



PRH-RPB

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA

RP-05 | Cenários possíveis para
os Recursos Hídricos da Bacia
nos Horizontes de
Planejamento Considerados
Revisão Final | Outubro 2025

Final	12/09/2025	RP-05: Cenários possíveis para os Recursos Hídricos da Bacia nos Horizontes de Planejamento Considerados				
Revisão	Data	Descrição Breve	Por	Verif.	Aprov.	Autoriz.

**Revisão e Atualização do Plano de Recursos Hídricos da Bacia
Hidrográfica do Rio Paraíba**

RP-05: CENÁRIOS POSSÍVEIS PARA OS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA NOS
HORIZONTES DE PLANEJAMENTO CONSIDERADOS

Elaborado por:

Equipe técnica da Cobrape

Supervisionado por:

José Antônio Oliveira da Jesus

Aprovado por:

José Antônio Oliveira da Jesus

Revisão

Final

Finalidade

3

Data

21/10/2025

Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para Comentário [3] Para Aprovação



COBRAPE

Rua Av. São José, 618 – 11º andar

CEP 80050-350

Tel (41) 3094-2424

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	10
2	INTRODUÇÃO	11
3	CONCLUSÕES DO DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIAS DAS DEMANDAS HÍDRICAS	13
4	CONCEPÇÃO DOS CENÁRIOS.....	16
4.1	METODOLOGIA	16
4.2	OS CENÁRIOS NOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS	19
4.3	O CONTEXTO DOS CENÁRIOS	22
4.4	HISTÓRICO DE SECAS NO NORDESTE.....	23
4.5	O PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM AS BACIAS DO NORDESTE SETENTRIONAL - PISF	26
4.6	OS RISCOS ASSOCIADOS AO PISF	28
5	OS CENÁRIOS DO PRH-RPB.....	32
5.1	CENÁRIOS TENDENCIAIS E CENÁRIOS ALTERNATIVOS	32
5.2	DIMENSÕES DOS CENÁRIOS	32
5.2.1	<i>Prospecção do crescimento populacional.....</i>	<i>38</i>
5.2.2	<i>Prospecção da disponibilidade hídrica.....</i>	<i>39</i>
5.2.3	<i>Prospecção das demandas hídricas</i>	<i>44</i>
5.2.4	<i>Composição dos cenários de disponibilidade e demandas hídricas do PRH-RPB</i> <i>47</i>	<i>47</i>
5.3	PROJEÇÃO DA DINÂMICA SOCIOECONÔMICA	47
5.3.1	<i>Evolução dos Setores Primário e Industrial</i>	<i>48</i>
5.3.2	<i>Evolução demográfica tendencial</i>	<i>53</i>
6	ESTIMATIVA DAS DEMANDAS E DISPONIBILIDADES DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS	62
6.1	PROJEÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA	62
6.2	EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO URBANO	66
6.2.1	<i>Ramal Cariri.....</i>	<i>69</i>
6.2.2	<i>Ramal Curimataú</i>	<i>71</i>
6.3	PROJEÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS	73
6.3.1	<i>Projeção das demandas de Abastecimento Urbano.....</i>	<i>73</i>
6.3.2	<i>Projeção das demandas de Abastecimento Rural</i>	<i>76</i>
6.3.3	<i>Projeção das demandas de Agricultura</i>	<i>78</i>
6.3.4	<i>Projeção das demandas de Pecuária</i>	<i>80</i>
6.3.5	<i>Projeção das demandas de Indústria</i>	<i>82</i>
6.3.6	<i>Projeção das demandas de Mineração</i>	<i>84</i>
6.3.7	<i>Síntese da projeção das demandas hídricas.....</i>	<i>84</i>

6.4	PERDAS POR EVAPORAÇÃO LÍQUIDA	88
6.5	PROJEÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS	90
6.5.1	<i>Cargas pontuais</i>	91
6.5.2	<i>Cargas difusas</i>	93
7	COMPATIBILIZAÇÃO DAS DEMANDAS COM AS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS - BALANÇO HÍDRICO	101
7.1	ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO.....	104
7.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO IMPACTO DAS CARGAS PONTUAIS SOBRE OS CORPOS HÍDRICOS DA BACIA.....	111
8	ALTERNATIVAS DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS	117
8.1	DEFINIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS PARA REDUÇÃO DA CARGA POLUIDORA	125
8.1.1	<i>Esgotamento sanitário</i>	125
8.1.2	<i>Resíduos sólidos</i>	129
8.2	IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES QUANTITATIVAS DA ÁGUA	131
8.2.1	<i>Açudes</i>	131
8.2.2	<i>Reúso</i>	132
8.2.3	<i>Projeto de Integração do São Francisco</i>	139
8.3	ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS	140
8.3.1	<i>Medidas para redução da evaporação líquida em reservatórios artificiais</i>	140
8.3.2	<i>Redução de perdas no abastecimento urbano</i>	142
8.3.3	<i>Melhorias da eficiência hídrica na irrigação de cana-de-açúcar</i>	144
8.3.4	<i>Instrumentos de gestão para monitoramento e controle das outorgas</i>	145
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	151
9.1	CONTRIBUIÇÕES DA SEGUNDA RODADA DE CONSULTAS PÚBLICAS	151
9.2	ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DOS INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS À BACIA: A ESTRATÉGIA ROBUSTA E O CENÁRIO ESCOLHIDO	153
9.3	CONCLUSÕES ESTRATÉGICAS A PARTIR DO PROGNÓSTICO	155
9.3.1	<i>Considerações sobre o Marco Regulatório do Açude Epitácio Pessoa</i>	155
9.3.2	<i>Articulação dos instrumentos de gestão do PISF e de alocação de água dos reservatórios</i>	157
9.4	DEFINIÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA	158
9.4.1	<i>Cenário escolhido</i>	159
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Cenários dos Planos de Recursos Hídricos em escala nacional, estadual e de bacias	21
Figura 4.2 - Histórico de secas no Nordeste, com foco na Paraíba	25
Figura 4.3 - Trajeto percorrido pelo PISF na bacia do Rio Paraíba	27
Figura 5.1 - Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH) do PRH-RPB	37
Figura 5.2 - Síntese da concepção dos cenários de crescimento populacional no âmbito do PRH-RPB.....	39
Figura 5.3 - Histórico dos volumes dos açudes estratégicos do PRH-RPB	41
Figura 5.4 - Fluviogramas das vazões médias mensais no período entre 1994 e 2019	42
Figura 5.5 - Cenários de disponibilidade hídrica do PRH-RPB	44
Figura 5.6 - Síntese da metodologia de projeção das demandas hídricas do PRH-RPB.....	46
Figura 5.7 - Síntese das combinações dos diferentes cenários de demandas e de disponibilidades hídricas do PRH-RPB.....	47
Figura 5.8 - Participação de cada atividade da indústria no Valor Adicionado Bruto (%)	50
Figura 5.9 - Participação da agropecuária e da indústria no Valor Adicionado Bruto (%).....	51
Figura 5.10 - Série encadeada do volume do Valor Adicionado Bruto (2002 = 100).....	53
Figura 5.11 - Agrupamento de microrregiões geográficas para a análise da projeção populacional do PRH-RPB.....	55
Figura 5.12 - Síntese dos métodos de projeção populacional empregados para a prospecção da população do PRH-RPB	56
Figura 5.13 - População total projetada para os municípios pertencentes à Bacia do Rio Paraíba	57
Figura 5.14 - Distribuição da população nos municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba.....	58
Figura 5.15 - Cenários de crescimento populacional para o PRH-RPB.....	59
Figura 5.16 - População rural projetada pelos modelos de evolução populacional considerados na elaboração dos cenários para o PRH-RPB.....	60
Figura 5.17 - População total dos municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba	61
Figura 6.1 - Sistema Adutor Transparaíba - Ramal Cariri	71
Figura 6.2 - Sistema Adutor Transparaíba - Ramal Curimataú.....	72
Figura 6.3 - Projeção das demandas de abastecimento urbano para o horizonte do PRH-RPB	73
Figura 6.4 - Projeção das demandas de abastecimento rural para o horizonte do PRH-RPB ..	76
Figura 6.5 - Projeção das demandas de agricultura para o horizonte do PRH-RPB	78
Figura 6.6 - Projeção das demandas de pecuária para o horizonte do PRH-RPB.....	80
Figura 6.7 - Projeção das demandas de indústrias para o horizonte do PRH-RPB	82
Figura 6.8 - Projeção das demandas totais para o horizonte do PRH-RPB.....	84
Figura 6.9 - Síntese das projeções de demandas hídricas totais do PRH-RPB	86
Figura 6.10 - Projeção das cargas difusas de DBO para o PRH-RPB.....	100
Figura 6.11 - Projeção das cargas difusas de Fósforo para o PRH-RPB.....	100

