboração própria.

Consideradas as contribuições do processo de recuperação e degradação de nascentes e o aumento da evapotranspiração devido às mudanças climáticas, a **Tabela 4.7** exibe os valores de disponibilidade hídrica superficial por sub-bacia nos cenários considerados e distintos horizontes de planejamento. O mapa da **Figura 4.4** mostra as distribuições dos valores de disponibilidade obtidos por sub-bacia para o cenário tendencial respectivamente nos horizontes de curto (2028), médio (2033) e longo prazo (2043).

Tabela 4.7 – Valores de disponibilidade hídrica (Q90) nas sub-bacias do Litoral Sul por cenário e horizonte de planejamento (em L/s)

| SUB-BACIAS | CENÁF | RIO OTIN | /IISTA | CENÁR | IO PESSI | MISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|-----------------|-------|----------|--------|-------|----------|-------|--------------------|-------|-------|
| SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 60,9 | 60,7 | 60,4 | 52,8 | 52,5 | 52,0 | 60,8 | 60,5 | 60,0 |
| SB Centro Sul | 164,7 | 171,9 | 170,8 | 148,8 | 142,5 | 132,0 | 159,5 | 164,0 | 171,0 |
| SB Grau | 459,7 | 458,4 | 455,8 | 426,9 | 417,8 | 399,7 | 440,6 | 445,2 | 454,3 |
| SB Norte | 276,2 | 275,3 | 273,6 | 253,3 | 246,5 | 236,0 | 264,0 | 268,0 | 273,0 |
| SB Pitimbu | 69,7 | 69,5 | 68,9 | 67,5 | 67,0 | 66,0 | 69,8 | 69,5 | 69,0 |
| SB Sul | 79,8 | 79,6 | 79,1 | 69,5 | 69,0 | 68,0 | 79,8 | 79,5 | 79,0 |
| SBAb1 | 210,5 | 210,0 | 209,0 | 188,5 | 186,0 | 183,0 | 209,2 | 209,5 | 208,0 |
| SBAb2 | 327,0 | 326,0 | 324,0 | 284,2 | 270,5 | 260,0 | 308,8 | 319,5 | 324,0 |
| SBAb3 | 217,5 | 217,0 | 216,0 | 172,0 | 162,0 | 141,9 | 190,3 | 198,5 | 215,1 |
| SBAb4 | 71,8 | 71,5 | 71,0 | 57,5 | 53,0 | 52,0 | 67,8 | 71,5 | 71,0 |







| CLID DACIAC | CENÁF | RIO OTIM | IISTA | CENÁR | IO PESSI | MISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|----------------------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------------------|--------|--------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SBAb5 | 39,0 | 39,0 | 39,0 | 36,8 | 36,5 | 36,0 | 39,0 | 39,0 | 39,0 |
| SBAb6 | 117,5 | 117,0 | 116,0 | 111,0 | 110,0 | 108,0 | 117,5 | 117,0 | 116,0 |
| SBAb7 | 17,8 | 17,5 | 17,0 | 15,8 | 15,5 | 15,0 | 17,8 | 17,5 | 17,0 |
| SBAb8 | 43,3 | 45,5 | 45,0 | 28,8 | 23,5 | 21,0 | 38,8 | 43,5 | 45,0 |
| Total Abiaí | 2155,4 | 2158,9 | 2145,6 | 1913,4 | 1852,3 | 1770,6 | 2063,7 | 2102,7 | 2141,4 |
| SBGr1 | 656,8 | 654,5 | 650,0 | 594,6 | 577,1 | 545,0 | 621,9 | 631,9 | 649,0 |
| SBGr2 | 552,0 | 550,0 | 546,0 | 502,4 | 484,9 | 467,0 | 530,3 | 540,6 | 544,0 |
| SBGr3 | 430,0 | 428,0 | 424,0 | 380,6 | 363,0 | 354,0 | 416,6 | 427,5 | 423,0 |
| SBGr4 | 159,5 | 159,0 | 158,0 | 150,8 | 149,5 | 147,0 | 159,5 | 159,0 | 158,0 |
| SBGr5 | 432,3 | 456,5 | 454,0 | 386,4 | 375,9 | 354,8 | 402,8 | 408,6 | 420,2 |
| SBGr6 | 86,8 | 86,5 | 86,0 | 80,3 | 79,5 | 78,0 | 86,8 | 86,5 | 86,0 |
| SBGr7 | 48,5 | 50,5 | 50,0 | 37,5 | 34,0 | 33,0 | 47,8 | 50,5 | 50,0 |
| Total Gramame | 2365,9 | 2385,0 | 2368,0 | 2132,6 | 2063,9 | 1978,8 | 2265,7 | 2304,6 | 2330,2 |

Fonte: Elaboração própria.

A **Tabela 4.8** exibe os mesmos valores apresentados anteriormente porém acumulados de montante a jusante conforme a disposição das sub-bacias e a rede de drenagem dos rios principais. As sub-bacias destacadas nesta tabela são a última relativa a cada bacia hidrográfica; ou seja, a sub-bacia na foz dos rios Gramame e Abiaí. As sub-bacias SB Centro Norte, SB Centro Sul, SB Grau, SB Norte e SB Pitimbu são isoladas, de forma que, sua rede de drenagem sai diretamente para o encontro com o mar.

Tabela 4.8 - Valores de disponibilidade hídrica acumulada nas sub-bacias do Litoral Sul por cenário e horizonte de planejamento.

| CLID DACIAC | CENÁI | RIO OTIN | MISTA | CENÁR | IO PESSI | MISTA | CENÁRI | O TENDI | ENCIAL |
|-----------------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|---------|--------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 60,9 | 60,7 | 60,4 | 52,8 | 52,5 | 52,0 | 60,8 | 60,5 | 60,0 |
| SB Centro Sul | 164,7 | 171,9 | 170,8 | 148,8 | 142,5 | 132,0 | 159,5 | 164,0 | 171,0 |
| SB Grau | 459,7 | 458,4 | 455,8 | 426,9 | 417,8 | 399,7 | 440,6 | 445,2 | 454,3 |
| SB Norte | 276,2 | 275,3 | 273,6 | 253,3 | 246,5 | 236,0 | 264,0 | 268,0 | 273,0 |
| SB Pitimbu | 69,7 | 69,5 | 68,9 | 67,5 | 67,0 | 66,0 | 69,8 | 69,5 | 69,0 |
| SB Sul | 79,8 | 79,6 | 79,1 | 69,5 | 69,0 | 68,0 | 79,8 | 79,5 | 79,0 |
| SBAb1 | 210,5 | 210,0 | 209,0 | 188,5 | 186,0 | 183,0 | 209,2 | 209,5 | 208,0 |
| SBAb2 | 327,0 | 326,0 | 324,0 | 284,2 | 270,5 | 260,0 | 308,8 | 319,5 | 324,0 |
| SBAb3 | 217,5 | 217,0 | 216,0 | 172,0 | 162,0 | 141,9 | 190,3 | 198,5 | 215,1 |
| SBAb4 | 282,3 | 281,5 | 280,0 | 246,0 | 239,0 | 235,0 | 277,0 | 281,0 | 279,0 |
| SBAb5 | 648,3 | 646,5 | 643,0 | 567,0 | 546,0 | 531,0 | 624,8 | 639,5 | 642,0 |
| SBAb6 | 117,5 | 117,0 | 116,0 | 111,0 | 110,0 | 108,0 | 117,5 | 117,0 | 116,0 |
| SBAb7 | 666,0 | 664,0 | 660,0 | 582,7 | 561,5 | 546,0 | 642,5 | 657,0 | 659,0 |
| SBAb8 | 1044,3 | 1043,5 | 1037,0 | 894,5 | 856,9 | 816,9 | 989,0 | 1016,1 | 1035,1 |
| SBGr1 | 656,8 | 654,5 | 650,0 | 594,6 | 577,1 | 545,0 | 621,9 | 631,9 | 649,0 |
| SBGr2 | 552,0 | 550,0 | 546,0 | 502,4 | 484,9 | 467,0 | 530,3 | 540,6 | 544,0 |
| SBGr3 | 430,0 | 428,0 | 424,0 | 380,6 | 363,0 | 354,0 | 416,6 | 427,5 | 423,0 |
| SBGr4 | 1368,3 | 1363,5 | 1354,0 | 1247,7 | 1211,5 | 1159,0 | 1311,8 | 1331,5 | 1351,0 |
| SBGr5 | 432,3 | 456,5 | 454,0 | 386,4 | 375,9 | 354,8 | 402,8 | 408,6 | 420,2 |
| SBGr6 | 1885,0 | 1878,0 | 1864,0 | 1708,6 | 1654,0 | 1591,0 | 1815,1 | 1845,5 | 1860,0 |
| SBGr7 | 2365,7 | 2385,0 | 2368,0 | 2132,6 | 2063,9 | 1978,8 | 2265,7 | 2304,6 | 2330,2 |







As sub-bacias com as maiores disponibilidades hídricas pelos métodos aplicadas são a SBGr1 e a SBGr2 na bacia do rio Gramame e SB Grau e SBAb2 no Abiaí. As sub-bacias do alto Gramame (SBGr1) e rio Mamuaba (SBGr2) somam-se para a formação do reservatório Gramame-Mamuaba, estratégico para o estado da Paraíba. A SBAb2 do rio Papocas possui um disponibilidade superior frente às demais influenciada pelos elevados índices pluviométricos na localidade e a área de drenagem superior desta sub-bacia.

No montante geral por bacia hidrográfica, em 2043, no cenário tendencial, a disponibilidade hídrica estimada no Abiaí seria de 2145,6 L/s no ano enquanto na bacia do Gramame este valor corresponderia a 2368 L/s no ano. Os maiores valores de disponibilidade hídrica no Gramame estão diretamente relacionados com os maiores níveis de precipitação na localidade, o que aumenta a oferta de água. Nota-se que entre as avaliações de curto e longo prazo do cenário tendencial os valores de disponibilidade crescem; na bacia do Gramame há um diferença de 2,85% enquanto na do Abiaí este valor é igual a 3,77%. Isto ocorre pois a disponibilidade elevase consideravelmente com o processo de recuperação de nascentes previsto; neste quadro, o efeito das mudanças climáticas na evapotranspiração e consequente perda de água é minimizado em contrapartida.

No cenário otimista, o processo de aumento de temperatura segue um caminho mais brando com um redução menor da mesma e as nascentes se recuperam a um ritmo mais acelerado. Assim, na avaliação de curto a longo prazo os valores de disponibilidade são próximos haja em vista que o aumento de disponibilidade é expressivo ainda nos primeiros anos. No cenário pessimista, contudo, a disponibilidade tem uma queda de 2028 a 2043 de 7,21% no Gramame e 7,46% no Abiaí. As diferenças percentuais apresentadas entre as duas bacias hidrográficas é mais significativa no Abiaí por conta do seu maior quantitativo de nascentes. Se as mesmas forem degradadas tanto a qualidade quanto a quantidade de água podem diminuir significativamente.







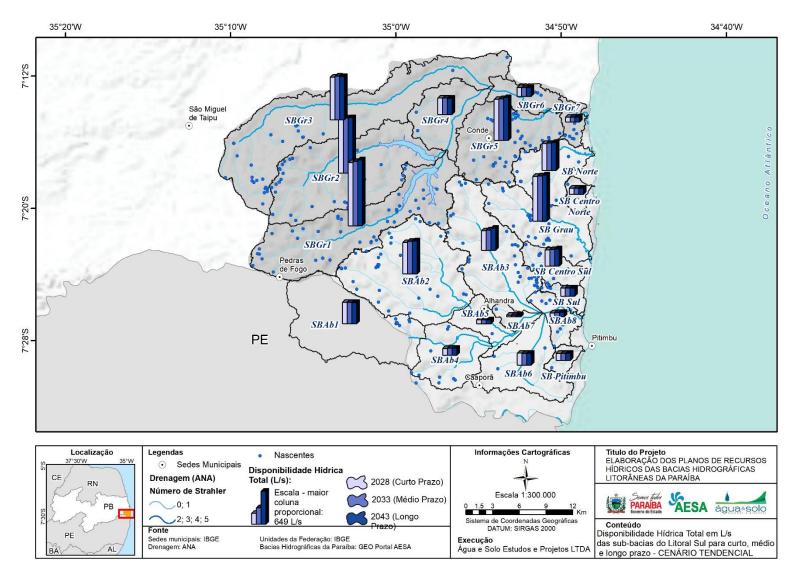


Figura 4.4 — Disponibilidade Hídricas Superficial (em L/s) das sub-bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.





4.2 Demandas Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica

4.2.1 Consumo Humano Urbano (sem exportação de água)

A avaliação do consumo humano urbano nas BHLS foi realizada de forma separada – dividida em dois itens distintos – considerando (i) os municípios da bacia de forma isolada na demanda para atendimento e (ii) as exportações de água da bacia do Gramame e Abiaí para composição do Sistema Integrado de fornecimento de água para abastecimento dos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux. As vazões outorgados de captação para atendimento deste sistema foram previamente apresentadas na **Figura 2.1** e **Figura 2.2** com base no banco de dados de outorgas da AESA para o ano de 2021.

Para a estimativa da demanda hídrica para consumo humano, primeiramente obteve-se as taxas de crescimento geométrica por município - inserido integralmente ou parcialmente nas bacias do Litoral Sul - apresentadas na **Tabela 4.9** para as populações urbanas e rurais. A metodologia segue o que foi adotado na etapa de Diagnóstico do Plano.

Tabela 4.9 – Evolução das populações urbanas e rurais dos municípios das BHLS.

| Município | 2000 - Rural | 2010 - Rural | 2000 - Urbana | 2010 - Urbana | Taxa de Crescimento - Rural | Taxa de Crescimento - Urbana |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Alhandra | 6971 | 6854 | 8943 | 11153 | -0.17% | 2.23% |
| Caaporã | 6505 | 2814 | 11936 | 17548 | -8.04% | 3.93% |
| Conde | 6147 | 6913 | 10266 | 14487 | 1.18% | 3.50% |
| Cruz do Espírito Santo | 8191 | 8817 | 5890 | 7440 | 0.74% | 2.36% |
| João Pessoa | - | 2730 | 597934 | 720785 | - | 1.89% |
| Pedras de Fogo | 11951 | 10674 | 13910 | 16358 | -1.12% | 1.63% |
| Pitimbu | 6016 | 6640 | 7911 | 10384 | 0.99% | 2.76% |
| Santa Rita | 15369 | 16593 | 100475 | 103717 | 0.77% | 0.32% |
| São Miguel de Taipu | 3345 | 3719 | 2741 | 2977 | 1.07% | 0.83% |

Fonte: Própria do autor a partir dos dados dos Censos Demográficos IBGE de 2000 e 2010.

O município de Caaporã apresentou uma redução significativa da sua população rural com taxa de decaimento de cerca de 8% ao ano no intervalo considerado; a localidade no entanto apresenta a maior taxa de crescimento da população urbana com 3,50%. A população de Conde cresceu significativamente tanto na zona rural quanto na zona urbana, com taxas de crescimento respectivamente de 1,18% e 3,50%.

Com exceção de Santa Rita e São Miguel de Taipu nota-se nos municípios das BHLS um crescimento expressivo da população urbana com taxas superiores a 1,6%. A cidade de João Pessoa que já possui uma grande demanda hídrica para consumo humano urbano tem um crescimento de cerca de 1,89%. Quando avaliada a média destes municípios - valores estes





adotados para a estimativa da demanda hídrica para abastecimento rural e urbano – a população urbana do Litoral Sul cresce a 2,16% a.a. e a população rural diminui a 0,57% ao ano.

A **Tabela 4.10** apresenta os valores de demandas hídricas por sub-bacia para abastecimento humano urbano aplicando os valores de índice de perdas e consumo *per capita* explicitados anteriormente na **Tabela 3.8**. Vale destacar que pelo critério definido e considerando que não há exportação de água somente as sub-bacias com a inserção de alguma sede municipal nas BHLS apresentam requisição de água para atendimento da população urbana – apenas estas são exibidas na **Tabela 4.10**.

Tabela 4.10 – Demandas Hídricas (em L/s) para **abastecimento humano urbano** para as sub-bacias do Litoral

Sul (sem exportação de água).

| SUB-BACIAS | Cenár | Cenário OTIMISTA | | | Cenário PESSIMISTA | | | Cenário TENDENCIAL | | |
|------------|-------|------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|--|
| SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| SB Pitimbu | 19,98 | 22,23 | 27,53 | 22,43 | 24,97 | 30,92 | 20,90 | 23,26 | 28,80 | |
| SBAb5 | 21,45 | 23,88 | 29,57 | 24,10 | 26,81 | 33,21 | 22,45 | 24,98 | 30,93 | |
| SBAb6 | 33,76 | 37,57 | 51,97 | 37,91 | 42,19 | 60,96 | 35,31 | 39,30 | 54,32 | |
| SBGr1 | 31,47 | 35,02 | 43,37 | 35,34 | 39,33 | 48,71 | 32,92 | 36,64 | 45,37 | |
| SBGr5 | 27,87 | 31,01 | 38,41 | 31,30 | 34,83 | 43,14 | 29,15 | 32,44 | 40,18 | |

Fonte: Elaboração própria.

Quando considerado somente os municípios inseridos nas BHLS, a demanda hídrica para abastecimento humano nas cidades tende a crescer significativamente em todos os cenários e horizontes de projeto avaliados. Observa-se que as sedes municipais inseridas nas BHLS exibem taxas de crescimento em torno de 2,16%. A **Tabela 4.11** apresenta as demandas hídricas para abastecimento urbano projetadas para as bacias do Litoral Sul, nos diferentes horizontes de curto, médio e longo prazo dos cenários analisados. Os resultados exibidos são destacados no gráfico da **Figura 4.5**.

Tabela 4.11 – Somatório das demandas hídricas para consumo humano urbano por bacia hidrográfica (sem exportação de água).

| Bacia | 0 | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|--------|----------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--|
| | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| Abiaí | 75,19 | 83,67 | 109,08 | 84,44 | 93,97 | 125,09 | 78,66 | 87,53 | 114,06 | |
| Gramame | 59,34 | 66,03 | 81,78 | 66,64 | 74,16 | 91,84 | 62,07 | 69,08 | 85,55 | |
| TOTAL LS | 134,52 | 149,71 | 190,85 | 151,08 | 168,13 | 216,93 | 140,73 | 156,61 | 199,61 | |





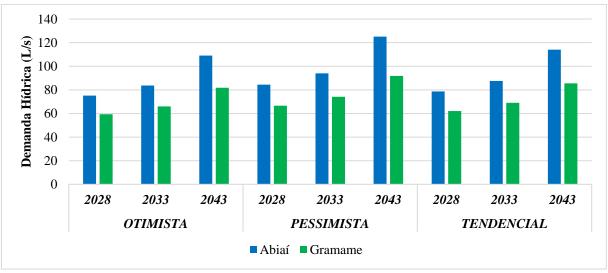


Figura 4.5 – Demanda Hídrica para abasctecimento humano urbano (L/s) nas bacias do Litoral Sul (sem exportação de água).

Fonte: Elaboração própria.

Nesta avaliação, a bacia do rio Gramame e Abiaí possuem demandas para consumo humano urbano relativamente próximas, levemente superior para o Gramame. Estas retiradas, por sua vez, não chegam a serem maiores que 217 L/s, valor este referente ao cenário pessimista em 2043. Entre os cenários a demanda para este uso cresce de 42 a 44%, conforme os índices de perdas aplicados em cada cenário.

O cenário estimado pela ANA (2019) possui valores superiores de demandas calculadas em comparação aos cenários calculados neste Plano de Bacia que leva em consideração as taxas de crescimento apresentadas pelos municípios na comparação entre os Censos de 2000 e 2010. Essas diferenças ocorrem devido às distintas metodologias aplicadas na estimativa das populações urbanas e rurais. O cenário da ANA utiliza-se das estimativas populacionais do IBGE divulgadas apenas para a população total nos municípios, sendo necessária a desagregação em população urbana e rural. Para isso, aplicam-se as tendências observadas no município entre anos censitários estimadas por Unidade da Federação. As taxas de crescimento fundamentam-se na aplicação do método logístico.

4.2.2 Consumo Humano Urbano (com exportação de água)

Um importante ponto a se considerar na avaliação da demanda hídrica para abastecimento humano urbano nas BHLS é a requisição de água para abastecimento das cidades de Bayeux, Cabedelo e a capital do estado, João Pessoa. As bacias do Litoral Sul exportam água para a bacia do rio Paraíba para atendimento da demanda destes municípios através das adutoras





existentes que retiram água do Açude Gramame-Mamuaba, do rio Mumbaba, rio Papocas e riacho Cupissura.

A **Tabela 4.12** apresenta a evolução do crescimento das populações urbanas e rurais dos municípios localizados fora das BHLS, mas atendidos pela água oriunda do Litoral Sul. A taxa de crescimento foi calculada com base na aplicação do método geométrico. As taxas de crescimento urbano obtidas para cada município apresentado foram aplicadas para obtenção das estimativas de população urbana nos cenários e horizontes de projeto considerados. Com base nos valores apresentados na **Tabela 4.12** e considerando as premissas a serem adotadas para o cálculo da demanda hídrica para consumo humano urbano apresentados na **Tabela 3.8**, os valores de demanda para este uso foram calculados para os municípios de Bayeux, Cabedelo e João Pessoa.

Tabela 4.12 – Evolução das populações urbanas dos municípios fora das BHLS atendidos.

| Município | Pop. Urbana - 2000 | Pop. Urbana - 2010 | Taxa de Crescimento | Pop. Urbana – Curto Prazo (2028) | Pop. Urbana – Médio Prazo (2033) | Pop. Urbana – Longo Prazo (2043) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Bayeux | 87.471 | 98.793 | 1,22% | 145.181 | 161.566 | 200.093 |
| Cabedelo | 42.823 | 57.944 | 3,07% | 85.152 | 94.762 | 117.358 |
| João Pessoa | 597.934 | 720.785 | 1.89% | 1.059.230 | 1.178.773 | 1459.858 |
| Total | 728.228 | 877.522 | - | 1.289.563 | 1.435.10 | 1.777.309 |

Fonte: Elaboração própria.

As demandas calculadas com base no crescimento populacional, distintas para cada ano, foram adicionadas sob a sub-bacia SBGr4 Médio Gramame que localiza-se imediatamente após o reservatório Gramame-Mamuaba do qual há uma captação direcionada à ETA Gramame para abastecimento de Bayeux, Cabedelo e João Pessoa. Na sub-bacia SBGr3 foi adicionado um valor fixo de retirada de 500 L/s que ocorre no rio Mumbaba direcionada para a ETA Marés em complementação ao atendimento do reservatório. Também como complementação ao sistema supracitado, foram incorporados ao calculadas duas retidas na bacia do Abiaí, na SBAb4 diretamente do riacho Cupissura de 700 L/s e outra na SBAb5 do rio Papocas com valor de 642 L/s.

Os valores relatados foram extraídos do Banco de Dados de Outorgas da AESA com dados atualizados referentes ao ano de 2021. A metodologia adotada considera um crescimento da população destes municípios, com a demanda crescente a ser suprida pelas bacias do Litoral Sul. A **Tabela 4.13** apresenta os resultados obtidos de retirada de água nas BHLS considerando a exportação de água, com os valores outorgados supracitados.





Tabela 4.13 - Demandas Hídricas (em L/s) para **abastecimento humano urbano** para as sub-bacias do Litoral Sul (com exportação de água).

| SUB- | Cená | rio OTIMI | STA | Cenár | io PESSIM | IISTA | Cenári | o TENDEI | NCIAL |
|---------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|----------|---------|
| BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Pitimbu | 19,98 | 22,23 | 27,53 | 22,43 | 24,97 | 30,92 | 20,90 | 23,26 | 28,80 |
| SBAb4 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 |
| SBAb5 | 663,45 | 665,88 | 671,57 | 666,10 | 668,81 | 675,21 | 664,45 | 666,98 | 672,93 |
| SBAb6 | 33,76 | 37,57 | 51,97 | 37,91 | 42,19 | 60,96 | 35,31 | 39,30 | 54,32 |
| SBGr1 | 31,47 | 35,02 | 43,37 | 35,34 | 39,33 | 48,71 | 32,92 | 36,64 | 45,37 |
| SBGr3 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 | 700,00 |
| SBGr4 | 2206,59 | 2455,62 | 3041,17 | 2641,22 | 2939,30 | 3640,19 | 2507,48 | 2790,47 | 3455,88 |
| SBGr5 | 27,87 | 31,01 | 38,41 | 31,30 | 34,83 | 43,14 | 29,15 | 32,44 | 40,18 |

Fonte: Elaboração própria.

Pela metodologia desenvolvida, a demanda hídrica requisitada para abastecimento dos municípios de Bayeux, Cabedelo e João Pessoa tende a crescer para 2507 L/s em 2028 com este montante crescendo até 3456 L/s em 2043, no cenário tendencial. Os resultados apresentados anteriormente na **Tabela 4.13** são retomados por bacia hidrográfica na **Tabela 4.14** e no gráfico da **Tabela 4.7**.

Tabela 4.14 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano urbano por bacia hidrográfica (com

exportação de água).

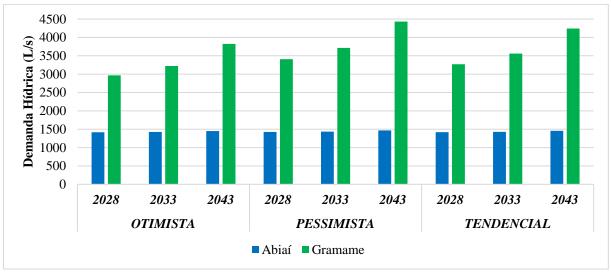
| Bacia | C | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|------|----------|------|------|------------|------|------|------------|------|--|
| Bacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| Abiaí | 1417 | 1426 | 1451 | 1426 | 1436 | 1467 | 1421 | 1430 | 1456 | |
| Gramame | 2966 | 3222 | 3823 | 3408 | 3713 | 4432 | 3270 | 3560 | 4241 | |
| TOTAL LS | 4383 | 4647 | 5274 | 4834 | 5149 | 5899 | 4690 | 4989 | 5697 | |

Fonte: Elaboração própria.

Conforme destacado anteriormente, observa-se que a diferença da demanda recai sob as subbacias Ab4, Ab5, Gr3 e Gr4. Com estes valores de exportação de água a demanda hídrica para consumo humano urbano apresenta acréscimo da ordem de 4000 L/s quando considerado todo o Litoral Sul, sendo que está diferença é especialmente maior para a bacia do Gramame – na ordem de 2900 L/s. Assim sendo, se observado os gráficos da **Figura 4.5** e **Figura 4.6** quando considerados somente as sedes municipais inseridas na região das BHLS as bacias do Abiaí e Gramame possuem demandas para consumo urbano relativamente semelhantes na ordem de 60 a 120 L/s; contudo, com as contribuições da exportação de água para atendimento da região metropolitana de João Pessoa, a bacia do Gramame distancia-se consideravelmente dos valores obtidos para o Abiaí.







 $\label{eq:figura} \begin{tabular}{ll} Figura 4.6 - Demanda Hídrica para abasctecimento humano urbano (L/s) nas bacias do Litoral Sul (com exportação de água). \\ \end{tabular}$

Fonte: Elaboração própria.

Vale destacar ainda que os valores de água exportada para a bacia do rio Paraíba foram considerados como para atendimento do consumo humano urbano para efeitos de simplificação; apesar de ser sabido que parte deste montante também abastece o setor industrial. No item **4.2.4** adiante foram calculadas as demandas hídricas das indústrias localizadas na região das BHLS, considerado ainda o distrito industrial de João Pessoa.

4.2.3 Consumo Humano Rural

No que diz respeito ao abastecimento rural, a demanda de água para este uso tende a diminuir com os anos uma vez que a população rural apresenta um quadro de redução nos municípios das BHLS, no estado da Paraíba e no Brasil como um todo. Para o presente Plano de Bacia, para a estimativa desta demanda por sub-bacia considerou-se a área do município inserida nestas regiões.

Assim sendo, a **Tabela 4.15** apresenta os valores de demandas hídricas por sub-bacia para abastecimento humano rural aplicando os valores de consumo *per capita* explicitados anteriormente na **Tabela 3.8.** A **Figura 4.7** apresenta o gráfico de comparação das demandas projetadas para as bacias do Litoral Sul, nos diferentes horizontes de curto, médio e longo prazo dos cenários analisados. Os valores apresentados no gráfico são sumarizados na **Tabela 4.16** com o somatório da demanda por bacia hidrográfica.





Tabela 4.15 - Demandas Hídricas (em L/s) para **abastecimento humano rural** para as sub-bacias do Litoral Sul.

| CLID DACIAC | Cenár | io OTIM | IISTA | Cenári | Cenário PESSIMISTA | | | Cenário TENDENCIAL | | |
|-----------------|-------|---------|-------|--------|--------------------|------|------|--------------------|------|--|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| SB Centro Norte | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,42 | 0,41 | 0,39 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | |
| SB Centro Sul | 0,73 | 0,71 | 0,67 | 1,30 | 1,26 | 1,19 | 1,04 | 1,01 | 0,95 | |
| SB Grau | 1,88 | 1,83 | 1,73 | 3,36 | 3,26 | 3,08 | 2,69 | 2,61 | 2,46 | |
| SB Norte | 1,21 | 1,17 | 1,11 | 2,15 | 2,09 | 1,97 | 1,72 | 1,67 | 1,58 | |
| SB Pitimbu | 0,32 | 0,31 | 0,30 | 0,58 | 0,56 | 0,53 | 0,46 | 0,45 | 0,42 | |
| SB Sul | 0,35 | 0,34 | 0,32 | 0,62 | 0,60 | 0,57 | 0,49 | 0,48 | 0,45 | |
| SBAb1 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,42 | 0,41 | 0,39 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | |
| SBAb2 | 2,33 | 2,27 | 2,14 | 4,17 | 4,05 | 3,82 | 3,33 | 3,24 | 3,06 | |
| SBAb3 | 2,57 | 2,50 | 2,36 | 4,60 | 4,47 | 4,22 | 3,68 | 3,57 | 3,37 | |
| SBAb4 | 0,62 | 0,60 | 0,57 | 1,11 | 1,08 | 1,02 | 0,89 | 0,86 | 0,81 | |
| SBAb5 | 0,39 | 0,38 | 0,36 | 0,69 | 0,67 | 0,64 | 0,55 | 0,54 | 0,51 | |
| SBAb6 | 1,12 | 1,09 | 1,03 | 2,01 | 1,95 | 1,84 | 1,61 | 1,56 | 1,47 | |
| SBAb7 | 0,24 | 0,24 | 0,22 | 0,43 | 0,42 | 0,40 | 0,35 | 0,34 | 0,32 | |
| SBAb8 | 0,67 | 0,65 | 0,61 | 1,20 | 1,16 | 1,10 | 0,96 | 0,93 | 0,88 | |
| SBGr1 | 2,64 | 2,56 | 2,42 | 4,71 | 4,58 | 4,32 | 3,77 | 3,66 | 3,46 | |
| SBGr2 | 2,61 | 2,53 | 2,39 | 4,65 | 4,52 | 4,27 | 3,72 | 3,62 | 3,42 | |
| SBGr3 | 2,93 | 2,85 | 2,69 | 5,24 | 5,09 | 4,81 | 4,19 | 4,07 | 3,85 | |
| SBGr4 | 0,80 | 0,77 | 0,73 | 1,42 | 1,38 | 1,30 | 1,14 | 1,10 | 1,04 | |
| SBGr5 | 2,12 | 2,06 | 1,94 | 3,78 | 3,67 | 3,47 | 3,02 | 2,94 | 2,77 | |
| SBGr6 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,66 | 0,65 | 0,61 | 0,53 | 0,52 | 0,49 | |
| SBGr7 | 0,29 | 0,28 | 0,26 | 0,51 | 0,50 | 0,47 | 0,41 | 0,40 | 0,38 | |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.16 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano rural por bacia hidrográfica.

| Bacia | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| Abiaí | 12,91 | 12,54 | 11,84 | 23,05 | 22,40 | 21,15 | 18,44 | 17,92 | 16,92 |
| Gramame | 11,75 | 11,42 | 10,78 | 20,99 | 20,39 | 19,25 | 16,79 | 16,31 | 15,40 |
| TOTAL LS | 24,66 | 23,96 | 22,62 | 44,04 | 42,79 | 40,40 | 35,23 | 34,23 | 32,32 |

Fonte: Elaboração própria.

Em comparação aos valores do abastecimento urbano, a demanda para a zona rural é pouco representativa e sem muita diferenciação entre as bacias do Gramame e Abiaí. Na primeira bacia, as maiores demandas estão concentradas na SBGr3 e SBGr2 que abrangem parte considerável das populações rurais de Santa Rita e Pedras de Fogo.





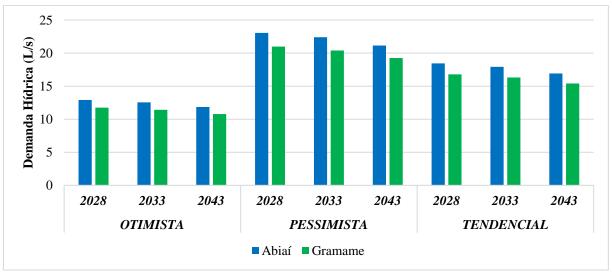


Figura 4.7 - Demanda Hídrica para abasctecimento humano rural (L/s) nas bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Indústria

Para a estimativa da demanda hídrica da indústria foi considerado o cadastro de indústrias do estado da Paraíba disponibilizado pela Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP) com ano de referência de 2022. A **Tabela 4.17** apresenta o número de indústrias conforme o porte cadastrados em cada sub-bacia do Litoral Sul, conforme os endereços disponibilizados no cadastro. As sub-bacias não exibidas na **Tabela 4.17** não apresentaram indústrias cadastradas em suas intermediações. O porte baseia-se essencialmente no número de funcionários de cada empreendimento informado no cadastro.

Tabela 4.17 – Quantidade de indústrias por sub-bacia.

| SUB-BACIA | Microempresa | Pequena empresa | Média empresa | Grande empresa | Total Geral | % do Total |
|--------------------|--------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------|------------|
| SBGr3 | 166 | 27 | 14 | 2 | 209 | 47% |
| SBGr5 | 70 | 13 | 2 | 0 | 85 | 19% |
| SBGr1 | 47 | 4 | 0 | 1 | 52 | 12% |
| SBAb6 | 40 | 0 | 1 | 1 | 42 | 9% |
| SBAb5 | 35 | 3 | 2 | 0 | 40 | 9% |
| SB Pitimbu | 15 | 1 | 1 | 0 | 17 | 4% |
| Total Geral | 373 | 48 | 20 | 4 | 445 | - |

Fonte: Elaboração própria a partir do Cadastro da FIEPB (2022).

A SBGr3 do rio Mumbaba apresenta o maior quantitativo de indústrias cadastradas devido à existência do distrito industrial de João Pessoa. Insere-se nesta sub-bacias as indústrias localizadas nos bairros do Distrito Industrial, Costa e Silva, Funcionários e Funcionários II. Nesta localidade, o rio Mumbaba recebe uma grande quantidade de efluentes oriundos das indústrias associado à retirada de água destinada à produção e consequente redução da oferta hídrica. Das quatro grandes empresas inseridas nas BHLS, duas estão na SBGr3, sendo estas, a







COTEMINAS S/A e a NORFIL S/A INDUSTRIA TEXTIL. Com o segundo maior número de indústrias cadastradas está a SBGr5, cujos empreendimentos concentram-se no Distrito Industrial do município de Conde, seguido pelos bairros Centro do município e o Vale do Gramame.

Uma vez identificada as indústrias inseridas nas BHLS, adotaram-se os valores de referência de retirada de água e consumo por tipologia de produção mostrados na **Tabela 4.18** para avaliação da demanda hídrica para uso industrial. A descrição empregada consta como uma informação do cadastro fornecido pela FIEP.

Tabela 4.18 – Valores de referência adotados para a estimativa da demanda hídrica das indústrias nas BHLS.

| Tabela 4.18 – Valores de referência adotados para a estimativa da de | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|
| Dogowieć o | Retirada | Consumo | Efluente |
| Descrição | (L/funciona rio.dia) | (%) | (L/funciona rio.dia) |
| 07, Extração de minerais metálicos | 132,33 | 20,00% | 105,86 |
| · | 132,33 | 20,00% | 105,86 |
| 08, Extração de minerais não-metálicos | | , | |
| 09, Atividades de apoio à extração de minerais | 132,33 | 20,00% | 105,86 |
| 10, Fabricação de produtos alimentícios | 4,600,00 | 75,90% | 1108,60 |
| 11, Fabricação de bebidas | 8,713,00 | 24,40% | 6587,03 |
| 12, Fabricação de produtos do fumo | 811,00 | 20,00% | 648,80 |
| 13, Fabricação de produtos têxteis | 1,873,00 | 22,50% | 1451,58 |
| 14, Confecção de artigos do vestuário e acessórios | 510,00 | 18,50% | 415,65 |
| 15, Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados | 2,027,00 | 15,90% | 1704,71 |
| 16, Fabricação de produtos de madeira | 344,00 | 24,30% | 260,41 |
| 17, Fabricação de celulose, papel e produtos de papel | 8,865,00 | 16,60% | 7393,41 |
| 18, Impressão e reprodução de gravações | 173,00 | 18,80% | 140,48 |
| 19, Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis | 18,147,00 | 85,00% | 2722,05 |
| 20, Fabricação de produtos químicos | 1,715,00 | 34,40% | 1125,04 |
| 21, Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos | 529,00 | 20,00% | 423,20 |
| 22, Fabricação de produtos de borracha e de material plástico | 248,00 | 20,80% | 196,42 |
| 23, Fabricação de produtos de minerais não-metálicos | 676,00 | 46,50% | 361,66 |
| 24, Metalurgia | 3,781,00 | 24,30% | 2862,22 |
| 25, Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos | 281,00 | 46,80% | 149,49 |
| 26, Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos | 182,00 | 20,00% | 145,60 |
| 27, Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos | 167,00 | 20,00% | 133,60 |
| 28, Fabricação de máquinas e equipamentos | 203,00 | 18,90% | 164,63 |
| 29, Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias | 235,00 | 29,40% | 165,91 |
| 30, Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores | 1,270,00 | 19,80% | 1018,54 |
| 31, Fabricação de móveis | 98,00 | 20,00% | 78,40 |
| 32, Fabricação de produtos diversos | 842,00 | 20,00% | 673,60 |
| 33, Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos | 162,00 | 20,00% | 129,60 |
| 35, Eletricidade, gás e outras utilidades | 27,13 | 20,00% | 21,70 |
| 36, Captação, tratamento e distribuição de água | 27,13 | 20,00% | 21,70 |
| 37, Esgoto e atividades relacionadas | 27,13 | 20,00% | 21,70 |
| 38, Coleta, tratamento e disposição de resíduos; recuperação de materiais | 27,13 | 20,00% | 21,70 |
| 39, Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos | 27,13 | 20,00% | 21,70 |
| 57, Descontanimação e outros serviços de gestão de residuos | 27,13 | 20,00% | 21,70 |







| Descrição | Retirada (L/funciona rio.dia) | Consumo (%) | Efluente (L/funciona rio.dia) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 56, Alimentação | 4600,00 | 75,90% | 1108,60 |
| 58, Edição e edição integrada à impressão | 0,00 | 0,00% | 0,00 |
| 59, Atividades cinematográficas, produção de vídeos e de programas de televisão; gravação de som e edição de música | 0,00 | 0,00% | 0,00 |

Fonte: Manual de Usos Consuntivo de Águas no Brasil (2019).

A Tabela 4.19 exibe os valores das demandas hídricas para o uso pela indústria para as subbacias do Litoral Sul. As taxas de crescimento adotadas entre os cenários seguem aquelas apresentadas e descritas no item Os Cenários do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul; isto é, 2% a.a., -2% a.a. e 1% a.a. respectivamente para os cenários otimista, pessimista e tendencial.