Figura 7.1 - Capacidade de diluição dos corpos receptores de esgotos domésticos do PRH-RPB, segundo o Atlas Esgotos (ANA, 2017)	112
Figura 7.2 - Permanência média equivalente à concentração compatível com as classes 2 ou melhores	116
Figura 8.1 - Abastecimento de Israel por tipo de fonte hídrica ao longo dos anos	119
Figura 8.2 - Sistema Integrado da Gestão Hídrica de Singapura	122
Figura 8.3 - Sistemas não convencionais (fossa combinada com leito percolador).	126
Figura 8.4 - Sistemas não convencionais (interceptação por vegetação e fossas).....	127
Figura 8.5 - Localização da destinação de RSU na Bacia	130
Figura 8.6 - Tipos de reúso	133
Figura 8.7 - Nível de exigência do tratamento para reúso	135
Figura 8.8 - Áreas potenciais de recarga de aquíferos com água de reúso	137
Figura 8.9 - Síntese da análise da relação entre o índice de perdas na distribuição e a receita operacional direta de água	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Resoluções da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico.....	31
Tabela 5.1 - Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH).....	35
Tabela 6.1 - Estatísticas dos cenários hidrológicos analisados nas UABHs Epitácio Pessoa e Acauã.....	63
Tabela 6.2 - Vazões de referência para o cenário de antes da seca (1994-2011) de disponibilidade hídrica do PRH-RPB.....	64
Tabela 6.3 - Vazões de referência para o cenário do período histórico completo (1994-2019) de disponibilidade hídrica do PRH-RPB.....	65
Tabela 6.4 - Investimentos previstos na produção de água para os municípios do PRH-RPB	67
Tabela 6.5 - Investimentos em ramais de adutoras ou novas adutoras microrregionais segundo o PERH-PB.....	69
Tabela 6.6 - Investimentos em abastecimento de água segundo o PERH-PB.....	69
Tabela 6.7 - Municípios que serão atendidos pelo Ramal Cariri.....	70
Tabela 6.8 - Municípios que serão atendidos pelo Ramal Curimataú.....	72
Tabela 6.9 - Projeção das demandas (L/s) de abastecimento urbano para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH.....	75
Tabela 6.10 - Projeção das demandas (L/s) de abastecimento rural para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH.....	77
Tabela 6.11 - Projeção das demandas (L/s) de agricultura para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH.....	79
Tabela 6.12 - Projeção das demandas (L/s) de pecuária para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH.....	81
Tabela 6.13 - Projeção das demandas (L/s) de indústrias para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH.....	83
Tabela 6.14 - Comparação entre as demandas diagnosticadas no PRH-RPB e o cadastro de outorgas mais atualizado	87
Tabela 6.15 - Média de perdas por evaporação líquida (L/s) para cada UABH.....	89
Tabela 6.16 - Carga pontual projetada para o Cenário Tendencial para o ano de 2045.....	92
Tabela 6.17 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da atividade pecuária.....	95
Tabela 6.18 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da drenagem urbana	96
Tabela 6.19 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da população rural e população urbana não atendida por ETE	97
Tabela 6.20 - Projeção das cargas poluidoras oriundas dos resíduos sólidos urbanos.....	98
Tabela 6.21 - Projeção das cargas poluidoras oriundas do uso e ocupação do solo.....	99
Tabela 7.1 - Balanço Hídrico Algébrico: Cenários para 2045 com período hidrológico de antes da seca e considerando as perdas por evaporação líquida	105
Tabela 7.2 - Balanço Hídrico Algébrico: Cenários para 2045 com período hidrológico completo e considerando as perdas por evaporação líquida.....	106
Tabela 7.3 - Determinação da disponibilidade hídrica em função do volume armazenado ...	108

Tabela 7.4 - Análise de sensibilidade para o Balanço Hídrico considerando o pleno funcionamento do PISF até 2045.....	110
Tabela 7.5 - Tempo de permanência equivalente às classes de enquadramento com relação às cargas estimadas para 2045 no Cenário Tendencial.....	114
Tabela 8.1 - Custos previstos para o subprograma de esgotamento sanitário (R\$ 1.000).....	127
Tabela 8.2 - Medidas de redução da evaporação líquida em reservatórios artificiais.....	141

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	- Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BEDA	- Bovinos Equivalentes para Demanda de Água
BHO	- Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas
CAGEPA	- Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CBH	- Comitê de Bacia Hidrográfica
CEMADEN	- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CERH	- Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba
CHESF	- Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CNARH	- Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
CNRH	- Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COBRAPE	- Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
COMAR	- Coordenação de Marcos Regulatórios
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPI-U	- <i>Consumer Price Index for All Urban Consumers</i>
CV	- Controle por Vegetação
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNOCS	- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DTSS	- Sistema de Esgoto em Túnel Profundo
EH	- Estado Hidrológico
EPA	- <i>United States Environmental Protection Agency</i>
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
FAEPA	- Federação de Agricultura do Estado da Paraíba
FAIN	- Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Industrial da Paraíba
FIEP	- Federação das Indústrias do Estado da Paraíba
GTA	- Grupo de Trabalho de Acompanhamento
GGES	- Gerência Geral de Estratégia
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	- Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
INSA	- Instituto Nacional do Semiárido
IWA	- <i>Israel Water Authority</i>
LP	- Leitos Percolados
MBR	- Biorreatores com Membrana
ME	- Microbacias Endorreicas
MLT	- Média de Longo Termo
NF	- Nanofiltração
NT	- Nota Técnica
OLAP	- <i>On Line Analytical Process</i>
OR	- Osmose Reversa
PAC	- Programa de Aceleração do Crescimento
PDAAES-RMBS	- Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana da Baixada Santista
PERH-PB	- Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba
PERS	- Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PIB	- Produto Interno Bruto

PISF	- Projeto de Integração do Rio São Francisco
PNDR	- Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNRH	- Plano Nacional de Recursos Hídricos
POA	- Processos Oxidativos Avançados
PRH-RPB	- Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba
PUB	- Agência Nacional da Água de Singapura
RIMA	- Relatório de Impacto Ambiental
SAT	- <i>Soil Aquifer Treatment</i>
SEIRH	- Secretaria de Estado da Infraestrutura dos Recursos Hídricos
SEPLAG-PB	- Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Estado da Paraíba
SINGREH	- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINISA	- Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
SRE	- Superintendência de Regulação
SUDEMA	- Superintendência de Administração do Meio Ambiente
SUDENE	- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TdR	- Termo de Referência
UABH	- Unidades de Análise para o Balanço Hídrico
UFCEG	- Universidade Federal de Campina Grande
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UPH	- Unidades de Planejamento Hídrico
UV	- Radiação Ultravioleta
VAB	- Valor Adicionado Bruto
WMO	- <i>World Meteorological Organization</i>

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde à Fase B: Cenarização, compatibilização e articulação para o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (PRH – RPB) relativo ao Contrato nº 1-008/2023 celebrado entre o Estado da Paraíba, através da Secretaria de Estado da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos (SEIRH), e a Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

O Termo de Referência (TdR), parte integrante do contrato, estabelece as seguintes fases componentes do PRH-RPB:

- *Fase Preliminar: Relatório de Planejamento de Ações e Mobilização e Metodologia;*
 - RP-01: Plataforma virtual e Relatório de Planejamento das ações e mobilização;
- *Fase A: Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia;*
 - RP-02: Relatório da Coleta e da Análise dos Dados;
 - RP-03: Estudo Hidrológico da Bacia: Potencialidades e Disponibilidades Hídricas;
 - RP-04: Diagnóstico da Bacia;
- *Fase B: Cenarização, compatibilização e articulação para o Plano de Recursos Hídricos;*
 - RP-05: Cenários possíveis para os Recursos Hídricos da Bacia nos Horizontes de Planejamento Considerados;
- *Fase C: Plano de Recursos Hídricos da Bacia;*
 - RP-06: Metas, programas, medidas emergenciais e Programa de Investimentos do PRH-RPB;
 - RP-07: Diretrizes para Implementação de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (Manual operativo);
 - RF-01: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba – Produto Final.

A segunda etapa do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (PRH–RPB), chamada Fase B, baseia-se no diagnóstico atual (Fase A) para criar cenários de disponibilidade e demanda hídrica ao longo do tempo. Isso inclui condições médias e típicas, bem como cenários críticos ou favoráveis. A análise final busca equilibrar recursos hídricos e demandas no cenário ideal, promovendo a sustentabilidade.

Este relatório apresenta as premissas, critérios e condições analisadas para construir os cenários do Plano do Rio Paraíba, a ser apresentado em consultas públicas, reuniões técnicas com *stakeholders* e membros do CBH, além de documentos estratégicos para o Estado da Paraíba. Posteriormente, seus resultados serão apresentados à sociedade paraibana, que definirá, em conjunto, cenários para orientar o Plano de Ações, Metas e Programas, consolidando o Plano de Recursos Hídricos da Bacia.

2 INTRODUÇÃO

A segunda fase do PRH-RPB baseia-se no diagnóstico da situação atual e corresponde à construção de cenários possíveis para as disponibilidades e demandas ao longo do horizonte do Plano, considerando condições tendenciais de demandas médias ou normais, bem como cenários mais críticos ou favoráveis. Além disso, inclui a análise e a prospecção de medidas destinadas a alinhar as disponibilidades hídricas com as demandas no cenário desejável, focando na sustentabilidade objetiva.

O objetivo desta fase é, a partir da análise das tendências de evolução das disponibilidades e demandas apresentadas no diagnóstico, elaborar hipóteses alternativas de crescimento desses fatores no espaço e no tempo, dentro do horizonte de planejamento e assumindo que as políticas públicas e o quadro institucional não sofrerão mudanças radicais. Assim, seguindo um caminho semelhante ao do diagnóstico, mas agora com foco no futuro e nos horizontes de planejamento estabelecidos, foram estimadas as demandas e disponibilidades em curto, médio e longo prazos, abrangendo situações que representem aspirações sociais em termos de oportunidades de trabalho e crescimento econômico, factíveis dentro do horizonte do Plano.

Com a introdução de cenários alternativos é possível representar diferentes situações de desenvolvimento econômico e populacional, as quais geram aumentos proporcionais na demanda de água e requisitos ambientais, além de incorporar diferentes interesses internos e externos à bacia, bem como os anseios da população por meio das consultas públicas. Portanto, os cenários se originam do retrato atual da bacia, obtido a partir do diagnóstico, somados à visão de futuro resultante da análise técnica e legal da tendência histórica da região e, ainda, componentes exógenos que modifiquem tal tendência. Dessa forma, esta fase do estudo compõe uma importante estratégia para o planejamento das ações e medidas para uma gestão eficiente das águas da bacia, cujas propostas serão o objeto da próxima etapa do Plano.

Dessa forma, o presente documento de prognóstico do PRH-RPB está organizado de forma a construir o raciocínio que culminou nos cenários aqui apresentados. Assim, o primeiro e o segundo capítulo consistem na apresentação do produto e nesta contextualização do tema, respectivamente, enquanto o terceiro capítulo contém a análise das condições atuais reveladas pelo diagnóstico e expõe as conclusões resultantes e suas implicações no prognóstico da bacia, conforme solicitado no item “6.1 - *Análise das condições atuais reveladas pelo Diagnóstico e comentários/observações sobre as tendências para o crescimento das demandas*” do TDR.

O quarto capítulo apresenta a metodologia para a concepção dos cenários, o contexto e as premissas que fundamentaram a construção dos futuros possíveis da bacia, sendo que no quinto capítulo são descritas as dimensões dos cenários do PRH-RPB, e como foram prospectadas as informações e dados da bacia, compreendendo o conteúdo requerido no item “6.2 - *Cenários Alternativos das Demandas Hídricas*” do TDR.

Já no sexto capítulo, são apresentadas as estimativas resultantes das projeções realizadas para os cenários de disponibilidade hídrica e de projeção das demandas hídricas, considerando diferentes trajetórias para a evolução demográfica e para o desenvolvimento das atividades

econômicas na bacia (item “6.3 - *Estimativa das Demandas e Disponibilidades dos Cenários Alternativos*” do TDR).

No sétimo capítulo é apresentada a compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas por meio do balanço hídrico, o qual é realizado em diferentes abordagens, permitindo uma visão holística dos futuros possíveis do PRH-RPB. As alternativas que possibilitam melhorias na compatibilização resultante dos balanços hídricos, por sua vez, são apresentadas no capítulo 8 (item “6.4 - *Alternativas de Compatibilização das Disponibilidades E Demandas Hídricas*” do TDR).

Por fim, no capítulo 9 são descritas as considerações finais sobre os cenários, bem como é apresentado o cenário escolhido (item “6.5 - *Definição do Cenário de Referência ‘A Bacia que podemos ter’*” do TDR) como referência para as próximas etapas do PRH-RPB, de elaboração do Plano de Ações.

3 CONCLUSÕES DO DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIAS DAS DEMANDAS HÍDRICAS

A análise integrada da disponibilidade e das demandas hídricas no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba (PRH-RPB), consolidada no produto *RP-04 – Diagnóstico da Bacia*, revela um sistema em constante estado de alerta. Esse quadro resulta da combinação de restrições naturais, intervenções antrópicas e aspectos de infraestrutura, que impõem limitações significativas ao desenvolvimento socioeconômico sustentável da região.

A bacia do Rio Paraíba ocupa uma posição estratégica para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos do estado da Paraíba, abrangendo 38% do território estadual e englobando 85 municípios, onde reside aproximadamente 52% da população paraibana. Esses municípios, inseridos no contexto do PRH-RPB, apresentam dinâmicas distintas no que se refere ao uso e ocupação do solo, à distribuição populacional e à infraestrutura hídrica, fatores que influenciam diretamente as condições de disponibilidade e qualidade da água na região.

O crescimento populacional na bacia ao longo das últimas décadas tem sido expressivo, passando de menos de 1,2 milhão de habitantes em 1970 para cerca de 2,5 milhões em 2022. Esse processo foi acompanhado pelo êxodo rural e por uma intensa urbanização, resultando em transformações no perfil demográfico regional. As análises de uso e ocupação do solo demonstram que aproximadamente 54% da área total da bacia já se encontra antropizada. Ressalta-se que essa ocupação ocorre de forma heterogênea, refletindo as vocações econômicas e a disponibilidade hídrica de cada porção do território.

A disponibilidade hídrica da bacia é fortemente condicionada pelas características físicas e climáticas da região. Grande parte da bacia está inserida no semiárido paraibano, onde prevalecem baixos índices pluviométricos e elevadas taxas de evapotranspiração. Além disso, a geologia das sub-bacias Alto e Médio Paraíba é dominada pelo Sistema Aquífero Cristalino, caracterizado por sua baixa produtividade hídrica e reduzida capacidade de armazenamento subterrâneo. Nessas regiões, a oferta hídrica depende majoritariamente dos volumes acumulados em açudes e reservatórios superficiais ao longo da bacia.