Tabela 4.19 - Demandas Hídricas (em L/s) para a indústria para as sub-bacias do Litoral Sul.

| SUB-BACIAS | Cenário OTIMISTA | | | Cenári | o PESSIN | IISTA | Cenário TENDENCIAL | | |
|------------|------------------|--------|--------|--------|----------|--------------|--------------------|--------|--------|
| SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Pitimbu | 2,60 | 2,83 | 3,29 | 2,51 | 2,22 | 1,63 | 2,71 | 2,84 | 3,09 |
| SBAb5 | 11,17 | 12,15 | 14,11 | 10,77 | 9,52 | 7,01 | 11,65 | 12,20 | 13,28 |
| SBAb6 | 465,41 | 506,24 | 587,89 | 448,63 | 396,46 | 292,13 | 485,37 | 508,05 | 553,41 |
| SBGr1 | 298,96 | 325,19 | 377,64 | 288,18 | 254,67 | 187,65 | 311,78 | 326,35 | 355,49 |
| SBGr3 | 133,02 | 144,68 | 168,02 | 128,22 | 113,31 | 83,49 | 138,72 | 145,20 | 158,17 |
| SBGr5 | 40,16 | 43,68 | 50,73 | 38,71 | 34,21 | 25,21 | 41,88 | 43,84 | 47,75 |

Fonte: Elaboração própria.

Na Gramame, a sub-bacia Gr1 apresentou a maior demanda hídrica para este uso nos cenários e horizontes de planejamento considerados. Nesta sub-bacia está inserida a sede municipal de Pedras de Fogo que concentra grande empresas como a USINA GIASA em seu Distrito Industrial, Centro e na Zona Rural – esta especialmente referente à agroindústria. Esta demanda na sub-bacia, por sua vez, passa de 299 L/s para 378 L/s de curto para longo prazo, quando avaliado o cenário tendencial. Para uma taxa de crescimento do setor de 2% a.a., por sua vez, esta demanda expressa um aumento de cerca de 26,4% especificamente nesta sub-bacia. A Sub-bacia Gr3 com o segundo maior demanda associada a este setor estão as indústrias da porção do Distrito Industrial de João Pessoa inserida nos limites das BHLS.

A SBAb6 apresentou uma demanda maior em comparação a estas outras regiões devido à existência de uma empresa de grande porte e outra de médio porte na sub-bacia de Caaporã, além da quantidade expressiva outros empreendimentos de pequeno porte. Destaca-se no município, especificamente no dentro dele, a operação da AGRO INDUSTRIAL TABU S/A e CSN CIMENTOS BRASIL S/A. Além destes pontos, Pedras de Fogo também apresenta uma demanda considerável para a indústria. Os demais municípios e sub-bacias possuem valores





pouco representativos ou nulos de demandas se comparadas às SBGr3, SBGr1, SBGr5 e SBAb6.

A **Tabela 4.20** apresenta os valores de demanda hídrica destinada à indústria de transformação para as bacias do Gramame e Abiaí. A bacia do Gramame apresenta um quantitativo superior devido á influência do Distrito Industrial de João pessoa. A demanda na bacia do rio Abiaí está majoritariamente concentrada nas intermediações do centro de Caaporã e Alhandra. O gráfico da Figura 4.8 ilustra os resultados apresentados na **Tabela 4.20**.

Tabela 4.20 - Somatório das demandas hídricas para consumo humano rural por bacia hidrográfica.

| Bacia | OTIMISTA | | | P | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|------|------|------|------------|------|------|------------|------|--|
| | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| Abiaí | 479 | 521 | 605 | 462 | 408 | 301 | 500 | 523 | 570 | |
| Gramame | 472 | 514 | 596 | 455 | 402 | 296 | 492 | 515 | 561 | |
| TOTAL LS | 951 | 1035 | 1202 | 917 | 810 | 597 | 992 | 1038 | 1131 | |

Fonte: Elaboração própria.

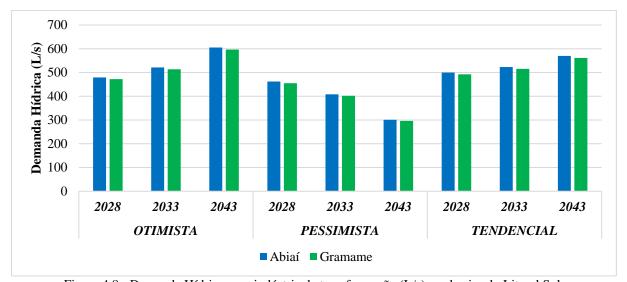


Figura 4.8 - Demanda Hídrica para indústria de transformação (L/s) nas bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.

É importante considerar que as demandas obtidas não necessariamente são atendida somente pelas águas superficiais e pode na prática representar uma retirada menor de água haja vista o suprimento de água subterrânea existente na região. O próprio banco de outorgas da AESA para o consumo na indústria elenca a existência de diversas captações subterrâneas para suprimento da demanda deste uso. No entanto, a estimativa considerando o cadastro da FIEPB e os coeficientes adotados é mais precisa que a análise pelo banco de dados de outorgas devido às deficiências existentes nestes dados e já discutidas anteriormente.







4.2.5 Mineração

A atividade da mineração nas BHLS não apresenta importância significativa, de modo que, as demandas associadas a este uso consuntivo são baixas em comparação às demais atividades elencadas na análise. A **Tabela 4.21** abaixo apresenta os valores das demandas hídricas (em L/s) obtidas para as sub-bacias hidrográficas do Litoral Sul.

Tabela 4.21 - Demandas Hídricas (em L/s) para mineração para as sub-bacias do Litoral Sul.

| CLID DACIAC | Cenár | rio OTIM | ISTA | Cenári | o PESSIN | IISTA | Cenário TENDENCIAL | | |
|-----------------|-------|----------|------|--------|----------|-------|--------------------|------|------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| SB Centro Sul | 1,34 | 1,59 | 2,06 | 1,34 | 1,59 | 2,06 | 1,34 | 1,59 | 2,06 |
| SB Grau | 1,45 | 1,71 | 2,22 | 1,45 | 1,71 | 2,22 | 1,45 | 1,71 | 2,22 |
| SB Norte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| SB Pitimbu | 0,60 | 0,71 | 0,92 | 0,60 | 0,71 | 0,92 | 0,60 | 0,71 | 0,92 |
| SB Sul | 0,64 | 0,76 | 0,98 | 0,64 | 0,76 | 0,98 | 0,64 | 0,76 | 0,98 |
| SBAb1 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | 0,09 | 0,11 |
| SBAb2 | 0,51 | 0,60 | 0,80 | 0,51 | 0,60 | 0,80 | 0,51 | 0,60 | 0,80 |
| SBAb3 | 1,39 | 1,63 | 2,12 | 1,39 | 1,63 | 2,12 | 1,39 | 1,63 | 2,12 |
| SBAb4 | 0,48 | 0,56 | 0,73 | 0,48 | 0,56 | 0,73 | 0,48 | 0,56 | 0,73 |
| SBAb5 | 0,16 | 0,18 | 0,24 | 0,16 | 0,18 | 0,24 | 0,16 | 0,18 | 0,24 |
| SBAb6 | 1,45 | 1,72 | 2,23 | 1,45 | 1,72 | 2,23 | 1,45 | 1,72 | 2,23 |
| SBAb7 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| SBAb8 | 1,23 | 1,45 | 1,88 | 1,23 | 1,45 | 1,88 | 1,23 | 1,45 | 1,88 |
| SBGr1 | 0,39 | 0,46 | 0,63 | 0,39 | 0,46 | 0,63 | 0,39 | 0,46 | 0,63 |
| SBGr2 | 0,36 | 0,43 | 0,58 | 0,36 | 0,43 | 0,58 | 0,36 | 0,43 | 0,58 |
| SBGr3 | 0,47 | 0,56 | 0,80 | 0,47 | 0,56 | 0,80 | 0,47 | 0,56 | 0,80 |
| SBGr4 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| SBGr5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| SBGr6 | 0,06 | 0,07 | 0,12 | 0,06 | 0,07 | 0,12 | 0,06 | 0,07 | 0,12 |
| SBGr7 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |

Fonte: Elaboração própria.

As sub-bacias que apresentam valores superiores em relação às demais são aquelas que inseridas no município de Pitimbu, cuja demanda hídrica para a mineração é significativamente maior que as dos demais municípios da região. Neste ínterim, a bacia do Abiaí tem valores maiores de demanda hídrica para a mineração se comparado ao Gramame (**Tabela 4.22** e **Figura 4.9**).

Tabela 4.22 - Somatório das demandas hídricas para mineração por bacia hidrográfica (em L/s).

| Bacia | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| Abiaí | 9,31 | 10,99 | 14,30 | 9,31 | 10,99 | 14,30 | 9,31 | 10,99 | 14,30 |
| Gramame | 1,32 | 1,56 | 2,20 | 1,32 | 1,56 | 2,20 | 1,32 | 1,56 | 2,20 |
| TOTAL LS | 10,64 | 12,55 | 16,51 | 10,64 | 12,55 | 16,51 | 10,64 | 12,55 | 16,51 |





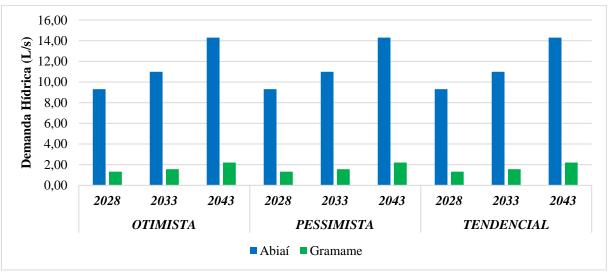


Figura 4.9 - Demanda Hídrica para mineração (L/s) nas bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.

4.2.6 Dessedentação Animal

Em quadro semelhante ao identificado para a mineração, a atividade pecuária não é tão expressiva nas regiões do Litoral Sul frente aos demais usos, como a indústria e agricultura. A **Tabela 4.23** exibe os valores de demanda hídrica para dessedentação animal nas sub-bacias das BHLS enquanto que a **Tabela 4.24** gráfico da **Figura 4.10** sumariza os resultados obtidos por bacia hidrográfica.

Tabela 4.23 - Demandas Hídricas (em L/s) para dessedentação animal para as sub-bacias do Litoral Sul.

| CLID DACIAC | Cenár | io OTIM | ISTA | Cenári | o PESSIM | IISTA | Cenário TENDENCIAL | | |
|-----------------|-------|---------|------|--------|----------|-------|--------------------|------|------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 0,13 | 0,14 | 0,16 |
| SB Centro Sul | 0,26 | 0,29 | 0,35 | 0,15 | 0,13 | 0,09 | 0,24 | 0,26 | 0,30 |
| SB Grau | 1,03 | 1,15 | 1,38 | 0,61 | 0,53 | 0,37 | 0,95 | 1,03 | 1,18 |
| SB Norte | 0,72 | 0,80 | 0,96 | 0,42 | 0,37 | 0,26 | 0,66 | 0,71 | 0,82 |
| SB Pitimbu | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| SB Sul | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 0,12 | 0,14 |
| SBAb1 | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| SBAb2 | 1,32 | 1,46 | 1,76 | 0,77 | 0,67 | 0,47 | 1,21 | 1,31 | 1,50 |
| SBAb3 | 1,75 | 1,94 | 2,34 | 1,02 | 0,89 | 0,63 | 1,60 | 1,73 | 2,00 |
| SBAb4 | 0,29 | 0,32 | 0,38 | 0,17 | 0,15 | 0,10 | 0,26 | 0,28 | 0,33 |
| SBAb5 | 0,24 | 0,27 | 0,33 | 0,14 | 0,12 | 0,09 | 0,22 | 0,24 | 0,28 |
| SBAb6 | 0,47 | 0,52 | 0,63 | 0,28 | 0,24 | 0,17 | 0,43 | 0,47 | 0,54 |
| SBAb7 | 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,18 | 0,19 | 0,22 |
| SBAb8 | 0,24 | 0,27 | 0,33 | 0,14 | 0,12 | 0,09 | 0,22 | 0,24 | 0,28 |
| SBGr1 | 1,58 | 1,76 | 2,12 | 0,93 | 0,81 | 0,57 | 1,45 | 1,57 | 1,81 |
| SBGr2 | 1,40 | 1,56 | 1,87 | 0,82 | 0,72 | 0,50 | 1,28 | 1,39 | 1,60 |
| SBGr3 | 1,53 | 1,70 | 2,05 | 0,90 | 0,78 | 0,55 | 1,40 | 1,52 | 1,75 |
| SBGr4 | 0,30 | 0,34 | 0,41 | 0,18 | 0,16 | 0,11 | 0,28 | 0,30 | 0,35 |
| SBGr5 | 1,31 | 1,45 | 1,75 | 0,77 | 0,67 | 0,47 | 1,20 | 1,30 | 1,49 |
| SBGr6 | 0,26 | 0,29 | 0,35 | 0,16 | 0,14 | 0,10 | 0,24 | 0,26 | 0,30 |
| SBGr7 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,10 | 0,09 | 0,06 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |





Tabela 4.24 - Somatório das demandas hídricas para dessedentação animal por bacia hidrográfica.

| Bacia | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|-------|-------|------------|------|------|------------|-------|-------|
| Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| Abiaí | 7,01 | 7,80 | 9,38 | 4,11 | 3,59 | 2,53 | 6,43 | 6,96 | 8,01 |
| Gramame | 6,56 | 7,30 | 8,78 | 3,85 | 3,36 | 2,37 | 6,02 | 6,51 | 7,50 |
| TOTAL LS | 13,58 | 15,11 | 18,17 | 7,96 | 6,94 | 4,90 | 12,45 | 13,47 | 15,52 |

Fonte: Elaboração própria.

Na bacia do rio Abiaí, os maiores montantes de retirada de água para consumo animal estão nas SBAb3 – Aterro, SBAb2 – Papocas e SB Grau – Rio Grau. Além da maior área destas subbacias influenciar nos resultados encontrados, alguns municípios inseridos nestas localidades possuem rebanhos de tamanho considerável para afetar os resultados como Pedras de Fogo, Alhandra e Pitimbu. Ainda assim, o quantitativo de animais para criação na região é baixo se comparado a outras localidades do litoral da Paraíba.

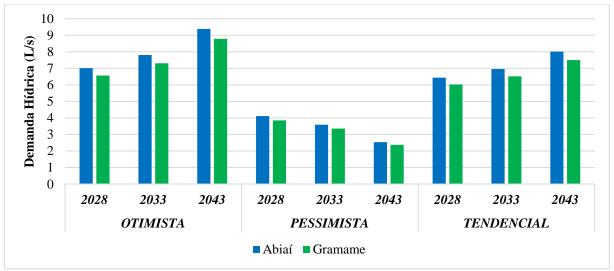


Figura 4.10 - Demanda Hídrica para dessedentação animal (L/s) nas bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.

O município de Cruz do Espírito Santo, inserido na SBG3 confere a esta sub-bacia valores maiores de demanda hídrica no Gramame devido ao número de animais registrados para criação. No entanto, no comparativo entre a bacia do rio Abiaí e Gramame os valores de consumo de água para dessedentação animal são próximos (**Figura 4.10**).

4.2.7 Agricultura Irrigada

Nas bacias do Litoral Sul, a agricultura irrigada apresenta uma demanda considerável de água, em todos os cenários e horizontes de planejamento considerados. A **Tabela 4.25** apresenta os quantitativos obtidos de demandas hídricas para irrigação por sub-Bacias Hidrográficas do Litoral Sul.





Tabela 4.25 - Demandas Hídricas (em L/s) para agricultura para as sub-bacias do Litoral Sul.

| SUB-BACIAS | Cenár | rio OTIM | ISTA | Cenár | io PESSI | MISTA | Cenário TENDENCIA | | |
|-----------------|-------|----------|-------|-------|----------|--------|-------------------|-------|-------|
| SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 1,89 | 2,03 | 2,28 | 2,84 | 3,04 | 3,42 | 2,09 | 2,24 | 2,51 |
| SB Centro Sul | 6,26 | 6,77 | 7,79 | 9,39 | 10,15 | 11,69 | 6,90 | 7,46 | 8,60 |
| SB Grau | 18,95 | 20,38 | 23,24 | 28,42 | 30,58 | 34,86 | 20,90 | 22,48 | 25,63 |
| SB Norte | 9,69 | 10,38 | 11,65 | 14,53 | 15,56 | 17,48 | 10,68 | 11,44 | 12,85 |
| SB Pitimbu | 2,79 | 3,01 | 3,47 | 4,18 | 4,52 | 5,20 | 3,07 | 3,32 | 3,83 |
| SB Sul | 2,98 | 3,22 | 3,71 | 4,47 | 4,83 | 5,57 | 3,29 | 3,56 | 4,10 |
| SBAb1 | 5,80 | 6,15 | 7,33 | 8,70 | 9,22 | 11,00 | 6,40 | 6,78 | 8,09 |
| SBAb2 | 48,04 | 51,03 | 59,40 | 72,06 | 76,55 | 89,10 | 52,99 | 56,28 | 65,51 |
| SBAb3 | 34,72 | 37,34 | 42,68 | 52,09 | 56,02 | 64,02 | 38,30 | 41,19 | 47,07 |
| SBAb4 | 36,58 | 38,87 | 50,94 | 54,86 | 58,31 | 76,40 | 40,34 | 42,87 | 56,18 |
| SBAb5 | 14,77 | 15,73 | 20,09 | 22,16 | 23,60 | 30,13 | 16,29 | 17,35 | 22,16 |
| SBAb6 | 36,27 | 38,64 | 49,71 | 54,40 | 57,96 | 74,56 | 40,00 | 42,62 | 54,82 |
| SBAb7 | 3,85 | 4,14 | 4,74 | 5,78 | 6,20 | 7,11 | 4,25 | 4,56 | 5,23 |
| SBAb8 | 5,82 | 6,29 | 7,24 | 8,73 | 9,43 | 10,86 | 6,42 | 6,93 | 7,99 |
| SBGr1 | 44,71 | 47,54 | 53,30 | 67,07 | 71,32 | 79,94 | 49,31 | 52,44 | 58,78 |
| SBGr2 | 49,13 | 52,27 | 58,36 | 73,69 | 78,41 | 87,54 | 54,18 | 57,65 | 64,37 |
| SBGr3 | 58,77 | 62,59 | 69,47 | 88,15 | 93,88 | 104,20 | 64,82 | 69,03 | 76,62 |
| SBGr4 | 18,40 | 19,68 | 21,80 | 27,60 | 29,52 | 32,71 | 20,29 | 21,71 | 24,05 |
| SBGr5 | 18,56 | 19,90 | 22,41 | 27,85 | 29,84 | 33,61 | 20,47 | 21,94 | 24,71 |
| SBGr6 | 2,24 | 2,39 | 2,71 | 3,35 | 3,59 | 4,06 | 2,47 | 2,64 | 2,99 |
| SBGr7 | 2,19 | 2,34 | 2,63 | 3,28 | 3,51 | 3,95 | 2,41 | 2,58 | 2,91 |

Fonte: Elaboração própria.

Na bacia do Abiaí, as maiores demandas para a irrigação estão concentradas nas sub-bacias SBAb2 – Papocas, SBAb4 – Cupissura e SBAb6 - Caaporã. A maior área associada a estas sub-bacias lhes conferem estes valores superiores pela metodologia aplicada. No entanto, soma-se a isso a grande demanda hídrica para irrigação do município de Caaporã que é abrangido parcialmente por estas sub-bacias, além de Pedras de Fogo.

A bacia do Gramame apresenta uma demanda menor em comparação ao Abiaí (**Figura 4.11**), apesar da diferença entre elas não ser expressiva. Os usos mais significativos no Gramame estão na SBGr3 - Rio Mumbaba que abrange parte das áreas cultivadas de Santa Rita, cuja demanda do município para irrigação estimada para 2028 seria de cerca de 429 L/s (ANA, 2021). Destaca-se ainda na bacia do Gramame as retiradas de água para irrigação nas SBGr2 e SBGr3, sub-bacias estas localizadas a montante do reservatório Gramame-Mamuaba. Nestas duas localidades nota-se a retirada de valores expressivos concentrados em grandes irrigantes específicos atendendo à agroindústria.

Tabela 4.26 - Somatório das demandas hídricas para agricultura por bacia hidrográfica.

| Bacia - | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| Abiaí | 228,41 | 243,98 | 294,27 | 342,61 | 365,97 | 441,41 | 251,92 | 269,09 | 324,56 |
| Gramame | 193,99 | 206,72 | 230,67 | 290,99 | 310,08 | 346,01 | 213,96 | 228,00 | 254,42 |
| TOTAL LS | 422,40 | 450,70 | 524,94 | 633,60 | 676,04 | 787,42 | 465,88 | 497,09 | 578,98 |





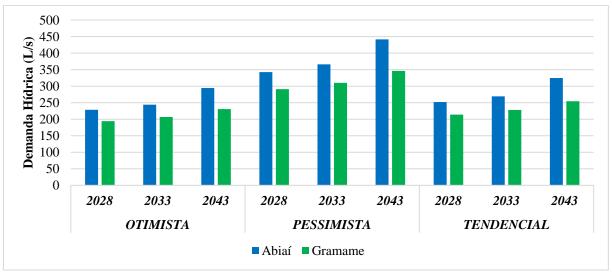


Figura 4.11 - Demanda Hídrica para agricultura (L/s) nas bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.

4.2.8 Síntese das Demandas Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica

4.2.8.1 Avaliação da demanda total

A **Tabela 4.27** apresenta o somatório das demandas hídricas apresentadas e discutidas anteriormente, com base nos cenários e anos elencados para a análise. Como complemento para visualização dos resultados obtidos, a **Tabela 4.28** e gráfico da **Figura 4.12** exibem os quantitativos das demandas hídricas totais para as bacias do Litoral Sul. Os valores apresentados consideram a demanda de exportação para atendimento de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux conforme os valores apresentados no item **Consumo Humano Urbano (com exportação de água)**.

Tabela 4.27 - Demandas Hídricas Total (em L/s) para as sub-bacias do Litoral Sul.

| CHE PA CHAS CHAS Cenário OTIMISTA Cenário PESSIMISTA Cenário TENI | | | | | | | | | ICIAI _ |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| SUB-BACIAS | | | | | | | | | |
| | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 2,27 | 2,41 | 2,68 | 3,34 | 3,52 | 3,86 | 2,55 | 2,70 | 2,98 |
| SB Centro Sul | 8,59 | 9,35 | 10,87 | 12,19 | 13,13 | 15,04 | 9,53 | 10,32 | 11,91 |
| SB Grau | 23,31 | 25,07 | 28,56 | 33,83 | 36,08 | 40,53 | 25,98 | 27,83 | 31,49 |
| SB Norte | 11,61 | 12,35 | 13,72 | 17,10 | 18,02 | 19,71 | 13,06 | 13,83 | 15,25 |
| SB Pitimbu | 26,40 | 29,22 | 35,66 | 30,37 | 33,03 | 39,25 | 27,85 | 30,69 | 37,20 |
| SB Sul | 4,09 | 4,45 | 5,18 | 5,81 | 6,26 | 7,16 | 4,54 | 4,92 | 5,67 |
| SBAb1 | 6,22 | 6,59 | 7,82 | 9,26 | 9,78 | 11,54 | 6,91 | 7,31 | 8,64 |
| SBAb2 | 52,20 | 55,36 | 64,10 | 77,51 | 81,87 | 94,19 | 58,03 | 61,43 | 70,87 |
| SBAb3 | 40,43 | 43,42 | 49,50 | 59,09 | 63,01 | 70,99 | 44,96 | 48,13 | 54,57 |
| SBAb4 | 737,96 | 740,36 | 752,62 | 756,62 | 760,09 | 778,25 | 741,97 | 744,58 | 758,05 |
| SBAb5 | 690,19 | 694,59 | 706,69 | 700,01 | 702,91 | 713,32 | 693,32 | 697,49 | 709,40 |
| SBAb6 | 538,48 | 585,77 | 693,46 | 544,68 | 500,51 | 431,89 | 564,18 | 593,71 | 666,79 |
| SBAb7 | 4,29 | 4,59 | 5,23 | 6,33 | 6,73 | 7,58 | 4,78 | 5,10 | 5,78 |
| SBAb8 | 7,96 | 8,66 | 10,07 | 11,29 | 12,17 | 13,93 | 8,83 | 9,56 | 11,03 |
| SBGr1 | 379,75 | 412,54 | 479,47 | 396,62 | 371,17 | 321,82 | 399,63 | 421,12 | 465,54 |
| SBGr2 | 53,49 | 56,79 | 63,20 | 79,53 | 84,08 | 92,89 | 59,55 | 63,09 | 69,96 |
| SBGr3 | 896,72 | 912,38 | 943,03 | 922,98 | 913,62 | 893,85 | 909,60 | 920,38 | 941,18 |







| CLID DACIAC | Cená | rio OTIM | ISTA | Cenário PESSIMISTA | | | Cenário TENDENCIAL | | | |
|----------------------------|---------|----------|---------|--------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|--|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| SBGr4 | 2226,11 | 2476,44 | 3064,17 | 2670,43 | 2970,39 | 3674,36 | 2529,21 | 2813,62 | 3481,37 | |
| SBGr5 | 90,02 | 98,10 | 115,24 | 102,40 | 103,23 | 105,90 | 95,73 | 102,46 | 116,92 | |
| SBGr6 | 2,93 | 3,12 | 3,52 | 4,23 | 4,44 | 4,88 | 3,30 | 3,49 | 3,89 | |
| SBGr7 | 2,66 | 2,83 | 3,16 | 3,91 | 4,12 | 4,51 | 3,00 | 3,17 | 3,51 | |
| Fonte: Elaboração própria. | | | | | | | | | | |

Para a bacia do Abiaí, a retirada de água é maior nas SBAb4 (Cupissura) e SBAb5 (Papocas) àquelas que exportam água para atendimento da região metropolitana de João Pessoa. Soma-se a essa constatação a localização da sede municipal de Alhandra na SBAb5 cuja demanda associada para atendimento humano urbano da sede municipal é elevada. Localiza-se nesta subbacia assim como na SBAb6 (com a sede municipal de Caaporã incluída) a maior parte das indústrias do Abiaí, e consequentemente da demanda para o setor. O município de Caaporã possui manancial subterrâneo com sistema isolado apresentando atualmente média vulnerabilidade em termos de sua segurança hídrica (ANA, 2021). Em um cenário pessimista de longo prazo a demanda sob SBAb4 pode chegar a 778 L/s enquanto na SBAb5 este valor corresponderia a 711 L/s.

No comparativo das duas bacias as demandas hídricas são relativamente distintas quando considerada a exportação de água (**Tabela 4.12**) e próximas se excluído este fator (**Tabela 4.13**). Há uma diferença geral de cerca de sete vezes entre as demandas exercidas no primeiro caso em comparação ao atendimento unicamente dos municípios inseridos nas BHLS.

A discrepância entre as bacias é explicada pelo uso expressivo de água na bacia do rio Gramame, cuja as vazões de exportação excedem 3000 L/s. Se considerado o pior cenário de avaliação, as demandas nas BHLS podem alcançar até 7345 L/s – sem considerar a capacidade de suporte dos reservatórios de água. No cenário tendencial a demanda do Gramame representa de 67 a 71% da retirada total no Litoral Sul, respectivamente entre os cenários de curto e longo prazo. Estes valores são influenciados pela retirada de mais de 2400 L/s do reservatório Gramame-Mamuaba – o que recai sobre a SBGr4 como é possível notar na **Figura 4.14**.

Tabela 4.28 - Somatório das demandas hídricas totais por bacia hidrográfica.

| D'- | OTIMISTA | | | PESSIMISTA | | | TENDENCIAL | | |
|----------|----------|------|------|------------|------|------|------------|------|------|
| Bacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| Abiaí | 2154 | 2222 | 2386 | 2267 | 2247 | 2247 | 2206 | 2258 | 2390 |
| Gramame | 3652 | 3962 | 4672 | 4180 | 4451 | 5098 | 4000 | 4327 | 5082 |
| TOTAL LS | 5806 | 6184 | 7058 | 6448 | 6698 | 7345 | 6207 | 6585 | 7472 |







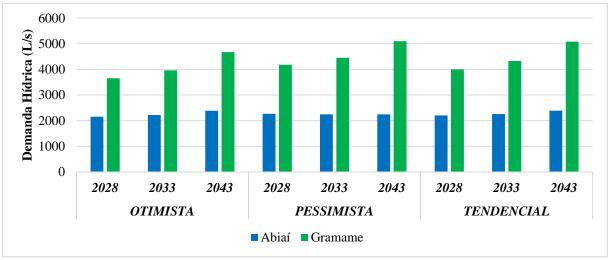


Figura 4.12 - Demanda Hídrica Total (L/s) nas bacias do Litoral Sul (considerando a exportação de água). Fonte: Elaboração própria.

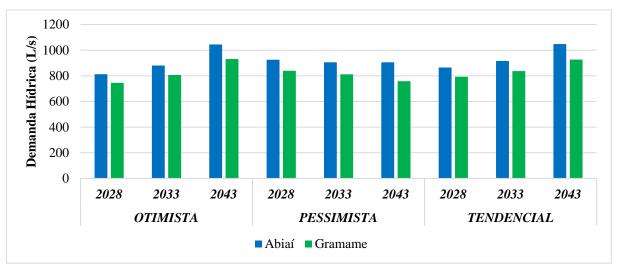


Figura 4.13 - Demanda Hídrica Total (L/s) nas bacias do Litoral Sul (sem exportação de água). Fonte: Elaboração própria.







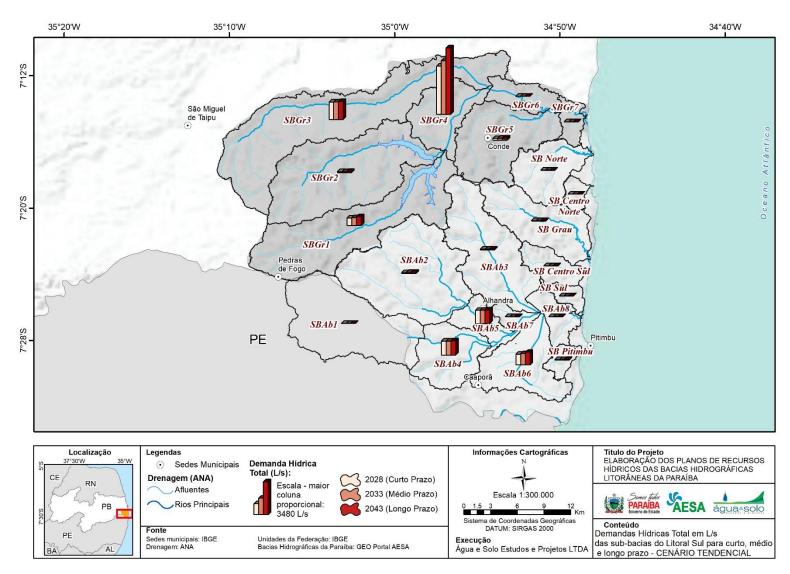


Figura 4.14 - Distribuição das demandas hídricas nas sub-bacias do Litoral Sul. Fonte: Elaboração própria.







Como esperado, o consumo humano urbano corresponde à maior demanda de água nas BHLS em todos os cenários e horizontes de projeto considerados. Na bacia do Gramame este valor corresponderia a 4241 L/s para o ano de 2023 até 3270 L/s em 2043; no Abiaí a correspondências destas vazões são 1420 L/s e1456 L/s, respectivamente. Enquanto o abastecimento público urbano corresponde a aproximadamente 83% da demanda de água na bacia do Gramame, na bacia do Abiaí a retirada de água pela indústria é mais significativa (23,84%) enquanto o valor para o consumo humano urbana é de 60,93%.

Na bacia do Gramame o uso menos significativa em termos de vazão captada é a mineração – correspondente a somente 0,04% do montante total. No Abiaí, conforme explicitada nos resultados apresentados no item **Mineração**, este uso é um pouco mais significativo, de forma que a demanda menos expressiva fica por conta da dessedentação animal.

A partir dos dados de demanda calculadas por uso e sub-bacia foram aplicados os coeficientes de retorno expressos na **Tabela 4.29** para cálculo do consumo efetivo de água sob o valor retirado e do lançamento de efluentes. Os coeficientes de retorno da indústria foram exibidos anteriormente na **Tabela 4.18.** Os coeficientes de retorno apresentados delimitam a relação média entre o volume de efluentes produzido e de água efetivamente consumida. Os valores da **Tabela 4.30** correspondem às de vazão de retorno (acumuladas por sub-bacia de montante a jusante) oriundas dos usos da água para abastecimento público, rural, indústria, pecuária e irrigação.

Tabela 4.29 – Coeficientes de retorno adotado para os usos consuntivos da água na estimativa do consumo de água nas bacias do Litoral Sul.

| Uso Consuntivo de Água | Coeficiente de Retorno |
|------------------------|------------------------|
| Abastecimento Público | 80% |
| Abastecimento Rural | 92% |
| Pecuária | 10% |
| Irrigação | 11% |

Fonte: Manual de Usos Consuntivo de Águas no Brasil (2019).

Não foram considerados na análise retorno da água para as demandas requisitadas pela mineração — apesar destas serem insignificantes frente aos demais usos. Também não considerou-se o retorno da água exportada das BHLS para abastecimento público da região metropolitana de João Pessoa uma vez que o lançamento do efluente corresponde a este uso ocorre na bacia do rio Paraíba. As demandas calculadas para o setor industrial já possuem as vazões de retorno atreladas







Tabela 4.30 – Vazão de retorno acumulada para as sub-bacias do Litoral Sul (em L/s).

| CTID DACTAC | Cenário OTIMISTA | | | Cenário PESSIMISTA | | | Cenário TENDENCIAL | | |
|-----------------|------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 0,44 | 0,45 | 0,47 | 0,71 | 0,72 | 0,74 | 0,55 | 0,56 | 0,58 |
| SB Centro Sul | 1,38 | 1,42 | 1,51 | 2,24 | 2,29 | 2,39 | 1,74 | 1,77 | 1,85 |
| SB Grau | 3,92 | 4,04 | 4,28 | 6,28 | 6,42 | 6,71 | 4,87 | 4,98 | 5,21 |
| SB Norte | 2,25 | 2,30 | 2,40 | 3,62 | 3,67 | 3,77 | 2,82 | 2,87 | 2,95 |
| SB Pitimbu | 17,85 | 19,78 | 24,27 | 20,15 | 22,06 | 26,58 | 18,80 | 20,76 | 25,35 |
| SB Sul | 0,66 | 0,68 | 0,72 | 1,07 | 1,09 | 1,14 | 0,83 | 0,85 | 0,88 |
| SBAb1 | 0,87 | 0,90 | 1,02 | 1,35 | 1,40 | 1,57 | 1,02 | 1,06 | 1,19 |
| SBAb2 | 7,56 | 7,85 | 8,68 | 11,84 | 12,21 | 13,37 | 9,02 | 9,30 | 10,17 |
| SBAb3 | 6,36 | 6,60 | 7,10 | 10,06 | 10,36 | 10,98 | 7,76 | 7,99 | 8,48 |
| SBAb4 | 5,49 | 5,76 | 7,19 | 8,43 | 8,82 | 10,92 | 6,31 | 6,60 | 8,15 |
| SBAb5 | 32,22 | 34,82 | 42,09 | 42,63 | 45,71 | 54,76 | 35,60 | 38,31 | 46,00 |
| SBAb6 | 102,61 | 112,08 | 137,16 | 106,18 | 102,03 | 102,96 | 107,73 | 114,61 | 134,77 |
| SBAb7 | 32,89 | 35,51 | 42,85 | 43,68 | 46,79 | 55,92 | 36,41 | 39,14 | 46,89 |
| SBAb8 | 72,61 | 78,79 | 99,40 | 94,00 | 101,22 | 127,80 | 79,94 | 86,39 | 107,98 |
| SBGr1 | 80,44 | 87,73 | 103,32 | 86,11 | 84,28 | 81,77 | 85,18 | 90,74 | 102,92 |
| SBGr2 | 7,94 | 8,24 | 8,81 | 12,47 | 12,86 | 13,61 | 9,51 | 9,81 | 10,38 |
| SBGr3 | 92,59 | 100,25 | 115,50 | 94,87 | 86,02 | 68,21 | 97,97 | 102,39 | 111,15 |
| SBGr4 | 43,41 | 46,92 | 54,91 | 56,91 | 60,99 | 70,21 | 48,19 | 51,85 | 60,15 |
| SBGr5 | 55,73 | 60,92 | 72,18 | 59,91 | 59,56 | 59,84 | 59,05 | 63,20 | 72,42 |
| SBGr6 | 53,34 | 57,23 | 65,88 | 72,51 | 77,08 | 87,17 | 60,10 | 64,13 | 73,09 |
| SBGr7 | 80,28 | 86,80 | 101,59 | 105,01 | 112,53 | 129,48 | 89,24 | 96,00 | 111,35 |

Fonte: Elaboração própria.

A vazão de retorno é mais expressiva nas sub-bacias cuja a demanda industrial é mais significativa como é possível notar pela **Tabela 4.30**; sendo estas a SBAb6 e SBGr3. Os valores também são influenciados pela localização das sedes municipais em algumas bacias, o que estaria associado ao retorno d'água oriunda do abastecimento público.

4.2.8.2 Avaliação do comportamento do reservatório Gramame-Mamuaba

O reservatório Gramame-Mamuaba desempenha um papel estratégico para atendimento da demanda de água da região metropolitana de João Pessoa, conforme discutido anteriormente. Desta forma, a avaliação do seu comportamento diante de diferentes cenários de vazões de entrada com a retirada atualmente praticada é imprescindível para a construção de uma plano de gestão do açude. Sua análise foi realizada pela lógica do método Monte Carlo.

A base foi a série de vazões geradas a partir do posto fluviométrico do rio Mamanguape – o único com cobertura temporal adequada na região das bacias litorâneas - levantados pelo HEC-HMS na etapa do Estudo Hidrológico. Com essa série foram calculados os volumes mensais que estariam chegando ao reservatório considerando as duas sub-bacias afluentes (SbGr1 e SbGr2). Para gerar cenários de atendimentos, foram utilizados os volumes mensais máximo e mínimo por mês da série gerada, que corresponde ao período de fevereiro de 1994 a dezembro de 2018 sem falhas. O modelo de simulação gerou novos valores aleatórios entre o máximo e







o mínimo mensal, sendo obtidas assim mil novas séries de vazões afluentes, sempre considerando valores dentro do intervalo da série original. Dessa forma se garante que nos períodos secos os volumes sejam menores que nos períodos chuvosos. Destes volumes mensais foram descontados os usos estimados a montante conforme os valores apresentados na Figura 2.1; isto é, a retirada da CAGEPA da ordem de 2452 L/s e o somatório das retiradas a montante do reservatório equivalente, no presente, a 1840 L/s.

O reservatório parte da situação plena de armazenamento, ou seja, de um volume de 56937000 m³ conforme informações disponibilizadas pelo site da AESA. A cada mês é somado o volume afluente e descontado o volume de saída, que é a soma das vazões de atendimento da CAGEPA e dos usos a montante e a vazão remanescente para a bacia de jusante, que foi considerada como a soma da metade das vazões com 90% de probabilidade de serem superadas nas duas bacias afluentes. O valor da Q90 somado das duas sub-bacias que abastecem o reservatório (SBGr1 e SBGr2), conforme o valor apresentado na etapa de Diagnóstico, é de 1132 L/s.

A vazão da CAGEPA foi simulada em múltiplos da vazão outorgada (2452 L/s), mantidos os demais valores constantes. Os intervalos foram de 0,4 a 1,6 desta vazão, respectivamente: 981, 1471, 1962, 2452, 3433 e 3923 L/s. Os resultados obtidos mostram falhas em todos os cenários em pelo menos algum mês. Os gráficos da Figura 4.15 a Figura 4.20 a seguir mostra a porcentagem de falhas mensais das mil séries geradas e por cenário de vazão da CAGEPA. Os resultados apresentados são uma média entre todos os cenários da porcentagem de falhas no reservatório (isto é, quando ele atinge um volume inferior a 10% do seu volume total) e do volume do mesmo. A falha do reservatório e os menores volumes são coincidentes com os meses com menores índices pluviométricos. Os meses de outubro, novembro e dezembro, com mais chuva, tendem a apresentar os maiores volumes e as menores chances de falha.