No Baixo Paraíba, sob a influência do Sistema Aquífero Litorâneo, observa-se maior interação entre os compartimentos hídricos superficiais e subterrâneos que, juntamente com uma pluviometria média mais elevada, resulta em uma disponibilidade hídrica ligeiramente superior. No entanto, essa condição representa uma exceção no contexto da bacia, cuja disponibilidade hídrica predominante é classificada de baixa a muito baixa.

As condições geológicas, associadas ao regime climático da região, resultam na intermitência dos cursos d'água da bacia, incluindo seu rio principal, o Rio Paraíba, que apresenta longos períodos de vazões nulas ao longo do ano hidrológico, interrompidos por picos esporádicos e de curta duração em resposta a eventos de precipitação intensa. Esse comportamento foi devidamente simulado por meio da modelagem hidrológica chuva-vazão aplicada à bacia, a qual gerou séries chamadas de vazões naturais pseudo-históricas que evidenciam o regime de escoamento intermitente, especialmente no Alto e Médio Paraíba.

Um fator determinante para a compreensão da atual situação de disponibilidade hídrica da bacia e para a projeção de seu comportamento futuro é a prolongada seca, que teve início em 2012 e se estendeu até 2017/2018. Definido como o mais intenso dos últimos trinta anos (Brito *et al.*, 2018; Cunha *et al.*, 2018 citados por Cemaden, 2024), os impactos desse evento extremo foram amplamente sentidos, não apenas no suprimento de água para consumo humano (Cemaden, 2024), mas também nas atividades produtivas (Marengo *et al.*, 2017), com destaque para o setor agropecuário (Brito *et al.*, 2021).

Essa crise evidenciou a vulnerabilidade socioeconômica das comunidades locais e expôs a fragilidade do sistema hídrico regional diante de períodos prolongados de escassez. Cabe destacar que, neste período crítico, a pressão sobre os reservatórios de maior porte aumentou à medida que os mananciais menores se esgotavam (Cagepa, 2020).

Embora essa seca extrema se trate da mais recente, outros eventos críticos de seca já afetaram, ao longo da história, o estado da Paraíba e outras regiões do semiárido brasileiro (Cemaden, 2024). Diante desse contexto recorrente, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), idealizado há décadas, tem sido a principal alternativa estratégica para fortalecer a resiliência hídrica do Nordeste Setentrional, incluindo o estado paraibano e, em particular, a bacia do Rio Paraíba, que recebe parte das águas transpostas do São Francisco e é diretamente beneficiada pelo projeto. Além de contribuir para a segurança hídrica, o PISF prevê também o favorecimento de atividades econômicas, como a agricultura, contribuindo para fixar as populações rurais no campo a partir da diminuição da vulnerabilidade hídrica à qual estão expostas (Brasil, 2004).

A chegada das águas do PISF à Paraíba em 2018 representou um grande avanço na mitigação dos impactos das secas extremas e reflete a necessidade de soluções permanentes para reduzir a vulnerabilidade hídrica da região. No entanto, é fundamental destacar que o próprio Rio São Francisco também está sujeito a restrições hídricas semelhantes às enfrentadas na bacia do Rio Paraíba ou qualquer outra bacia hidrográfica inserida no semiárido brasileiro. Outro desafio relevante é a complexidade da gestão do PISF, que exige a coordenação entre diferentes esferas de governo e múltiplas instituições. Para garantir a distribuição equitativa da água e a manutenção da infraestrutura, é essencial um modelo de governança eficiente, que concilie os diversos usos do recurso e assegure a sustentabilidade do sistema.

Nas consultas públicas realizadas na etapa de diagnóstico para a construção do PRH-RPB, foram revelados os anseios da população em relação às águas do PISF, especialmente no que diz respeito à agricultura familiar e irrigada, pelo desenvolvimento de projetos que não apenas concedam o acesso a água por parte desta população ribeirinha, mas ampliem a assistência técnica para o uso adequado deste recurso no contexto da agricultura familiar, favorecendo a atividade econômica nessas regiões, como previsto desde a concepção do projeto de transposição (Brasil, 2004).

Outro aspecto amplamente discutido nas consultas públicas está relacionado à degradação ambiental observada na bacia. Em parte, esta degradação ambiental ocorre pela supressão da vegetação ciliar, que agrava o processo natural de erosão do solo e o assoreamento de cursos

d'água que ocorre pela magnitude dos eventos de cheia. Além disso, a degradação ambiental da bacia se dá pelo quadro de baixa cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgotos e da inadequada disposição final de resíduos sólidos, uma das principais preocupações levantadas pelos agentes locais, reforçando a necessidade de ações integradas de preservação e recuperação ambiental.

Portanto, o futuro da disponibilidade hídrica da bacia do Rio Paraíba depende de uma abordagem integrada, que considere a vulnerabilidade natural da bacia, os impactos já observados de eventos climáticos extremos e as perspectivas de intensificação dessas condições diante das mudanças climáticas. Somente a partir de um planejamento técnico consistente, aliado à participação social e à aplicação de soluções inovadoras, será possível construir um cenário de segurança hídrica compatível com as demandas futuras e com o desenvolvimento sustentável da região.

4 CONCEPÇÃO DOS CENÁRIOS

4.1 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta as premissas que fundamentaram a construção dos cenários futuros do PRH-RPB, as quais se basearam nos conceitos apresentados nos planos de recursos hídricos das três esferas institucionais nas quais a bacia do Rio Paraíba está inserida – federal, estadual e regional, considerando a metodologia de caráter sistêmico e estratégico. Além disso, foram consideradas as perspectivas climatológicas para a região, levando em conta tanto o período histórico registrado quanto as análises futuras baseadas em modelos climatológicos.

Adicionalmente, o início da operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) pode provocar alterações na dinâmica socioeconômica e espacial da bacia, que devem ser contempladas no planejamento de longo prazo deste estudo.

A metodologia de cenários foi desenhada tendo em vista a definição e o detalhamento de estratégias necessárias para a efetiva implementação das ações a serem propostas neste Plano, considerando que a governança dessas ações possa ser exercida pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) através dos órgãos de gestão locais pertinentes já estabelecidos na bacia.

Do ponto de vista estratégico, a metodologia de cenários baseia-se na distinção clara entre as variáveis sob controle dos sistemas de gestão (variáveis de decisão) e aquelas que escapam a esse controle (variáveis independentes). Segundo essa abordagem, os fatores que os cenários são articulados estão, em sua maioria, fora do controle dos sistemas de gestão de recursos hídricos existentes na bacia e de seus tomadores de decisão. Entre esses fatores, destacam-se o comportamento hidrológico, a evolução demográfica e a evolução das atividades econômicas. A trajetória dessas variáveis até o horizonte do Plano pode ser influenciada por fatores externos imprevisíveis.

Já dentro da esfera de governança dos sistemas de gestão estão os objetivos a serem alcançados, que refletem um conjunto de critérios negociados e decididos pela sociedade através dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH). Os critérios com que são aplicados os instrumentos de gestão de recursos hídricos são as variáveis de decisão dos sistemas de gestão a serem ajustados para evitar ou minimizar as situações previstas pelos cenários que os afastem de seus objetivos ou perseguir aquelas que os aproximem deles.

Segundo essa metodologia, o montante e a localização dos investimentos em melhoria da eficiência de sistemas de tratamento de esgotos, por exemplo, são uma decisão dos sistemas de gestão por se situar dentro da esfera de governabilidade desses sistemas, e não um cenário. Já os vetores de crescimento populacional, industrial ou agropecuário que determinam as diversas possibilidades de localização e magnitude das demandas de água e das cargas poluidoras são articulados nos cenários, uma vez que a legislação que rege os sistemas de gestão de recursos hídricos não prevê instrumentos diretos de controle populacional, econômico ou territorial.

Isso não significa que os cenários não possam inspecionar, ou simular, possíveis consequências das decisões dos sistemas de gestão. No entanto, nesses casos os cenários têm a função de analisar condições de contorno que, por exemplo, mesmo realizando grandes investimentos na infraestrutura de saneamento, ainda assim os critérios de enquadramento poderiam não ser satisfeitos. Tais análises das condições de contorno são úteis para identificar os limites dos diversos instrumentos de gestão e alertar para a necessidade de medidas adicionais de forma a atender os objetivos deste Plano.

Portanto, os cenários não são os objetivos do processo de planejamento, mas sim um passo intermediário para identificar situações que imponham riscos ou limitações aos sistemas de gestão de recursos hídricos na bacia. Os cenários, num processo de planejamento estratégico, servem para mostrar as diversas trajetórias possíveis. Sendo assim, a estratégia de ações do Plano, a rigor, não deveria se concentrar em escolher um cenário, mas sim contemplar todos eles para atingir seus objetivos com eficácia, o que define o caráter estratégico da metodologia aqui proposta. Isso porque, ao fim, o que se escolhe são as estratégias, e não os cenários. Nesse contexto, os conceitos intuitivos como “a bacia que temos”, “a bacia que queremos” ou “a bacia que podemos ter” adquirem também um caráter estratégico.

Já o caráter sistêmico da metodologia de cenários diz respeito à estrutura analítica de concepção e da avaliação dos impactos dos cenários, tratada como um sistema. As diversas variáveis críticas que definem as demandas e as cargas poluidoras estão relacionadas através de funções matemáticas explícitas com padrões de uso e ocupação do solo, taxas de crescimento populacional, da expansão ou retração dos setores agropecuário e outras atividades que possam trazer impactos sobre os recursos hídricos da bacia. Por outro lado, as disponibilidades hídricas representam funções probabilísticas de variáveis hidrológicas determinadas para todas as bacias, sub-bacias ou otobacias.

Através da manipulação direta das variáveis críticas podem ser criadas combinações que refletem estados diferentes desse sistema – os cenários – e que podem levar a situações distintas de aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para a compatibilização entre as demandas e as disponibilidades, que será discutido no item 7 desse relatório. O estado inicial do sistema, chamado de “Cenário de Partida” (ou “A Bacia que Temos”), é determinado pelos valores das variáveis críticas e pelos balanços hídricos quantitativo e qualitativo calculados durante a etapa de Diagnóstico. Esse estado inicial do sistema define uma situação de referência a partir da qual se projetam todos os demais cenários prospectivos.

Os cenários articulam as variáveis críticas, alternando seus valores e recombinao-as em conjuntos de hipóteses, sendo que cada combinação corresponde a um cenário. Uma vez que o sistema matemático que relaciona essas variáveis é definido, a geração de um número muito grande de combinações é possível, limitado apenas pela capacidade de análise e de comparação dos seus resultados.

Ainda, é importante destacar que os sistemas de gestão de recursos hídricos possuem uma expressão espacial importante, o que exige que as informações estejam associadas às variáveis geográficas, permitindo, por exemplo, a análise de áreas e as densidades de ocupação dessas

áreas. Isso é necessário ao se analisar os impactos da expansão urbana ou da agropecuária, onde o uso do solo traz consigo implicações sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos.

No modelo desenvolvido para a avaliação do impacto dos cenários sobre os balanços hídricos, todas as análises são baseadas em áreas geográficas elementares, aqui chamadas de células de análise. Os dados são projetados nessas células por georreferenciamento. As células, por sua vez, são organizadas em tabelas com seus atributos, e essas tabelas articuladas em bancos de dados relacionais, com interfaces entre diversos sistemas de processamento dessas informações, alguns de georreferenciamento, outros de simulação hidrológica e outros de visualização, montados com o objetivo de responder a perguntas pertinentes à análise desejada, providas dos cenários.

Os bancos de dados assim organizados são conhecidos como “cubos” e se prestam a um processo analítico específico (OLAP – *On Line Analytical Process*), que é uma forma de organizar e de processar grandes bancos de dados com o objetivo de facilitar e tornar mais rápida a realização de análises agregadas e a criação de relatórios. Os bancos de dados OLAP organizam dados por nível de detalhe, usando categorias pertinentes ao tipo de aplicação para analisar os dados e agregá-los em níveis adequados para a análise, como por exemplo, municípios, microrregiões ou ottobacias e sub-bacias hidrográficas.

Um conjunto de níveis que abrange um aspecto dos dados, como sub-bacia/bacia, ou município/região de planejamento/unidade da federação, é chamado de dimensão. Os bancos de dados OLAP são chamados de cubos porque combinam diversas dimensões. Neste Plano, por exemplo, é utilizada a divisão administrativa (utilizando as codificações do IBGE) e as bacias hidrográficas e sub-bacias (utilizando os códigos das ottobacias). Uma vez que os diversos níveis de agregação dessas dimensões estão codificados, a agregação das informações em diversos níveis nessas dimensões é rápida e precisa. Os cubos assim definidos permitem ainda que certas análises que dependem da relação entre variáveis de diferentes dimensões possam ser realizadas em diversos níveis de agregação, como a densidade populacional por sub-bacias e a comparação das demandas com a disponibilidade hídrica, por exemplo.

As células a serem utilizadas para a análise dos impactos dos cenários no Plano são determinadas a partir do cruzamento de dados georreferenciados que tem origem em sistemas de informação diferentes e que sejam pertinentes às análises a serem realizadas como, por exemplo, os listados abaixo, porém não se limitando a eles:

- os setores censitários do censo de 2010, representando a dimensão demográfica e administrativa da região de estudo, com a identificação de setores, distritos, municípios, microrregião mesorregião e Unidade Federativa em que as informações dos setores censitários podem ser agregadas;
- a base hidrográfica que será adotada como referência para a atualização do Plano, correspondente à Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO 2017 5k), publicada pela ANA em 2018.

Tal forma de organização das informações permite que as análises de compatibilização entre demandas e disponibilidades possam ser realizadas em diversos níveis de agregação de

informações (ou, mais genericamente, “escalas”) atendendo a regionalizações particulares utilizadas por sistemas de gestão como, por exemplo, micro e mesorregiões, Unidades Federativas, sub-bacias, pontos de controle ou nas UABH - Unidades de Análise dos Balanços Hídricos.

As premissas mencionadas são detalhadas a seguir e culminam nos cenários idealizados no âmbito do PRH-RPB, os quais são descritos no item 5 deste capítulo.

4.2 OS CENÁRIOS NOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão de recursos hídricos envolve desafios inerentes à sua complexidade e imprevisibilidade, tornando essencial a adoção de abordagens metodológicas que integrem grandes volumes de dados para a construção de projeções coerentes e sustentáveis ao longo do horizonte do Plano. Nesse sentido, a definição de cenários surge como um passo intermediário nesse processo, permitindo a análise de diferentes possibilidades sem restringir a tomada de decisão a um único futuro previsível.

Os estudos de prognóstico nos planos de bacias hidrográficas concentram-se na compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas, portanto as projeções dessas variáveis assumem um papel fundamental. No entanto, na avaliação dos problemas e das estratégias de compatibilização surge também a identificação antecipada de desafios, limitações e conflitos que requeiram intervenções, além de destacar oportunidades que podem ser exploradas para uma administração mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Os objetivos principais da avaliação das estratégias diante desses cenários são, portanto, evitar ou mitigar impactos adversos, capacitar os agentes envolvidos para enfrentar a incerteza e direcionar a tomada de decisões, e destacar potencialidades a serem aproveitadas pelo objeto do Plano.