A conclusão que se obtém em relação à situação real é que possivelmente as seguintes situações estão ocorrendo:

- (a) a CAGEPA não utiliza a vazão outorgada em 100% do tempo ou ao menos essa vazão é diferente ao longo do ano;
- (b) não está sendo liberada a vazão "ecológica", ou seja, os 50% da Q90;
- (c) as duas situações acima.

Apenas com um monitoramento real das entradas e saídas será possível aumentar a segurança da informação, mas estatisticamente o reservatório não tem capacidade de atender a vazão







CAGEPA e a vazão remanescente ao mesmo tempo, sendo que planos para aumentar a vazão para a região metropolitana de João Pessoa devem ser reavaliados.

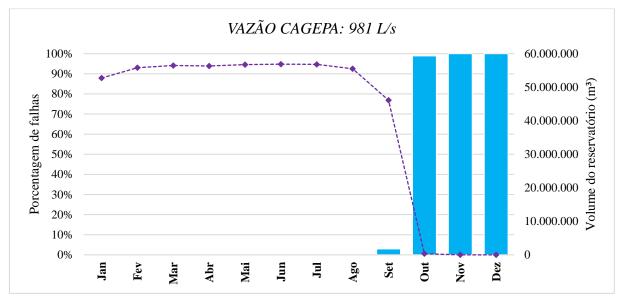


Figura 4.15 — Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 981 L/s.

Fonte: Elaboração própria.

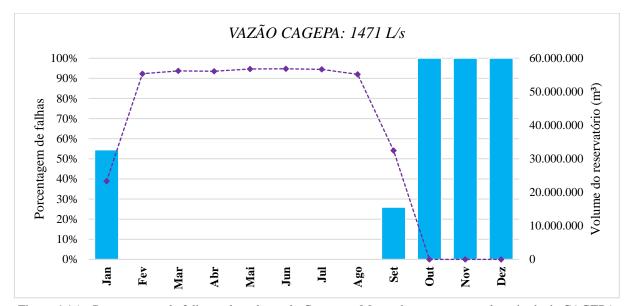


Figura 4.16 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 1471 L/s.







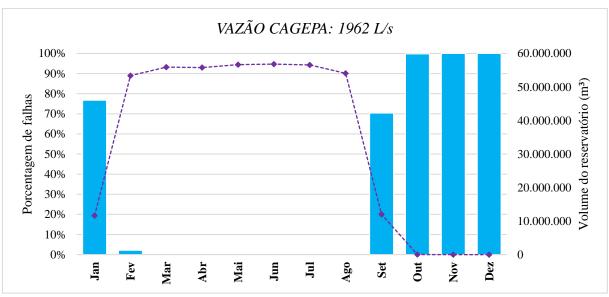


Figura 4.17 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 1962 L/s.

Fonte: Elaboração própria.

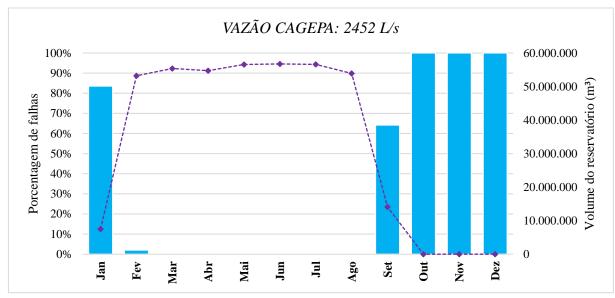


Figura 4.18 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 2542 L/s.





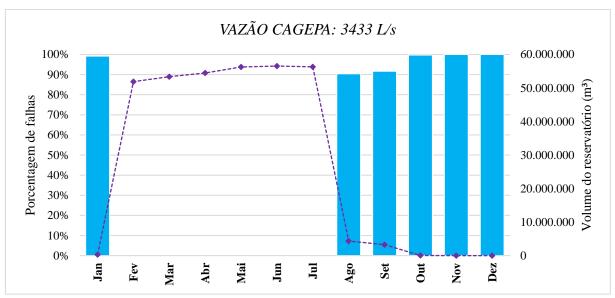


Figura 4.19 — Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 3433 L/s.

Fonte: Elaboração própria.

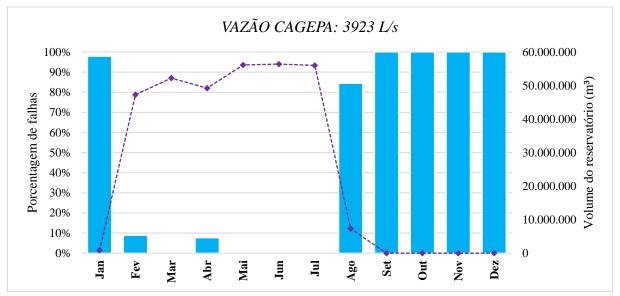


Figura 4.20 – Porcentagem de falhas e do volume do Gramame-Mamuaba para a vazão de retirada da CAGEPA de 3923 L/s.

Fonte: Elaboração própria.

4.3 Balanço Hídrico por Sub-bacia Hidrográfica

A avaliação do Balanço Hídrico das bacias do Litoral Sul foi realizada a partir de 27 combinações de cenários e horizontes de planejamento distintos: três cenários de demandas hídricas, três cenários de disponibilidades hídricas e três anos de análise de curto, médio e longo prazo. As tabelas do APÊNDICE A – DEMANDAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS POR SUB-BACIA HIDROGRÁFICA apresentam todos os resultados obtidos. Este trabalho visa analisar a relação entre a retirada e oferta de água nas bacias do Litoral Sul em diversos contextos distintos, com variações de crescimento econômico e medidas de gestão de recursos





hídricos juntamente com a influência das mudanças climáticas e do processo de recuperação ou degradação de nascentes.

Os resultados exibidos nos itens anteriores até então levam em consideração a oferta e demanda de água por sub-bacia hidrográfica – conforme metodologia adotada na etapa de Diagnóstico e do Estudo Hidrológico. Estes valores foram somados a jusante para obtenção da relação entre água retirada e ofertada na foz das bacias hidrográficas, ou seja, da diferença entre as disponibilidade e demanda nas bacias como um todo. Estes valores obtidos são apresentados na **Tabela 4.31** abaixo para todas as simulações realizadas.

Tabela 4.31 – Vazões de referência (O90 em L/s) resultantes nos exutórios das bacias do Litoral Sul.

| | | rereren | CENÁRIOS DE DEMANDA HÍDRICA | | | | | | |
|------|---------|----------------------------|-----------------------------|----------|------------|------------|--|--|--|
| ANO | Bacia | | | Otimista | Pessimista | Tendencial | | | |
| 2028 | Abiaí | HÍDRICA | | -562 | -664 | -590 | | | |
| 2028 | Gramame | ₩ | sta | -894 | -1434 | -1229 | | | |
| 2033 | Abiaí | Į į | Otimista | -584 | -675 | -610 | | | |
| 2033 | Gramame | | Ö | -1151 | -1714 | -1515 | | | |
| 2043 | Abiaí | IDADE | | -650 | -735 | -675 | | | |
| 2043 | Gramame | | | -1808 | -2433 | -2242 | | | |
| 2028 | Abiaí | E DISPONIBILID Pessimista | | -691 | -792 | -719 | | | |
| 2028 | Gramame | | -1102 | -1642 | -1437 | | | | |
| 2033 | Abiaí | | -748 | -839 | -774 | | | | |
| 2033 | Gramame | | -1447 | -2009 | -1811 | | | | |
| 2043 | Abiaí | | -841 | -927 | -867 | | | | |
| 2043 | Gramame | | | -2170 | -2794 | -2603 | | | |
| 2028 | Abiaí | 00 | | -610 | -712 | -638 | | | |
| 2028 | Gramame | E | RI | -985 | -1525 | -1320 | | | |
| 2033 | Abiaí | SENÁRIOS ndencial | -603 | -695 | -630 | | | | |
| 2033 | Gramame | CE | CENÁRA Tendencial | -1222 | -1785 | -1586 | | | |
| 2043 | Abiaí | | | -643 | -728 | -668 | | | |
| 2043 | Gramame | | | -1836 | -2461 | -2270 | | | |

Fonte: Elaboração própria.

Neste ínterim, nas combinações a partir dos cenários otimista e tendencial de disponibilidade hídrica, a bacia do Abiaí e Gramame apresenta déficits hídricos em todos os cenários de disponibilidade e/ou demanda considerados. Isto ocorre haja em vista os altos valores em vigor de exportação de água oriunda destas bacias. Ressalta-se ainda que o aumento da perda de água por evapotranspiração devido ao aumento da temperatura no planeta como um todo, agrega um impacto negativo à oferta de água. As vazões de referência Q90 de disponibilidade podem ser aumentadas diante de um potencial processo de recuperação das nascentes existentes nas BHLS.







Ainda assim, fica evidente pelos resultados apresentados e pelos levantamentos realizados em campo que existe um déficit grande de água nas sub-bacias do Litoral Sul em razão dos altos valores de demanda praticados. Nos cenários considerados, essa situação tende a se agravar. No pior cenário de demanda e disponibilidade o déficit na bacia do Gramame pode chegar a 2794 L/s em 2043. Mesmo no cenários de combinação mais otimista essa diferença já existe, equivalente a 1800 L/s no horizonte de planejamento de longo prazo. Em síntese, a infraestrutura hídrica atual não satisfaz às demandas atuais do sistema e esta situação tende a se agravar no futuro.

É importante destacar que a presente análise concentra-se somente nas águas superficiais. De forma que, a avaliação e discussão dos resultados obtidos deve ser permeada pelas estimativas de disponibilidade de água subterrânea, já discutida anteriormente. As demandas então estimadas podem ser parcialmente ou integralmente menores se supridas por fontes de água subterrânea — o que impactaria diretamente nos déficits hídricos obtidos. A bacia do Rio Gramame possui um potencial Subterrâneo de 107 hm³/ano, dos quais 90 (84%) hm³/ano estão ativados; na bacia do Abiaí estes valores são, respectivamente, 61 hm³/ano com 2 (apenas 3%) hm³/ano ativado.

Como é visível pela **Figura 4.21** que expressa a relação em porcentagem que as demandas exercem sobre as disponibilidades hídricas no curto (2028) e longo prazo (2043), apenas 2 das 14 sub-bacias do Abiaí apresentam balanço hídrico quantitativo baixo (demanda total correspondente a menos de 5% da disponibilidade). Esta situação só ocorre nas sub-bacias SBAb1 (cuja demanda é baixa por conta da baixa porção territorial inserida nas BHLS e na Paraíba) e na sub-bacia Norte que desemboca diretamente no mar. Vale destacar que os valores do balanço hídrico quantitativo foram obtidos considerando as demandas e disponibilidades acumuladas de montante a jusante.

Na bacia do Abiaí, a situação mais comprometedora encontra-se nas sub-bacias onde ocorre retirada de água a volumes expressivos para fora da Bacia; isto é, na SBAb4 e SBAb5. Nestas sub-bacias as demandas são pelo menos duas vezes superior à oferta. Na sub-bacia onde localiza-se o município de Caaporã (SBAb6), os altos valores de retirada de água para a indústria e para abastecimento público também colocam a região sob estado crítico de grau de comprometimento do balanço hídrico. Contudo, segundo a ANA (2022), boa parte da demanda de água para abastecimento neste município é suprido em grande parte pela água subterrânea dos poços na região. Ademais, o número de nascentes registradas para esta sub-bacia é baixo,









de forma que a eventual recuperação ou degradação destes pontos demonstra não exercer grandes impactos na oferta de água.

A bacia do rio Gramame apresenta um cenário mais desafiador de gestão de recursos hídricos uma vez que quatro das suas sete sub-bacias apresentam um grau de comprometimento do balanço hídrico muito crítico; ou seja; com as demandas representando pelo menos sendo pelo menos duas vezes superior à vazão de referência Q90 ofertada. A SBGr1 e SbGr2 apresentam um quadro relativamente um pouco mais confortável haja em vista que possuem disponibilidades hídricas expressivas — as mesmas que alimentam o reservatório Gramame-Mamuaba. Contudo, nestas localidades, a demanda da agroindústria e de abastecimento público de Pedras de Fogo são expressivas e pressionam nos cenários futuros analisados a alimentação do açude supracitado. Na sub-bacia onde localiza-se a sede municipal de Conde as demandas mais significativas vêm da indústria de abastecimento público urbano da sede do município. Ainda assim, frente à disponibilidade da região estas demandas não chegam a superar 30% da oferta.

A retirada hoje vigente de cerca de 2450 L/s do reservatório Gramame-Mamuaba recai sob a SBGr4 que como exibido no mapa da **Figura 4.21** aparece em situação muito crítica no curto e longo prazo. O déficit existente nesta sub-bacia é somado à jusante pelo déficit oriundo da SBGr3. Nesta última há uma captação de 500 L/s mais o montante considerável retirado pela indústria nas intermediações do Distrito Industrial de João Pessoa.

21001-ETP5-RP5-S-00-00







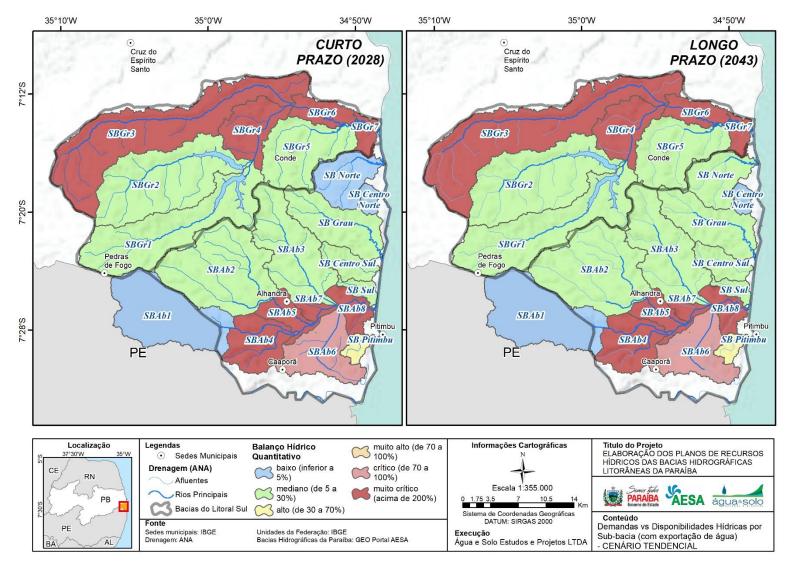


Figura 4.21 – Demandas vs Disponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica nas BHLS – Cenário Tendencial. Fonte: Elaboração própria.







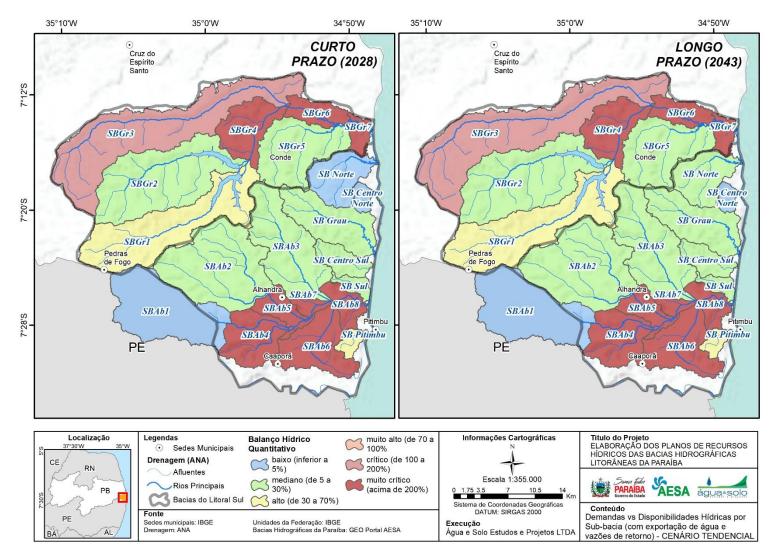


Figura 4.22 - Demandas vs Disponibilidades Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica nas BHLS considerando as vazões de retorno – Cenário Tendencial. Fonte: Elaboração própria.







Em comparação ao mapa da **Figura 4.21**, a **Figura 4.22** apresenta o balanço hídrico quantitativo por sub-bacia do Litoral Sul considerando as vazões de retorno previamente discutidos e apresentadas na **Tabela 4.30**. Nota-se que com o incremento da oferta hídrica devido ao lançamento de efluentes o grau de comprometimento de algumas sub-bacias é menor.

No Gramame, o destaque neste sentido fica por conta das SBGr3 e SbG1 – as demais mantém o mesmo status de quando não considerado o retorno. Essa mudança está diretamente atrelada ao setor industrial cuja produção é representativa nestas sub-bacias. O próprio banco de dados de outorgas da AESA referente ao ano de 2021 já possui alguns lançamentos significativos para o rio Mumbaba (SBGr3) de empresas de grande porte. Contudo, o número de outorgas para este uso nesta sub-bacia é baixo se comparado ao número de indústrias em operação na região, identificadas pelo cadastro dos empreendimentos – vide **Tabela 4.17**. Na SbG1, apesar da atividade industrial estar presente, a vazão de retorno é expressiva devido ao abastecimento público da sede municipal de Pedras de Fogo, inserida na sub-bacia. Há uma lançamento da CAGEPA na localidade com vazão outorgada acima de 120 L/s.

No Abiaí há pouca alteração do grau de comprometimento do balanço hídrico quando consideradas as vazões de retorno. Esta situação só é verificada para a sub-bacia SB Norte que não contribui para a oferta de água do rio principal da bacia.

A carência de informações específicas sobre a gestão dos reservatórios de maior porte gera uma incerteza sobre as vazões a serem consideradas nas unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos de jusante. De modo ideal, deveria ser realizado um balanço hídrico específico para os reservatórios de longo período, englobando quinze anos ou mais. Para esse balanço, seria necessário ter as vazões de entrada, a área alagada, o volume reservado e o volume retirado para períodos curtos de tempo, preferencialmente diário. As características do vertedouro também são importantes para poder realizar a estimativa do volume retido. Na fase do diagnóstico foi realizada uma viagem específica para verificar as condições dessas obras, que coincidiu com o período de sangramento de boa parte dessas estruturas, o que impossibilitou uma medida mais precisa.

As informações disponíveis para realizar o balanço nos exutórios das sub-bacias com reservatório podem gerar uma avaliação indicativa, que deve ser melhorada com a implantação de um monitoramento específico nessas obras para produzir as informações e dados citados anteriormente. Uma avaliação mais direcionada à segurança hídrica é fortemente recomendável. Para isso, devem ser instaladas estações fluviométricas a montante e a jusante,







uma estação de registro dos níveis diários e uma estação meteorológica compacta, que permita estimar a evaporação direta do lago. Deve ser fornecida a batimetria atualizada do reservatório, que permitirá definir a nova curva cota-área-volume. Além disso deve-se registrar todas as derivações de água, incluindo as realizadas nas margens do lago, se houver. Também interessa o monitoramento qualitativo, dada a possibilidade de eutrofização e salinização de reservatórios na região nordeste.

No que se refere às águas subterrâneas, a situação do seu uso é semelhante à das águas superficiais em relação à fragilidade do banco de outorgas, mas tem uma diferença importante: não há um sistema de monitoramento qualiquantitativo. Assim, o desconhecimento sobre a situação dos aquíferos é mais importante do ponto de vista estratégico, uma vez que o uso dessas reservas tem ocorrido e sem informações sobre a sustentabilidade destes. A importância das águas subterrâneas na porção mais próxima ao litoral pode ser avaliada pela produtividade dos aquíferos granulares, mas também pelo balanço hídrico realizado. Pelo balanço, observa-se uma situação de criticidade em algumas sub-bacias, mas que não se confirmam na forma de conflitos; ou seja, o uso das águas subterrâneas está respondendo por uma parcela não desprezível do consumo e não há dados suficientes para caracterizar adequadamente essa situação.

Essa lacuna de informações não tem como ser preenchida, uma vez que o número de variáveis envolvidas é muito maior do que o número de equações, que é basicamente o balanço entre oferta e demanda superficial. Não se conhece com exatidão o comportamento dos usuários, por exemplo. A estiagem e a pandemia, só para citar dois eventos externos, levou a alteração do perfil da produção e por consequência do perfil da demanda de água, que se afasta das informações registradas na outorga. O custo da energia, alterado pelas bandeiras tarifárias, também impacta na decisão de usar ou não a água subterrânea. A qualidade da água superficial da mesma forma. Então, essa é uma indefinição que não pode ser resolvida na escala de trabalho do Plano.

Essa condição de desconhecimento não é uma particularidade dos presentes planos. No nível nacional a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas tem o combate ao uso clandestino como pauta constante, por dois motivos básicos: interferência entre poços outorgados e não outorgados, que pode levar a uma sobre-explotação com esgotamento precoce do aquífero, e a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por poços mal executados ou mal mantidos. Essa situação ainda levará muito tempo para ser regularizada, e o Plano de Recursos









Hídricos é uma oportunidade de acelerar esse processo. Primeiro, favorecendo a regularização de poços não outorgados, seja por disponibilizar um sistema mais ágil e amigável, seja por realizar campanhas de esclarecimento sobre o assunto. Segundo, implantação de uma rede de monitoramento dos aquíferos. Terceiro, pelo aumento de fiscalização, que pode ser realizado em conjunto com a CAGEPA, identificando consumidores com comportamento anômalo da conta de água. E em quarto lugar, realizar o estudo do volume outorgável por aquífero, assegurando uma reserva estratégica de água.

Além disso, na avaliação do uso industrial da água, foi relatado que na ocorrência da última seca as empresas perfuraram novos poços, mas que estes também secaram; ou seja, possivelmente o uso já está ocorrendo acima da recarga no ano e utilizando reservas interanuais. Essa situação possibilita, por outro lado, avaliar a viabilidade de reúso de água para recarga forçada desses aquíferos, se houver a adequação da qualidade entre o efluente tratado e a do aquífero.







5 ALTERNATIVAS DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS HÍDRICAS

5.1 Identificação de Alternativas de Incremento das Disponibilidades Quantitativas

As alternativas de incremento das disponibilidades hídricas são internas à bacia, uma vez que a bacia vizinha, a do rio Paraíba, não se caracteriza como uma bacia doadora e tem seu fluxo regulado a partir do Açude Público Epitácio Pessoa ou Boqueirão mas localizado muito a montante das BHLS. Como alternativas internas existem a recuperação das nascentes, a recuperação de áreas de recarga, a construção de reservatórios e o incentivo ao reúso de água.

A recuperação de nascentes foi inserida no cenário otimista como a mais plausível a ser adotada a curto prazo e de possível aceitação social de forma geral. A recuperação em termos gerais compreende o seu cercamento para evitar o acesso direto de animais, com o consequente pisoteio e compactação do solo, respeitando o raio de 50 metros definido em legislação. Após o cercamento deve-se promover a recuperação da vegetação arbustivo-arbórea, que pode utilizar diversos métodos, com maior ou menor interferência humana e menor ou maior investimento. A produção de cada nascente será variável, sendo adotado um acréscimo de um litro por segundo em média.

A recuperação de áreas de recarga dos aquíferos visa proteger os aquíferos e a vazão de base dos recursos hídricos superficiais a partir da descarga na recessão dos hidrograma. Essa recuperação compreende a identificação em escala adequada das áreas de recarga e a análise do uso do solo sobre elas, identificando situações de superutilização do solo (acima da sua aptidão agrícola ou de sua capacidade de uso) ou de áreas que estejam com vegetação natural e possam ser assim preservadas por meio de incentivos financeiros, como pagamento por serviços ambientais.

A construção de reservatórios de regularização é uma alternativa clássica de aumento da disponibilidade, com a acumulação de água excedente da época das chuvas para utilização nos meses mais secos. É uma opção usualmente segura e eficiente, mas que na região nordeste merece uma avaliação detalhada pela elevada perda por evaporação. Os custos de implantação e de operação e manutenção são expressivos, assim como o impacto ambiental, o que gera um processo de planejamento longo. Há a intenção da CAGEPA em implantar uma nova barragem para abastecimento público na bacia do Abiaí (barragem de Cupissura) que deve complementar a adução do reservatório do Gramame. Havendo essa implantação, o novo balanço hídrico deverá considerar essa fonte hídrica.





Sobre o reúso ainda existem muitas restrições. Mas é importante considerar que os efluentes utilizados no reúso podem ser conduzidos de diferentes formas, entre elas:

- Reúso indireto não planejado da água: a água utilizada (água cinza) é descarregada no meio ambiente e reutilizada, a jusante, após ter sido diluída e transportada pela rede drenagem, mas de forma não intencional e não controlada. Ao percorrer a distância até o novo ponto de captação sofreu diluição e depuração. Essa é uma forma de reúso muito comum no Brasil, na qual os municípios a jusante podem estar utilizando água de reúso dos municípios de montante;
- Reúso indireto planejado da água: neste caso, os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum outro uso no qual a qualidade dessa água é permitida;
- Reúso direto planejado da água: os efluentes, após tratamento, são jogados diretamente no local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso mais conhecido, normalmente para uso industrial ou irrigação, usualmente de paisagismo;
- Reciclagem da água: é o caso mais comum de reúso interno da água, principalmente nos processos industriais. Antes mesmo de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, a água volta a participar do processo produtivo. Este é um caso particular de reúso direto planejado.

Além das diferentes formas de reúso, pode-se dividir o reúso em dois grandes grupos, nãopotável e potável, e estes subdivididos em modalidades, como mostra a **Tabela 5.1**.

Tabela 5.1 - Principais Modalidades de Reúso e Aplicações Típicas.

| | 1 40 014 011 | Timespais Wodandades de Reaso e Tipicações Tipicas. |
|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modalidade | es de Reúso Típicas | Aplicações Típicas |
| | Reúso agrícola | Irrigação para produção agrícola (culturas forrageiras, hortaliças, vinhas, etc.). |
| Não | Reúso urbano | Irrigação paisagística (parques, cemitérios, escolas, centros comerciais, residências, rodoviárias, etc.); Sistemas de ar condicionado; Bacias sanitárias em grandes edifícios; Desobstrução de rede de esgoto; Sistema de combate a incêndio; Construção civil; Lavagem de veículos. |
| Potável | Reúso industrial | Torres de resfriamento; Caldeiras; Processo; Construção civil. |
| | Melhorias ambientais e recreacionais | Aquicultura; Lagoas; Manutenção de vazão de cursos de águas; Melhoria de banhado. |
| | Recarga de aquífero | Controle de intrusão de cunhas salinas; Controle de subsidência; Recarga de aquífero (não potável). |
| Potável | Reúso potável indireto | Uso para suplementar fontes de água potável (corpos hídricos superficiais ou subterrâneos). |







| Modalidad | les de Reúso Típicas | Aplicações Típicas |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| | Reúso potável direto | Abastecimento direto da rede de água bruta ou água tratada. |
| | | |

Fonte: Adaptado de Metcal&Eddy/AECOM (2007) apud MINISTÉRIO DAS CIDADES & IICA (2017).

A divisão nessas modalidades permite relacionar o reúso com as restrições de proteção da saúde pública e proteção do meio ambiente, como apresentado na **Tabela 5.2**.

Tabela 5.2 - Relação das modalidades de reúso com os níveis de restrição.

| Modalidad | es de Reúso Típicas | Subcategoria | Nível de restrição para proteção da saúde pública e do meio ambiente |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| | Reúso agrícola | Para produtos não-comestíveis | |
| | Reúso urbano | Com restrições | Menos Restritivo |
| | Reúso industrial | - | П |
| Não Potável | Melhorias ambientais e recreacionais | Em áreas restritas | |
| | Recarga de aquífero | Em áreas públicas | |
| | Reúso potável indireto | Sem restrições | |
| | Reúso potável direto | Para produtos comestíveis | 4 |
| Potável | Reúso agrícola | - | Mais Restritivo |
| Potavei | Reúso urbano | - | |

Fonte: Adaptado de Metcal&Eddy/AECOM (2007) apud MINISTÉRIO DAS CIDADES & IICA (2017).

Em situações de restrição de oferta, o reúso planejado não deve ser descartado sem uma análise cuidadosa, pois existem benefícios importantes a serem considerados, como apresentado na **Tabela 5.3**. Por outro lado, não se deve descuidar dos gargalos já identificados sobre o reúso, resumidos na **Tabela 5.4**.

Tabela 5.3 - Benefícios mais Relevantes Relacionados ao Reúso.

| Benefícios mais relevantes | Descrição |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Melhoria na disponibilidade hídrica (e benefícios associados como, por exemplo, viabilidade econômica) | Conservação dos recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais restritivos quanto à qualidade (no caso de uso não potável) e recurso hídrico complementar, local e geralmente disponível mesmo durante secas. No caso de uso para controle de intrusão de água salina, permite proteger os recursos hídricos existentes. Nota-se que um dos potenciais benefícios associados à melhoria na disponibilidade hídrica é de viabilizar o saneamento em prazos mais curtos (melhorando a relação custo/benefício do tratamento de esgoto particularmente no caso de reúso potável). |
| Melhoria na autonomia de uma região (e benefícios associados) | Água de reúso é um recurso hídrico local. Permite reduzir a dependência sobre transposição/importação de água de outras regiões/municipalidades. |
| Melhoria na qualidade das águas superficiais (e benefícios associados) | O reúso de água pode reduzir a carga de nutriente para as águas superficiais através de aplicações como irrigação. Benefícios associados no caso de reúso agrícola incluem impacto positivo no solo e nas plantas em virtude dos nutrientes e consequente diminuição das quantidades de fertilizante necessárias. |
| Impacto positivo na pegada de carbono (e benefícios associados) | Dependendo do portfólio de recursos hídricos, pode ter um impacto positivo na pegada de carbono global (comparado à dessalinização ou transposição de regiões distantes por exemplo) |





Tabela 5.4 - Potenciais Gargalos que devem ser Considerados e/ou Mitigados Quanto ao Reúso.

| Potenciais gargalos que devem ser considerados e/ou mitigados | Descrição |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impacto negativo na saúde se regulamentações não estiverem estabelecidas e/ou atendidas | Falta de regulamentações e/ou falta de atendimento às regulamentações pode expor o público a patógenos ou nível baixo de químicos (além dos níveis de riscos existentes) |
| Impacto negativo na percepção da qualidade do abastecimento público de água (e riscos associados) | O público poderia perceber o reúso urbano e/ou potável como uma diminuição da qualidade do abastecimento de água, o que poderia incentiva-lo a usar mais água engarrafada e/ou questionar a segurança dos serviços prestados. |
| Impacto negativo nas vazões a jusante (e riscos associados) | Caso o reúso envolva o uso consuntivo, a prática de reúso pode diminuir as vazões a jusante com potencias impactos negativos (tanto no meio ambiente quanto no abastecimento de outras comunidades). |
| Impacto negativo no uso do solo (e riscos associados) | Como a prática de reúso de água aumenta a disponibilidade hídrica de uma determinada região isso pode favorecer o desenvolvimento/alteração do uso de solo de maneiras indesejadas. |
| Impacto negativo da qualidade da água (e riscos associados) | Potencial impacto negativo dos sais (e outros parâmetros) nas operações industriais ou no solo e nas plantas no caso de reúso agrícola. Potencial impacto negativo na qualidade das águas subterrâneas e/ou superficiais dependendo do contexto e do modo de uso. |
| Impacto negativo na pegada de carbono (e riscos associados) | Dependendo do portfólio de recursos hídricos, pode ter um impacto negativo na pegada de carbono global (como por exemplo comparado à prática de conservação) |

Fonte: Adaptado de NRC (2012), USEPA (2012) e outras fontes apud MINISTÉRIO DAS CIDADES & IICA (2017).

5.1.1 Reúso para Fins não Potáveis

O reúso para fins não potáveis apresenta um potencial muito amplo e diversificado. Por não exigir níveis elevados níveis de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, consequentemente, com rápido desenvolvimento. Em função da diversidade de uso, pode ser dividido em:

5.1.1.1 Para Fins Agrícolas

O uso da água para irrigação apresenta discrepâncias entre os valores indicados pela ANA e os utilizados pelo PERH. De qualquer forma, é um uso importante nas BHLS. Buscar fontes alternativas na situação de escassez pode mostrar-se uma solução viável; dependendo das distâncias e das alturas de elevação. Esta modalidade de reúso gera, como adicional, uma parcela de infiltração, o que pode gerar recarga do lençol subterrâneo. O reúso agrícola pode ser dividido em duas principais classes, sendo elas:

• <u>Agrícola Irrestrito:</u> Irrigação de cultura de alimentos destinados ao consumo humano sem processamento prévio (plantas que se desenvolvem **rentes** ao nível do solo),







definida como Classe 1 na CONAMA 357/05. Há risco para os trabalhadores e consumidores;

• Agrícola Restrito: Dessedentação de animais ou irrigação de cultura de alimentos destinados ao consumo humano sem processamento prévio (plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo) ou de culturas de alimentos que necessitam de processamento antes de serem consumidos e culturas não destinadas ao consumo humano; cultivo de florestas plantadas, definidas como classe 2 ou 3 na CONAMA 357/05.

Aplicações típicas: Dessedentação de bovinos, equinos, muares e ovinos, irrigação de milho, batatas, arroz, culturas forrageiras, cana de açúcar, árvores frutíferas.

Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores.

5.1.1.2 Para Fins Industriais

Abrangem os usos industriais em vários processos e atividades. O reúso industrial pode ser realizado através do aproveitamento dos efluentes produzidos na própria indústria, com ou sem tratamento prévio, ou pela utilização dos esgotos tratados provenientes das estações de tratamento das companhias de saneamento.

Aplicações típicas: caldeiras, limpeza, torres de resfriamento, processo de fabricação, construção civil etc.

Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores e comunidades vicinais.

5.1.1.3 Para Fins Urbanos/Recreacionais

Utilização de efluentes domésticos tratados para suprir necessidades diversas que admitem qualidade inferior a usos urbanos potáveis, podem ser divididos em:

- <u>Urbano Irrestrito</u> Irrigação paisagística e outros usos urbanos em áreas públicas.
 Aplicações típicas: Irrigação paisagística de parques, escolas, residências, campos de futebol, campos de golfe; usos internos como bacias sanitárias em grandes edifícios, lavagem de logradouros e outros espaços públicos.
 - Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores e potencial público exposto;
- <u>Urbano Restrito</u> Irrigação paisagística e outros usos urbanos em áreas restritas (sem contato público frequente e/ou com restrição de acesso).







Aplicações típicas: Irrigação paisagística em rodoviárias, cemitérios, centro comerciais; usos internos; desobstrução de rede de esgoto, construção civil, lavagem de veículos; sistemas de combate a incêndio.

Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores.

5.1.1.4 Para Fins de Manutenção de Vazões

A manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. Nessa modalidade, pode-se enquadrar o reúso para manutenção de habitat naturais.

Aplicações típicas: Lagoas ornamentais e wetlands¹ para manutenção do bioma silvestre.

Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores e comunidades vicinais.

5.1.1.5 Para Fins de Aquicultura

Consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

Aplicações típicas: Piscicultura e vegetais aquáticos como algas para produção de biocombustíveis.

Maior grupo de risco e exposição: Trabalhadores e consumidores.

5.1.1.6 Para Fins de Recarga de Aquíferos Subterrâneos

É a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante. A recarga visa o aumento da disponibilidade e armazenamento de água bem como para controlar a salinização de aquíferos costeiros e para controlar a subsidência de solos.

Aplicações típicas: Controle de intrusão de cunhas salinas; controle de subsidência; uso do aquífero como reservatório de água não potável.

Maior grupo de risco e exposição: Meio ambiente.

¹ Wetlands são banhados construídos, tratamento por zonas de raízes, leitos filtrantes plantados.







5.1.2 Reúso para Fins Potáveis

O reúso potável é uma técnica em constante desenvolvimento e com crescente importância, principalmente em outros países, como os Estados Unidos e a Namíbia.

Existem custos elevados associados para manter os padrões de segurança à saúde no caso do reúso direto. O esgoto, após tratamento avançado, pode ser introduzido diretamente em uma ETA ou em um reservatório de mistura localizado antes da ETA. O tratamento do esgoto é seguido de uma esterilização da água, que eleva muito os valores necessários. Dessa forma é uma alternativa pouco atrativa para as BHLS. Mas as formas indiretas podem ser consideradas:

5.1.2.1 Reúso Potável Indireto não Planejado – RPINP

O reúso potável indireto não planejado é bastante praticado no Brasil, é o caso em que ocorre o lançamento de esgoto (tratado ou não) e a coleta a jusante para tratamento e abastecimento público, forma de reúso existente em diversos municípios do Brasil (HESPANHOL, 2015).

Maior grupo de risco e exposição: Consumidores de água potável.

5.1.2.2 Reúso Potável Indireto Planejado – RPIP

Deve ser constituído por um sistema secundário de tratamento de esgotos, como lodos ativados ou biomembranas submersas (iMBRs), seguido de sistemas de tratamento avançado e, se necessário, de um balanceamento químico antes do lançamento em um corpo receptor, superficial ou subterrâneo (atenuadores ambientais). Após esse tratamento, o efluente é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável. Enfrenta restrições ambientais.

Maior grupo de risco e exposição: Consumidores de água potável.

Utilizando os dois grandes grupos (reúso potável direto e reúso potável indireto) a diferença básica principal se dá pela presença de um atenuador ("buffer") entre a produção da água de reúso e a retirada para consumo. O atenuador é normalmente um aquífero, ou corpo hídrico como um rio ou uma lagoa, e tem a função de conectar a água a sua fonte natural, além de diminuir concentração de eventuais contaminantes através de diluição e aumentar o tempo entre a produção da água de reúso e seu consumo.







5.1.3 Reúso para Fins de Manutenção de Vazões

A manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem. Nessa modalidade, pode-se enquadrar o reúso para manutenção de habitat naturais com exemplos de aplicações típicas de lagoas ornamentais e *wetlands* (banhados) construídas para manutenção do bioma silvestre.

As wetlands construídas são cópias artificiais, feitas pelo homem, dos wetlands naturais, que aperfeiçoam a exploração dos ciclos biogeoquímicos que ocorrem normalmente nesses sistemas para fins de tratamento de águas residuárias. Diferentes tipos podem ser distinguidos, com base em características de fluxo da água e espécies vegetais. Outro benefício inclui a criação de um novo habitat para a fauna e a flora. As wetlands construídas são conhecidas por terem uma elevada capacidade-tampão e a qualidade do efluente final é normalmente bastante estável. As wetlands construídas normalmente são vantajosas quando comparados aos sistemas convencionais de tratamento. Algumas destas vantagens são as possibilidades de baixo custo de construção, operação e manutenção; pouco ou nenhum uso de energia elétrica; podem ser implementados no próprio local onde a água residuária é gerada; são flexíveis e, resistem a variações de carga sem muito comprometimento de sua eficiência. Outras vantagens e desvantagens podem ser observadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Vantagens e desvantagens das wetlands construídas

| Vantagens | Desvantagens |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Baixo custo de construção | Alta demanda de área |
| Fácil operação e manutenção | Necessidade de substrato, como brita e areia |
| Remove satisfatoriamente matéria orgânica e sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo | Susceptível a entupimento dos espaços vazios do substrato e salinização do solo |
| Considerável redução de patógenos | Necessidade de manejo das macrófitas |

Fonte: Adaptado de CHERNICHARO et al. (2001).

5.1.4 Reúso na Recarga de Aquífero

O reúso do efluente voltado para a recarga de aquífero está relacionado principalmente as seguintes questões: a redução do volume de água infiltrada pelo solo (elevada impermeabilização do solo ou falta de água da chuva), que reflete na lenta recarga natural dos aquíferos subterrâneos - escassez de água, ou quando a exploração de água subterrânea é excedente a capacidade de recarga natural do aquífero e ocorre o rebaixamento do nível, oportunizando a penetração/entrada da água no mar em regiões costeiras (MOURA, 2004).