No contexto das águas paraibanas, podem ser tomados como referência quatro Planos de Recursos Hídricos nas diferentes esferas dessa gestão: o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2022), de abrangência nacional; o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB, 2022) como o documento de planejamento estadual; o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu (ANA, 2018), e os produtos parciais dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba (AESA, 2023), com conclusão prevista para 2025, cuja esfera corresponde às bacias hidrográficas em questão.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi aprovado em 2022 pela Resolução CNRH nº 232 e estabelece diretrizes para a gestão da água até 2040 para todo o território nacional, com seu horizonte temporal definido com base em cenários de planejamento e em um processo participativo. Para tanto, foram elaborados três cenários de balanço hídrico: o cenário atual; um cenário tendencial futuro, considerando as demandas projetadas para 2040 frente à disponibilidade hídrica atual; e um cenário com ambas as variáveis submetidas a efeitos de mudança climática.

Além disso, foi realizada uma cenarização prospectiva para avaliar as estratégias a serem detalhadas no processo de planejamento da gestão dos recursos hídricos no Brasil. A partir do cenário tendencial de demandas, foram elaborados diferentes cenários para o PNRH 2022-2040, tendo como referência central o estabelecido pelas projeções tendenciais, no qual as condições econômicas e socioambientais permanecem praticamente inalteradas em relação à situação atual. Esses cenários prospectivos contribuem na identificação de riscos e vulnerabilidades, além de analisar oportunidades para o horizonte de longo prazo do Plano, tendo sido nomeados como Água para Todos, Água para Alguns e Água para Poucos.

No **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB) de 2022**, os cenários foram apresentados na Etapa 3, a qual teve como objetivo apresentar as possíveis visões do futuro para a gestão dos recursos hídricos, considerando tanto seus aspectos quantitativos quanto os qualitativos. Para tanto, foram definidos cinco cenários nos horizontes de curto, médio e longo prazo:

- Cenário possível: caracterizado pela combinação de fatores positivos quanto ao desenvolvimento econômico e à 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;
- Cenário tendencial: refletiu, para os horizontes futuros, a evolução do comportamento dos recursos hídricos com base na continuidade das condições socioeconômicas do Estado observadas no passado, sem a inclusão de grandes projetos ou investimentos substanciais ainda não previstos;
- Cenário crítico: contemplou possíveis ameaças à continuidade do cenário tendencial, incluindo fatores adversos que poderiam comprometer a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos;
- Cenário otimista: projetou um contexto favorável ao desenvolvimento socioeconômico, nos horizontes do Plano, no qual as ações e diretrizes propostas em planos e projetos voltados para os recursos hídricos seriam plenamente implementadas; e,
- Cenário base (ano 2021): representou o comportamento qualiquantitativo dos recursos hídricos no estado, desconsiderando os efeitos adversos da última grande seca, ocorrida entre os anos de 2012 e 2017, principalmente, sobre as demandas hídricas.

Já o **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu** (ANA, 2018) realizou projeções de demandas de uso da água e de disponibilidade hídrica organizadas em três cenários para os horizontes de curto, médio e longo prazo. A construção desses cenários considerou diferentes premissas, incluindo estimativas das demandas futuras de água na bacia com base em padrões de crescimento demográfico e econômico, além de medidas para racionalização do uso da água. Também foram consideradas as intervenções setoriais relacionadas aos recursos hídricos, que impactam a oferta de água atual para o atendimento das diferentes demandas.





Os cenários elaborados no âmbito do PRH Piancó-Piranhas-Açu foram: o tendencial; o crítico, que faz uma análise qualitativa das mudanças climáticas em 2032; e o cenário normativo, no

qual foi considerada a racionalização do uso no abastecimento urbano, na indústria e na irrigação, além de outras melhorias em infraestrutura dos recursos hídricos.

Por fim, nos **Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba** (AESA, 2023), foram estabelecidos três cenários – o tendencial, o otimista e o pessimista –, analisados em três horizontes de projeto distintos que correspondem ao curto, médio e longo prazo. Foram, ainda, incorporados nos cenários, dois fatores principais de alteração em questão de disponibilidade hídrica: a recuperação ou degradação de nascentes e matas ciliares, e o aumento da evapotranspiração em consequência dos aumentos de temperatura previstos no processo de mudança climática.

Na Figura 4.1 é possível observar os horizontes e cenários dos Planos de Recursos Hídricos em escala nacional, estadual e das bacias citadas anteriormente.

Figura 4.1 - Cenários dos Planos de Recursos Hídricos em escala nacional, estadual e de bacias

Plano	Abrangência	Horizonte	Cenários
Plano Nacional de Recursos Hídricos		Base: 2020 Longo Prazo: 2040	Água para Todos Água para Alguns Água para Poucos
Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba		Curto Prazo: 2026 Médio Prazo: 2031 Longo Prazo: 2041	Possível Tendencial Crítico Otimista Base
Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba		Curto Prazo: 2028 Médio Prazo: 2033 Longo Prazo: 2043	Tendencial Otimista Pessimista
Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas Açú		Curto Prazo: 2017 Médio Prazo: 2022 Longo Prazo: 2032	Tendencial Crítico Normativo

Fonte: elaborado por Cobrape (2025), com base nas informações de Brasi (2022), AESA (2023), Paraíba (2022) e ANA (2018).

4.3 O CONTEXTO DOS CENÁRIOS

As mudanças climáticas e a variabilidade dos regimes de chuva têm impactos diretos sobre a disponibilidade de água, o que torna o entendimento dos regimes climáticos essencial na elaboração de um plano de recursos hídricos e na definição das diretrizes de gestão decorrentes. Prever e se preparar para períodos de seca ou de cheias extremas é fundamental para garantir a segurança hídrica, a resiliência dos sistemas de abastecimento e a sustentabilidade das atividades econômicas dependentes da água. Sem considerar essas questões, um plano de recursos hídricos corre o risco de ser ineficaz frente às oscilações climáticas que historicamente afetam, e continuarão a afetar, não apenas a bacia do Rio Paraíba, mas todas as regiões brasileiras.

No que diz respeito aos aspectos de gestão dos recursos hídricos, a bacia do Rio Paraíba é caracterizada por conflitos entre usos e usuários localizados tanto nos reservatórios existentes como também nos trechos do rio entre eles e a jusante do açude Epitácio Pessoa, incluídos aqueles dependentes do açude Acauã.

Os conflitos se concentram entre as necessidades de atendimento a sistemas para o abastecimento público regional e o uso para agricultura irrigada. A ocorrência histórica de prolongadas estiagens, mas principalmente no período recente a partir de 2011, tem agravado significativamente o problema.

A gestão e a regulação de usos da água do açude Epitácio Pessoa (ou Boqueirão), principal manancial da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e responsável por atender a maior cidade do interior do Nordeste, Campina Grande, tem sido objeto de discussões entre o Governo Federal, o Governo do Estado da Paraíba, o DNOCS e o Ministério Público desde o final dos anos 1990 como consequência de baixos volumes acumulados naquele momento e que colocavam em risco o abastecimento público na região. Conforme registrado na Nota Técnica nº 3/2015/SER (ANA, 2015 *apud* ANA 2022):

“A disponibilidade dos recursos depositados no reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), no Estado da Paraíba, não tem sido suficiente para atender, todo o tempo, aos usos a que se destina, gerando múltiplos conflitos entre usos e usuários. [...] Tal situação não é recente, tendo havido realidade mais crítica que a atual no triênio 1997-1999. No entanto, a temporada que vivenciamos poderá superar esta situação caso não se reverta o contínuo deplecionamento observado desde setembro de 2011. [...] “Na crise de 1999, que culminou com o rebaixamento do lago [do reservatório Boqueirão] à cota 362,73 m, ou seja, a menos de um metro do valor limite para a captação pelas adutoras que atendem a aproximadamente 500 mil habitantes em Campina Grande e região, o conflito entre usuários não foi resolvido administrativamente. Judicializado, resultou na proibição do uso da água do açude para irrigação. [...] Com tal proibição judicial, as ações de fiscalização e penalização aos infringentes foram executadas pelo DNOCS e pelo IBAMA, com o apoio do Ministério Público Estadual. No entanto, a política de recursos hídricos não implementou ações estruturais de gestão que permitissem prevenir situações análogas futuras. Ao contrário, com a recuperação do volume armazenado, entre 2004 e 2011, oriunda de períodos com maior índice

pluviométrico, os usos para irrigação – mesmo proibidos - passaram a ser estimulados. [...] Na situação hídrica atual, os usos para irrigação foram suspensos a partir de 7 de julho de 2014, por meio do Ofício Circular nº 24/2014/SRE/ANA [documento nº 00000.020825/2014]. Tal foi o resultado do agravamento da disponibilidade hídrica e de intenso processo de negociação, ocorrido a partir de meados de 2013, no qual interagiram a ANA, a AESA, o DNOCS e os usuários do reservatório, representados pela AIAEP - Associação de Irrigantes do Açude Epitácio Pessoa. [...] Apesar da intensificação do processo de gestão da demanda, sobretudo por meio da fiscalização do uso nas irrigações, e de reduções progressivas na vazão para o abastecimento público, objeto das Resoluções Conjuntas ANA e AESA nº 960/2015 e 1397/2016, a possibilidade apontada na Nota Técnica nº 3/2015/SRE, de alcance de volumes mínimos, colocando em sério risco de desatendimento a cidade de Campina Grande (PB), concretizou-se. Em 18 de abril de 2017, o espelho d'água do reservatório Boqueirão atingiu a cota 354,49m, menor nível da série histórica conhecida, correspondente a 14,24 hm³ ou 3,05% da sua capacidade atual de armazenamento. [...] A situação de iminente colapso dos sistemas integrados de abastecimento de água das regiões do Cariri e de Campina Grande somente foi temporariamente revertida em abril de 2017 quando, emergencialmente, foi iniciado o funcionamento do Projeto de Integração do rio São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional – PISF, por meio do seu Eixo Leste, fazendo afluir até o reservatório Boqueirão águas suficientes, porém em caráter precário, para as demandas mais urgentes. Tal evento, naturalmente, gerou expectativa de interrupção do racionamento no abastecimento público das cidades, de retomada da irrigação no entorno do reservatório e de perenização do rio Paraíba a jusante, com estímulo à implantação de agricultura irrigada suprida por um rio com **histórico** de recorrente intermitência.

Com a melhoria nos volumes dos reservatórios e a retomada de usos como a irrigação, surge a necessidade de revisar a real disponibilidade e demanda hídrica, além de definir regras e condições de uso dos açudes Poções e Epitácio Pessoa. Com a operação mais efetiva do PISF, novas variáveis influenciam a outorga de uso e a alocação anual de água, demandando a elaboração de um plano operativo que integre o PISF ao sistema hídrico existente.

4.4 HISTÓRICO DE SECAS NO NORDESTE

Os primeiros registros de secas no Nordeste datam do século XVI, quando relatos indicavam que os engenhos d'água permaneceram inativos por longos períodos devido à falta de chuvas. As plantações de cana-de-açúcar, essenciais para a economia da época, assim como as plantações de mandioca, secaram, comprometendo a produção de alimentos e a subsistência da população.

A expansão da lavoura canavieira, impulsionada pelo crescimento da economia colonial, contribuiu significativamente para o desmatamento da Mata Atlântica, agravando os impactos das secas. Já no início do século XVIII, a escassez de chuvas tornou-se mais intensa e frequente, atingindo com maior severidade a população que dependia da pecuária e da agricultura.

A seca de 1723 que atingiu todo o sertão nordestino provocou, além do colapso econômico, o deslocamento das populações para regiões menos afetadas. Em 1777, uma nova seca assolou a região, resultando em uma forte retração da pecuária, um dos setores econômicos mais importantes do período.

Ao longo do século XIX, com o aumento populacional e a contínua dependência da agropecuária, os efeitos das secas tornaram-se ainda mais devastadores. Em 1845, mesmo com medidas adotadas pelo governo imperial, como a construção de açudes, a escavação de cacimbas e a perfuração de poços, a estiagem causou fome e a proliferação de doenças (Gonçalves, 2018).

No entanto, foi a seca de 1877-1879, conhecida como A Grande Seca, que marcou a história do Brasil como a mais severa de todas até o período. A ausência de chuvas destruiu as lavouras de subsistência, levando a uma crise alimentar sem precedentes. Além do colapso das lavouras, a morte do gado e o aumento de casos de doenças agravaram a crise, deixando milhares de sertanejos em situação de extrema vulnerabilidade.

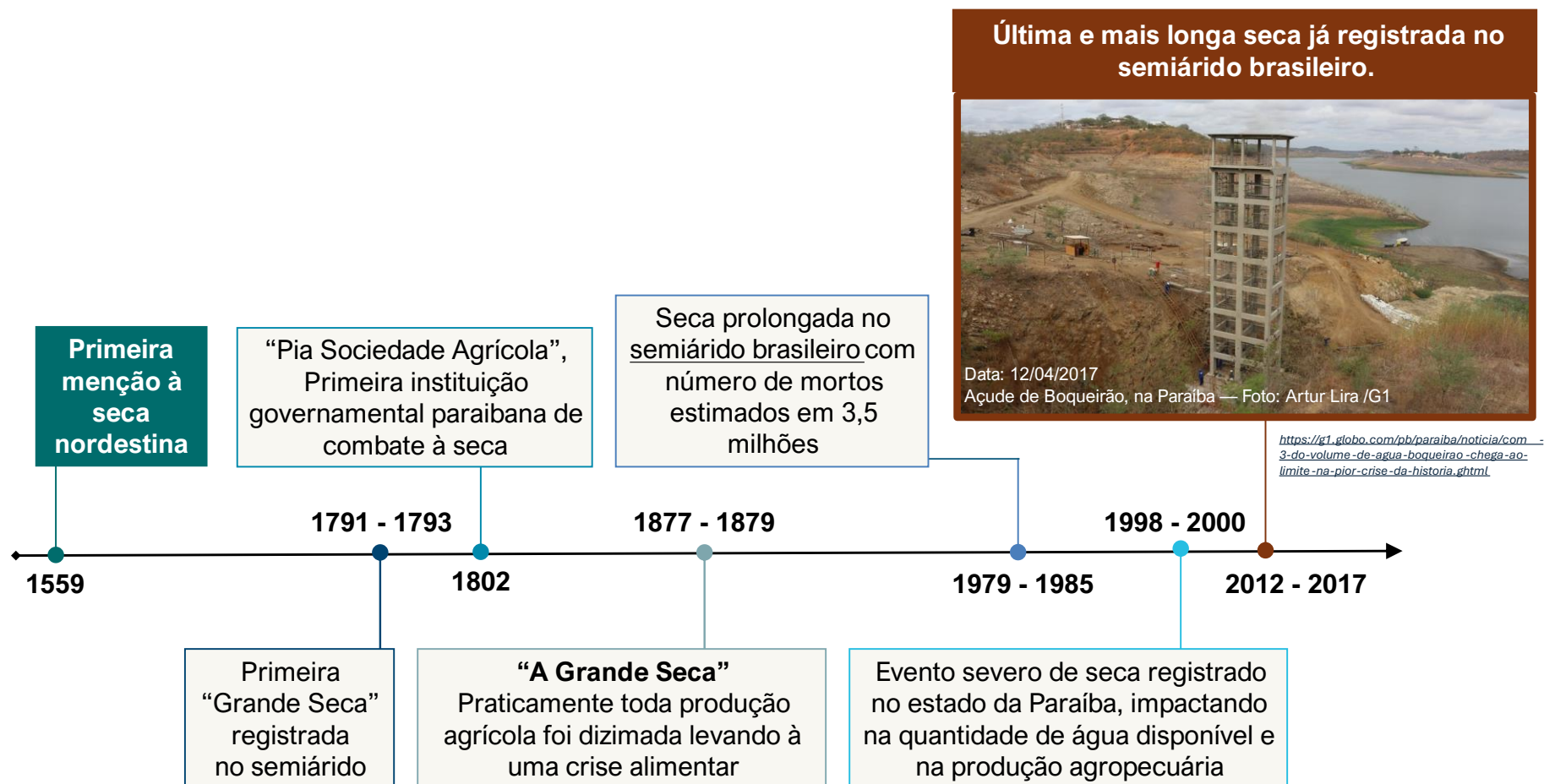
No primeiro semestre de 1877, praticamente toda a produção agrícola do sertão havia sido dizimada. Centenas de milhares de cabeças de gado foram perdidas, a lavoura de algodão foi devastada, a população abandonou os campos e os grandes proprietários rurais se endividaram. A situação começou a melhorar apenas em 1879, depois que os números de infecções e mortes caíram naturalmente (BBC, 2021).