Diante das questões apresentadas, a recarga artificial de aquífero surge como uma alternativa rápida e eficiente para manter ou elevar o volume de água em aquíferos subterrâneos. Por outro lado, é necessário atentar para as questões da qualidade mínima da água a ser utilizada, o uso da água do aquífero e às técnicas a serem empregadas, já que essas questões estarão diretamente relacionadas entre si.

Neste caso, é importante destacar os métodos que podem ser utilizados para desenvolver a recarga de aquífero, que são: Bacias de infiltração; Poços de injeção na zona vadosa e Poços de injeção direta. Os três métodos possuem objetivos similares, porém, podem ser abordados de formas diferentes:

Poços de injeção na zona vadosa: caracteriza-se pela injeção de água através de poços diretamente na zona vadosa do solo. Agrega alguns benefícios do método de bacias de infiltração e dos poços de injeção direta. As principais vantagens desta possibilidade é que pode mostrar-se mais econômica que as bacias de infiltração (quando o custo da terra for elevado) e dos poços de injeção direta, além de reduzir a perda por evaporação, quando comparada às bacias de infiltração. Por outro lado, necessita de tratamento dos efluentes com maior qualidade, pois pode criar áreas contaminadas.

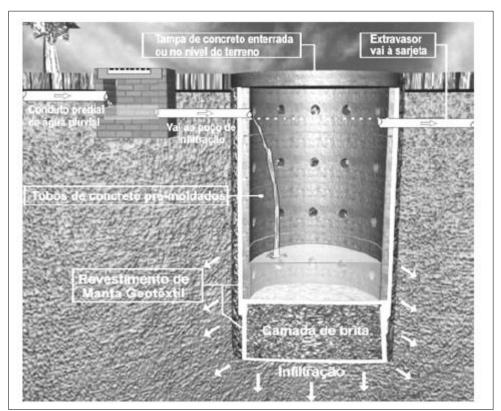


Figura 5.1 - Esquema de poço de infiltração na zona vadosa. Fonte: REIS et al. (2008).







Poços de injeção direta: a água de recarga é introduzida diretamente no aquífero através dos poços de injeção. Pode ser utilizada para aquíferos confinados ou livres. As principais vantagens são: rápida elevação do nível de água do aquífero; eficiência no controle de intrusão salina e único método de recarga que pode ser aplicado em aquíferos confinados. Todavia, requer um tratamento de efluente bastante elevado (nível terciário), possui elevados custos na execução de poços, aquisição de equipamentos e operação do sistema, além dessa última ser complexa.

Deve ser dada atenção ao intenso uso da água subterrânea para abastecimento de água. As águas provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto podem conter agentes patogênicos, tais como bactérias, enterovírus, cistos de protozoários e helmintos, além de elementos e compostos químicos reconhecidamente e/ou suspeitos de serem nocivos à saúde humana (LEE e JONES-LEE, 2000).

Deve-se considerar que os projetos de reúso utilizando a técnica de recarga de aquífero, principalmente por poços de injeção, apresentam potencial para causar impactos adversos na qualidade de água do aquífero; desta forma, são necessários estudos e monitoramento antes, durante e após a operação do sistema, para que seja possível definir programas de contingência que podem apresentar elevados custos de implantação em curto prazo (LEE e JONES-LEE, 2000).

5.2 Alternativas de Atuação sobre as Demandas

As alternativas de atuação sobre as demandas podem ser divididas em medidas estruturais e não estruturais. A medida estrutural mais importante é a consolidação do cadastro de uso da água, a cargo da AESA. O cadastro ideal deve ter confiabilidade, atualidade e consistência. Por confiabilidade entende-se que as informações prestadas pelo usuário sejam fidedignas, reflitam a realidade o mais próximo possível. A atualidade significa que alterações no uso da água, seja por decisões temporárias, seja por início ou encerramento das atividades, serão facilmente informadas pelo usuário, não sendo necessário esperar o prazo de renovação para serem informadas corretamente. E por consistência entende-se que os valores informados têm uma relação lógica com coeficientes usualmente utilizados no Brasil para que se possa realizar uma consolidação do balanço oferta – demanda recorrendo a outros índices, como população atendida ou área irrigada, por exemplo, que são mais fáceis de serem aferidos por outras fontes de informação.







No caso da Paraíba, o banco de dados de outorga apresenta fragilidades já identificadas no Diagnóstico e debatidas na oficina de planejamento. Entre essas fragilidades estão a falta de cadastros de usuários, especialmente os menores em termos de volume, e a duplicidade de cadastros. Apenas fortalecendo o sistema de cadastro de uso, incluindo as outorgas concedidas e as solicitações em análise, é que será possível realizar uma avaliação correta das demandas de água por UGPRH, por curso de água ou aquífero, por município e por setor usuário.

A partir do cadastro fortalecido, é possível atuar de forma mais segura na demanda, seja pela educação ambiental visando a conscientização dos usuários quanto a perdas evitáveis, seja pela comunicação social no caso de ameaça ou confirmação de situações de estiagens, seja pela aplicação de instrumentos financeiros, sejam de premiação pelo uso eficiente, seja por penalização por uso ineficiente.

Especificamente nas BHLS há três situações relativas à demanda de uso de água que necessitam ser mais bem trabalhadas no curto prazo. A primeira refere-se à exportação de água para a RMJP, pois não se verifica na capital nenhuma informação pública e massiva sobre a limitação das fontes hídricas locais para atender as demandas crescentes. Ou seja, a solução de importar água da bacia do Gramame e futuramente do Abiaí deve ser acompanhada de uma ação de conscientização do uso dessa água, uma vez que essa transposição tem limites técnicos definidos pelo diâmetro das adutoras e potência das bombas, mas também tem um limite definido pelo comportamento da bacia e dos outros usuários de água, seja a montante, reduzindo a vazão afluente ao reservatório, seja a jusante, caracterizando novas demandas de água que devem ser examinadas à luz da legislação: há a prioridade legal para o *abastecimento humano*, mas não para toda e qualquer atividade urbana atendida pela rede da CAGEPA. O Plano deve definir os usos prioritários para a BHLS e nessa discussão deve entrar a exportação de água pela importância das vazões derivadas e pela expansão das obras para a bacia do Abiaí.

O segundo ponto que merece destaque nas demandas é o da irrigação da cana de açúcar, uma vez que a ANA utiliza um critério de irrigação de salvamento que reduz consideravelmente as vazões utilizadas nos balanços hídricos. É necessário um aprofundamento dessa análise junto ao setor sucroalcooleiro para a melhor definição dos parâmetros utilizados pela Agência, que discordam dos utilizados no Plano Estadual. Para isso, será proposto um simpósio entre os técnicos das empresas e da AESA para permitir a formação de um quadro referencial mais claro e consistente.







Por fim, o terceiro ponto refere-se ao uso da água subterrânea, que necessita ser melhor definido, seja por monitoramento de poços por amostragem, seja por cobrança do envio de informações de volumes extraídos por período de tempo. O efluente gerado pela água subterrânea pode aumentar a vazão dos corpos hídricos superficiais receptores na estiagem, mas essa vazão adicional pode ser reduzida ou eliminada de acordo com o uso da água, além de poder estar fora dos parâmetros de qualidade para os outros usos pretendidos. Considerando o grande número potencial de poços e a ineficiência usual de processos fiscalizatórios massivos, o entendimento desse quadro deve ser apoiado em uma ação cooperativa entre a AESA, a CAGEPA e outros grandes usuários de água subterrânea, a partir do compartilhamento de informações.

Ações indutoras da redução da demanda de forma geral e não estrutural são frequentes em planos de bacia. Entre elas, o reúso da água merece destaque pela potencialidade de redução de vazão especialmente para atividades que não requeiram uma qualidade mais restritiva. O reúso pode gerar redução significativa no setor industrial que responde mais rapidamente a incentivos, sejam financeiros, como redução do valor da cobrança, seja de imagem externa, como na obtenção de um selo de usuário de água consciente, o que pode agregar valor ao seu produto final.

No entanto, o reúso de água também demanda um controle rigoroso da qualidade da água a ser reutilizada, considerando possíveis riscos à saúde humana de trabalhadores e consumidores, além de verificar se não haverá alteração da qualidade do efluente final que possa inviabilizar o seu lançamento nos corpos hídricos mesmo após tratamento ou ultrapassar a capacidade técnica desse tratamento.

Outras ações de redução da demanda podem ser a captação das águas pluviais e seu uso em sanitários, irrigação de jardins e lavagem de veículos, por exemplo. Essas ações também podem responder rapidamente a incentivos financeiros, como redução da cobrança ou linhas de financiamento para implantação das estruturas, mas também podem ser demandadas diretamente no processo de licenciamento ambiental, se os empreendimentos estiverem em áreas com balanço hídrico crítico ou próximo da criticidade.







5.3 Estimativa das Cargas Poluidoras por Cenário

A estimativa da quantidade de poluentes que atingem os cursos d'água foi realizada por fonte de emissão e segundo os cenários e horizontes propostos, apresentados e discutidos no item de **CENÁRIOS ALTERNATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS**, especificamente na **Tabela 3.8**. A estimativa das cargas foi realizada para os três horizontes do Plano, isto é, de curto, médio e longo prazo (respectivamente, 2028, 2033 e 2043) considerando os cenários Tendencial, Otimista e Pessimista definidos. Os tópicos a seguir elucidam como foram estabelecidas as cargas poluidoras por sub-bacia hidrográfica para as bacias do Litoral Sul e os respectivos índices considerados para o cálculo.

As fontes de poluição foram catalogadas e divididas em: (i) esgoto doméstico urbano, (ii) efluentes da criação animal, (iii) efluentes da irrigação, (iv) efluentes da drenagem pluvial, (v) resíduos sólidos e (vi) indústria. Estas atividades foram elencadas para análise haja em vista a contribuição das mesmas na atual realidade de aporte de carga orgânica e nutrientes nos cursos d'água das bacias do Litoral Sul conforme discutido na etapa de Diagnóstico. Considerou-se ainda os setores avaliados no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, a saber: (i) Efluentes domésticos urbanos e rurais, industriais, (ii) Efluentes da agricultura e irrigação, (iii) Efluentes da drenagem pluvial e (iv) Efluentes resultantes dos depósitos de resíduos sólidos.

A contribuição da aquicultura para a geração de carga poluidora nas BHLS e a quantificação de da demanda hídrica associada a este uso pelo PERH-PB (2021) apresentou valores baixos frente às demais atividades. As cargas de esgoto doméstico rural, por sua vez, além de serem pouco representativas frente às cargas animais, podem ser consideradas até certo ponto autodepuráveis nos sistemas de fossas sépticas e sumidouros adotados no meio rural sob avaliação da qualidade da águas superficiais — o mesmo não pode ser aplicado para as águas subterrâneas. Devido a estes fatores apresentados, no presente item, não foram consideradas as cargas oriundas do esgoto doméstico rural e da aquicultura na quantificação da carga poluidora.

As estimativas das cargas poluidoras foram realizadas com base em três indicadores – conforme aqueles elencados para análise no PERH-BP (2021) e nas Resolução CONAMA N° 357/2005 e N° 430/2011 – sendo estes: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (*DBO*), o Fósforo Total (*FÓSFORO ou PT*) e o coliformes fecais (designado ao longo do texto apenas como *COLIFORMES*). Para os cálculos, foram utilizados os dados mais recentes de atendimento de serviços de esgotamento sanitário, tamanho de rebanhos, de área irrigada, área urbana e cadastro





de indústrias apresentados na etapa de Diagnóstico deste Plano de Recursos Hídricos e trabalhados ao longo da avaliação da Demanda Hídrica nas BLHS.

5.3.1 Esgoto Doméstico Urbano

A quantificação das cargas orgânicas provenientes do esgotamento domiciliar na região urbana foi realizada com base nos dados de projeção da população urbana e nos índices de coleta e tratamento de esgoto no meio urbano. Tais índices foram obtidos inicialmente das informações do Atlas Esgoto com cobertura temporal no ano de 2013 (ANA, 2017). Os índices de atendimento aplicado a cada sub-bacia referem-se à porcentagem da população urbana com coleta e tratamento (por solução individual ou coletiva) e sem tratamento (com ou sem coleta).

Foi aplicado um coeficiente de redução de 80% de DBO, fósforo e coliformes para a parcela de efluentes domésticos com tratamento - considerando um sistema de tratamento lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa (VON SPERLING, 2014) alinhado com as tipologias de tratamento secundário da Estações de Tratamento de Esgoto da região (ANA, 2019). Para a parcela do esgoto sanitário sem tratamento não foi aplicado o coeficiente de redução.

Para fins de espacialização, assumiu-se que a população urbana bem como a geração dos efluentes domésticos urbanos estão concentrados nas sedes municipais. Deste modo, aplicouse sobre a população urbana dos municípios as seguintes taxas de carga *per capita* dos indicadores elencados para avaliação: DBO 54 g/hab.dia, PT com geração *per capita* de 1 g/hab.dia e coliformes fecais com geração *per capita* de 1,6.109 org/hab.dia (VON SPERLING, 2014; PARAÍBA, 2021). Os valores de referência vão ao encontro com o que foi considerado na Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado da Paraíba (2019).

A partir dos índices estabelecidos foi quantificada a carga de esgotos com e sem tratamento que atinge os cursos d'água na bacia, e as respectivas cargas de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo e Coliformes Fecais para os nove cenários propostos (tendencial, otimista e pessimista no curto, médio e longo prazo). Os valores de atendimentos de serviços de esgotamento sanitário estão apresentados na **Tabela 5.6**, alinhados com o estabelecido para a Atualização do PERH-PB (2019).

Tabela 5.6 – Valores dos índices de atendimento de esgotamento sanitário (% população atendida) para os diferentes cenários adotados e respectivos horizontes.

| CENÁRIO | Curto Prazo | Médio Prazo | Longo Prazo |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| TENDENCIAL | 44% | 50% | 62% |
| OTIMISTA | 70% | 90% | 100% |
| PESSIMISTA | 34% | 33% | 32% |







Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do PERH-PB (2019).

No cenário tendencial as tendências observadas no passado foram projetadas para o futuro sem alterações significativas. Neste cenário foi considerado a extrapolação do aumento linear do índice de atendimento por esgotamento sanitário no estado da Paraíba referente aos valores registrados de 21%, 26%, 33% e 35% respectivamente em 2006, 2011, 2015 e 2018 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. A equação linear obtida foi aplicada para os prazos de curto, médio e longo prazos, isto é, 2028, 2033 e 2043.

O cenário otimista parte da premissa que ocorre um somatório de fatores positivos quanto ao desenvolvimento econômico, de forma que, possibilite a universalização dos serviços de água e esgoto no estado, conforme as metas definidas na Lei Nº 14.026/2020. Para isso, foi considerado como meta base o valor definido em Lei de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até o final de 2033 (médio prazo):

"Art. 11-B. Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento."

No horizonte de curto prazo foi aplicado o aumento proporcional da população atendida a partir do valor de índice de atendimento de 38% em 2021 adotado no PERH. Em contrapartida ao cenário otimista, o cenário pessimista assume uma conjugação de fatores negativos quanto às mudanças climáticas, ao desenvolvimento econômico e à eficácia dos instrumentos de gestão. Diante disso, para este cenário os índices de atendimento ao longo dos horizontes de projeto não possuem nenhuma melhora, variando somente conforme o aumento da população que deixa de ser atendida.

As cargas potenciais e remanescentes oriundas do esgoto doméstico urbano em cada sub-bacia, nos três cenários elaborados são apresentadas nas **Tabela 5.7** para os parâmetros DBO, FÓSFORO e COLIFORMES. As cargas potenciais referem-se ao total gerado destes parâmetros sem o abatimento pelas Estações de Tratamento de Esgoto e Soluções Individuais então consideradas nas cargas remanescentes. A **Tabela 5.8** e os gráficos da **Figura 5.2** e **Figura 5.3** sintetizam para cada bacia os resultados apresentados seguindo a mesma ordem de apresentação dos indicadores nas tabelas.

Tabela 5.7 – Cargas potenciais e remanescentes para esgoto doméstico.

| PARÂMETRO DBO (ton/ano) FÓSFORO | GVID D A GV A G | C | arga potenc | cial | | RIO OTIN | | , | IO PESSI | MISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|-------------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|--------------------|---------|---------|
| | SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| | SB Pitimbu | 278,49 | 309,92 | 383,82 | 122,54 | 86,78 | 76,76 | 202,74 | 228,10 | 285,57 | 180,46 | 185,95 | 193,45 |
| DΡΩ | SBAb5 | 299,12 | 332,87 | 412,25 | 131,61 | 93,20 | 82,45 | 217,76 | 244,99 | 306,71 | 193,83 | 199,72 | 207,77 |
| | SBAb6 | 470,62 | 523,74 | 648,63 | 207,07 | 146,65 | 129,73 | 342,61 | 385,47 | 482,58 | 304,96 | 314,24 | 326,91 |
| (ton/ano) | SBGr1 | 438,71 | 488,22 | 604,64 | 193,03 | 136,70 | 120,93 | 319,38 | 359,33 | 449,85 | 284,28 | 292,93 | 304,74 |
| | SBGr5 | 388,53 | 432,38 | 535,48 | 170,95 | 121,07 | 107,10 | 282,85 | 318,23 | 398,40 | 251,77 | 259,43 | 269,88 |
| | SB Pitimbu | 5,57 | 6,20 | 7,68 | 2,45 | 1,74 | 1,54 | 4,05 | 4,56 | 5,71 | 3,61 | 3,72 | 3,87 |
| FÁSFODO | SBAb5 | 5,98 | 6,66 | 8,24 | 2,63 | 1,86 | 1,65 | 4,36 | 4,90 | 6,13 | 3,88 | 3,99 | 4,16 |
| (ton/ano) | SBAb6 | 9,41 | 10,47 | 12,97 | 4,14 | 2,93 | 2,59 | 6,85 | 7,71 | 9,65 | 6,10 | 6,28 | 6,54 |
| (ton/ano) | SBGr1 | 8,77 | 9,76 | 12,09 | 3,86 | 2,73 | 2,42 | 6,39 | 7,19 | 9,00 | 5,69 | 5,86 | 6,09 |
| | SBGr5 | 7,77 | 8,65 | 10,71 | 3,42 | 2,42 | 2,14 | 5,66 | 6,36 | 7,97 | 5,04 | 5,19 | 5,40 |
| | SB Pitimbu | 5569,83 | 6198,44 | 7676,48 | 2450,73 | 1735,56 | 1535,30 | 4054,84 | 4562,05 | 5711,30 | 3609,25 | 3719,06 | 3868,95 |
| COLIFORMES | SBAb5 | 5982,31 | 6657,47 | 8244,98 | 2632,22 | 1864,09 | 1649,00 | 4355,12 | 4899,90 | 6134,26 | 3876,54 | 3994,48 | 4155,47 |
| (10 ¹² org/ano) | SBAb6 | 9412,50 | 10474,78 | 12972,55 | 4141,50 | 2932,94 | 2594,51 | 6852,30 | 7709,44 | 9651,58 | 6099,30 | 6284,87 | 6538,16 |
| (10 org/ano) | SBGr1 | 8774,20 | 9764,45 | 12092,83 | 3860,65 | 2734,05 | 2418,57 | 6387,62 | 7186,63 | 8997,06 | 5685,68 | 5858,67 | 6094,79 |
| | SBGr5 | 7770,62 | 8647,61 | 10709,67 | 3419,07 | 2421,33 | 2141,93 | 5657,01 | 6364,64 | 7968,00 | 5035,36 | 5188,56 | 5397,67 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.8 – Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para esgoto doméstico urbano.

| | | | C 1 | | C | | C | | | | |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|--|
| PARÂMETRO | Bacia | | OTIMISTA | | F | PESSIMISTA | | TENDENCIAL | | | |
| PAKAMETRO | Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| DDO | Abiaí | 461,22 | 326,63 | 288,94 | 763,11 | 858,57 | 1074,86 | 679,25 | 699,92 | 728,13 | |
| DBO | Gramame | 363,99 | 257,77 | 228,02 | 602,23 | 677,56 | 848,25 | 536,05 | 552,36 | 574,62 | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 825,21 | 584,40 | 516,97 | 1365,34 | 1536,13 | 1923,11 | 1215,31 | 1252,28 | 1302,75 | |
| FÓSFORO | Abiaí | 9,22 | 6,53 | 5,78 | 15,26 | 17,17 | 21,50 | 13,59 | 14,00 | 14,56 | |
| (ton/ano) | Gramame | 7,28 | 5,16 | 4,56 | 12,04 | 13,55 | 16,97 | 10,72 | 11,05 | 11,49 | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 16,50 | 11,69 | 10,34 | 27,31 | 30,72 | 38,46 | 24,31 | 25,05 | 26,06 | |
| COLIEODMES | Abiaí | 9224,44 | 6532,59 | 5778,80 | 15262,26 | 17171,39 | 21497,14 | 13585,09 | 13998,41 | 14562,58 | |
| COLIFORMES (10 ¹² org/ano) | Gramame | 7279,72 | 5155,37 | 4560,50 | 12044,63 | 13551,27 | 16965,06 | 10721,04 | 11047,23 | 11492,46 | |
| (10 org/ano) | TOTAL LS | 16504,16 | 11687,97 | 10339,30 | 27306,89 | 30722,66 | 38462,20 | 24306,13 | 25045,64 | 26055,04 | |





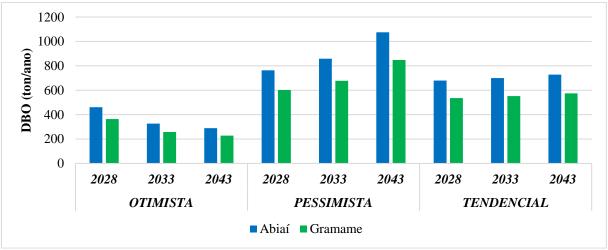


Figura 5.2 - Carga de DBO remanescente (ton/ano) nas BHLS, nos três cenários considerados para esgoto doméstico urbano.

Fonte: Elaboração própria.

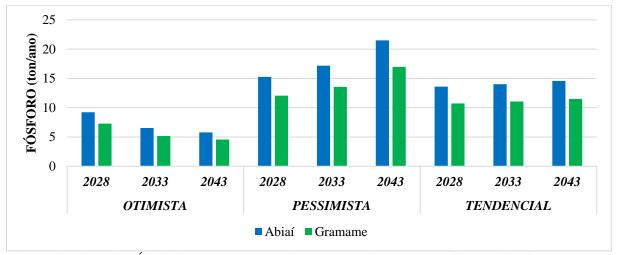


Figura 5.3 - Carga de FÓSFORO remanescente (ton/ano) nas BHLS, nos três cenários considerados para esgoto doméstico urbano.

Fonte: Elaboração própria.

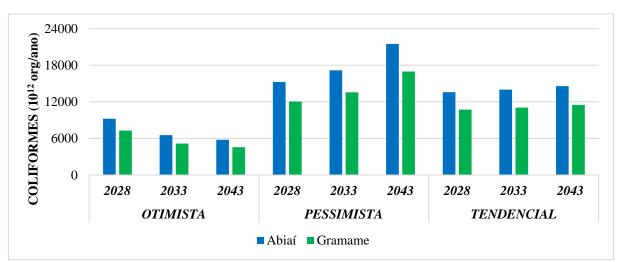


Figura 5.4 - Carga de COLIFORMES remanescente (10¹² org/ano) nas BHLS, nos três cenários considerados para esgoto doméstico urbano.







Com base nos dados apresentados, nota-se o impacto da diferença que os índices de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário assim como as eficiências de tratamento causam no quantitativo de cargas remanescentes. A carga potencial de DBO nos três cenários é igual conforme a metodologia adotada, variando na média entre todas as sub-bacias da **Tabela** 5.7 de 375 ton/ano em 2028 a 517 ton/ano em 2043. Isto ocorre haja em vista a taxa de crescimento demográfico adotada.

Na tabela são representadas somente as sub-bacias com sedes municipais inclusas, haja em vista o critério metodológico escolhido. De tal forma, na bacia do Abiaí as sub-bacias que tiveram carga quantificada foram a SB Pitimbu, SBAb5 e SBAb6 com presença, respectivamente, dos centros urbanos de Pitimbu, Alhandra e Caaporã. Destas, a sub-bacia que abrange Caaporã apresenta a maior quantidade de carga remanescente, em função do seu maior número de habitantes.

Na bacia do Gramame, por sua vez, as cargas foram quantificadas nas sub-bacias SBGr1 (Pedras de Fogo) e SBGr5 (Conde). As cargas remanescentes nas duas sub-bacias são relativamente semelhantes, haja vista que suas respectivas populações são próximas. A SBGr1, no entanto, é estratégica pois abrange o trecho inicial do rio Gramame e alimenta o Açude Gramame – Mamuaba que abastece João Pessoa, Cabedelo e Bayeux.

Como é possível observar nos gráficos das **Figura 5.2**, **Figura 5.3** e **Figura 5.4**, os valores de cargas remanescentes entre as duas bacias são relativamente próximos. Além disso, nota-se pelas figuras, que no cenário tendencial o aporte de carga orgânica e nutrientes nas bacias aumentam – apesar deste aumento ser sutil. Neste cenário, apesar de ter sido considerado um aumento dos índices de atendimento de serviços de esgotamento sanitário, os valores estimados não são capazes de abater o aumento de carga proveniente do crescimento da população. A redução da carga poluidora remanescente é mais acentuada no cenário otimista que leva em consideração o atendimento de 100% da população até 2043. O cenário pessimista, em contrapartida, considera o aumento da população sem as melhorias dos serviços de saneamento, o que acarreta a uma maior quantidade de matéria orgânica e nutrientes que chegam aos cursos d'água sem abatimento.

5.3.2 Efluentes da Criação Animal

Em geral, a criação animal praticada nas bacias do Litoral Sul é do tipo extensiva, de modo que, as cargas orgânicas provenientes da atividade passam por um processo natural de depuração







antes de chegar aos corpos hídricos. Para a estimativa do quantitativo de cabeças por municípios, foram adotadas as mesmas taxas de crescimento utilizadas no cálculo da demanda hídrica do setor, isto é, respectivamente, 2%, 3% e -2% para os cenários tendencial, otimista e pessimista. Os dados de base possuem como referência os dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017) que elenca o número de animais por rebanho e por município.

Juntamente com carga de contribuição de cada espécie, foram adotados alguns coeficientes de disposição final atribuídos a cada espécie animal, quantificando o percentual da carga de poluição que atinge os corpos de água — **Tabela 5.9**. Nota-se que para esta fonte de poluição foram tomados somente os indicadores de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Fecais por se mostrarem mais significativos frente ao fósforo para esta fonte de poluição.

Tabela 5.9 - Taxas de contribuição per capita para criação animal.

| Rebanho | Carga unitária DBO (g/animal/dia) | Coeficiente de disposição final DBO (%) (g/animal/dia) | Carga unitária COLIFORMES (10 ⁶ org/dia) | Coeficiente de disposição final COLIFORMES (%) (g/animal/dia) |
|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Bovinos | 378,00 | 1% | 5400 | 1% |
| Equinos | 230,00 | 1% | 5700 | 1% |
| Ovinos | 297,00 | 1% | 18000 | 1% |
| Suínos | 216,00 | 10% | 8900 | 1% |
| Aves | 9,27 | 10% | 240 | 10% |

Fonte: SUNIPAMPA/UFSM/MMA (2009).

Uma vez que os dados de rebanho são fornecidos por município, para a estimativa dos valores por sub-bacia foi considerada a proporção de cada município inserido nas sub-bacias assumindo-se que os rebanhos se distribuem de maneira homogênea no território. As cargas potenciais e remanescentes dos efluentes oriundos da criação animal em cada sub-bacia, nos três cenários elaborados são apresentadas na **Tabela 5.10** para os parâmetros DBO e coliformes. A **Tabela 5.11** exibe o somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da criação animal.







Tabela 5.10 – Carga poluidora oriunda de efluentes da criação animal.

| | Tabela 5.10 – Carga poluidora oriunda de efluentes da criação animal. PARÊNTERRO CHARIO CENÁRIO OTIMISTA CENÁRIO PESSIMISTA CENÁRIO TENDENCIAL | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | | | | | | | | | | | |
| | GD G N | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | | |
| | SB Centro Norte | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | | |
| | SB Centro Sul | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | | |
| | SB Grau | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,14 | 0,12 | 0,08 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | | |
| | SB Norte | 0,20 | 0,22 | 0,27 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | 0,19 | 0,20 | 0,23 | | |
| | SB Pitimbu | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | | |
| | SB Sul | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | | |
| | SBAb1 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | |
| | SBAb2 | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,14 | 0,12 | 0,09 | 0,22 | 0,24 | 0,27 | | |
| | SBAb3 | 0,34 | 0,37 | 0,45 | 0,20 | 0,17 | 0,12 | 0,31 | 0,33 | 0,38 | | |
| DBO | SBAb4 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | | |
| (ton/ano) | SBAb5 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | | |
| (toli/ulio) | SBAb6 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | | |
| | SBAb7 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | | |
| | SBAb8 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | | |
| | SBGr1 | 0,29 | 0,32 | 0,39 | 0,17 | 0,15 | 0,10 | 0,27 | 0,29 | 0,33 | | |
| | SBGr2 | 0,26 | 0,29 | 0,34 | 0,15 | 0,13 | 0,09 | 0,24 | 0,25 | 0,29 | | |
| | SBGr3 | 0,28 | 0,31 | 0,37 | 0,16 | 0,14 | 0,10 | 0,25 | 0,27 | 0,32 | | |
| | SBGr4 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | | |
| | SBGr5 | 0,35 | 0,39 | 0,47 | 0,21 | 0,18 | 0,13 | 0,32 | 0,35 | 0,40 | | |
| | SBGr6 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | | |
| | SBGr7 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | | |
| | SB Centro Norte | 0,55 | 0,61 | 0,73 | 0,32 | 0,28 | 0,20 | 0,50 | 0,54 | 0,62 | | |
| | SB Centro Sul | 0,79 | 0,88 | 1,06 | 0,46 | 0,40 | 0,29 | 0,73 | 0,78 | 0,90 | | |
| | SB Grau | 3,30 | 3,67 | 4,42 | 1,93 | 1,69 | 1,19 | 3,03 | 3,27 | 3,77 | | |
| | SB Norte | 2,80 | 3,11 | 3,74 | 1,64 | 1,43 | 1,01 | 2,56 | 2,77 | 3,19 | | |
| | SB Pitimbu | 0,35 | 0,39 | 0,47 | 0,21 | 0,18 | 0,13 | 0,32 | 0,35 | 0,40 | | |
| | SB Sul | 0,38 | 0,42 | 0,50 | 0,22 | 0,19 | 0,14 | 0,35 | 0,37 | 0,43 | | |
| | SBAb1 | 0,30 | 0,33 | 0,40 | 0,17 | 0,15 | 0,11 | 0,27 | 0,29 | 0,34 | | |
| | SBAb2 | 3,34 | 3,72 | 4,47 | 1,96 | 1,71 | 1,21 | 3,06 | 3,32 | 3,82 | | |
| | SBAb3 | 4,64 | 5,17 | 6,21 | 2,72 | 2,37 | 1,68 | 4,26 | 4,61 | 5,30 | | |
| | SBAb4 | 0,76 | 0,84 | 1,02 | 0,45 | 0,39 | 0,27 | 0,70 | 0,75 | 0,87 | | |
| | SBAb5 | 0,64 | 0,71 | 0,85 | 0,37 | 0,33 | 0,23 | 0,58 | 0,63 | 0,73 | | |
| COLIFORMES | SBAb6 | 1,32 | 1,47 | 1,77 | 0,78 | 0,68 | 0,48 | 1,21 | 1,31 | 1,51 | | |
| (10 ¹² org/ano) | SBAb7 | 0,51 | 0,56 | 0,68 | 0,30 | 0,26 | 0,18 | 0,46 | 0,50 | 0,58 | | |







| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | CENÁRIO OTIMISTA | | | CENÁI | RIO PESSIM | IISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|-----------|------------|------------------|------|------|-------|------------|-------|--------------------|------|------|
| PAKAMETKO | SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| | SBAb8 | 0,74 | 0,82 | 0,98 | 0,43 | 0,38 | 0,27 | 0,67 | 0,73 | 0,84 |
| | SBGr1 | 4,02 | 4,47 | 5,38 | 2,36 | 2,05 | 1,45 | 3,69 | 3,99 | 4,59 |
| | SBGr2 | 3,58 | 3,99 | 4,80 | 2,10 | 1,83 | 1,29 | 3,29 | 3,56 | 4,10 |
| | SBGr3 | 4,16 | 4,63 | 5,57 | 2,44 | 2,13 | 1,50 | 3,82 | 4,13 | 4,75 |
| | SBGr4 | 0,97 | 1,08 | 1,29 | 0,57 | 0,49 | 0,35 | 0,89 | 0,96 | 1,10 |
| | SBGr5 | 4,86 | 5,41 | 6,51 | 2,85 | 2,49 | 1,76 | 4,46 | 4,83 | 5,56 |
| | SBGr6 | 0,86 | 0,95 | 1,15 | 0,50 | 0,44 | 0,31 | 0,79 | 0,85 | 0,98 |
| | SBGr7 | 0,67 | 0,74 | 0,89 | 0,39 | 0,34 | 0,24 | 0,61 | 0,66 | 0,76 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.11 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da criação animal.

| Tubela 2.11 Bolliatorio dal cargas portatabras por bacia marografica e contarios para criacines da criação alimitar. | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|-------|-------|------------|-----------|-------|------------|-------|-------|--|--|--|
| PARÂMETRO | Bacia | OTIMISTA | | | P] | ESSIMISTA | | TENDENCIAL | | | | | |
| | | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | | | |
| DDO | Abiaí | 1,44 | 1,60 | 1,93 | 0,85 | 0,74 | 0,52 | 1,32 | 1,43 | 1,65 | | | |
| | DBO Gramame | 1,35 | 1,50 | 1,81 | 0,79 | 0,69 | 0,49 | 1,24 | 1,34 | 1,55 | | | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 2,79 | 3,11 | 3,74 | 1,64 | 1,43 | 1,01 | 2,56 | 2,77 | 3,19 | | | |
| COLIFORMES (10 ¹² org/ano) | Abiaí | 20,40 | 22,70 | 27,30 | 11,96 | 10,43 | 7,36 | 18,71 | 20,25 | 23,31 | | | |
| | Gramame | 19,12 | 21,27 | 25,59 | 11,21 | 9,77 | 6,90 | 17,54 | 18,97 | 21,85 | | | |
| | TOTAL LS | 39,52 | 43,97 | 52,89 | 23,18 | 20,20 | 14,26 | 36,25 | 39,22 | 45,16 | | | |





Os valores apresentados são uma soma das cargas geradas por animal e por sub-bacia. A espécie de criação predominante na sub-bacia influencia diretamente na carga de matéria orgânica gerada, com os bovinos tendo a maior contribuição. As cargas geradas por cenário possuem diferença devido aos percentuais de crescimento adotados para cada hipótese.

A pecuária não é um atividade de relevância para a região do Litoral Sul, se comparada às demais localidades da Paraíba. De tal forma, a contribuição da criação animal para o aporte de cargas poluidoras nos corpos hídricos da região é pequena. Mesmo assim, as sub-bacias que mais contribuem em termos de carga total em cada bacia, são a sub-bacia SBAb3 no Abiaí e a sub-bacia SBGr5 no Gramame.

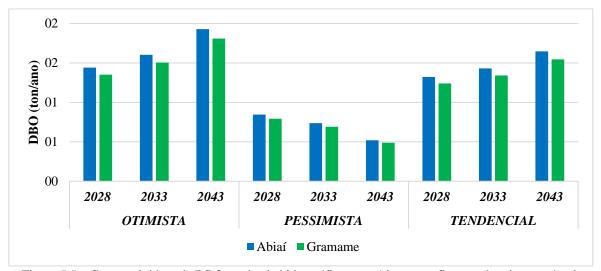


Figura 5.5 – Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da criação animal. Fonte: Elaboração própria.

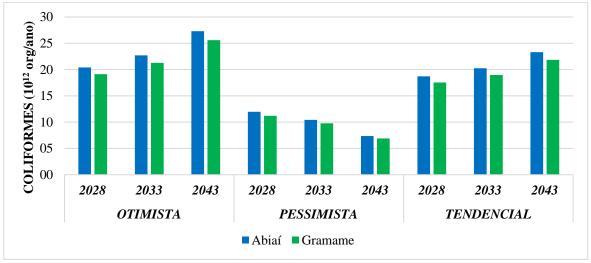


Figura 5.6 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da criação animal.







Como é possível observar nos gráficos acima da **Figura 5.5** e **Figura 5.6**, as duas bacias do Litoral Sul possuem valores semelhantes de carga total de DBO e coliformes, assim como o obtido contabilizando-se o esgoto doméstico. Nos cenários onde foi considerado um crescimento do setor pecuário a carga gerada de DBO cresce até cerca de 3,2 ton DBO/ano no cenário tendencial e 3,7 ton/ano no cenário otimista, ambos estes valores considerando o somatório de todas as bacias. Por outro lado, no cenário pessimista, onde foi considerada uma diminuição percentual do rebanho, a carga produzida que escoa para os cursos d'água diminui consideravelmente.

5.3.3 Irrigação

A carga orgânica e de nutrientes advindas da irrigação são, em geral, carreados aos corpos hídricos com auxílio das chuvas, principalmente com uma contribuição significativa de fósforo aos cursos d'água. Para a poluição de origem agrícola, foram consideradas os valores de área total irrigada e fertirrigada do Atlas Irrigação (ANA, 2021), por município. A partir destes valores considerou-se a taxa de geração *per capita* de 0,4 kgP/ha.ano conforme o mesmo procedimento adotado no PERH-PB (2019). Assim como na estimativa da carga gerada pela criação animal, na irrigação também se ponderou o percentual do município inserida dentro de cada sub-bacia para o cálculo.

Foram aplicadas ainda sobre os dados de área colhida as respectivas taxas de crescimento anual de cada cenário, aqui adotadas como: aumento de 0,5% ao ano no cenário tendencial, crescimento de 2% ao ano no cenário otimista e decrescimento de 2% ao ano no cenário pessimista — em consonância com os valores estimados no PERH-PB (2021). As cargas potenciais e remanescentes dos efluentes da irrigação em cada sub-bacia, nos três cenários elaborados são apresentadas por sub-bacia na **Tabela 5.12** e por bacia na **Tabela 5.13** para o parâmetro fósforo total.







Tabela 5.12 - Carga poluidora oriunda da irrigação.

| PARÂMETRO | CLID DACTAC | CENÁ | RIO OTIM | | CENÁI | RIO PESSIM | ISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | | |
|-----------|-----------------|------|----------|------|-------|------------|------|--------------------|------|------|--|
| PARAMETRO | SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| | SB Centro Norte | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | |
| | SB Centro Sul | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| | SB Grau | 0,26 | 0,28 | 0,32 | 0,19 | 0,17 | 0,13 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | |
| | SB Norte | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | |
| | SB Pitimbu | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | |
| | SB Sul | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | |
| | SBAb1 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | |
| | SBAb2 | 0,60 | 0,65 | 0,75 | 0,45 | 0,40 | 0,29 | 0,54 | 0,55 | 0,58 | |
| | SBAb3 | 0,43 | 0,46 | 0,54 | 0,32 | 0,28 | 0,21 | 0,39 | 0,40 | 0,42 | |
| FÓSFORO | SBAb4 | 0,49 | 0,54 | 0,62 | 0,37 | 0,33 | 0,24 | 0,45 | 0,46 | 0,48 | |
| (ton/ano) | SBAb5 | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,15 | 0,13 | 0,10 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | |
| (ton/ano) | SBAb6 | 0,49 | 0,54 | 0,62 | 0,37 | 0,33 | 0,24 | 0,45 | 0,46 | 0,48 | |
| | SBAb7 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | |
| | SBAb8 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | |
| | SBGr1 | 0,54 | 0,58 | 0,68 | 0,41 | 0,36 | 0,26 | 0,49 | 0,50 | 0,52 | |
| | SBGr2 | 0,59 | 0,64 | 0,74 | 0,44 | 0,39 | 0,29 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | |
| | SBGr3 | 0,69 | 0,75 | 0,88 | 0,52 | 0,46 | 0,34 | 0,63 | 0,64 | 0,68 | |
| | SBGr4 | 0,22 | 0,24 | 0,28 | 0,17 | 0,15 | 0,11 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | |
| | SBGr5 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,20 | 0,18 | 0,13 | 0,24 | 0,24 | 0,26 | |
| | SBGr6 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | |
| | SBGr7 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.13 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para irrigação.

| PARÂMETRO | Bacia | OTIMISTA | | | Pl | ESSIMISTA | | TENDENCIAL | | |
|----------------------|----------|----------|------|------|------|-----------|------|------------|------|------|
| | | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| FÓSFORO (ton/ano) | Abiaí | 3,01 | 3,27 | 3,80 | 2,27 | 2,01 | 1,48 | 2,73 | 2,80 | 2,93 |
| | Gramame | 2,36 | 2,57 | 2,99 | 1,78 | 1,58 | 1,16 | 2,15 | 2,20 | 2,30 |
| | TOTAL LS | 5,38 | 5,85 | 6,79 | 4,06 | 3,58 | 2,64 | 4,88 | 5,00 | 5,23 |





Os resultados obtidos relacionam-se diretamente com as áreas de irrigação discriminadas no Atlas Irrigação (ANA, 2021), com a aplicação das respectivas taxas de crescimento adotadas. No Litoral Sul, as sub-bacias que mais contribuem em termos de carga total de fósforo em cada bacia, são a sub-bacia SBAb2 no Abiaí e a sub-bacia SBGr3 no Gramame. A média dos valores de carga de fósforo gerada por bacia considerando o ano de 2043 para o cenário tendencial é de 2,93 e 2,30 ton/ano respectivamente para Abiaí e Gramame.

No cenário tendencial, a carga gerada mantém-se praticamente estável devido à baixa taxa de crescimento do setor adotada de 0,5% (**Figura 5.7**). No cenário pessimista, no entanto, de redução das áreas irrigadas e encolhimento do setor este quadro se altera ao extremo de valores de carga remanescente inferiores a 2,5 ton/ano para ambas as bacias.

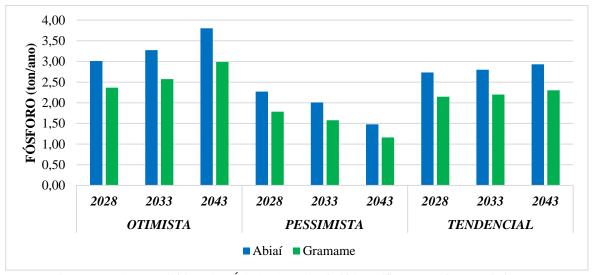


Figura 5.7 - Carga poluidora de FÓSFORO por bacia hidrográfica e cenários para irrigação. Fonte: Elaboração própria.

5.3.4 Drenagem Urbana

Para o cálculo da poluição advinda da drenagem urbana, foi considerada a classe de Área Urbanizada do mapa de uso do solo do projeto MapBiomas referente ao ano de 2021. Para aquelas áreas que se encontravam em mais de uma sub-bacia ponderou-se a proporção da região inserida em cada sub-bacia. Esse levantamento independe se a cidade possui rede de drenagem ou não. De acordo com os dados dos SNIS levantados na etapa de Diagnóstico praticamente não há tratamento de águas provenientes de drenagem urbana nas bacias do Litoral Sul, sendo esta parcela de efluentes encaminhada ao esgoto doméstico.

No cenário tendencial foi considerado um aumento na área de drenagem dos municípios equivalente ao acréscimo da projeção populacional urbana estimada de 2,0% para as bacias do









Litoral Sul. No cenário otimista, a taxa de crescimento de 1,2% adotada engloba não somente o aumento das áreas urbanizadas como também a melhoria e expansão das estruturas de drenagem. O mesmo princípio foi aplicado ao cenário pessimista, onde os 2,4% de taxa de crescimento adotada parte da premissa que as estruturas de drenagem não melhoram significativamente.

As estimativas da carga orgânica poluidora oriunda da drenagem urbana teve como premissa a geração de 22 kg/km².dia para Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e de 1,53 kg/km².dia para o Fósforo Total (PARAIBA, 2019). O coeficiente de escoamento adotado foi de 0,6. As cargas potenciais e remanescentes da drenagem urbana gerada em cada sub-bacia, nos três cenários elaborados são apresentadas na **Tabela 5.14** e **Tabela 5.15**, além das **Figura 5.8** e **Figura 5.9** para o parâmetros DBO e fósforo.







Tabela 5.14 - Carga poluidora oriunda da drenagem urbana.

| | | | - Carga polu RIO OTIM | | a da drenager | n urbana. RIO PESSIM | TCTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | | |
|-----------|-----------------|-------|--------------------------|-------|---------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|-------|--|
| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| | SB Centro Norte | 4,68 | 4,99 | 5,62 | 5,98 | 6,38 | 7,18 | 5,20 | 5,55 | 6,25 | |
| | SB Centro Sul | 1,22 | 1,30 | 1,46 | 1,55 | 1,66 | 1,87 | 1,35 | 1,44 | 1,62 | |
| | SB Grau | 0,54 | 0,57 | 0,65 | 0,69 | 0,73 | 0,83 | 0,60 | 0,64 | 0,72 | |
| | SB Norte | 25,35 | 27,06 | 30,47 | 32,40 | 34,57 | 38,93 | 28,17 | 30,06 | 33,85 | |
| | SB Pitimbu | 2,45 | 2,62 | 2,95 | 3,13 | 3,34 | 3,76 | 2,72 | 2,91 | 3,27 | |
| | SB Sul | 0,84 | 0,90 | 1,01 | 1,07 | 1,15 | 1,29 | 0,93 | 1,00 | 1,12 | |
| | SBAb1 | 0,98 | 1,04 | 1,17 | 1,25 | 1,33 | 1,50 | 1,08 | 1,16 | 1,30 | |
| | SBAb2 | 0,95 | 1,01 | 1,14 | 1,21 | 1,29 | 1,46 | 1,05 | 1,12 | 1,27 | |
| | SBAb3 | 10,35 | 11,05 | 12,44 | 13,23 | 14,12 | 15,90 | 11,50 | 12,28 | 13,82 | |
| DBO | SBAb4 | 5,26 | 5,61 | 6,32 | 6,72 | 7,17 | 8,08 | 5,84 | 6,24 | 7,02 | |
| (ton/ano) | SBAb5 | 9,75 | 10,41 | 11,72 | 12,46 | 13,30 | 14,97 | 10,84 | 11,56 | 13,02 | |
| (ton/ano) | SBAb6 | 6,07 | 6,48 | 7,29 | 7,75 | 8,28 | 9,32 | 6,74 | 7,20 | 8,10 | |
| | SBAb7 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | |
| | SBAb8 | 0,96 | 1,03 | 1,16 | 1,23 | 1,32 | 1,48 | 1,07 | 1,14 | 1,29 | |
| | SBGr1 | 16,48 | 17,58 | 19,80 | 21,05 | 22,47 | 25,30 | 18,31 | 19,54 | 22,00 | |
| | SBGr2 | 1,55 | 1,66 | 1,86 | 1,98 | 2,12 | 2,38 | 1,72 | 1,84 | 2,07 | |
| | SBGr3 | 34,97 | 37,32 | 42,03 | 44,69 | 47,69 | 53,70 | 38,86 | 41,47 | 46,70 | |
| | SBGr4 | 8,18 | 8,73 | 9,83 | 10,45 | 11,15 | 12,56 | 9,09 | 9,70 | 10,92 | |
| | SBGr5 | 33,72 | 35,99 | 40,52 | 43,09 | 45,98 | 51,78 | 37,47 | 39,99 | 45,03 | |
| | SBGr6 | 7,04 | 7,51 | 8,46 | 9,00 | 9,60 | 10,81 | 7,82 | 8,35 | 9,40 | |
| | SBGr7 | 4,21 | 4,50 | 5,07 | 5,39 | 5,75 | 6,47 | 4,68 | 5,00 | 5,63 | |
| | SB Centro Norte | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,42 | 0,44 | 0,50 | 0,36 | 0,39 | 0,43 | |
| | SB Centro Sul | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | |
| | SB Grau | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | |
| | SB Norte | 1,76 | 1,88 | 2,12 | 2,25 | 2,40 | 2,71 | 1,96 | 2,09 | 2,35 | |
| | SB Pitimbu | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,26 | 0,19 | 0,20 | 0,23 | |
| FÓSFORO | SB Sul | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | |
| (ton/ano) | SBAb1 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | |
| , , | SBAb2 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | |
| | SBAb3 | 0,72 | 0,77 | 0,87 | 0,92 | 0,98 | 1,11 | 0,80 | 0,85 | 0,96 | |
| | SBAb4 | 0,37 | 0,39 | 0,44 | 0,47 | 0,50 | 0,56 | 0,41 | 0,43 | 0,49 | |
| | SBAb5 | 0,68 | 0,72 | 0,82 | 0,87 | 0,92 | 1,04 | 0,75 | 0,80 | 0,91 | |
| | SBAb6 | 0,42 | 0,45 | 0,51 | 0,54 | 0,58 | 0,65 | 0,47 | 0,50 | 0,56 | |
| | SBAb7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |





CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | CENÁRIO OTIMISTA | | | CENÁI | RIO PESSIM | /ISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | | |
|-----------|------------|------------------|------|------|-------|------------|-------|--------------------|------|------|--|
| | | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | |
| | SBAb8 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | |
| | SBGr1 | 1,15 | 1,22 | 1,38 | 1,46 | 1,56 | 1,76 | 1,27 | 1,36 | 1,53 | |
| | SBGr2 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | |
| | SBGr3 | 2,43 | 2,60 | 2,92 | 3,11 | 3,32 | 3,73 | 2,70 | 2,88 | 3,25 | |
| | SBGr4 | 0,57 | 0,61 | 0,68 | 0,73 | 0,78 | 0,87 | 0,63 | 0,67 | 0,76 | |
| | SBGr5 | 2,35 | 2,50 | 2,82 | 3,00 | 3,20 | 3,60 | 2,61 | 2,78 | 3,13 | |
| | SBGr6 | 0,49 | 0,52 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,75 | 0,54 | 0,58 | 0,65 | |
| | SBGr7 | 0,29 | 0,31 | 0,35 | 0,37 | 0,40 | 0,45 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.15 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para drenagem urbana.

| raceia 3.13 Schiatorio aus eurgus portugeras por suela marograriea e centarios para arenagem arbana. | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|--------|--------|--------|------------|--------|------------|--------|--------|--|--|--|
| PARÂMETRO | Bacia | OTIMISTA | | | I | PESSIMISTA | | TENDENCIAL | | | | | |
| FARAMETRO | Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | | | |
| DDO | Abiaí | 69,40 | 74,07 | 83,41 | 88,68 | 94,64 | 106,57 | 77,11 | 82,30 | 92,67 | | | |
| | DBO Gramame | 106,15 | 113,29 | 127,57 | 135,64 | 144,76 | 163,01 | 117,95 | 125,88 | 141,75 | | | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 175,55 | 187,36 | 210,98 | 224,32 | 239,41 | 269,59 | 195,06 | 208,18 | 234,42 | | | |
| rágropo Al | Abiaí | 4,83 | 5,15 | 5,80 | 6,17 | 6,58 | 7,41 | 5,36 | 5,72 | 6,44 | | | |
| FÓSFORO (ton/one) | Gramame | 7,38 | 7,88 | 8,87 | 9,43 | 10,07 | 11,34 | 8,20 | 8,75 | 9,86 | | | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 12,21 | 13,03 | 14,67 | 15,60 | 16,65 | 18,75 | 13,57 | 14,48 | 16,30 | | | |







A carga de poluição oriunda da drenagem pluvial urbana é diretamente relacionada com o estado de conservação e a quantidade/extensão das estruturas de drenagem bem como com os índices de precipitação média e intensidade de chuva. A parte desses fatores de variação, a estimativa realizada exibe uma carga de no máximo 270 ton de DBO e 19 ton de fósforo por ano nos três cenários considerados até o ano de 2043 – valores referente à soma da contribuição das duas bacias no cenário pessimista de longo prazo.

As sub-bacias que mais contribuem em termos de carga total de DBO e coliformes em cada bacia são a sub-bacia SB Norte no Abiaí e a sub-bacia SBGr3 no Gramame. A SBGr3 gera valores maiores de carga orgânica e nutrientes proveniente da drenagem urbana devido à abrangência de parte da região metropolitana de João Pessoa próximo à foz da sub-bacia. Ainda na bacia do rio Gramame, as SBGr5 e SBGr1 abarcam, respectivamente, os centros urbanos de Conde e Pedras de Fogo. Na bacia do Abiaí, SB Norte desponta com maior carga orgânica gerada devido à existência do distrito de Jacumã (Conde) na sub-bacia – região esta povoada e conhecida pelo turismo. Em seguida, têm-se as SBAb3 e SBAb5 (centro urbano de Alhandra).

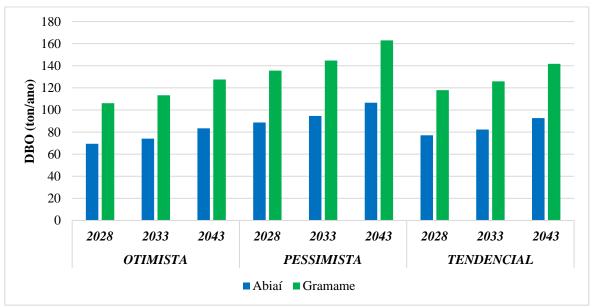


Figura 5.8 - Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para drenagem urbana. Fonte: Elaboração própria.





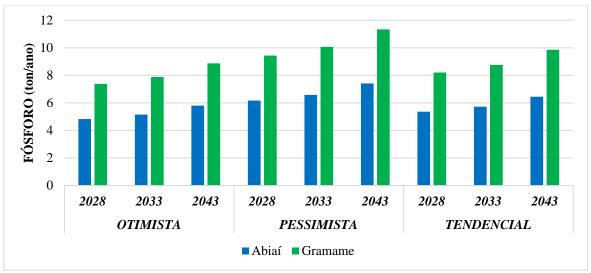


Figura 5.9 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para drenagem urbana Fonte: Elaboração própria.

5.3.5 Resíduos Sólidos

A quantificação das cargas orgânicas provenientes de aterros sanitários e lixões foi realizada com base nas informações do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2014) sobre a destinação dos resíduos sólidos por município e as respectivas quantidades geradas. A partir dessas informações, com ano base de 2010, foram calculadas as produções de resíduos sólidos *per capita* por município e obtida a média para as bacias do Litoral Sul. A média resultante foi de 0,26 toneladas de resíduos sólidos gerado por ano e por cada habitante. O índice de crescimento de 1,6% da população total das BHLS foi aplicado conforme metodologia já adotada anteriormente.

As taxas de emissão de chorume foram aplicadas conforme adotado no PERH da Paraíba (2019), tomando-se como base as premissas de que: (i) os municípios que não possuem aterro sanitário ou controlado, geram uma taxa de chorume de 0,896 m³/t.dia; (ii) os municípios que possuem aterro sanitário ou controlado, geram uma taxa de chorume de 0,224 m³/t.dia; (iii) em todas as áreas, os resíduos sólidos, independendo da forma de armazenamento, geram uma concentração média de DBO para o chorume produzido de 9.000 mg.L-1; e (iv) no chorume produzido em todas as áreas onde os resíduos sólidos são coletados e tratados, não há remoção de DBO antes de atingir o corpo receptor.

A avaliação da cargas geradas por cenários também se alinhou com a metodologia adotada no Plano Estadual de Recursos Hídricos do estado. No cenário tendencial, no curto prazo todos os municípios acima de 100 mil habitantes são atendidos com aterros sanitários; no médio prazo









a obrigatoriedade passa a ser para municípios com população entre 100 mil e 50 mil habitantes; no longo prazo, até 2043, todos os municípios são atendidos com aterro sanitário.

No cenário pessimista, por outro lado, os dados coletados pelo PERS-PB mantêm-se estagnado. Para o cenário otimista, consideraram-se as metas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e PERS, que é o atendimento de 100% dos municípios com aterro sanitário. O Marco do Saneamento no Brasil considera que até 2024 todos os municípios devem possuir aterro sanitário para disposição final dos seus resíduos sólidos. A partir das premissas adotadas foi quantificada a carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio oriunda da geração e disposição de resíduos sólidos, para os três cenários propostos - apresentadas na **Tabela 5.16** por sub-bacia hidrográfica e na **Tabela 5.17** por bacia juntamente com o gráfico da **Figura 5.10**.





CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

Tabela 5.16 - Carga poluidora oriunda de resíduos sólidos.

| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | CENÁRIO OTIMISTA | | | CENÁ | RIO PESSIM | ISTA | CENÁRIO TENDENCIAL | | |
|--------------------------|------------|------------------|------|-------|-------|------------|-------|--------------------|-------|------|
| | | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Pitimbu SBAb5 | 2,94 | 3,27 | 4,05 | 11,75 | 13,08 | 16,19 | 11,75 | 13,08 | 4,05 | |
| | SBAb5 | 3,15 | 3,51 | 4,35 | 12,62 | 14,04 | 17,39 | 12,62 | 14,04 | 4,35 |
| DBO (tan/ana) | SBAb6 | 4,96 | 5,52 | 6,84 | 19,86 | 22,10 | 27,36 | 19,86 | 22,10 | 6,84 |
| (ton/ano) SBGr1 SBGr5 | SBGr1 | 4,63 | 5,15 | 6,38 | 18,51 | 20,60 | 25,51 | 18,51 | 20,60 | 6,38 |
| | SBGr5 | 4,10 | 4,56 | 5,65 | 4,10 | 4,56 | 5,65 | 4,10 | 4,56 | 5,65 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.17 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários resíduos sólidos.

| PARÂMETRO | Bacia | OTIMISTA | | | P. | ESSIMISTA | | TENDENCIAL | | |
|------------------|----------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------|
| | | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| DBO (ton/ano) | Abiaí | 11,06 | 12,30 | 15,24 | 44,22 | 49,21 | 60,95 | 44,22 | 49,21 | 15,24 |
| | Gramame | 8,73 | 9,71 | 12,03 | 22,61 | 25,16 | 31,16 | 22,61 | 25,16 | 12,03 |
| | TOTAL LS | 19,78 | 22,01 | 27,26 | 66,83 | 74,37 | 92,11 | 66,83 | 74,37 | 27,26 |





No quadro levantado pelo PERS-PB (2014), para o ano base de 2010, dos nove município inseridos de forma integral ou parcial nas Bacias do Litoral Sul, apenas Santa Rita, Conde, João Pessoa e São Miguel de Taipu tinham como destino final para seus resíduos sólidos aterros sanitários. Esse quadro revela como a carga oriunda da disposição de resíduos sólidos é significativa no contexto das bacias.

A carga estimada no cenário tendencial para o ano de 2043 foi de 15 ton/ano para a bacia do Abiaí e 12 ton/ano para a bacia do Gramame. No pior cenário, onde mantém-se a situação identificada ainda em 2010 pelo PERS-PB estes valores passam para 92 ton/ano (Abiaí) e 31 ton/ano (Gramame). É possível notar no gráfico da **Figura 5.10** abaixo como a destinação dos resíduos para aterros sanitários devidamente operados diminui expressivamente a carga de matéria orgânica que por ventura chegam aos corpos d'água.

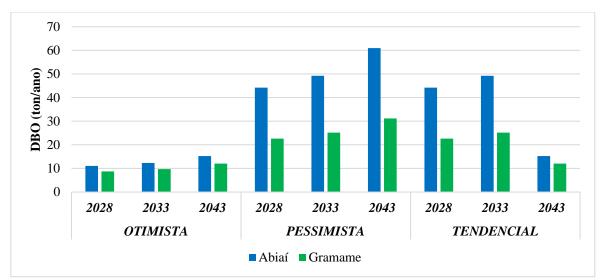


Figura 5.10 – Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para resíduos sólidos. Fonte: Elaboração própria.

5.3.6 Indústria

A estimativa da carga poluidora oriunda dos efluentes industrias considerou o cadastro de indústrias fornecido pela Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP) para o ano de referência de 2022. O quantitativo de indústrias por sub-bacia foi discutido e detalhado anteriormente na **Tabela 4.17** que destaca a SBGr3, onde insere-se o Distrito Industrial de João Pessoa com o maior quantitativo de empreendimentos em operação nas BHLS.

Com base na quantidade de indústrias por sub-bacia e na tipologia de produção foram aplicados os valores de referência de geração de DBO e PT por funcionário da **Tabela 5.18**. As indústrias de fabricação de bebidas e celulose, papel e produtos de papel possuem as maiores cargas







geradas de DBO por colaborador. A produção de bebidas também possui o maior valor de geração de fósforo associado a cada funcionário. A quantidade de funcionários define o porte da indústria; as informações da tipologia da produção e de porte/número de funcionários consta no banco de cadastros analisados.

Tabela 5.18 - Valores de referência adotados para a estimativa da carga poluidora das indústrias nas BHLS.

| Tabela 5.18 - Valores de referência adotados para a estimativa | da carga poluidora da | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--|--|
| D ~ | | DBO | PT | | |
| Descrição | Chave | (kg/funcio | (kg/funcio | | |
| 07 Extração do minerais metálicos | Metal | nario.ano) 0,386 | nario.ano) 0,023 | | |
| 07. Extração de minerais metálicos 08. Extração de minerais não-metálicos | Química | 9,660 | 0,023 | | |
| , | _ | 9,660 | 0,046 | | |
| 09. Atividades de apoio à extração de minerais | Química | | 2,023 | | |
| 10. Fabricação de produtos alimentícios | Alimento | 105,206 625,109 | | | |
| 11. Fabricação de bebidas | Bebida | | 12,021 | | |
| 12. Fabricação de produtos do fumo | Química Têxtil | 59,203 | 0,284 | | |
| 13. Fabricação de produtos têxteis | | 132,456 | 0,636 | | |
| 14. Confecção de artigos do vestuário e acessórios | Têxtil | 37,928 | 0,182 | | |
| Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados | Couro | 161,777 | 3,111 | | |
| Fabricação de produtos de madeira | Utilidade Pública | 28,515 | 0,950 | | |
| 17. Fabricação de celulose, papel e produtos de papel | Papel | 674,649 | 3,238 | | |
| 18. Impressão e reprodução de gravações | Papel | 12,818 | 0,062 | | |
| Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis | Química | 248,387 | 1,192 | | |
| 20. Fabricação de produtos químicos | Química | 102,660 | 0,493 | | |
| 21. Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos | Química | 38,617 | 0,185 | | |
| 22. Fabricação de produtos de borracha e de material plástico | Química | 17,923 | 0,086 | | |
| 23. Fabricação de produtos de minerais não-metálicos | Química | 33,001 | 0,158 | | |
| 24. Metalurgia | Metal | 10,447 | 0,627 | | |
| 25. Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos | Metal | 0,546 | 0,033 | | |
| 26. Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos | Metal | 0,531 | 0,032 | | |
| 27. Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos | Metal | 0,488 | 0,029 | | |
| 28. Fabricação de máquinas e equipamentos | Metal | 0,601 | 0,036 | | |
| Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias | Metal | 0,606 | 0,036 | | |
| 30. Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores | Metal | 3,718 | 0,223 | | |
| 31. Fabricação de móveis | Utilidade Pública | 8,585 | 0,286 | | |
| 32. Fabricação de produtos diversos | Utilidade Pública | 73,759 | 2,459 | | |
| 33. Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos | Utilidade Pública | 14,191 | 0,473 | | |
| 35. Eletricidade, gás e outras utilidades | Utilidade Pública | 2,377 | 0,079 | | |
| 36. Captação, tratamento e distribuição de água | Utilidade Pública | 2,377 | 0,079 | | |
| 37. Esgoto e atividades relacionadas | Utilidade Pública | 2,377 | 0,079 | | |
| 38. Coleta, tratamento e disposição de resíduos; recuperação de materiais | Utilidade Pública | 2,377 | 0,079 | | |
| 39. Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos | Utilidade Pública | 2,377 | 0,079 | | |
| 56. Alimentação | Alimento | 105,206 | 2,023 | | |
| 58. Edição e edição integrada à impressão | - | 0,000 | 0,000 | | |
| 59. Atividades cinematográficas, produção de vídeos e de | | | | | |
| programas de televisão; gravação de som e edição de música | - | 0,000 | 0,000 | | |

Fonte: Manual de Usos Consuntivo de Águas no Brasil (2019).







A **Tabela 5.19** apresenta as cargas poluidoras obtidas através da aplicação dos coeficientes sob o quantitativo de indústrias por sub-bacia. As sub-bacias não exibidas na **Tabela 5.19** não possuem carga poluidora pois não têm indústrias cadastradas segundo o banco de dados consultados. Como esperado, devido à maior quantidade de indústrias nas proximidades do Distrito Industrial de João Pessoa, a SBGr3 apresenta a maior geração de carga poluidora de DBO e PT entre as sub-bacias do Litoral Sul.

Em quadro semelhante ao registrado na avaliação das demandas hídricas, apesar das sub-bacias do Alto Gramame (SBGr1) e do riacho Ipiranga (SBGr5) terem apresentado uma maior quantidade de indústrias, a SBAb6 de Caaporã possui a segunda maior carga de DBO remanescente. Isto ocorre devido à existência na localidade de uma indústria de grande e outra de médio porte.

A grande quantidade de carga poluidora oriunda dos efluentes industrias na sub-bacia SBGr3 do rio Mumbaba é um ponto de atenção. Em uma captação a montante do trecho de rio onde localiza-se o distrito industrial, o Rio Mumbaba alimenta o açude Marés com uma retirada de 700 L/s — conforme o valor referente ao ano de 2021 outorgado pela AESA. Essa captação somada às demais já existentes neste rio — destacadas e discutidas no item **Demandas Hídricas por Sub-bacia Hidrográfica** - ao longo da sub-bacia diminuem a quantidade de água que chega à região do Distrito Industrial. A carga poluidora das indústrias, por sua vez, concentram-se majoritariamente no riacho Mussuré que encontra o rio Mumbaba já com a vazão reduzida. A vazão no trecho juntamente com os lançamentos de efluentes das indústrias geram um cenário de piora da qualidade da água no trecho a jusante do Distrito Industrial e do encontro do riacho Mussuré e do rio Mumbaba — próximo a foz da SBGr3.

Conforme a discussão ainda apresentada na etapa de Diagnóstico do presente PRH, o incremento da implantação de indústrias geradoras de efluentes líquidos no Distrito Industrial de João Pessoa e o lançamento desses efluentes em geral sem tratamento, no riacho Mussuré estão atrelados ao valores elevados de oxigênio dissolvido (OD), DBO e PT na localidade. Os rios Mumbaba e Gramame vêm apresentando um quadro de perda da capacidade de autodepuração após receberem a carga poluidora do Distrito Industrial através do riacho Mussuré. A situação tende a se agravar se for considerada o aumento da retirada de água nos cenários futuros – também apresentados e debatidos no item de **Demandas Hídricas por Subbacia Hidrográfica** – associado a elevação da geração de carga poluidora apresentada na **Tabela 5.19** e **Tabela 5.20**.









Os gráficos da **Figura 5.11** e **Figura 5.12** ilustram, por parâmetros, os valores apresentados na Tabela 5.20. Por conta da influências das indústrias do Distrito Industrial de João Pessoa — localizadas na sub-bacia SBGr3 — a carga poluidora expressa através dos parâmetros DBO e FÓSFORO é maior para a bacia do Gramame em comparação ao Abiaí. Esse resultado é especialmente mais notória para o PT em comparação à DBO, devido à tipologia das indústrias na bacia do Gramame possuírem uma maior geração de fósforo associada processo de produção. Destaca-se neste ínterim, a existência de grandes e médias empresas de fabricação de produtos têxteis e de fabricação de biocombustíveis.





CENÁRIOS FUTUROS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 21001-ETP5-RP5-S-00-01

Tabela 5.19 - Carga poluidora oriunda de efluentes da indústria nas sub-bacias do LS.

| PARÂMETRO | SUB-BACIAS | Cená | irio OTIMIS | STA | Cenár | io PESSIMI | ISTA | Cenári | o TENDEN | CIAL |
|-----------|------------|--------|-------------|--------|--------|------------|--------|--------|----------|--------|
| PARAMETRO | SUD-DACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| | SB Pitimbu | 11,02 | 11,99 | 13,92 | 8,31 | 7,35 | 5,41 | 10,34 | 10,83 | 11,79 |
| | SBAb5 | 65,93 | 71,72 | 83,29 | 49,74 | 43,96 | 32,39 | 61,89 | 64,78 | 70,56 |
| DBO | SBAb6 | 618,19 | 672,42 | 780,87 | 466,35 | 412,13 | 303,67 | 580,23 | 607,35 | 661,57 |
| (ton/ano) | SBGr1 | 418,42 | 455,13 | 528,53 | 315,65 | 278,95 | 205,54 | 392,73 | 411,08 | 447,78 |
| | SBGr3 | 737,36 | 802,04 | 931,40 | 556,25 | 491,57 | 362,21 | 692,08 | 724,42 | 789,10 |
| | SBGr5 | 255,36 | 277,76 | 322,56 | 192,64 | 170,24 | 125,44 | 239,68 | 250,88 | 273,28 |
| | SB Pitimbu | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,07 | 0,08 |
| | SBAb5 | 0,38 | 0,41 | 0,48 | 0,28 | 0,25 | 0,19 | 0,35 | 0,37 | 0,40 |
| FÓSFORO | SBAb6 | 3,03 | 3,30 | 3,83 | 2,29 | 2,02 | 1,49 | 2,85 | 2,98 | 3,24 |
| (ton/ano) | SBGr1 | 2,07 | 2,25 | 2,61 | 1,56 | 1,38 | 1,01 | 1,94 | 2,03 | 2,21 |
| | SBGr3 | 7,25 | 7,88 | 9,15 | 5,47 | 4,83 | 3,56 | 6,80 | 7,12 | 7,75 |
| | SBGr5 | 1,42 | 1,55 | 1,79 | 1,07 | 0,95 | 0,70 | 1,33 | 1,40 | 1,52 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5.20 - Somatório das cargas poluidoras por bacia hidrográfica e cenários para indústria.

| PARÂMETRO | Bacia | | OTIMISTA | | P | ESSIMISTA | | TENDENCIAL | | | | | |
|------------------|----------|---------|----------|---------|---------|-----------|---------|------------|---------|---------|--|--|--|
| FARAMETRO | Dacia | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | | | |
| DDO | Abiaí | 695,15 | 756,12 | 878,08 | 524,41 | 463,43 | 341,48 | 652,46 | 682,95 | 743,93 | | | |
| DBO (ton/ano) | Gramame | 1411,14 | 1534,92 | 1782,49 | 1064,54 | 940,76 | 693,19 | 1324,49 | 1386,38 | 1510,16 | | | |
| (1011/2110) | TOTAL LS | 2106,28 | 2291,04 | 2660,57 | 1588,95 | 1404,19 | 1034,67 | 1976,95 | 2069,33 | 2254,09 | | | |
| FÁCEODO | Abiaí | 3,48 | 3,79 | 4,40 | 2,63 | 2,32 | 1,71 | 3,27 | 3,42 | 3,73 | | | |
| FÓSFORO | Gramame | 10,73 | 11,67 | 13,56 | 8,10 | 7,15 | 5,27 | 10,07 | 10,54 | 11,49 | | | |
| (ton/ano) | TOTAL LS | 14,22 | 15,46 | 17,96 | 10,72 | 9,48 | 6,98 | 13,34 | 13,97 | 15,21 | | | |

Fonte: Elaboração própria.





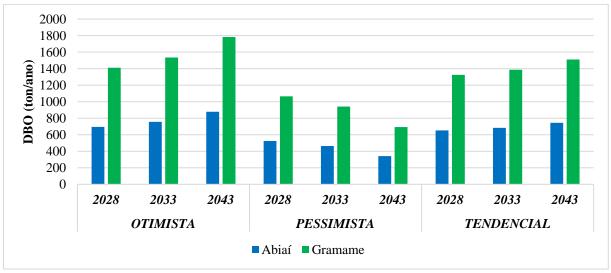


Figura 5.11 - Carga poluidora de DBO por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da indústria. Fonte: Elaboração própria.

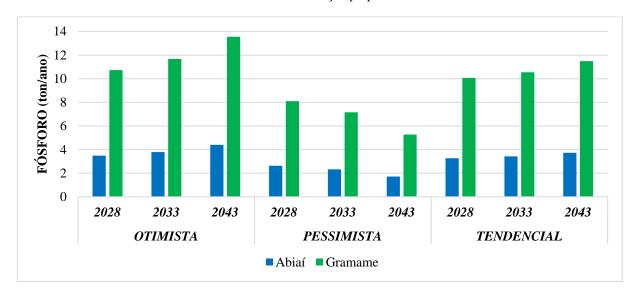


Figura 5.12 - Carga poluidora de COLIFORMES por bacia hidrográfica e cenários para efluentes da indústria. Fonte: Elaboração própria.

5.3.7 Síntese da Avaliação das Cargas Poluidoras das Sub-bacias Hidrográficas

A **Tabela 5.21** apresenta, em resumo, os somatórios das cargas totais dos parâmetros avaliados considerando o cenário tendencial e os horizontes de planejamento adotados. Os valores mais altos foram destacados em vermelho de maneira proporcional, para realce dos maiores quantitativos.







Tabela 5.21 – Somatórios das cargas totais de DBO, FÓSFORO e COLIFORMES para as sub-bacias do Litoral Sul, considerando o cenário Tendencial.

| | DH | BO (ton/ar | io) | | ORO (to | | COLIFO | RMES (10 ¹² | org/ano) |
|-----------------|---------|------------|---------|-------|---------|-------|----------|------------------------|----------|
| SUB-BACIAS | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 | 2028 | 2033 | 2043 |
| SB Centro Norte | 5,23 | 5,59 | 6,29 | 0,39 | 0,41 | 0,46 | 0,5 | 0,54 | 0,62 |
| SB Centro Sul | 1,4 | 1,49 | 1,68 | 0,18 | 0,19 | 0,2 | 0,73 | 0,78 | 0,9 |
| SB Grau | 0,81 | 0,87 | 0,98 | 0,28 | 0,28 | 0,3 | 3,03 | 3,27 | 3,77 |
| SB Norte | 28,36 | 30,27 | 34,09 | 2,09 | 2,22 | 2,49 | 2,56 | 2,77 | 3,19 |
| SB Pitimbu | 205,3 | 212,79 | 212,59 | 3,9 | 4,03 | 4,22 | 3609,57 | 3719,41 | 3869,35 |
| SB Sul | 0,96 | 1,02 | 1,15 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,35 | 0,37 | 0,43 |
| SBAb1 | 1,1 | 1,18 | 1,33 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,27 | 0,29 | 0,34 |
| SBAb2 | 1,27 | 1,36 | 1,54 | 0,61 | 0,63 | 0,67 | 3,06 | 3,32 | 3,82 |
| SBAb3 | 11,81 | 12,61 | 14,21 | 1,19 | 1,25 | 1,38 | 4,26 | 4,61 | 5,3 |
| SBAb4 | 5,89 | 6,29 | 7,09 | 0,85 | 0,89 | 0,97 | 0,7 | 0,75 | 0,87 |
| SBAb5 | 279,21 | 290,16 | 295,76 | 5,16 | 5,35 | 5,65 | 3877,12 | 3995,11 | 4156,2 |
| SBAb6 | 911,88 | 950,97 | 1003,53 | 9,86 | 10,22 | 10,83 | 6100,51 | 6286,18 | 6539,68 |
| SBAb7 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,46 | 0,5 | 0,58 |
| SBAb8 | 1,11 | 1,19 | 1,34 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,67 | 0,73 | 0,84 |
| Total Abiaí | 1454,37 | 1515,82 | 1581,62 | 24,95 | 25,94 | 27,67 | 13603,8 | 14018,66 | 14585,89 |
| SBGr1 | 714,1 | 744,44 | 781,23 | 9,39 | 9,75 | 10,36 | 5689,37 | 5862,66 | 6099,38 |
| SBGr2 | 1,96 | 2,09 | 2,37 | 0,65 | 0,67 | 0,72 | 3,29 | 3,56 | 4,1 |
| SBGr3 | 731,19 | 766,16 | 836,11 | 10,13 | 10,65 | 11,68 | 3,82 | 4,13 | 4,75 |
| SBGr4 | 9,15 | 9,77 | 11 | 0,83 | 0,88 | 0,97 | 0,89 | 0,96 | 1,1 |
| SBGr5 | 533,34 | 555,2 | 594,24 | 9,21 | 9,61 | 10,31 | 5039,82 | 5193,39 | 5403,23 |
| SBGr6 | 7,88 | 8,41 | 9,47 | 0,57 | 0,61 | 0,69 | 0,79 | 0,85 | 0,98 |
| SBGr7 | 4,73 | 5,05 | 5,68 | 0,35 | 0,38 | 0,42 | 0,61 | 0,66 | 0,76 |
| Total Gramame | 2002,33 | 2091,12 | 2240,11 | 31,14 | 32,54 | 35,14 | 10738,58 | 11066,21 | 11514,31 |
| TOTAL LS | 3456,71 | 3606,94 | 3821,72 | 56,09 | 58,49 | 62,81 | 24342,38 | 25084,87 | 26100,2 |

Fonte: Elaboração própria.

Pelos resultados demonstrados na tabela acima observa-se que as sub-bacias mais urbanizadas como SB Pitimbu, SBAb5, SBAb6, SBGr1, SBGr3 e SBGr5 apresentam as maiores cargas poluidoras geradas principalmente devido à contribuição do esgoto doméstico sem tratamento e da indústria. Os resultados são influenciados pela existência dos centros urbanos — aqui consideradas as sedes municipais — inseridas em cada sub-bacia e o cadastro de indústrias.

Nota-se na **Tabela 5.21** que enquanto a SBGr3 na bacia do Gramame apresenta os maiores valores de carga para DBO e PT, esse quadro já não ocorre para o quantitativo de coliformes. Isto ocorre haja em vista a contribuição expressiva da poluição industrial nesta sub-bacia comparativamente às demais. A SBAb6 no Abiaí possui a sede municipal e área urbana de Caaporã inserida em sua área, sendo a população urbana deste município a maior dentre aqueles localizados na bacia do Abiaí. A SBGr1, por outro lado, abrange a sede municipal de Pedras de Fogo e localiza-se a montante do Açude Gramame - Mamuaba. Chama a atenção a localização







estratégica desta sub-bacia ao mesmo tempo que esta recebe uma grande quantidade de cargas poluidoras anualmente.

Na comparação entre as duas bacias do LS, a bacia do rio Gramame corresponde em média à 58% da carga poluidora total de DBO e 56% de PT, enquanto este valor se reduz para 44% quando avaliado os COLIFORMES. Entre os horizontes de curto e longo prazo do cenário tendencial estimou-se um aumento de 11% da carga de DBO, 12% para fósforo e 7% para COLIFORMES.

A indústria aparece como a segunda fonte de poluição que mais contribui para a geração da carga de fósforo, com contribuição pouco significativa de coliformes frente ao esgoto doméstico. No entanto, o setor industrial contribui com mais da metade do aporte de matéria orgânica, expressa através do parâmetro DBO, nos diferentes anos de análise do cenário tendencial. Assim, pode-se dizer que o lançamento de efluentes no Distrito Industrial associado à baixa cobertura de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário são as principais fontes poluidoras das BHLS. Como discutido anteriormente, no que tangue à poluição o industrial o cenário é fundamentalmente de grande relevância no riacho Mussuré.

Quando analisada a pecuária, as sub-bacias que despontam com as maiores contribuições de carga orgânica são a SBGr5 e SBAb3. A SBGr5, na bacia do rio Gramame, possui contribuição do rebanho de Alhandra e Conde. Apesar disso, o número de animais registrado pelo Censo Agropecuária na região das duas bacias é relativamente baixo se comparado ao restante do estado. No Abiaí, a pecuária é pouco praticada, com rebanhos pequenos. Nesta bacia, a SBAb3 tem uma maior contribuição de carga orgânica da pecuária devido à presença de parte do rebanho de Alhandra e Pitimbu.

Elencando a irrigação e agricultura como fonte de poluição, as sub-bacias que apresentam maior geração de fósforo proveniente dessa atividade são a SBGr3, SBGr2 e SBAb2. A SBGr3sofre influência do grande quantitativo de lavouras dos municípios de Santa Rita, Pedras de Fogo e Cruz do Espírito Santo. O cultivo de cana é bastante presenta na sub-bacia, especialmente às margens do rio Mumbaba. Quadro semelhante é presente na sub-bacia SBGr2 com cultivo de cana-de-açúcar ao longo do rio Mamuaba.

Os resultados das estimativas de carga poluidora por fonte de poluição, para os diferentes parâmetros considerados no cenário tendencial de curto prazo estão apresentados na **Tabela 5.22.** A fonte de contaminação que gera maior quantidade de carga sem tratamento para fósforo e coliformes fecais é o esgoto doméstico urbano, em todos os cenários e horizontes





considerados na bacia do Litoral Sul. Este resultado reforça a necessidade da ampliação dos serviços de esgotamento sanitário nas BHLS, bem como do aumento da eficiência de tratamento dos sistemas operantes.

Tabela 5.22 – Cargas poluidoras por fonte de poluição e parâmetro, considerando o cenário Tendencial de curto prazo.

| p-wzo. | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|--------|--------------|--------|----------------------|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| Fonte de Poluição | COLIFO (10 ¹² org | | DB (ton/s | | FÓSFORO (ton/ano) | | | | | | | | |
| ESGOTO | 24306,13 | 99,85% | 1215,31 | 35,16% | 24,31 | 43,33% | | | | | | | |
| INDÚSTRIA | 0,00 | 0,00% | 1976,95 | 57,19% | 13,34 | 23,79% | | | | | | | |
| DRENAGEM PLUVIAL | 0,00 | 0,00% | 195,06 | 5,64% | 13,57 | 24,18% | | | | | | | |
| RESÍDUOS SÓLIDOS | 0,00 | 0,00% | 66,83 | 1,93% | 0,00 | 0,00% | | | | | | | |
| PECUÁRIA | 36,25 | 0,15% | 2,56 | 0,07% | 0,00 | 0,00% | | | | | | | |
| IRRIGAÇÃO | 0,00 | 0,00% | 0,00 | 0,00% | 4,88 | 8,70% | | | | | | | |

Fonte: Elaboração própria.

Os mapas da Figura 5.13, Figura 5.14 e Figura 5.15 apresenta de forma espacializada o somatório das cargas de DBO, fósforo e coliformes, respectivamente, considerando as cinco fontes de poluição elencadas para análise e discutidas anteriormente. Nos mapas, os valores são fortemente influenciados pela carga renascente do esgoto doméstico urbano, que no cenário tendencial a carga gerada aumenta ligeiramente devido ao aumento da população em contrapartida à expansão dos serviços de atendimento. Neste ínterim, enquanto as demais fontes de poluição elencadas apresenta um aumento das cargas geradas (com exceção dos resíduos sólidos), o esgoto sanitário gera uma carga relativamente semelhante ao longo dos horizontes do projeto para o cenário tendencial.

O resultado da avaliação da estimativa das cargas poluidoras nas bacias do Litoral Sul pode ser sumarizado nos seguintes pontos chaves:

- O esgoto doméstico é o principal contribuinte para o aporte de cargas poluidoras nos cursos d'água das BHLS. Enquanto a população urbana cresce nos municípios das bacias a taxas superiores a 1%, a expansão dos sistemas de esgotamento sanitário deve ser capaz de atender não somente o déficit existente, mas também os novos moradores.
- Os lixões que por ventura ainda possam existir nas bacias do Litoral Sul devem ser extinguidos por meios de destinação apropriados, não somente para atendimento do exigido no novo Marco do Saneamento Básico e no PNRS como também para a diminuição da geração de DBO advinda do chorume gerado.









- A drenagem das áreas urbanizadas sem estruturas de drenagem adequadas, contribui significativamente para o aporte principalmente de matéria orgânica dentro de rios, lagos e açudes.
- Em relação às sub-bacias, a mais urbanizadas como SBAb6, SBAb7, SbGr1 e SbGr5 apresentam maiores cargas geradas principalmente devido à geração de esgoto doméstico sem tratamento, drenagem urbana e resíduos sólidos.







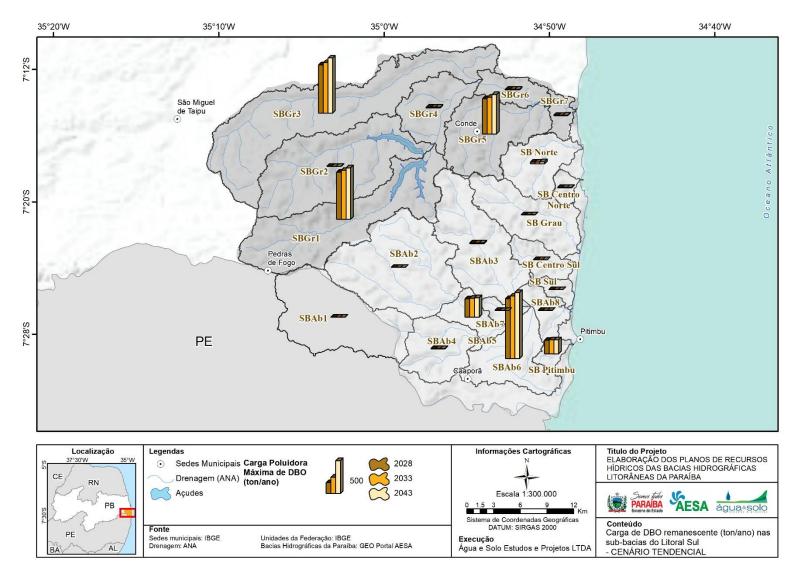


Figura 5.13 – Carga de DBO remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral Sul oriunda das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL. Fonte: Elaboração própria.







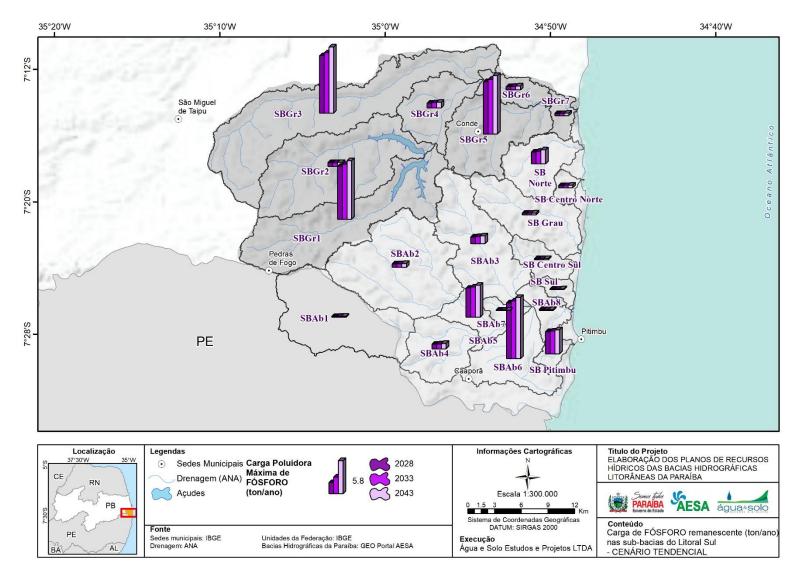


Figura 5.14 - Carga de FÓSFORO remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral Sul oriunda das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL. Fonte: Elaboração própria.







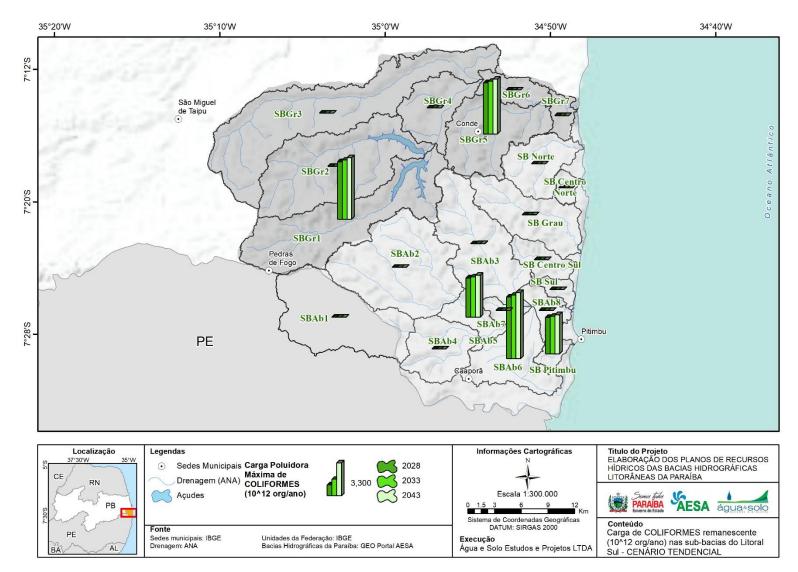


Figura 5.15 - Carga de COLIFORMES remanescente (ton/ano) nas sub-bacias do Litoral Sul oriunda das fontes de poluição considerada – CENÁRIO TENDENCIAL. Fonte: Elaboração própria.







Quanto à contribuição da atividade da aquicultura no aporte de cargas orgânicas e nutrientes nos cursos d'água das bacias do Litoral Sul, a prática possui um potencial poluidor significativo de acordo com a drenagem dos tanques e a presença de lodo resultante da carga de resíduos orgânicos e de ração. Pela baixa importância da atividade na bacia – junto à baixa demanda hídrica frente aos demais usos - não foi considerada no balanço de DBO, nitrogênio e fósforo. Contudo, para os municípios que possuem registro de estabelecimento aquícolas (vide **Tabela 3.4**) como Conde, Santa Rita, São Miguel de Taipu, Caaporã, João Pessoa e Pitimbu será recomendado o monitoramento qualitativo em pontos específicos para a avaliação das condições dos cursos de água superficiais.

Sobre esta atividade, observa-se um aumento do interesse por essa prática no âmbito estadual, sendo uma opção com uma rentabilidade econômica interessante para o produtor e de elevada segurança, desde que observadas as orientações técnicas. Ambientalmente, a atividade pode ser impactante se não for conduzida dentro de critérios muito rígidos.

Estudo da EMBRAPA realizado no Ceará no baixo Jaguaribe (FIGUEIRÊDO et al., 2006), permite compreender a importância de se considerar um cenário de expansão da carcinicultura e também da piscicultura em bacias com baixa disponibilidade hídrica e com baixo nível de coleta e tratamento de esgoto urbano. Quanto ao consumo de água, os dados obtidos pela pesquisa resultaram em um valor de 58.874 m³/hectare por ano com 2,5 ciclos de produção por ano, sendo cada ciclo com duração de 90 a 102 dias. Isso significa uma vazão de 3 litros por segundo de forma contínua, superior à demanda de irrigação para a mesma área.

As perdas por infiltração chegam a 40 mm por dia, dependendo do tipo de solo, que devem ser somadas às perdas por evaporação, entre 6 e 10 mm diários. Assim, de acordo com o método de cultivo, pode haver uma reposição de 2 a 7% do volume de água por dia, que pode chegar a 70% se for induzida a troca de carapaça do camarão. Se o nível de oxigênio dissolvido baixar de 4 mg/litro, é realizada a troca de toda a água do tanque.

Como fonte de contaminação, sem considerar produtos químicos utilizados na atividade de despesca, estão a ração e os excrementos. A ração, quando não consumida, deposita-se no fundo dos tanques, sendo observado na pesquisa aumento dos teores de cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, manganês, ferro e zinco no solo, caracterizando uma fonte potencial de poluição da água subterrânea.

Neste mesmo estudo, para a água superficial, a carga poluidora média encontrada foi de 3.862 kg/hectare por ano de sólidos suspensos totais, 22,5 kg/ha.ano de amônia total, 4,4 kg/ha.ano









de fósforo total e 1.690 kg/ha.ano de DBO₅ completa na despesca. De forma continua, ao longo do ciclo de 90 a 102 dias, esses valores foram respectivamente de 1.115; 7,2; 4,7 e 276,5 kg/ha.ano. Além da contaminação por nutrientes, há a possibilidade de proliferação de cianobactérias.

O aumento da eficiência do uso da água e da redução do risco de contaminação pode ocorrer com a recirculação da água, o que reduz custos, mas exige investimento. O destino da água de despesca e da renovação diária pode ser utilizado na irrigação, sendo que se o teor de salinidade for compatível com águas salobras ou salinas podem ser utilizadas espécies resistentes à salinidade como a *Atrilplex*, com bons resultados também na remoção de nitrogênio.

A aquicultura deve ser avaliada com cuidado, considerando que muitos dos tanques são instalados dentro ou muito próximo às APPs de recursos hídricos e manguezais. Além disso, é necessário avaliar a capacidade de suporte da bacia hidrográfica em atender à demanda hídrica imposta pela atividade, bem como avaliar o efeito da diluição dos efluentes lançados pelo conjunto de fazendas em cada sub-bacia. Em suma, é necessário avaliar o efeito da atividade conjugando os impactos ambientais e sobre a disponibilidade hídrica de forma unificada.





6 DEFINIÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA "A BACIA QUE QUEREMOS"

6.1 Oficina de Mobilização

6.1.1 Introdução e Justificativa

O presente item apresenta os resultados da oficina de planejamento realizada no dia 16 de janeiro de 2023 em João Pessoa. Essa atividade, não prevista inicialmente, foi proposta pela Água e Solo Estudos e Projetos como uma forma de inserir a visão de técnicos e atores vinculados à gestão dos recursos hídricos na Paraíba, de forma a considerar os mesmos nas etapas seguintes de construção dos planos de bacia das regiões litorâneas. Para isso, a AESA realizou uma intensa mobilização que resultou na participação de diferentes instituições, conforme a lista de presença abaixo.

Os participantes contribuíram para a identificação da estratégia e das táticas a serem utilizadas no processo de planejamento. De posse da estratégia e das matrizes preenchidas, a Água e Solo preparou o presente relatório da oficina, no qual apresenta as conclusões obtidas sobre as variáveis a serem consideradas no planejamento tático. Esse resultado deverá ser apresentado e aprovado na reunião do GET e orientará as fases finais dos planos.

O processo de realização de um plano de bacia é definido pela Resolução CNRH 145/2012. Para a conclusão dos atuais planos, restam as etapas de prognóstico e do plano de ações em si, que são definidos pelos artigos 12 e 13:

Art. 12° A etapa de Prognóstico deverá propor cenários futuros, compatíveis com o horizonte de planejamento, devendo abranger, no mínimo, os seguintes aspectos:

- I a análise dos padrões de crescimento demográfico e econômico e das políticas, planos,
 programas e projetos setoriais relacionados aos recursos hídricos;
- II proposição de cenário tendencial, com a premissa da permanência das condições demográficas, econômicas e políticas prevalecentes, e de cenários alternativos;
- III avaliação das demandas e disponibilidades hídricas dos cenários formulados;
- IV balanço entre disponibilidades e demandas hídricas com identificação de conflitos potenciais nos cenários;
- V avaliação das condições da Qualidade da Água nos cenários formulados com identificação de conflitos potenciais;







- VI as necessidades e alternativas de prevenção, ou mitigação das situações críticas identificadas;
- VII definição do cenário de referência para o qual o Plano de Recursos Hídricos orientará suas ações.
- Art. 13º O Plano de Ações visa a mitigar, minimizar e se antecipar aos problemas relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de forma a promover os usos múltiplos e a gestão integrada, devendo compreender, no mínimo:
- I definição das metas do plano;
- II ações ou intervenções requeridas, organizadas em componentes, programas e subprogramas, com justificativa, objetivos, executor, investimentos, fontes possíveis de recursos, prazo de implantação;
- III prioridades e cronograma de investimentos;
- IV diretrizes para os instrumentos de gestão;
- V arranjo institucional ou recomendações de ordem institucional para aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos e para implementação das ações requeridas;
- VI recomendações de ordem operacional para a implementação do plano;
- VII indicadores que permitam avaliar o nível de implementação das ações propostas;
- VIII recomendações para os setores usuários, governamental e sociedade civil.
- A Água e Solo tem experiência em Planos de Bacia. Assim, a concepção de cenários e de planos de ação é uma tarefa que está sob domínio técnico da equipe envolvida. Mas justamente por ter experiência, a Consultoria também destaca o capítulo V da CNRH 145/2012, que trata da implementação do plano:
- Art. 14º O Plano de Recursos Hídricos deverá ser orientado por uma estratégia de implementação que compatibilize os recursos financeiros com as ações previstas, bem como a sustentabilidade hídrica e operacional das intervenções previstas.
- Embora pareçam simples de entender e aplicar, os conceitos de estratégias e táticas merecem ser definidos no início do processo de planejamento para não gerar dúvidas. A **Figura 6.1**,





escolhida propositalmente pela sua relação com os recursos hídricos, apresenta o seguinte problema: como chegar no ponto X?



Figura 6.1 - Exemplo de estratégia e tática. Fonte: Leeuwen, 2017.

Esse é o objetivo principal desse planejamento: sair do ponto de origem e chegar ao destino. O objetivo pode incluir qualificações sobre esse percurso (chegar em segurança ao ponto X, considerar deficiências para chegar ao ponto X, utilizar competências ao longo do percurso etc.), bem como definir metas (chegar em tantos dias, por exemplo). As alternativas apresentadas no texto do qual foi retirada a figura são: escalar as montanhas, cruzar o deserto ou utilizar o rio.

Para cumprir o objetivo (chegar ao ponto X) pode-se adotar como estratégia utilizar o rio. Definida a estratégia, pode-se escolher qual tática utilizar: será usado um bote? Uma balsa? o trajeto será feito nadando? ou a pé, pelas margens? Por que é importante diferenciar estratégia de tática? Porque é fácil cometer o equívoco de conceber as táticas a partir das metas, sem entender previamente se uma estratégia em particular pode ser efetiva. E se as estratégias não forem efetivas, não existirão táticas suficientes para atingir as metas.

O estudo de estratégias e táticas é muito desenvolvido na área empresarial e os exemplos nem sempre podem ser compreendidos para planos que interessam à sociedade de forma mais abrangente e não delimitada, como é o caso de um plano de bacia - os conceitos trabalhados na bacia são muito mais complexos do que numa empresa (serviços ecossistêmicos, Segurança Hídrica, governabilidade interinstitucional, gestão participativa, vinculação com planos e atores externos etc.).





De qualquer forma, os conceitos básicos são aplicáveis aos planos de bacia: as estratégias estão na base do planejamento, definem objetivos, têm abrangência no todo, são de longo prazo e estão sob responsabilidade de um grupo de liderança, que no caso pode ser formado pela AESA e Comitês ou apenas a AESA. As táticas referem-se ao fazer, organizar os recursos, utilizam especialistas de diferentes áreas, são de curto prazo e são mensuradas por entregáveis. A **Tabela 6.1** apresenta outra comparação entre estratégias e táticas, das quais destacam-se a dificuldade de mudar e avaliar as estratégias e seu caráter intangível, ao contrário das táticas.

Tabela 6.1 - Diferenças entre estratégias e táticas.

| Estratégia | Tática |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| É a intenção | É colocar a intenção em ação |
| Determina o que é necessário fazer e porque | Determina como isso pode ser feito |
| Envolve uma visão de alto nível que define as | Envolve ações concretas e passos para |
| direções a seguir | implementação ajustadas com a direção |
| Alinhada com metas e objetivos | Alinhada com a estratégia |
| Requer foco no futuro | Requer execução diária |
| É difícil de mudar, embora totalmente possível | É muito fácil de ser mudada |
| Necessita uma visão externa | Necessita uma visão interna |
| Tipicamente é definida por lideranças da organização | Tipicamente é definida e executada por um nível gerencial |
| O foco primário é em efetividade, fazer a coisa certa | O foco primário é em eficiência, fazer o que é certo |
| O 1000 primario e em efetividade, fazer a coisa certa | com menos recursos, tempo e dinheiro |
| Difícil de medir e avaliar | Fácil de avaliar através de métricas bem definidas |
| Planejamento estratégico não incluem detalhes | Planos táticos incluem cronogramas e fluxo de |
| executivos | implementação |
| Estratégias são intangíveis | Táticas são tangíveis |

Fonte: Strategy vs Tactics – TechTello.

Essa diferenciação é fundamental para um PRH: as estratégias devem ser preservadas no limite do possível, uma vez que se alteradas questionarão todo o processo de planejamento. Evidentemente as estratégias devem ser questionadas, mas se alteradas no meio do processo talvez gerem perguntas como: o que fazer com o barco (tática) se agora a estratégia é escalar as montanhas?

A **Figura 6.2** traz essa relação de forma mais direta: as estratégias ineficientes levarão ao fracasso do plano, de forma rápida ou lenta de acordo com as táticas utilizadas, enquanto estratégias eficientes podem gerar um sucesso ou apenas uma estagnação da situação, com ganhos mínimos em relação a não fazer nenhum planejamento. Resolver percorrer o rio nadando pode ser muito lento, custoso e perigoso. Percorrer o deserto correndo para chegar mais rápido pode ser eficiente para terminar com o projeto logo, enquanto percorrer o mesmo deserto com uma carga desnecessária pode levar a desgastes lentos e intermináveis, mas que também significarão o fracasso do projeto.







Figura 6.2 - Riscos e fatores de sucesso das estratégias e das táticas. Fonte: Nino Carvalho, 2019.

O planejamento em nível estratégico é caracterizado por, em um único plano, apresentar uma visão abrangente, permitindo entender os objetivos finais, a visão e os valores com foco no longo prazo. Já o planejamento em nível tático é um recorte do planejamento estratégico, com um plano transversal e multitemático, onde são definidas as ações que contribuem para atingir os Objetivos finais com um horizonte de curto/médio prazo. A premissa é que a execução de todos os planejamentos em nível tático culminaria na execução da estratégia de longo prazo definida. Assim, o nível tático do planejamento pode ser pensado para períodos até anuais, com o qual se fará a alocação dos recursos disponíveis, mas sempre buscando uma ação no nível operacional alinhada à estratégia. Buscando a concepção inicial de uma estratégia robusta, que permitirá a elaboração de planos táticos eficientes, a Água e Solo propôs a realização de uma oficina com os principais atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos das bacias litorâneas.

6.1.2 Metodologia

6.1.2.1 Definição da estratégia central dos planos

Foram utilizadas duas estratégias distintas para a definição da estratégia e das táticas, considerando a limitação de tempo da oficina. Inicialmente, foi utilizada uma metodologia de visualização para definir a estratégia central dos planos. Os participantes da oficina foram convidados a fazer uma apresentação pessoal e responder uma pergunta: Qual é o problema central da gestão dos recursos hídricos das bacias litorâneas? A partir das respostas, foi montada a Árvore dos Problemas, separando as contribuições entre causas, consequências e problema central, de acordo com a **Figura 6.3**.







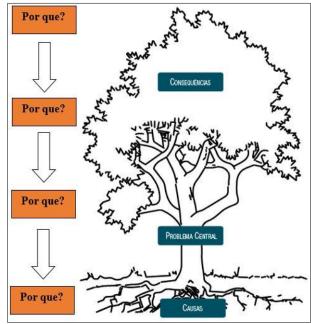


Figura 6.3 - Árvore dos Problemas.

Nessa montagem, a partir do diálogo com o grupo, verificou-se que não havia um problema central identificado. Da discussão, foi consensual que o problema central a ser resolvido pelos planos de bacia litorâneas é a: **FALTA DE VISÃO SISTÊMICA DAS BACIAS**. A partir daí, o esquema obtido é o da **Figura 6.4**.



Figura 6.4 - Árvore dos Problemas das BHLS.







Então, a estratégia é buscar a visão sistêmica da bacia pelos diferentes atores e pela sociedade, de forma a viabilizar a solução dos problemas classificados como consequência. Essa visão sistêmica será obtida a partir da resolução dos problemas identificados como causais, que deverão fazer parte do plano de ações. Os problemas causais que devem ser atacados pelo planejamento são:

- Controle e mau uso dos recursos hídricos
- Solução do problema de dominialidade entre estado e União (riacho Muzumba e Rio Dois Rios)
- Falta de incentivo à preservação
- Uso e ocupação do solo inadequados
- Falta de uma visão integrada entre o rio e o aquífero
- Falta de representatividade dos comitês de bacia
- Comunicação ineficiente
- Carência de dados
- Falta de alinhamento dos planos municipais de saneamento básico com os planos de bacia
- Falta efetivação da educação ambiental
- Arranjo institucional deficiente
- Falta de incentivo ao reúso da água

6.1.2.2 Definição das táticas

Para a definição das táticas, foi selecionada a Análise Estrutural pela metodologia MICMAC - Matriz de Impactos Cruzados - Multiplicações Aplicadas a uma Classificação, de acordo com o Manual de Prospectiva Estratégica de Michel Godet (GODET, 1993). A análise estrutural é um instrumento de estruturação da reflexão coletiva. Oferece a possibilidade de descrever um sistema com o auxílio de uma matriz que relaciona todos os elementos constituintes desse sistema. Partindo desta descrição, o método tem por objetivo fazer emergir as principais variáveis influentes e dependentes e, desse modo, as variáveis essenciais à evolução do sistema.

O método já foi adotado no Brasil, tendo como conclusão de que o método é potencialmente pertinente para o processo de auxílio à decisão na gestão dos recursos hídricos. Ele permite a representação adequada do sistema, evidenciando relações entre variáveis e questões que poderiam não ser percebidas caso se optasse por uma abordagem não estruturada de representação de sistemas (VERGARA & NETTO, 2007).







A análise estrutural é realizada por um grupo de trabalho composto por atores e especialistas do domínio considerado, podendo ou não contar com a intervenção de consultores externos. As etapas do método são: o recenseamento das variáveis, a descrição das relações entre variáveis e a identificação das variáveis-chave. As variáveis foram retiradas da Análise Integrada do Diagnóstico, que já foi discutido no âmbito do Grupo de Acompanhamento e nas reuniões públicas realizadas, sendo brevemente apresentada na oficina.

A descrição das relações entre as variáveis é realizada a partir das respostas dos participantes a um quadro de dupla entrada denominado matriz de análise estrutural. As variáveis a serem trabalhadas na oficina foram sugeridas pela consultoria e validadas pela plenária.

- Cadastro/outorga de usuários até dezembro de 2025, a AESA atinge 100% do cadastro de usuários de água de usos não insignificantes, permitindo uma visão mais clara da utilização de água superficial e subterrânea das BHLs, com tipo de fonte, de intervenção, destino da água, volumes utilizados por mês e volume do retorno de efluentes
- Rede de monitoramento até dezembro de 2025, a AESA implanta uma rede de monitoramento qualiquantitativo suficiente para o adequado monitoramento da disponibilidade hídrica e classes da água de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005
- Enquadramento até dezembro de 2025 a AESA enquadra os corpos hídricos das BHL de acordo com os usos pretendidos
- Cobrança pelo uso da água até dezembro de 2024 a AESA implanta a cobrança pelo uso da água de acordo com a classe de uso, a quantidade de água e o destino da água
- Qualidade da Água
 – até dezembro de 2026 há a melhora dos parâmetros de Qualidade
 da Água em no mínimo 30% em relação à pior situação encontrada entre 2016 e 2021
- Armazenamento de Água até dezembro de 2026 a AESA implanta uma política estadual de reservação de água que permita o atendimento dos usos regularmente outorgados com qualidade adequada em anos hidrológicos não caracterizados como de seca severa
- Gestão Integrada de Recursos Hídricos até dezembro de 2026, a AESA implanta integralmente todos os instrumentos previstos da legislação e estabelece uma gestão integrada de recursos hídricos das bacias litorâneas em consonância com o PNRH, o PERH, o Plano de Segurança Hídrica e a Política Nacional de Saneamento Básico.







- Universalização do Saneamento até 2030, há a universalização do saneamento nos principais municípios das bacias litorâneas
- Uso do solo até 2026, a AESA define um zoneamento do uso do solo nas BHL sob o ponto de vista da disponibilidade de água e dos cenários de Qualidade da Água do enquadramento, estabelecendo também as áreas de interesse de preservação dos aquíferos e as áreas prioritárias para implantação de Programas de Pagamento por Serviços Ambientais
- Segurança Hídrica até 2026, a AESA define os parâmetros de Segurança Hídrica para os municípios das BHL e da RMJP, definindo as áreas prioritárias para preservação, incluindo as áreas de recarga dos principais aquíferos

Com essas variáveis, foi montada a matriz de análise estrutural representado na **Tabela 6.2**.

Tabela 6.2 - Matriz de Análise Estrutural. niversalização do Saneamento Cadastro/Outorga Usuários Cobrança pelo Uso da Água Armazenamento de água Rede de monitoramento Gestão Int. Rec. Hídricos Educação Ambiental Comunicação Social Qualidade da água Segurança Hídrica Enquadramento Uso do Solo Variáveis para planejamento 0 Cadastro/Outorga Usuários 0 Rede de monitoramento 0 Enquadramento Cobrança pelo Uso da Água 0 Qualidade da água Armazenamento de água 0 0 Gestão Int. Rec. Hídricos 0 Universalização do Saneamento 0 Uso do Solo Segurança Hídrica 0 Educação Ambiental Comunicação Social 0

Fonte: Elaboração própria.







Os participantes da oficina foram divididos em quatro grupos, sendo utilizado um critério de localização na sala por iniciativa da própria plenária. A matriz deveria ser preenchida com 0, 1, 2, 3 ou 4 sobre a influência de uma variável em relação a outra, sendo:

- 0 Não existe influência;
- 1 Influência fraca;
- 2 Influência moderada;
- 3 Influência forte.
- 4 Influência potencial, não observada atualmente

Para cada par de variáveis, foram colocadas as seguintes questões: existe uma relação de influência direta entre a variável i (linha) e a variável j (coluna)? Se não, atribuiu-se uma notação de 0; caso contrário, pergunta-se se esta relação de influência direta era fraca (1), média (2), forte (3) ou potencial (4)? Um exemplo de influência de variáveis foi apresentado e, a partir da manifestação da plenária que o método havia sido compreendido, foi iniciada a discussão dos quatro grupos para o preenchimento das matrizes. Assim, ao final da oficina, foram produzidas quatro matrizes, reproduzindo a visão de cada um dos quatro grupos sobre as variáveis propostas.

6.1.2.3 O trabalho pós-oficina

A identificação das variáveis-chave foi realizada pelo método MICMAC. As variáveis-chave são as variáveis essenciais à evolução do sistema. A sua identificação é realizada inicialmente por uma classificação direta (fácil de realizar) e depois por uma classificação indireta (dita MICMAC, ou seja, Matriz de Impactos Cruzados - Multiplicações Aplicadas a uma Classificação). A classificação indireta é obtida após a manipulação das matrizes, o que matematicamente significa a elevação da matriz à potência n igual ao número de linhas ou colunas.

A comparação da hierarquia das variáveis nas diferentes classificações (direta, indireta e potencial) é rica em ensinamentos. Permite confirmar a importância de certas variáveis e, também, revelar variáveis que, em virtude das suas ações indiretas, desempenham um papel preponderante (e que a classificação direta não permite detectar).

A partir das planilhas de respostas, foi utilizado o software disponibilizado pelo Institut d'Innovation Informatique pour l'Entreprise sobre supervisão do LIPSOR - Laboratory for Investigation in Prospective Strategy and Organization. Os resultados do software permitem a





elaboração de mapas de influência e dependência (ou motricidade e dependência). Calculandose a influência (ou motricidade) média, é possível construir um gráfico cartesiano com a divisão em quatro setores diferentes, como apresentado na **Figura 6.5**. Seguindo a classificação de variáveis apresentadas anteriormente, uma vez as variáveis inseridas no mapa de motricidade/dependência, verifica-se que:

- Variáveis localizadas no quadrante I são consideradas motrizes;
- Variáveis localizadas no quadrante II são consideradas de ligação;
- Variáveis localizadas no quadrante III são consideradas autônomas ou independentes;
- Variáveis localizadas no quadrante IV são consideradas dependentes.

Assim, as variáveis estratégicas estão localizadas nos quadrantes I e II e estas devem ser priorizadas. As variáveis motrizes (quadrante I) condicionam todo o sistema, pois são variáveis muito motrizes (ou influentes) e pouco dependentes. As variáveis de ligação têm como característica que qualquer ação sobre elas terá repercussão sobre as outras variáveis e um efeito de retorno sobre si mesmas, ampliando ou atenuando a ação inicial (variáveis ao mesmo tempo muito influentes e muito dependentes).

As variáveis do quadrante III podem ser excluídas do planejamento ou ter sua implantação adiada, pois não apresentam influência notável no sistema e ocorrerão com ou sem ação direta. As variáveis do quadrante IV têm sua evolução explicada pela ação das variáveis dos quadrantes I e II. São muito dependentes dessas, sendo, portanto, secundárias em importância.

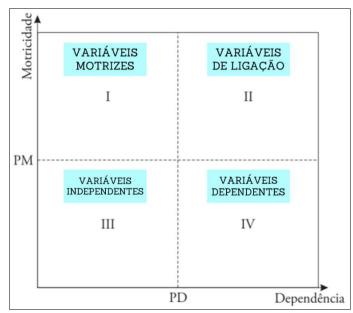


Figura 6.5 - Descrição do mapa de influência e dependência.







O software gera quatro mapas de saída: (i) Influência/dependência direta, (ii) Influência/dependência indireta, (iii) Influência/dependência potencial direta e (iv) Influência/dependência potencial indireta. O mapa de influência direta é o que apresenta os dados de entrada, que é obtida pela manifestação dos atores convidados. As demais são obtidas pela multiplicação das matrizes diretas e permitem a análise mais aprofundada do sistema.

Comparando-se os mapas, pode-se avaliar o deslocamento das variáveis entre a análise da influência direta e indireta, o que permite a melhor avaliação da importância de cada uma, considerando que há influência entre as diferentes variáveis que podem amplificar o papel de cada uma. O deslocamento também pode ser avaliado a partir das listas de influências.

6.1.3 Resultados

As variáveis receberam identificadores para facilitar sua visualização nos mapas, a saber: Cadastro ou outorga/número de cadastros: Cad; Rede de monitoramento: Rede; Enquadramento: Enq; Cobrança pelo Uso da Água: Cob; Qualidade da água: Qual; Armazenamento de Água: Armaz; Gestão Integrada dos Recursos Hídricos: Gestão; Universalização do Saneamento: San; Uso do solo: Uso; Segurança Hídrica: Seg; Educação ambiental: Edu; e Comunicação social: Com. Após a entrega das matrizes preenchidas, foi feita uma breve consolidação da oficina, com uma avaliação por parte dos participantes sobre o evento. As manifestações foram positivas, tanto em relação à proposta da oficina em si, como pelas metodologias utilizadas.

6.1.3.1 Grupo 1

A matriz de influência direta do Grupo 1 é apresentada na **Tabela 6.3** sendo que o mapa de influência direta e dependência é apresentado na **Figura 6.6**.

Tabela 6.3 - Matriz de influência direta do Grupo 1.

| Variáveis | Cad | Rede | Enq | Cob | Qual | Arm az | Gest ao | San | Uso | Seg | Edu | Com |
|-----------|-----|------|-----|-----|------|-----------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cad | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| Rede | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| Enq | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Cob | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Qual | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 4 |
| Armaz | 3 | 0 | 4 | 4 | 2 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 |
| Gestao | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| San | 2 | 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |









| Uso | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seg | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Edu | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Com | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 3 | 0 |

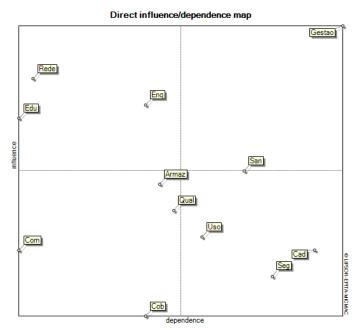


Figura 6.6 - Mapa de Influência e Dependência do Grupo 1.

Pela visão do Grupo 1, as variáveis Rede, Educação Ambiental e Enquadramento são motrizes e a variável Gestão Integrada dos Recursos Hídricos é de ligação. Analisando o gráfico de influência direta, **Figura 6.7**, observa-se que existiria uma forte influência da Educação Ambiental na Universalização do Saneamento, na Segurança Hídrica e no Uso do Solo. Por sua vez, a Comunicação Social influenciaria a Educação Ambiental. O Enquadramento e a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos têm influência bidirecional.





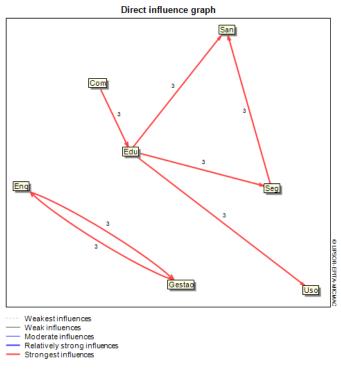


Figura 6.7 - Gráfico de Influência Direta Grupo 1.

Analisando a influência indireta, a variável Enquadramento passa a ser de ligação, junto com a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e a Universalização do Saneamento (**Figura 6.8**). A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos passa a influenciar fortemente o Cadastro/outorga de usuários (**Figura 6.9**), sendo por sua vez influenciada pela Educação Ambiental, pelo Enquadramento e pela Rede de Monitoramento. A Segurança Hídrica e a Universalização do Saneamento dependem da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.

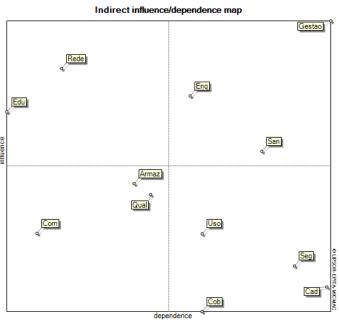


Figura 6.8 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 1.





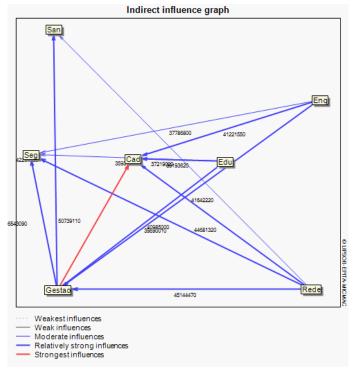


Figura 6.9 - Gráfico de influência indireta Grupo 1.

Comparando-se as influências direta e indireta (**Figura 6.10**), observa-se o deslocamento significativo do Enquadramento, Rede de Monitoramento e da Segurança Hídrica (aumento de dependência) e do Cadastro/outorga de usuários (aumento de influência).

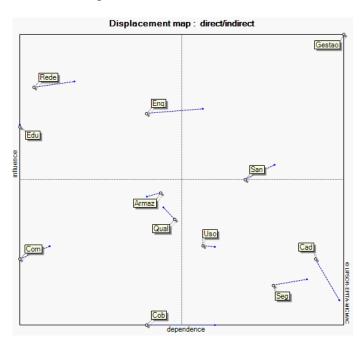


Figura 6.10 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 1.

Já o mapa da influência e dependência potencial (**Figura 6.11**) mostra que as variáveis motrizes seriam Educação Ambiental, Rede de Monitoramento e Armazenamento de Água seriam motrizes e Enquadramento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos seria variáveis de ligação.





Universalização do Saneamento, Qualidade da Água e Comunicação Social estão no limite dos quadrantes III e IV, demonstrando um potencial aumento de influência.

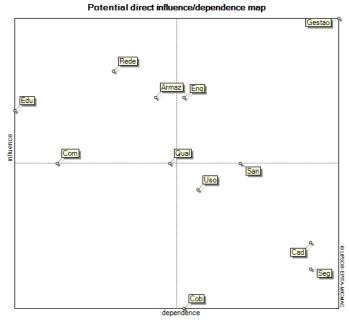


Figura 6.11 - Mapa de Influência e Dependência Potencial Grupo 1.

A Figura 6.12 apresenta a classificação das variáveis em um ranking de influência, possibilitando verificar a ascensão e queda de variáveis entre a classificação direta e indireta. As variáveis Comunicação Social e Segurança Hídrica têm aumento de influência, ao contrário das variáveis Uso do Solo e Cadastro/outorga de usuários. As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Rede de Monitoramento, Enquadramento, Educação Ambiental, Universalização do Saneamento e Armazenamento de Água (Figura 6.12).

Classify variables according to their influences

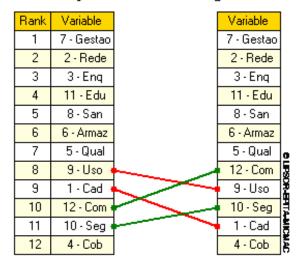


Figura 6.12 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo 1.





Pela Figura 6.13, por último, observa-se que a variável Gestão Integrada dos Recursos Hídricos tem influência de três variáveis: Armazenamento de Água, Enquadramento, Rede de Monitoramento e Educação Ambiental. As variáveis Segurança Hídrica e Cadastro/outorga de usuários não apresentam influência sobre outas variáveis.

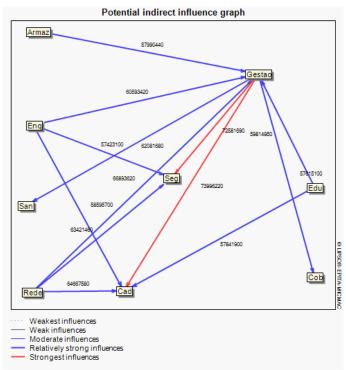


Figura 6.13 - Gráfico de influência potencial Grupo 1.

A análise de influência potencial indireta não apresenta variáveis autônomas, todas têm um grau de dependência ou influência acima da média. Cobrança pelo Uso da Água, Cadastro/outorga de usuários e Segurança Hídrica dependeriam das outras variáveis e não teriam influência significativa. As variáveis motrizes seriam Educação Ambiental, Comunicação Social, Qualidade da água, Armazenamento de Água e Rede de Monitoramento, enquanto as variáveis Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Enquadramento e Universalização do Saneamento seriam de Ligação (Figura 6.14).











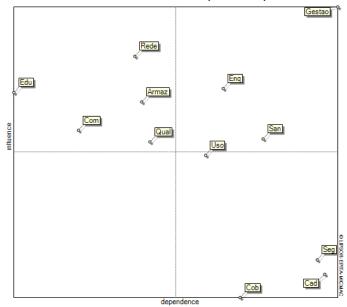


Figura 6.14 - Mapa de influência e dependência potencial indireta Grupo 1.

6.1.3.2 Grupo 2

A matriz de influência direta do Grupo 1 é apresentada na Tabela 6.4 sendo que o mapa de influência direta e dependência é apresentado na Figura 6.6.

Tabela 6.4 - Matriz de influência direta do Grupo 2

| Variáveis | Cad | Rede | Enq | Cob | Qual | Arm az | Gest ao | San | Uso | Seg | Edu | Com |
|-----------|-----|------|-----|-----|------|-----------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cad | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rede | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Enq | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| Cob | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Qual | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| Armaz | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Gestao | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| San | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Uso | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Seg | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| Edu | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| Com | 4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 |





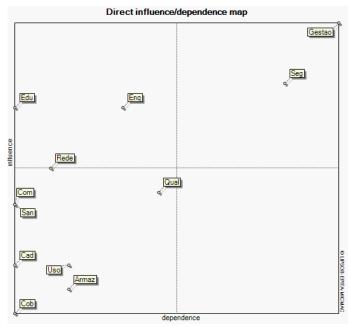


Figura 6.15 - Mapa de Influência e Dependência do Grupo 2.

Pelo mapa, observa-se que as variáveis motrizes seriam Educação Ambiental e Enquadramento, enquanto Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Segurança Hídrica seriam as de Ligação. As autônomas seriam todas as demais. A **Figura 6.16** apresenta as relações de influência direta entre as variáveis. Observa-se que a Educação Ambiental influencia a Segurança Hídrica, a Comunicação Social e o Uso do solo. O Enquadramento influencia a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, que tem relação bidirecional com a Rede de Monitoramento.

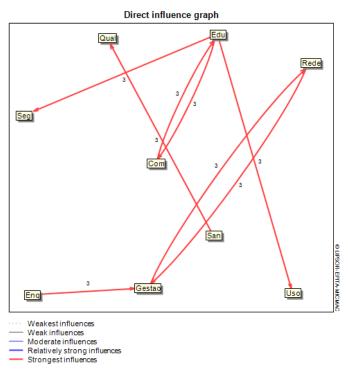


Figura 6.16 - Gráfico de Influência Direta Grupo 2.





Passando para a análise indireta, observa-se o deslocamento da variável Rede para as variáveis motrizes e a variável Qualidade da Água para o limite do grupo de variáveis de Ligação.

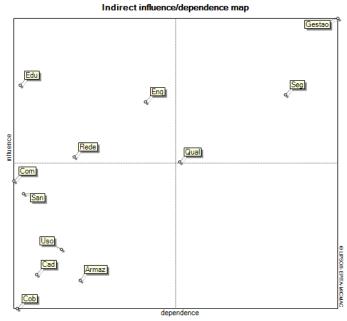


Figura 6.17 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 2.

O gráfico de influência indireta (Figura 6.17) mostra a forte influência da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos sobre a Segurança Hídrica e influência relativamente forte sobre a Qualidade da Água, sendo que a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos é influenciada pelo Enquadramento, pela Educação Ambiental e pela Rede de Monitoramento.

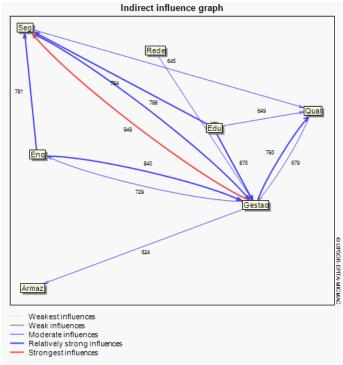


Figura 6.18 - Gráfico de influência indireta Grupo 2.





Os deslocamentos das variáveis entre a análise direta e indireta são pequenos, destacando-se o da Qualidade da Água, que passa de autônoma para de Ligação. A Educação Ambiental ganha importância, assim como a Comunicação Social e Uso do Solo, sendo que a Segurança Hídrica, o Enquadramento e o Cadastro/outorga de usuários perdem um pouco de influência (**Figura 6.18**).

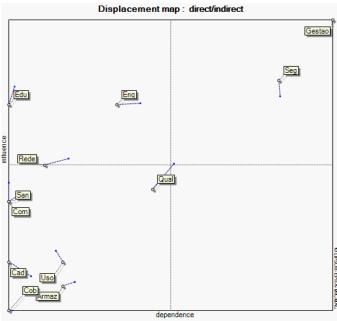


Figura 6.19 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 2.

As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Educação Ambiental, Segurança Hídrica, Enquadramento, Rede de Monitoramento e Qualidade da Água (**Figura 6.19**).

Classify variables according to their influences

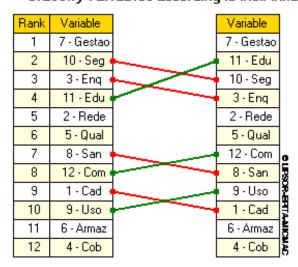


Figura 6.20 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo 2.





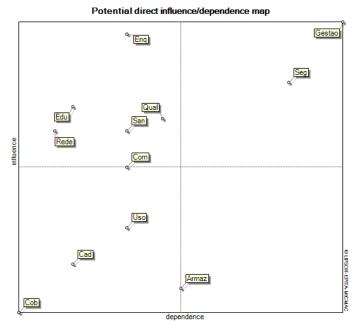


Figura 6.21 - Mapa de influência e dependência potencial Grupo 2.

Passando para a análise potencial direta, o grupo de variáveis motrizes sobe para cinco: Enquadramento, Educação Ambiental, Rede de Monitoramento, Qualidade da Água e Universalização do Saneamento, mantendo-se as variáveis de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Segurança Hídrica como de Ligação.

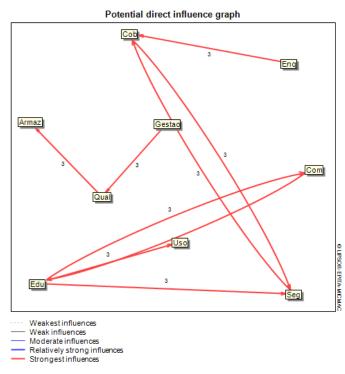


Figura 6.22 - Gráfico de influência potencial Grupo 2.

O gráfico de influência potencial direta mostra a importância da Educação Ambiental, que tem forte influência sobre Segurança Hídrica, Comunicação Social e Uso do Solo. O





Enquadramento influência a Cobrança pelo Uso da Água, que influencia e é influenciada pela Segurança Hídrica (**Figura 6.22**).

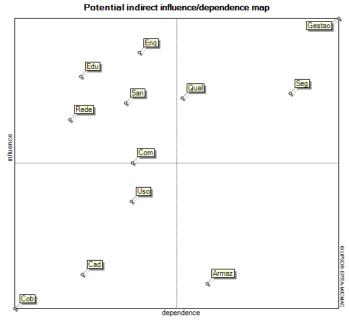


Figura 6.23 - Mapa de influência e dependência potencial indireta Grupo 2.

Por fim, a análise da influência e dependência potencial indireta reduz as variáveis motrizes para quatro (Enquadramento, Educação, Universalização de Saneamento e Rede de Monitoramento), sendo que a Qualidade da Água passa a ser de Ligação, junto com a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Segurança Hídrica.

A **Figura 6.23** coloca a variável Gestão Integrada dos Recursos Hídricos como dependente das variáveis Rede, Enquadramento, Educação Ambiental, Universalização do Saneamento, Segurança Hídrica e Qualidade da Água. Por sua vez, influencia a Segurança Hídrica e o Armazenamento de Água.





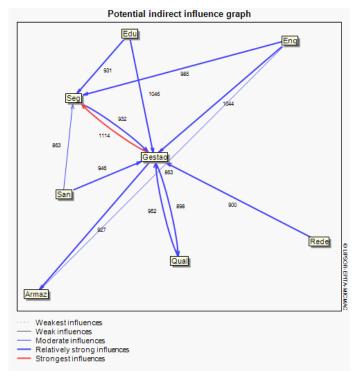


Figura 6.24 - Gráfico de influência potencial indireta - Grupo 2.

6.1.3.3 Grupo 3

A **Tabela 6.5** apresenta o resultado entregue pelo Grupo 3. Observa-se que não há nenhuma resposta quatro, ou seja, nenhuma influência foi classificada como potencial.

| | Tabela 6.5 - Matriz de influência direta Grupo 3. | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------------------|------|-----|-----|------|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Variáveis | Cad | Rede | Enq | Cob | Qual | Armaz | Gestao | San | Uso | Seg | Edu | Com | |
| Cad | 0 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | |
| Rede | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | |
| Enq | 3 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| Cob | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | |
| Qual | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | |
| Armaz | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | |
| Gestao | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| San | 2 | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | |
| Uso | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| Seg | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | |
| Edu | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | |
| Com | 3 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0 | |

A saída do software MicMac resulta no mapa de influência e dependência direta (**Figura 6.25**). De acordo com o Grupo 3, as variáveis motrizes seriam Educação Ambiental e Comunicação Social, enquanto as variáveis Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Segurança Hídrica e





Universalização do Saneamento são as de Ligação. As variáveis autônomas seriam a Rede de Monitoramento, o Enquadramento, a Cobrança pelo Uso da Água, o Armazenamento de Água e o Uso do Solo. As variáveis Qualidade da Água e Cadastro/outorga de usuários seriam dependentes.

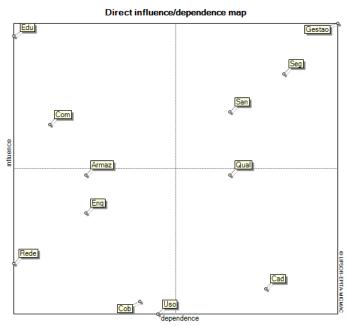


Figura 6.25 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 3.

O gráfico de influência (**Figura 6.25**) mostra dois grupos, um que tem a variável Educação como polo, influenciando Uso do Solo, Segurança Hídrica, Cadastro/outorga de usuários e Comunicação Social, sendo influenciada por essa. O outro grupo tem como polo o Enquadramento, que influencia a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e a Universalização do Saneamento, sendo influenciado por essa.





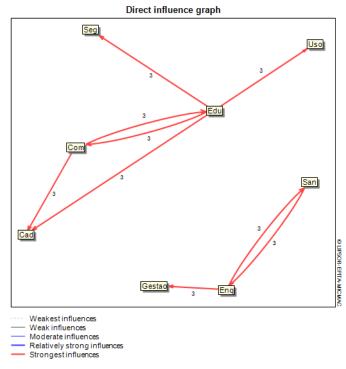


Figura 6.26 - Gráfico de influência direta Grupo 3.

Realizando a análise indireta, não se observa uma alteração no mapa das variáveis (**Figura 6.27**). A **Figura 6.28** mostra o aumento da importância da Educação Ambiental, que influencia a Qualidade da Água, a Segurança Hídrica, a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, o Cadastro/outorga de usuários e a Universalização do Saneamento. A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos influencia o Cadastro/outorga de usuários e a Segurança Hídrica, além da Qualidade da Água e a Universalização do Saneamento.

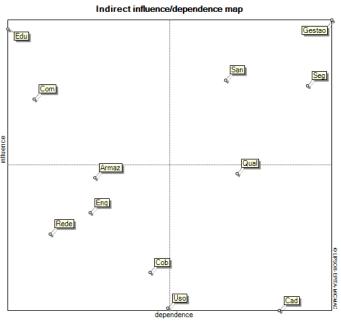


Figura 6.27 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 3.





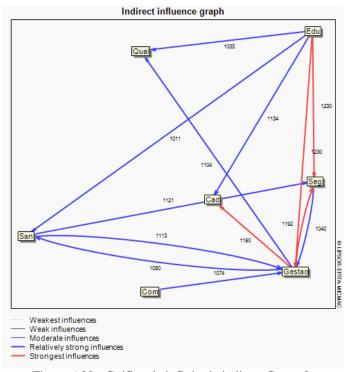


Figura 6.28 - Gráfico de influência indireta Grupo 3.

Os deslocamentos das variáveis (**Figura 6.28**) mostra que não haveria mudança de categoria das variáveis, pois todos os deslocamentos ocorrem dentro dos quadrantes. Há o aumento da influência das variáveis Comunicação Social, Universalização do Saneamento, Rede de Monitoramento, Cobrança pelo Uso da Água, enquanto o Cadastro/outorga de usuários e a Segurança Hídrica têm redução da influência.

Esses deslocamentos também podem ser observados na **Figura 6.29**, que destaca a perda de duas posições para Cadastro/outorga de usuários.





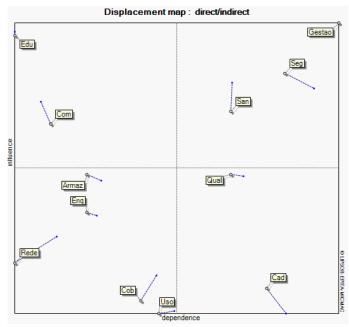


Figura 6.29 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 3.

As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Educação Ambiental, Universalização do Saneamento, Segurança Hídrica, Comunicação Social, Qualidade da Água e Armazenamento de Água (**Figura 6.30**).

Classify variables according to their influences

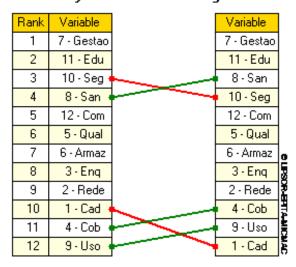


Figura 6.30 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo 3.

A análise do mapa de influência e dependência potencial direta mantem a Educação Ambiental e a Comunicação Social como motrizes e a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Segurança Hídrica e Universalização do Saneamento como de Ligação.







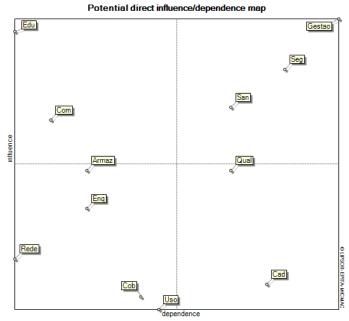


Figura 6.31 - Mapa de influência e dependência potencial Grupo 3.

O gráfico das influências potenciais diretas (Figura 6.32) traz a Educação Ambiental como um polo, que influencia o Cadastro/outorga de usuários, o Uso do Solo, a Segurança Hídrica e a Comunicação Social, sendo influenciada por essa.

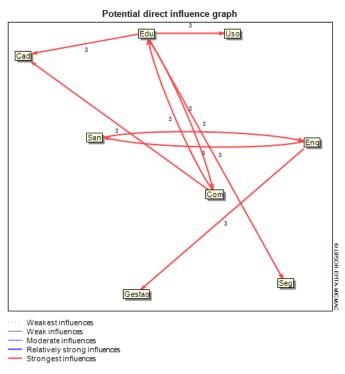


Figura 6.32 - Gráfico de influência potencial Grupo 3.





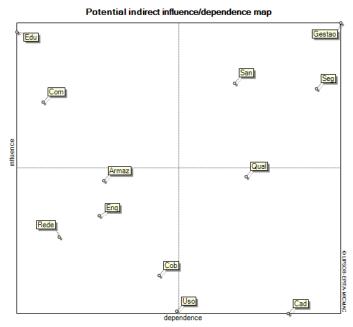


Figura 6.33 - Mapa de influência e dependência potencial indireta Grupo 3.

Por fim, a **Figura 6.34** traz o mapa de influência e dependência potencial indireta, que mantém as variáveis nos mesmos quadrantes. No entanto, a **Figura 6.33** traz a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos como um dos polos, influenciando a Segurança Hídrica, a Qualidade da Água, o Cadastro/outorga de usuários e a Universalização do Saneamento. Por sua vez, é influenciada pela Comunicação Social, pela Educação Ambiental e de forma bidirecional pela Segurança Hídrica e pela Universalização do Saneamento.

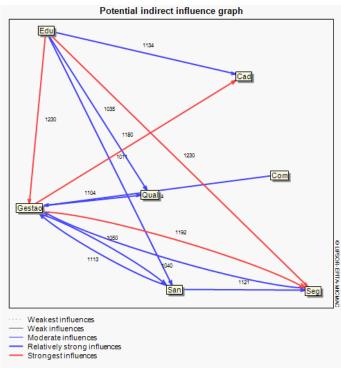


Figura 6.34 - Gráfico de influência potencial indireta Grupo 3.







6.1.3.4 Grupo 4

A **Tabela 6.6** apresenta os resultados do grupo. Diferentemente dos outros grupos, o Grupo 4 não assinalou nenhum zero e nenhum quatro.

Tabela 6.6 - Matriz de influência direta Grupo 4.

| Variáveis | Cad | Rede | Enq | Cob | Qual | Armaz | Gestao | San | Uso | Seg | Edu | Com |
|-----------|-----|------|-----|-----|------|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cad | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Rede | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| Enq | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Cob | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Qual | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Armaz | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| Gestao | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| San | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Uso | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Seg | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Edu | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Com | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 |

Com essas respostas, não há variáveis motrizes na visão do grupo, sendo que existem três variáveis de ligação: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Cadastro/outorga de usuários e Enquadramento.

As variáveis autônomas são Cobrança pelo Uso da Água (que está na origem do mapa, denotando baixíssimas influência e dependência das outras variáveis), Uso do solo, Educação Ambiental, Comunicação Social e Qualidade da Água. As variáveis dependentes são Segurança Hídrica, Rede de Monitoramento, Armazenamento de Água e Universalização do Saneamento. Pela visão do Grupo 4, o planejamento teria uma característica muito instável, pois as variáveis de Ligação são sensíveis e podem alterar os resultados para o sucesso e o fracasso com muita facilidade.







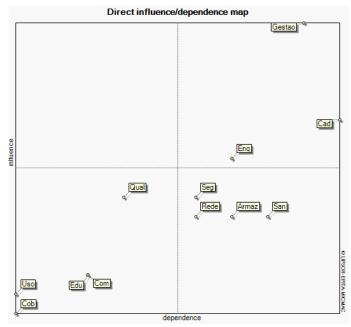


Figura 6.35 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 4.

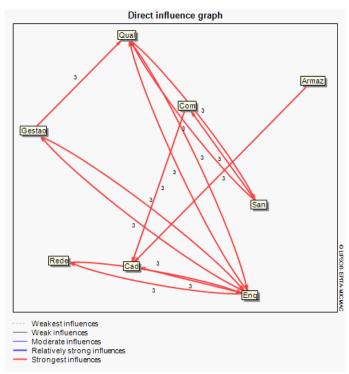


Figura 6.36 - Gráfico de influência direta Grupo 4.

A **Figura 6.36** mostra a relação de influência direta entre as variáveis. Verifica-se que as relações são de forte influência e existem muitas relações bidirecionais, sendo que apenas a variável Armazenamento de Água tem uma relação de influência direta e única com o Cadastro/outorga de usuários.





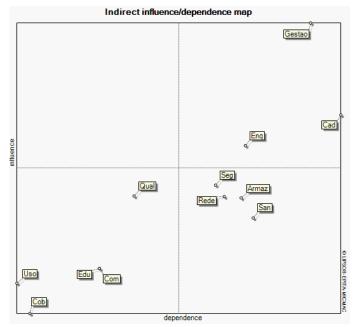


Figura 6.37 - Mapa de influência e dependência indireta Grupo 4.

Coerente com o preenchimento da matriz, a **Figura 6.37** mostra que as influências e dependências indiretas são muito parecidas com as influências e dependências diretas (**Figura 6.35**).

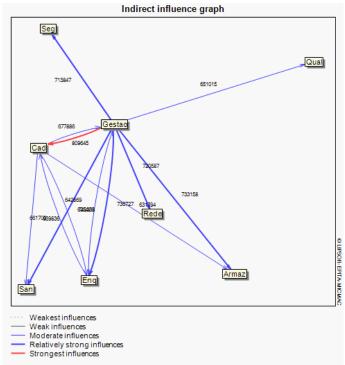


Figura 6.38 - Gráfico de influência indireta Grupo 4.

No entanto, o gráfico de influência indireta mostra uma redução da importância das influências (**Figura 6.38**). A Gestão Integrada dos Recursos Hídricos passa a ocupar um papel mais central influenciando a Segurança Hídrica, a Qualidade da Água, a Rede de Monitoramento, o





Armazenamento de Água, a Rede de Monitoramento, o Enquadramento, a Universalização do Saneamento, o Cadastro/outorga de usuários e a Segurança Hídrica, sendo influenciada pelo Enquadramento e pelo Cadastro/outorga de usuários.

Os deslocamentos das variáveis (Figura 6.39) são pequenos, tanto que apenas há a troca de posição entre duas variáveis, Segurança Hídrica e Qualidade da Água (Figura 6.40).

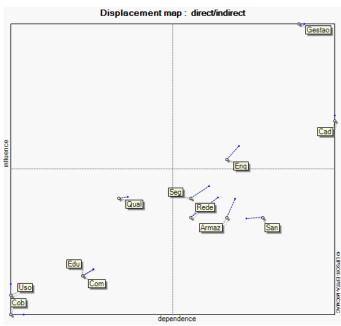


Figura 6.39 - Mapa de deslocamento de variáveis direta/indireta Grupo 4.

As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Cadastro/outorga de usuários de Usuários, Enquadramento, Segurança Hídrica, Qualidade da Água e Rede de Monitoramento (**Figura 6.40**).

Classify variables according to their influences

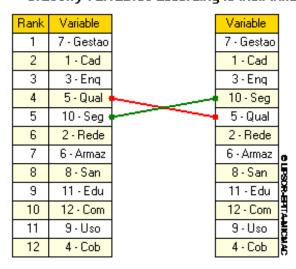


Figura 6.40 - Classificação das variáveis de acordo com a influência direta/indireta Grupo 4.





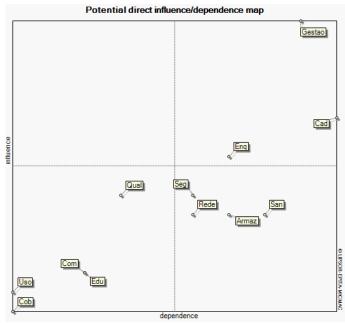


Figura 6.41 - Mapa de influência e dependência direta Grupo 4.

Passando para a análise da influência e dependência potencial direta não há alteração do mapa (**Figura 6.41**). A análise do gráfico de influência (**Figura 6.42**) mostra uma posição central para o Enquadramento, mas que tem relações bidirecionais com Rede de Monitoramento, Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Qualidade da Água.

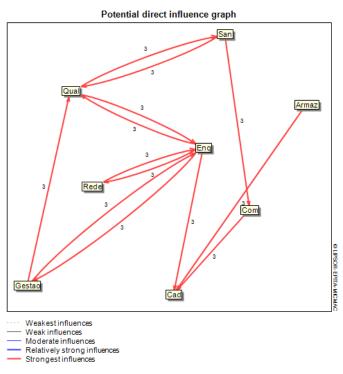


Figura 6.42 - Gráfico de influência potencial Grupo 4.





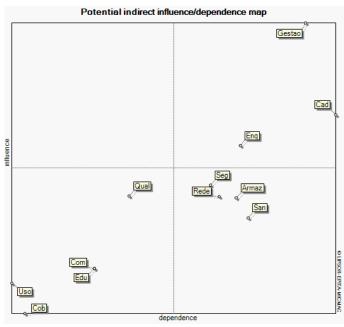


Figura 6.43 - Mapa de influência e dependência indireta do Grupo 4.

Por fim, o mapa de influência e dependência potencial indireta (**Figura 6.43**) mantem as variáveis nos mesmos quadrantes, mas a **Figura 6.44** coloca a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos no papel central, influenciando sete variáveis: Enquadramento, Qualidade da Água, Armazenamento de Água, Cadastro/outorga de usuários, Rede de Monitoramento, Segurança Hídrica e Universalização do Saneamento, sendo influenciada pelo Enquadramento e pelo Cadastro/outorga de usuários.

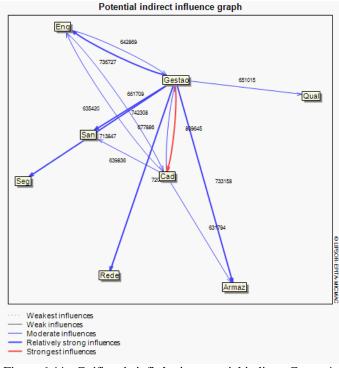


Figura 6.44 - Gráfico da influência potencial indireta Grupo 4.







6.1.4 Consolidação da pós-análise

Como os diferentes grupos tiveram resultados um pouco divergentes, especialmente nas influências potenciais e indiretas, foi realizada uma consolidação da oficina, com tratamento das planilhas pela moda, média ou consenso. As planilhas recebidas foram inseridas em uma outra planilha, que permitiu a obtenção de duas saídas distintas:

- A moda foram calculadas as modas das séries de respostas, buscando sempre a resposta com maior número de ocorrências. No caso de igual ocorrência de duas ou mais respostas, opta-se pelo valor mais elevado;
- A média arredondada calculou-se a média das respostas e depois se fez o arredondamento, sem casas decimais, para a obtenção dos valores centrais da distribuição;

6.1.4.1 Moda

Pela moda das respostas, as variáveis Educação Ambiental e Enquadramento seriam as motoras, sendo que Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Segurança Hídrica aparecem como variáveis de ligação. Por essa visão, o foco estaria em Educação Ambiental e no processo de Enquadramento, sendo que a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e a Segurança Hídrica influenciariam ou seriam fortemente influenciadas pelo plano e sua implantação.

As variáveis dependentes seriam a Universalização do Saneamento, a Qualidade da Água e o Cadastro/outorga de usuários. Entre as independentes, destaca-se a Cobrança pelo Uso da Água, como não tendo nenhuma influência direta.

Observando a **Figura 6.45** verifica-se que a Segurança Hídrica é afetada pela Rede de Monitoramento e pela Educação Ambiental e essa é influenciada pela Comunicação Social, que também afeta a Universalização do Saneamento. A Educação Ambiental também influencia fortemente o Uso do Solo.





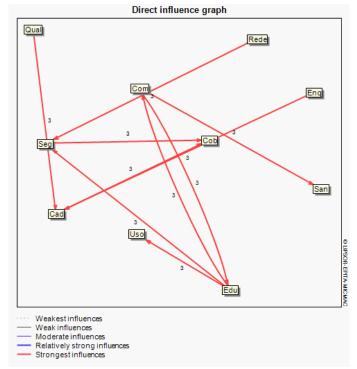


Figura 6.45 - Gráfico da influência direta da Moda das respostas.

Analisando a influência indireta, não há um deslocamento significativo das variáveis (**Figura 6.48**), sendo que nenhuma muda de quadrante (**Figura 6.45**) e algumas permanecem no mesmo ponto. O papel estratégico da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, no entanto, fica mais claro (**Figura 6.46**), influenciando e sendo influenciada pela Universalização do Saneamento, Enquadramento, Segurança Hídrica e Qualidade da Água. Só há uma troca de posição entre as variáveis de acordo com o grau de influência (**Figura 6.47**), mas em uma posição secundária.

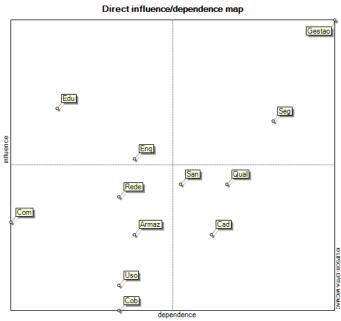


Figura 6.46 - Mapa de dependência e influência direta da Moda das respostas.





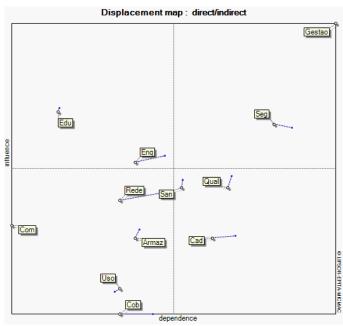


Figura 6.47 - Mapa de deslocamento direto/indireto da Moda das respostas.

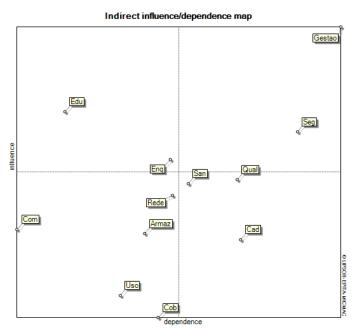


Figura 6.48 - Mapa da influência e dependência indiretas da Moda das respostas.





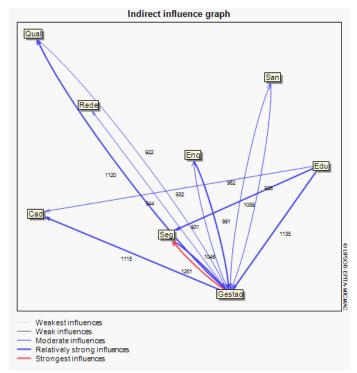


Figura 6.49 - Gráfico da influência indireta da Moda das repostas.

As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Educação Ambiental, Segurança Hídrica, Enquadramento, Qualidade da Água e Universalização do Saneamento (**Figura 6.50**).

Classify variables according to their influences

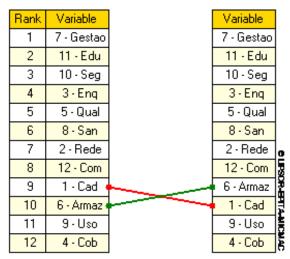


Figura 6.50 - Classificação das variáveis pela influência - Moda das respostas.





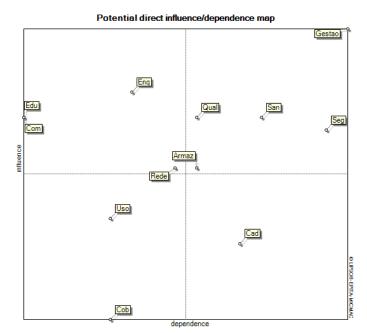


Figura 6.51 - Mapa de influência e dependência potencial direta da Moda das respostas.

A análise da **Figura 6.51** traz um panorama diferente, uma vez que as variáveis Comunicação Social e Rede de Monitoramento passam a ser variáveis motoras e Armazenamento de Água, Qualidade da Água, Universalização do Saneamento, Segurança Hídrica e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos são as variáveis de ligação. Uso do Solo e Cobrança pelo Uso da Água são variáveis independentes e o Cadastro/outorga de usuários dos Usuários é a única variável dependente. A Educação Ambiental teria forte influência sobre a Segurança Hídrica e a Comunicação Social, que por sua vez também influenciaria a Segurança Hídrica (**Figura 6.52**).

O último grupo de análise oferecido pela ferramenta é o da influência potencial indireta (**Figura 6.53**), com pequenos deslocamentos das variáveis Rede de Monitoramento e Armazenamento de Água. Novamente, a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos assume o papel de polo (**Figura 6.54**), sendo influenciada para Educação Ambiental e pela Comunicação Social, tendo forte influência na Segurança Hídrica. Com a Qualidade da Água e a Universalização do Saneamento, a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos tem uma influência bidirecional.







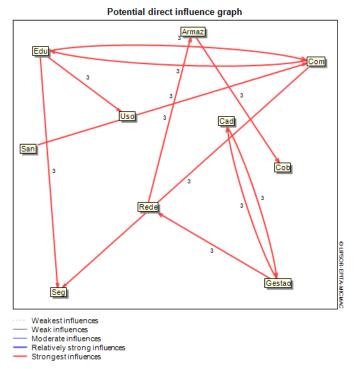


Figura 6.52 - Gráfico da influência potencial direta da Moda das respostas.

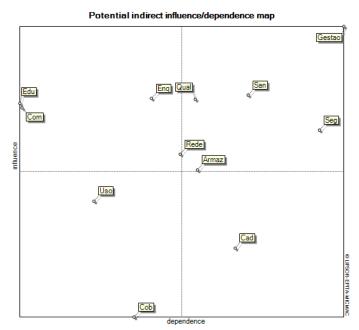


Figura 6.53 - Mapa da influência e dependência potencial indireta da Moda das respostas.





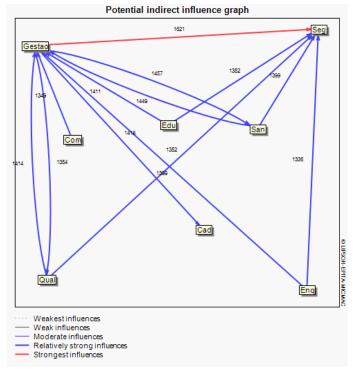


Figura 6.54 - Gráfico da influência potencial indireta da Moda das respostas.

6.1.4.2 Média

Pela Média das respostas dos quatro grupos observa-se que sete variáveis têm maior influência, sendo três motoras (Educação Ambiental, Rede de Monitoramento e Qualidade da Água) e quatro de ligação (Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Enquadramento, Universalização do Saneamento e Segurança Hídrica), conforme a **Figura 6.56** apresenta o gráfico de influência direta, no qual se destaca a Educação Ambiental, que influencia a Segurança Hídrica, o Uso do Solo e a Qualidade da Água, e o Enquadramento, que influencia o Cadastro/outorga de usuários, a Cobrança pelo Uso da Água e a Qualidade da Água, sendo influenciado por essa última.





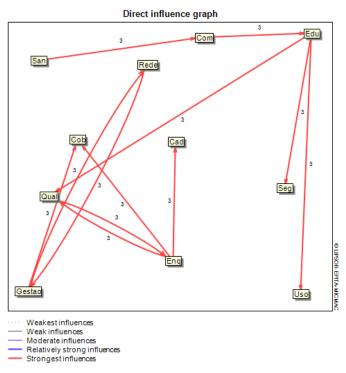


Figura 6.55 - Gráfico da influência direta da Média das respostas.

De acordo com a **Figura 6.56**, os deslocamentos das variáveis entre as análises direta e indireta são pequenos, com destaque para a Comunicação Social que passa a ser uma variável motora (**Figura 6.58**). Mas pela **Figura 6.57** essa influência é secundária, sendo apenas a oitava entre as doze variáveis consideradas.

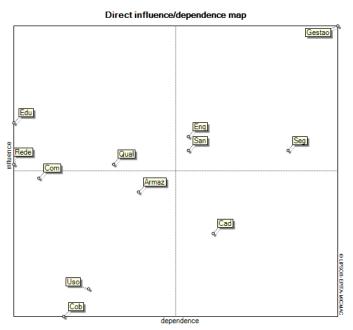


Figura 6.56 - Mapa da influência e dependência direta da Média das respostas.





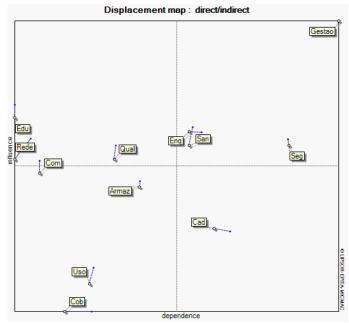


Figura 6.57 - Mapa de deslocamento direto/indireto da Média das respostas.

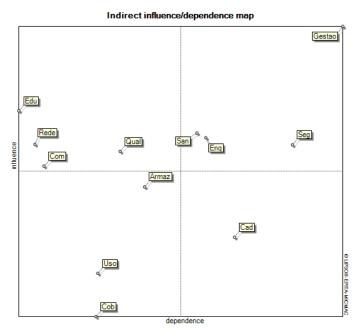


Figura 6.58 - Mapa da influência e dependência indireta da Média das respostas.

As seis variáveis mais importantes são Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Educação Ambiental, Universalização do Saneamento, Enquadramento, Rede de Monitoramento e Segurança Hídrica (**Figura 6.59**).







Classify variables according to their influences

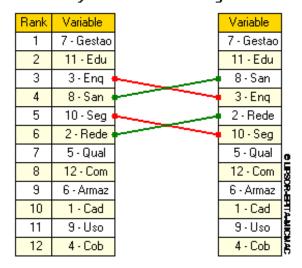


Figura 6.59 - Classificação das variáveis pela influência - Média das respostas.

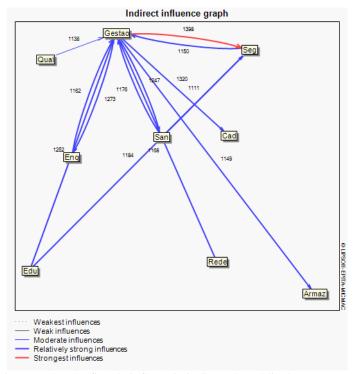


Figura 6.60 - Gráfico da influência indireta da Média das respostas.

A Figura 6.60 destaca, mais uma vez, o papel central da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, que tem relação de influência das variáveis Educação Ambiental, Rede de Monitoramento, Qualidade da Água, Universalização do Saneamento, Enquadramento e Segurança Hídrica, sendo essa relação bidirecional com as três últimas.

No Mapa de Influência e Dependência potencial direta (Figura 6.61) verifica-se que a Comunicação Social perde influência, passando para o quadrante das variáveis independentes.





O gráfico da influência (**Figura 6.62**) mostra que o Enquadramento e a Educação Ambiental têm potencial de assumirem papéis mais importantes.

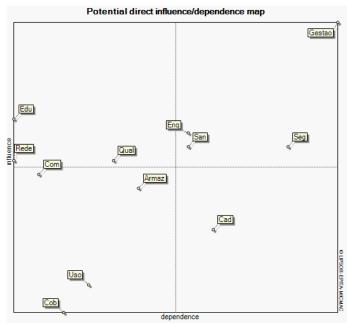


Figura 6.61 - Mapa de influência e dependência potencial direta da Média das respostas.

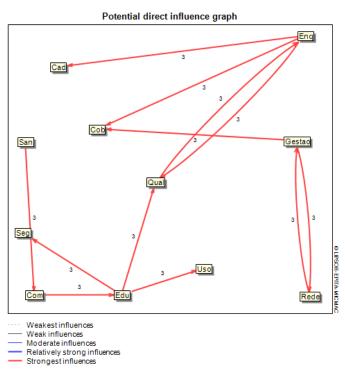


Figura 6.62 - Gráfico da influência potencial direta da Média das respostas.

Por fim, a análise da influência potencial indireta reposiciona a Comunicação Ambiental como variável motora (**Figura 6.63**) e a **Figura 6.64** mostra a posição central da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e o destaque de quatro outras variáveis: Educação Ambiental, Segurança





Hídrica, Enquadramento e Universalização do Saneamento, sendo que as três últimas têm relação bidirecional com a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.

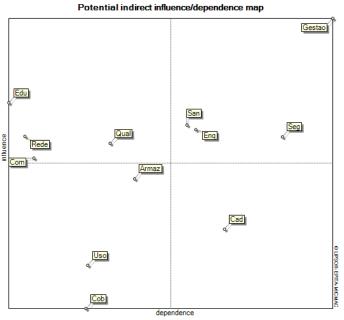


Figura 6.63 - Mapa de influência e dependência potencial indireta da Média das respostas.

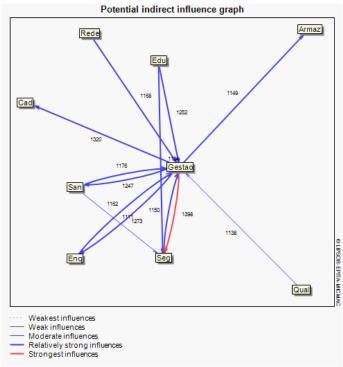


Figura 6.64 - Gráfico da influência potencial indireta da Média das respostas.

Cenário Escolhido

Comparando as saídas do modelo para a análise indireta, observa-se que há uma distribuição coerente entre as variáveis de acordo com a sua influência, naturalmente com algumas discrepâncias entre os grupos.





De acordo com a Tabela 6.7, o Cadastro/outorga de usuários de Usuários, a Cobrança pelo Uso da Água e o Uso do Solo têm as menores influências dentre as doze variáveis. Assim, seriam variáveis situadas nos quadrantes inferiores, sendo dependentes ou independentes e por isso, de acordo com os grupos, não devem ser priorizadas no planejamento.

Já as variáveis Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Educação Ambiental, Enquadramento, Rede de Monitoramento, Segurança Hídrica e Universalização do Saneamento foram indicadas como as mais influentes pelos quatro grupos, com destaque para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, que é a mais importante para todos os grupos.

As três variáveis restantes (Comunicação Social, Armazenamento de Água e Qualidade da Água) ficaram em uma posição intermediária.

Tabela 6.7 - Distribuição das variáveis de acordo com a influência na análise indireta

| Variáveis | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 | Moda | Média |
|-------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|------|-------|
| Cadastro/outorga de usuários | 11 | 10 | 12 | 2 | 10 | 10 |
| Rede de Monitoramento | 2 | 5 | 9 | 6 | 7 | 5 |
| Enquadramento | 3 | 4 | 8 | 3 | 4 | 4 |
| Cobrança pelo Uso da Água | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 |
| Qualidade da Água | 7 | 6 | 6 | 5 | 5 | 7 |
| Armazenamento de Água | 6 | 11 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Gestão Integrada dos Recursos Hídricos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Universalização do Saneamento | 5 | 8 | 3 | 8 | 6 | 3 |
| Uso do Solo | 9 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Segurança Hídrica | 10 | 3 | 4 | 4 | 3 | 6 |
| Educação Ambiental | 4 | 2 | 2 | 9 | 2 | 2 |
| Comunicação Social | 8 | 7 | 5 | 10 | 8 | 8 |

Observando os mapas de influência e dependência *indireta*, tem-se o cenário apresentado pela Tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Classificação das variáveis.

| Variável | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 | Moda | Média |
|-------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Cadastro/outor ga de usuários | Dependente | Independent e | Independent e | Ligação | Dependente | Dependente |
| Rede de Monitoramento | Motora | Motora | Independent e | Dependente | Independent e | Motora |
| Enquadramento | Ligação | Motora | Independent e | Ligação | Motora | Ligação |
| Cobrança pelo Uso da Água | Dependente | Independent e | Independent e | Independent e | Independent e | Independent e |
| Qualidade da Água | Independente. | Dependente | Dependente | Independent e | Dependente | Motora |







| Armazenament o de Água | Motora | Independent e | Independent e | Dependente | Independent e | Independent e |
|-------------------------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Gestão Integrada dos Recursos Hídricos | Ligação | Ligação | Ligação | Ligação | Ligação | Ligação |
| Universalizaçã o do Saneamento | Ligação | Independent e | Ligação | Dependente | Dependente | Ligação |
| Uso do Solo | Dependente | Independent e | Independent e | Independent e | Independent e | Independent e |
| Segurança Hídrica | Dependente | Ligação | Ligação | Dependente | Ligação | Ligação |
| Educação Ambiental | Motora | Motora | Motora | Independent e | Motora | Motora |
| Comunicação Social | Independente | Independent e | Motora | Independent e | Independent e | Motora |
| Motoras | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Ligação | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| Dependentes | 4 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 |
| Independentes | 2 | 6 | 6 | 5 | 5 | 3 |

A variável Educação Ambiental é a única que aparece como Motora na análise da Moda e da Média entre os quatro grupos. As variáveis Segurança Hídrica e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos têm a classificação como variável de Ligação para a Moda e a Média, sendo que a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos tem a mesma classificação nos quatro grupos. Ou seja, essas duas variáveis são afetadas por outras e por isso servirão como indicadores do avanço do Plano. Por outro lado, têm influência em outras variáveis e devem ser priorizadas para execução juntamente com as variáveis Motoras. O Enquadramento, pelas notas e critérios utilizados, aparece entre Motora e Ligação. Ou seja, seria coerente que sua execução se desse junto com o Plano de Bacia, já que de acordo com três dos quatro grupos terá uma influência maior do que a média sobre outras variáveis.

A Rede de Monitoramento e a Comunicação Social têm a mesma situação, estão entre ser uma variável Independente ou Motora. Por fim, a Qualidade da Água e a Universalização do Saneamento ficaram entre Dependente ou de Ligação.

Pela experiência da Consultora em outros planos e considerando as respostas obtidas, o elenco de variáveis que serão priorizadas no planejamento serão sete:

- Variáveis Motoras (prioritárias para o curto prazo)
 - o Rede de Monitoramento
 - Enquadramento
 - Educação Ambiental







- o Comunicação Social
- Variáveis de Ligação (visão de médio prazo)
 - Segurança Hídrica
 - o Universalização do Saneamento
 - o Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

Ou seja, considerando que o problema central é a Falta de Visão Sistêmica da bacia, serão buscados como resultados do planejamento de médio prazo a Segurança Hídrica, a Universalização do Saneamento e a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. A partir da obtenção desses resultados, os atores institucionais a e população das bacias devem compreender que isso só foi possível graças a uma política de segurança hídrica, a solução dos problemas básicos do saneamento e a uma gestão integrada e eficaz dos recursos hídricos. Para isso, serão utilizadas informações geradas por uma Rede de Monitoramento competente e bem planejada, por uma política de Educação Ambiental que trabalhe com todos os públicos envolvidos, por um plano de Comunicação Social efetivo e por indicativos para um futuro processo de Enquadramento dos corpos hídricos, superficiais e subterrâneos.

Retornando aos problemas causais levantados na primeira parte da oficina, pode-se fazer a avaliação dos resultados da MicMac:

- Controle e mau uso dos recursos hídricos rede de monitoramento qualiquantitativo gerará os dados para a avaliação do uso da água e redução da qualidade
- Solução do problema de dominialidade entre estado e União (riacho Muzumba e Rio Dois Rios) – questão a ser resolvida dentro da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos a partir de acordo com a Agência Nacional de Águas e concordância do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, considerando a existência de situações semelhantes em outras bacias
- Falta de incentivo à preservação deve ser tratado na Educação Ambiental e na Comunicação Social. Instrumentos econômicos de incentivo à preservação podem ser indicados como componentes da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, a partir do princípio beneficiário-pagador já previsto em legislação
- Uso e ocupação do solo inadequados variável considerada como independente, será colocada sob observação, com um programa de monitoramento do uso do solo e seus reflexos na qualidade e quantidade de água superficial e subterrânea







- Falta de uma visão integrada entre o rio e o aquífero resultados da rede de monitoramento e o plano de comunicação social devem levar a análise da integração rio – aquífero à sociedade e aos atores institucionais
- Falta de representatividade dos comitês de bacia política de educação ambiental e plano de comunicação social devem contribuir para uma melhor representatividade dos comitês de bacia
- Comunicação ineficiente plano de comunicação social concebido no Plano de Bacia
- Carência de dados dados serão coletados por uma rede de monitoramento bem estruturada
- Falta de alinhamento dos planos municipais de saneamento básico com os planos de bacia – universalização do saneamento incorporado no planejamento de recursos hídricos e a melhoria da comunicação social
- Falta efetivação da educação ambiental política de educação ambiental vinculada à gestão integrada dos recursos hídricos
- Arranjo institucional deficiente melhoria da comunicação social irá contribuir para um arranjo institucional mais efetivo
- Falta de incentivo ao reúso da água pode ser tratado dentro de segurança hídrica ou por instrumentos econômicos de gestão integrada dos recursos hídricos ou até dentro dos indicativos da proposta de enquadramento.

6.3 Articulação e compatibilização dos interesses internos e externos às bacias

A compatibilização dos interesses externos às BHLS deve ocorrer principalmente com a CAGEPA, responsável pela maior captação de água para o sistema de abastecimento da RMJP. Na fase de Diagnóstico, buscou-se a articulação mais direta com a CAGEPA, o que permitiu a obtenção de séries extensas de dados de qualidade da água bruta, superficial e subterrânea, com uma grande variedade de parâmetros físico-químicos e biológicos.

É necessário manter e ampliar essa articulação como forma de proteger o uso de água da CAGEPA, mas também para trazer recursos da empresa para a implantação de ações de recuperação das nascentes, recuperação das matas ciliares e das áreas de recarga. Do reservatório do rio Gramame e Mamuaba é necessário ter um compartilhamento maior dos dados e das informações desse sistema, que deve ser avaliado quanto às possibilidades de usos múltiplos, consuntivos e não consuntivos, e das regras de operação para atendê-los.









Assim, a CAGEPA deve apresentar não apenas as demandas atuais, mas também as demandas futuras, incluindo os parâmetros de quantidade e qualidade da água, estabelecendo, dessa forma, uma base para o enquadramento futuro dos corpos hídricos. Por outro lado, deve-se ter os dados dos efluentes gerados e seu destino, permitindo avaliar o impacto sobre outros usos atuais e pretendidos.

Os interesses internos à bacia devem ser explicitados, especialmente por uma maior adesão ao sistema de cadastro/outorga. Apenas com a participação dos usuários será possível montar a base necessária para a gestão dos recursos hídricos, pois os dados atuais não permitem uma ação efetiva, mas sim propor uma série de ações organizadas de forma a gerar o ambiente e as condições necessárias para planejar novas ações futuras.

O cadastro consistente permitirá a compreensão dos conflitos pelo uso de água, seja quantitativo como qualitativo. O encaminhamento das soluções desses conflitos permitirá compatibilizar os interesses internos e externos.







REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. D.; SOUSA, C. M. DILEMAS DA INDÚSTRIA NA PARAÍBA: LEITURAS DAS PERCEPÇÕES DO SETOR EMPRESARIAL. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 12, n. 3. P. 178-205, set-dez de 2016. Taubaté, SP, Brasil.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Água na **Indústria:** Uso e **Coeficientes** Técnicos **(2017)**. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-daagua/aguanaindustria_usoecoeficientestecnicos.pdf.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Águas: Seguranca Hídrica **Abastecimento** Urbano. 2021. Disponível no https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc2173 0.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Brasil: **Abastecimento** Urbano de Água. 2011. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/575df5de-4c8b-4be6-9e1b-2a8c996fd555

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. 2017. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/aguaesgoto/esgoto-tabs/informacoes

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação 2021: Uso da Água na Agricultura Irrigada (2ª edição). 2021. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96dbb3dcd8975db0.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021: Relatório Pleno (2021). Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf.







ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Esgotos: Despoluição de **Bacias** Hidrográficas (2017).Disponível em: http://atlasesgotos.ana.gov.br/.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Manual de Usos **Consuntivos** da Água **Brasil** no (2019).Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-depublicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos – Avaliação e Diretrizes Para Adaptação. Brasília – DF, 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Nota Técnica Nº 56/2015/SPR 04 de dezembro de 2015. Atualização da base de demandas de recursos hídricos no Brasil. 2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. PNSH - Plano de **Nacional** Segurança Hídrica. Brasília, 2019. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Usos Água **Consuntivos** da **Brasil** 2022. Disponível no **(1931-2040)**. em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64d34848f484fd

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Cenário Econômico no Brasil e Agenda BC. Roberto Campos Neto - Presidente do Banco Central do Brasil. Evento Trench, Rossi e Watanabe. 23 de maio de 2022. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/conteudo/homeptbr/TextosApresentacoes/Apresenta%C3%A7%C3%A3o_RCN_Trench%20Rossi%20Wat anabe_VPUB.pdf.

BANCO MUNDIAL. Relatório de Desenvolvimento Mundial 2022: Finanças a Serviço de uma Recuperação Equitativa. Visão geral, livreto. Banco Mundial, Washington, D.C. Licença: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. 2022.

BANCO MUNDIAL. SEMIANNUAL REPORT OF THE LATIN AMERICA AND **CARIBBEAN REGION.** The Economy in the Time of Covid-19 a joint product of the chief







economist office for latin america and the caribbean the macroeconomics, trade and investment global practice world bank. 2020.

BOMFIM, E. O; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A; AMORIM, J. F. Sustentabilidade Hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no estado da Paraíba, Brasil. Soc. nat. 27. Sep-Dec 2015. https://doi.org/10.1590/1982-451320150307.

BRASIL. Agência Brasil - Brasília. BC revisa previsão de crescimento do PIB de 2,7% para 2,9%, neste ano. **Publicado** em 15/12/2022. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-12/bc-revisa-previsao-decrescimento-do-pib-de-27-para-29-neste-ano

BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julhode-2020-267035421.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA ESALQ/USP; CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. QUEDA ACUMULADA DO PIB DO AGRONEGÓCIO CHEGA A 4,28% DE **JANEIRO** A SETEMBRO. 20 de dezembro 2022. de Disponível https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-20.12(1).pdf.

CERH - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA. Resolução Nº 02 de novembro de 2003. Estabelece a Divisão Hidrográfica da Paraíba. 2003.

CERH - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA. Resolução Nº 03 de novembro de 2003. Define as áreas de atuação dos Comitês.

CHERNICHARO, Carlos Lemos; DANIEL, Antonio; SENS, Maurício; CORAUCCI, Bruno Filho. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de desinfecção. Belo Horizonte, 2001.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.







CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

COSTA, W. D.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. de; BRANCO, R. L. de C.; MARANHÃO, C. M. L.; GOLDFABER, M. (2007). Estudo de caracterização e verificação da disponibilidade hídrica da vertente litorânea do estado da Paraíba. Estudos Hidrogeológicos. Relatório Final. Tomo I Texto. Ministério da Integração Nacional.

FMI - Fundo Monetário Internacional. COMBATENDO A CRISE DO CUSTO DE VIDA. Inflação e incerteza. Outubro de 2022. Disponível em: https://www.imf.org/pt/Publications/WEO/Issues/2022/10/11/world-economic-outlookoctober-2022.

FIGUEIRÊDO, M. C. Brito de; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; MORAIS, L. F. S.; PAULINO, W. D.; GOMES, R. B.. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. Eng. Sanit. Ambient. 11 (3). Set, 2006.

Fundação Getulio Vargas – FGV. Monitor do PIB-FGV Indicador mensal de março de **2023**. Março de 2023. Disponível em: https://portalibre.fgv.br/monitor-do-pib.

GODET, Michel; DURANCE, Philippe; DIAS, Júlio. (2008). A prospectiva estratégica para as empresas e os territórios, 2008.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DO MEIO AMBIENTE – SEIRHMA. Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-PB. 2021.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DO MEIO AMBIENTE – SEIRHMA. Plano de Gestão de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba. Convênio SERHMACT/MMA nº 0002/2009. 2014.

HANUSCH, Marek; MORENO, Rafaela Munoz. O impacto da pandemia de COVID-19 na economia brasileira: preservando a vida e o sustento. Latin America and Caribbean, 2020. https://blogs.worldbank.org/pt/latinamerica/o-impacto-da-pandemia-de-Disponível covid-19-na-economia-brasileira-preservando-vida-e-o-sustento.







HARGREAVES, G.H. & SAMANI, Z.A. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1, 96-99. Disponível em: http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo **Agropecuário 2006** - Resultados Definitivos. 2006. Disponível: https://sidra.ibge.gov.br/ pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo **Agropecuário 2017** - Resultados Definitivos. 2017. Disponível: https://sidra.ibge.gov.br/ pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos Demográficos. Resultados Definitivos. Disponível: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/25089-censo-1991-6.html?=&t=publicacoes.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PNSB - Pesquisa **Nacional** de Saneamento Básico. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacionalde-saneamento-basico.html?=&t=sobre. 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PPM - Pesquisa Pecuária da Municipal. Disponível: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-dapecuaria-municipal.html?=&t=destaques.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeções da População. 2018. Disponível: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109projecao-da-populacao.html?=&t=resultados.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. IPECE informe. Fortaleza – Ceará, 2022.

IPPC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 (2023). Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/sixthassessment-report-cycle/.







JONES-LEE, Anne; LEE, G. Fred. Role of iron chemistry in controlling the release of pollutants from resuspended sediments. December, 2000. Remediation Journal.

JÚNIOR. José: MELLO, Carlos: SILVA, Antônio. **COMPORTAMENTO** HIDROLÓGICO DE DUAS NASCENTES ASSOCIADAS AO USO DO SOLO NUMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DE CABECEIRA. 06 de setembro de 2010. Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22966.

KUBITZA, Fernando. Manejo na produção de peixes - Parte 1: Conservação e uso da água. Panorama da AQUICULTURA, volume 18, julho/agosto, 2008.

MARTINS, A. M; FILGUEIRA, J. A.; FILHO, A. C. A.; SILVA, T. C.; JUNIOR, M. H. S. Análise de não homogeneidades de séries de vazão de captações de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame, PB, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.06 (2020) 2896-2907.

Metcalf & Eddy/AECOM; ASANO, Takashi; BURTON, Franklin L; HAROLD, L. Leverenz; TSUCHIHASHI, Ryujiro; TCHOBANOGLOUS, George. Water Reuse: Technologies, and Applications. McGraw Hill, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES & IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Elaboração de Proposta do Plano de Ação para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil; Produto III – Critérios de Qualidade da Água. 2017.

MMA – MINISTÉRIOS DO MEIO AMBIENTE. CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. RESOLUÇÃO CNRH N. 145, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providencias.

REIS R. P.; OLIVEIRA L.H., SALES, M. M.. Sistema de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. Ambiente Construído. Porto Alegre, v.8, n.2, p99-117. Abr./jun. 2008.

REPORTERPB. ENTREVISTA: Modernização da indústria na Paraíba amplia geração de Agosto de 2022. Disponível empregos. https://www.reporterpb.com.br/noticia/paraiba/2022/08/10/modernizacao-da-industria-naparaiba-amplia-geracao-de-empregos/132444.html.







RODRIGUES, G. C. S. GADELHA, C. L. M. FILGUEIRA, H. J. A. SILVA, E. S. USO DE MATRIZ CAUSAL NA ANÁLISE AMBIENTAL E DE GESTÃO EM ÁREAS DE NASCENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME/PB/BRASIL. XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE - Natal, Rio Grande do Norte, Novembro de 2014.

RODRIGUES, G. C. S; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A; SILVA, E.S. Identificação das causas de conflitos pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba, Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Junho de 2022. 59. 275-295. 0.5380/dma.v59i0.76107.

Secretaria do Estado da Fazendo – SEFAZ-PB. Paraíba tem maior projeção de crescimento do PIB em 2022 do País, preveem estudos de consultorias. Janeiro de 2022. Disponível em: https://www.sefaz.pb.gov.br/announcements/11552-paraiba-tem-maior-projecao-decrescimento-do-pib-em-2022-do-pais-preveem-estudos-de-consultorias.

SILVA, Cleiton. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS NA NASCENTE DO RIO DA PRATA/PB PELAS PLANTAÇÕES DE CANA-DE-**AÇÚCAR**. Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB. Dezembro de 2015.

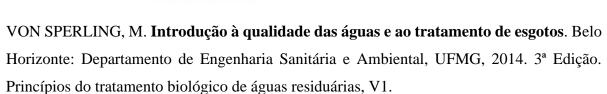
SILVA, T. C.; FILGUEIRA, J. A. ALENCAR, R. I. S.; FILHO, L. A. P.; CAVALCANTI, A. K. AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE CAPTAÇÕES DE ÁGUAS DE NASCENTES NA BACIA DO RIO GRAMAME. XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS - Maceió, Alagoas, Novembro de 2011.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO. Série Histórica. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/.

UNIPAMPA/UFSM/MMA. 2009. Desenvolvimento Metodológico e Tecnológico para Avalialção Ambiental Integrada Aplicada ao Processo de Análise da Viabilidade de Hidrelétricas - Projeto FRAG-RIO. Relatório Técnico da Etapa I. Santa Maria: FATEC/UNIPAMPA/UFSM. 307 p

VERGARA, F. E.; NETTO, O. M. C. Análise estrutural por meio da metodologia MicMac aplicada à gestão dos recursos hídricos - o caso da região hidrográfica da UHE Lajeado na bacia do rio Tocantins, Brasil. REGA – Vol. 4, no. 2, p. 5-20, jul./dez. 2007.





ZHIPENG Xu; WENFEI, Liu; XIAOHUA, Hei; HOUBAO, Fan; YIZAO, Ge; GUANPENG, Chen; JIN, Xu. Contrasting Differences in Responses of Streamflow Regimes between Reforestation and Fruit Tree Planting in a Subtropical Watershed of China. Forests 2019, 10(3), 212. Disponível em: https://doi.org/10.3390/f10030212.







APÊNDICE A – DEMANDAS E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS POR SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

Tabela AI – Combinações de Demanda e Disponibilidade Hídrica nos distintos cenários considerados.

| | | | | DISPONIBILIDADE | DEMANDA | RETORNO | DIFERENÇA | DIFERENÇA |
|----------|------|---------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|
| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | Q90 ACUMULADA | ACUMULADA | ACUMULADO | (Disponibilidade - | (Demanda/Dispon |
| | | | | (L/s) | (L/s) | (L/s) | Demanda) (L/s) | ibilidade) (%) |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,85 | 2,27 | 0,44 | 58,58 | 4% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Centro Sul | 164,73 | 8,59 | 1,38 | 156,14 | 5% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Grau | 459,70 | 23,31 | 3,92 | 436,39 | 5% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Norte | 276,15 | 11,61 | 2,25 | 264,54 | 4% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Pitimbu | 69,73 | 25,05 | 16,60 | 44,67 | 36% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Sul | 79,78 | 4,09 | 0,66 | 75,68 | 5% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb1 | 210,50 | 6,22 | 0,87 | 204,28 | 3% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb2 | 327,00 | 52,20 | 7,56 | 274,80 | 16% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb3 | 217,50 | 40,43 | 6,36 | 177,07 | 19% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb4 | 282,25 | 744,19 | 5,49 | -461,94 | 264% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb5 | 648,25 | 1482,91 | 32,22 | -834,66 | 229% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb6 | 117,50 | 143,61 | 32,08 | -26,11 | 122% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb7 | 666,00 | 1487,21 | 32,89 | -821,21 | 223% |
| OTIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb8 | 1044,26 | 1679,21 | 72,61 | -634,95 | 161% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr1 | 656,75 | 128,55 | 32,68 | 528,20 | 20% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr2 | 552,00 | 53,49 | 7,94 | 498,51 | 10% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr3 | 430,00 | 846,97 | 9,32 | -416,97 | 197% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr4 | 1368,25 | 2408,15 | 43,41 | -1039,90 | 176% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr5 | 432,26 | 79,17 | 26,42 | 353,08 | 18% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr6 | 1885,00 | 3258,06 | 53,34 | -1373,06 | 173% |
| OTIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr7 | 2365,74 | 3339,90 | 80,28 | -974,16 | 141% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,70 | 2,41 | 0,45 | 58,29 | 4% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Centro Sul | 171,90 | 9,35 | 1,42 | 162,55 | 5% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Grau | 458,40 | 25,07 | 4,04 | 433,33 | 5% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Norte | 275,30 | 12,35 | 2,30 | 262,95 | 4% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Pitimbu | 69,45 | 27,75 | 18,42 | 41,70 | 40% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Sul | 79,55 | 4,45 | 0,68 | 75,10 | 6% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb1 | 210,00 | 6,59 | 0,90 | 203,41 | 3% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb2 | 326,00 | 55,36 | 7,85 | 270,64 | 17% |







| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | DISPONIBILIDADE Q90 ACUMULADA | DEMANDA ACUMULADA | RETORNO ACUMULADO | DIFERENÇA (Disponibilidade - | DIFERENÇA (Demanda/Dispon |
|----------|------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | | | (L/s) | (L/s) | (L/s) | Demanda) (L/s) | ibilidade) (%) |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb3 | 217,00 | 43,42 | 6,60 | 173,58 | 20% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb4 | 281,50 | 746,95 | 5,76 | -465,45 | 265% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb5 | 646,50 | 1492,93 | 34,82 | -846,43 | 231% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb6 | 117,00 | 156,26 | 35,36 | -39,26 | 134% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb7 | 664,00 | 1497,52 | 35,51 | -833,52 | 226% |
| OTIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb8 | 1043,50 | 1705,86 | 78,79 | -662,36 | 163% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr1 | 654,50 | 139,30 | 35,78 | 515,20 | 21% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr2 | 550,00 | 56,79 | 8,24 | 493,21 | 10% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr3 | 428,00 | 858,27 | 9,68 | -430,27 | 201% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr4 | 1363,50 | 2672,53 | 46,92 | -1309,03 | 196% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr5 | 456,50 | 86,31 | 29,04 | 370,19 | 19% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr6 | 1878,00 | 3533,92 | 57,23 | -1655,92 | 188% |
| OTIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr7 | 2385,00 | 3623,06 | 86,80 | -1238,06 | 152% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,40 | 2,68 | 0,47 | 57,72 | 4% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Centro Sul | 170,80 | 10,87 | 1,51 | 159,93 | 6% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Grau | 455,80 | 28,56 | 4,28 | 427,24 | 6% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Norte | 273,60 | 13,72 | 2,40 | 259,88 | 5% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Pitimbu | 68,90 | 33,95 | 22,69 | 34,95 | 49% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Sul | 79,10 | 5,18 | 0,72 | 73,92 | 7% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb1 | 209,00 | 7,82 | 1,02 | 201,18 | 4% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb2 | 324,00 | 64,10 | 8,68 | 259,90 | 20% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb3 | 216,00 | 49,50 | 7,10 | 166,50 | 23% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb4 | 280,00 | 760,44 | 7,19 | -480,44 | 272% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb5 | 643,00 | 1526,61 | 42,09 | -883,61 | 237% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb6 | 116,00 | 194,67 | 48,06 | -78,67 | 168% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb7 | 660,00 | 1531,84 | 42,85 | -871,84 | 232% |
| OTIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb8 | 1037,00 | 1786,08 | 99,40 | -749,08 | 172% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr1 | 650,00 | 162,16 | 43,00 | 487,84 | 25% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr2 | 546,00 | 63,20 | 8,81 | 482,80 | 12% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr3 | 424,00 | 880,19 | 10,32 | -456,19 | 208% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr4 | 1354,00 | 3289,53 | 54,91 | -1935,53 | 243% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr5 | 454,00 | 101,54 | 35,15 | 352,46 | 22% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr6 | 1864,00 | 4173,23 | 65,88 | -2309,23 | 224% |
| OTIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr7 | 2368,00 | 4277,93 | 101,59 | -1909,93 | 181% |







| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | DISPONIBILIDADE Q90 ACUMULADA | DEMANDA ACUMULADA | RETORNO ACUMULADO | DIFERENÇA (Disponibilidade - | DIFERENÇA (Demanda/Dispon |
|------------|------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| CENARIO | ANO | Dacia | Sub-pacia | (L/s) | (L/s) | (L/s) | Demanda) (L/s) | ibilidade) (%) |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Centro Norte | 52,75 | 3,34 | 0,71 | 49,41 | 6% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Centro Sul | 148,75 | 12,19 | 2,24 | 136,56 | 8% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Grau | 426,92 | 33,83 | 6,28 | 393,09 | 8% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Norte | 253,25 | 17,10 | 3,62 | 236,15 | 7% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Pitimbu | 67,50 | 29,06 | 18,95 | 38,44 | 43% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SB Sul | 69,50 | 5,81 | 1,07 | 63,69 | 8% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb1 | 188,51 | 9,26 | 1,35 | 179,25 | 5% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb2 | 284,23 | 77,51 | 11,84 | 206,72 | 27% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb3 | 171,98 | 59,09 | 10,06 | 112,88 | 34% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb4 | 246,01 | 765,88 | 8,43 | -519,87 | 311% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb5 | 567,00 | 1539,88 | 42,63 | -972,88 | 272% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb6 | 111,00 | 164,04 | 38,19 | -53,04 | 148% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb7 | 582,75 | 1546,21 | 43,68 | -963,46 | 265% |
| PESSIMISTA | 2028 | Abiaí | SBAb8 | 894,47 | 1780,64 | 94,00 | -886,16 | 199% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr1 | 594,55 | 154,48 | 40,08 | 440,07 | 26% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr2 | 502,43 | 79,53 | 12,47 | 422,90 | 16% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr3 | 380,64 | 875,03 | 14,61 | -494,39 | 230% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr4 | 1247,73 | 2904,44 | 56,91 | -1656,71 | 233% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr5 | 386,45 | 91,95 | 31,66 | 294,50 | 24% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr6 | 1708,62 | 3783,70 | 72,51 | -2075,08 | 221% |
| PESSIMISTA | 2028 | Gramame | SBGr7 | 2132,57 | 3879,56 | 105,01 | -1746,99 | 182% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Centro Norte | 52,50 | 3,52 | 0,72 | 48,98 | 7% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Centro Sul | 142,50 | 13,13 | 2,29 | 129,37 | 9% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Grau | 417,85 | 36,08 | 6,42 | 381,77 | 9% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Norte | 246,50 | 18,02 | 3,67 | 228,48 | 7% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Pitimbu | 67,00 | 31,88 | 20,99 | 35,12 | 48% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SB Sul | 69,00 | 6,26 | 1,09 | 62,74 | 9% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb1 | 186,00 | 9,78 | 1,40 | 176,22 | 5% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb2 | 270,46 | 81,87 | 12,21 | 188,60 | 30% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb3 | 161,95 | 63,01 | 10,36 | 98,94 | 39% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb4 | 239,00 | 769,87 | 8,82 | -530,87 | 322% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb5 | 545,96 | 1551,54 | 45,71 | -1005,58 | 284% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb6 | 110,00 | 164,14 | 41,94 | -54,14 | 149% |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb7 | 561,46 | 1558,27 | 46,79 | -996,80 | 278% |







| | | | | DISPONIBILIDADE | DEMANDA | RETORNO | DIFERENÇA | DIFERENÇA |
|------------|------|---------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|
| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | Q90 ACUMULADA | ACUMULADA | ACUMULADO | (Disponibilidade - | (Demanda/Dispon |
| | | | | (L/s) | (L/s) | (L/s) | Demanda) (L/s) | ibilidade) (%) |
| PESSIMISTA | 2033 | Abiaí | SBAb8 | 856,92 | 1797,58 | 101,22 | -940,67 | 210% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr1 | 577,10 | 157,18 | 43,60 | 419,92 | 27% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr2 | 484,86 | 84,08 | 12,86 | 400,79 | 17% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr3 | 363,00 | 871,24 | 15,09 | -508,24 | 240% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr4 | 1211,46 | 3211,64 | 60,99 | -2000,18 | 265% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr5 | 375,90 | 93,99 | 34,59 | 281,91 | 25% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr6 | 1653,96 | 4087,32 | 77,08 | -2433,36 | 247% |
| PESSIMISTA | 2033 | Gramame | SBGr7 | 2063,86 | 4185,43 | 112,53 | -2121,57 | 203% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Centro Norte | 52,00 | 3,86 | 0,74 | 48,14 | 7% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Centro Sul | 132,00 | 15,04 | 2,39 | 116,96 | 11% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Grau | 399,69 | 40,53 | 6,71 | 359,16 | 10% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Norte | 236,00 | 19,71 | 3,77 | 216,29 | 8% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Pitimbu | 66,00 | 38,40 | 25,80 | 27,60 | 58% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SB Sul | 68,00 | 7,16 | 1,14 | 60,84 | 11% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb1 | 183,00 | 11,54 | 1,57 | 171,46 | 6% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb2 | 260,00 | 94,19 | 13,37 | 165,81 | 36% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb3 | 141,90 | 70,99 | 10,98 | 70,91 | 50% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb4 | 235,00 | 789,79 | 10,92 | -554,79 | 336% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb5 | 531,00 | 1595,01 | 54,76 | -1064,01 | 300% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb6 | 108,00 | 184,04 | 58,68 | -76,04 | 170% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb7 | 546,00 | 1602,60 | 55,92 | -1056,60 | 294% |
| PESSIMISTA | 2043 | Abiaí | SBAb8 | 816,90 | 1871,56 | 127,80 | -1054,65 | 229% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr1 | 545,00 | 164,15 | 51,79 | 380,85 | 30% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr2 | 467,00 | 92,89 | 13,61 | 374,11 | 20% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr3 | 354,00 | 862,63 | 15,94 | -508,63 | 244% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr4 | 1159,00 | 3931,41 | 70,21 | -2772,41 | 339% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr5 | 354,80 | 99,09 | 41,44 | 255,71 | 28% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr6 | 1591,00 | 4798,91 | 87,17 | -3207,91 | 302% |
| PESSIMISTA | 2043 | Gramame | SBGr7 | 1978,80 | 4902,51 | 129,48 | -2923,72 | 248% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,75 | 2,55 | 0,55 | 58,20 | 4% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Centro Sul | 159,50 | 9,53 | 1,74 | 149,97 | 6% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Grau | 440,58 | 25,98 | 4,87 | 414,60 | 6% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Norte | 264,00 | 13,06 | 2,82 | 250,94 | 5% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Pitimbu | 69,75 | 26,44 | 17,49 | 43,31 | 38% |







| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | DISPONIBILIDADE Q90 ACUMULADA | DEMANDA ACUMULADA | RETORNO ACUMULADO | DIFERENÇA (Disponibilidade - | DIFERENÇA (Demanda/Dispon |
|------------|------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | | | (L/s) | (L/s) | (L/s) | Demanda) (L/s) | ibilidade) (%) |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SB Sul | 79,75 | 4,54 | 0,83 | 75,21 | 6% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb1 | 209,24 | 6,91 | 1,02 | 202,32 | 3% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb2 | 308,77 | 58,03 | 9,02 | 250,73 | 19% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb3 | 190,27 | 44,96 | 7,76 | 145,31 | 24% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb4 | 276,99 | 748,88 | 6,31 | -471,90 | 270,37% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb5 | 624,75 | 1496,43 | 35,60 | -871,67 | 240% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb6 | 117,50 | 152,37 | 34,17 | -34,87 | 130% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb7 | 642,50 | 1501,20 | 36,41 | -858,70 | 234% |
| TENDENCIAL | 2028 | Abiaí | SBAb8 | 989,03 | 1707,36 | 79,94 | -718,33 | 173% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr1 | 621,95 | 137,66 | 35,37 | 484,29 | 22% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr2 | 530,32 | 59,55 | 9,51 | 470,77 | 11% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr3 | 416,61 | 857,72 | 11,13 | -441,11 | 206% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr4 | 1311,77 | 2726,42 | 48,19 | -1414,65 | 208% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr5 | 402,80 | 84,42 | 28,48 | 318,38 | 21% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr6 | 1815,13 | 3587,45 | 60,10 | -1772,32 | 198% |
| TENDENCIAL | 2028 | Gramame | SBGr7 | 2265,68 | 3674,87 | 89,24 | -1409,19 | 162% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,50 | 2,70 | 0,56 | 57,80 | 4% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Centro Sul | 164,00 | 10,32 | 1,77 | 153,68 | 6% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Grau | 445,15 | 27,83 | 4,98 | 417,33 | 6% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Norte | 268,00 | 13,83 | 2,87 | 254,17 | 5% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Pitimbu | 69,50 | 29,21 | 19,39 | 40,29 | 42% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SB Sul | 79,50 | 4,92 | 0,85 | 74,58 | 6% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb1 | 209,50 | 7,31 | 1,06 | 202,19 | 3% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb2 | 319,54 | 61,43 | 9,30 | 258,11 | 19% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb3 | 198,55 | 48,13 | 7,99 | 150,42 | 24% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb4 | 281,00 | 751,89 | 6,60 | -470,89 | 268% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb5 | 639,54 | 1506,82 | 38,31 | -867,29 | 236% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb6 | 117,00 | 162,66 | 37,61 | -45,66 | 139% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb7 | 657,04 | 1511,92 | 39,14 | -854,88 | 230% |
| TENDENCIAL | 2033 | Abiaí | SBAb8 | 1016,09 | 1732,26 | 86,39 | -716,17 | 170% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr1 | 631,90 | 146,91 | 38,60 | 484,99 | 23% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr2 | 540,64 | 63,09 | 9,81 | 477,55 | 12% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr3 | 427,50 | 866,07 | 11,49 | -438,57 | 203% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr4 | 1331,54 | 3023,61 | 51,85 | -1692,07 | 227% |







| CENÁRIO | ANO | Bacia | Sub-bacia | DISPONIBILIDADE Q90 ACUMULADA (L/s) | DEMANDA ACUMULADA (L/s) | RETORNO ACUMULADO (L/s) | DIFERENÇA (Disponibilidade - Demanda) (L/s) | DIFERENÇA (Demanda/Dispon ibilidade) (%) |
|------------|------|---------|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr5 | 408,60 | 90,63 | 31,20 | 317,98 | 22% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr6 | 1845.54 | 3893,17 | 64.13 | -2047,64 | 211% |
| TENDENCIAL | 2033 | Gramame | SBGr7 | 2304,64 | 3986,97 | 96,00 | -1682,34 | 173% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Centro Norte | 60,00 | 2,98 | 0,58 | 57,02 | 5% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Centro Sul | 171,00 | 11,91 | 1,85 | 159,09 | 7% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Grau | 454,31 | 31,49 | 5,21 | 422,81 | 7% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Norte | 273,00 | 15,25 | 2,95 | 257,75 | 6% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Pitimbu | 69,00 | 35,59 | 23,87 | 33,41 | 52% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SB Sul | 79,00 | 5,67 | 0,88 | 73,33 | 7% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb1 | 208,00 | 8,64 | 1,19 | 199,36 | 4% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb2 | 324,00 | 70,87 | 10,17 | 253,13 | 22% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb3 | 215,10 | 54,57 | 8,48 | 160,53 | 25% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb4 | 279,00 | 766,69 | 8,15 | -487,69 | 275% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb5 | 642,00 | 1542,62 | 46,00 | -900,62 | 240% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb6 | 116,00 | 197,25 | 50,89 | -81,25 | 170% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb7 | 659,00 | 1548,40 | 46,89 | -889,40 | 235% |
| TENDENCIAL | 2043 | Abiaí | SBAb8 | 1035,10 | 1811,25 | 107,98 | -776,15 | 175% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr1 | 649,00 | 166,84 | 46,12 | 482,16 | 26% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr2 | 544,00 | 69,96 | 10,38 | 474,04 | 13% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr3 | 423,00 | 882,02 | 12,14 | -459,02 | 209% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr4 | 1351,00 | 3718,17 | 60,15 | -2367,17 | 275% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr5 | 420,20 | 104,02 | 37,57 | 316,18 | 25% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr6 | 1860,00 | 4604,09 | 73,09 | -2744,09 | 248% |
| TENDENCIAL | 2043 | Gramame | SBGr7 | 2330,20 | 4711,62 | 111,35 | -2381,41 | 202% |