Uma das secas mais prolongadas da história do Nordeste aconteceu entre 1979 e 1985 onde a estiagem deixou milhares de pessoas na miséria e com fome, além de lavouras inteiras serem perdidas e animais mortos. Nesse período, estima-se que 3,5 milhões de pessoas morreram, a maioria crianças sofrendo de desnutrição (Antunes, 2014).

Entre 1998 e 2000, um evento severo de seca atingiu o estado da Paraíba, que afetou a quantidade de água disponível no Açude Epitácio Pessoa o que impactou municípios que dependem desse açude para abastecimento de água. Além disso, essa seca reduziu drasticamente a produção agropecuária da região (Farias *et al.*, 2017).

A última seca severa ocorreu entre 2012 e 2017 e foi a mais longa já registrada no semiárido brasileiro, o que impactou diretamente na disponibilidade hídrica e na agropecuária da região. Durante esse período, as precipitações permaneceram abaixo das médias anuais e dos volumes esperados, agravando a escassez de água e comprometendo os açudes que abastecem os municípios. Considerando os impactos acumulados entre 2012 e 2016, aproximadamente 1.100 municípios foram afetados com impactos estimados em cerca de R\$ 104 bilhões (Cemaden, 2024). A Figura 4.2 apresenta um levantamento histórico dos eventos de seca no Nordeste brasileiro, até os anos 2000.

Figura 4.2 - Histórico de secas no Nordeste, com foco na Paraíba



Fonte: Cobrape (2025), adaptado de FGV (2023).

A análise dos eventos históricos de seca demonstra que a região enfrenta períodos críticos recorrentes, o que torna a disponibilidade hídrica irregular e altamente dependente dos açudes, essenciais para garantir o abastecimento e minimizar os impactos das estiagens. Nesse contexto, considerando o planejamento dos recursos hídricos e visando a segurança hídrica, é necessária a compreensão dos eventos passados para projetar estratégias eficazes diante das incertezas do futuro, uma vez que a recorrência das secas, somadas às mudanças climáticas e outros fatores que influenciam essas incertezas, adicionam camadas de complexidade na gestão hídrica. Portanto, faz-se fundamental considerar e incorporar a possibilidade de recorrência desses eventos de seca para a definição dos cenários futuros.

Nesse sentido, estudos científicos indicam que eventos extremos, como as secas, tendem a se tornar mais frequentes e intensos devido às mudanças climáticas. No contexto do PRH-RPB, esse cenário representa um desafio para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que afeta tanto a disponibilidade, já escassa devido à característica semiárida da região, quanto a demanda hídrica (ANA, 2024).

Além da redução na disponibilidade hídrica causada pelo aumento das temperaturas e pela intensificação da evapotranspiração, há também mudanças esperadas na demanda de água por diferentes setores usuários, como por exemplo, maiores necessidades de irrigação, consumo humano e dessedentação de animais. Adicionalmente, a elevação de temperaturas poderá comprometer a capacidade de armazenamento dos reservatórios, alterando o balanço hídrico e exigindo novas estratégias para garantir a segurança hídrica (ANA, 2024).

Com secas mais prolongadas e severas, a escassez de água tende a aumentar os conflitos entre os diferentes usuários da água. Nesse contexto, cabe destacar a relevância da bacia do Rio São Francisco, uma vez que ela é altamente dependente das condições climáticas, e que nas últimas três décadas, a vazão anual da porção centro-norte do Rio São Francisco diminuiu mais de 60% (Barbosa & Buriti, 2024). Desde a implantação do PISF, sua importância estratégica foi ampliada ao se tornar fundamental para o atendimento de demandas hídricas de outros estados do semiárido brasileiro, incluindo a Paraíba.

4.5 O PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM AS BACIAS DO NORDESTE SETENTRIONAL - PISF

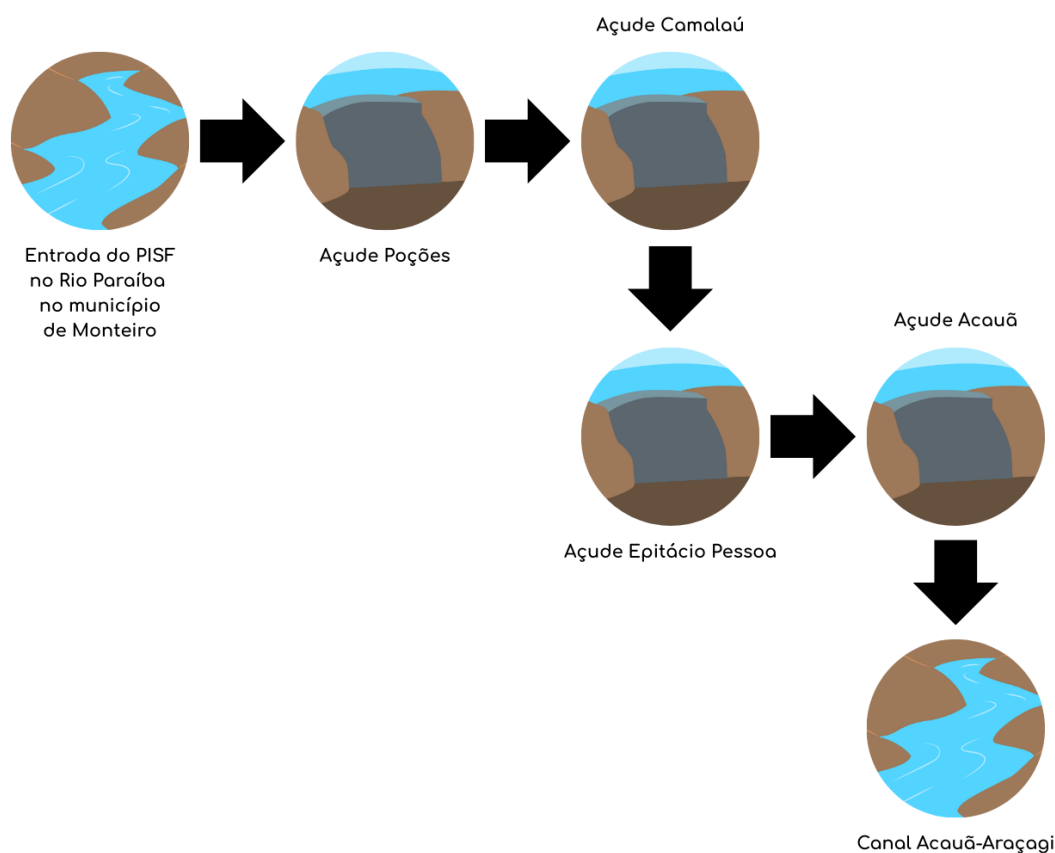
A gestão de recursos hídricos em regiões como o semiárido exige não apenas o monitoramento dos fenômenos naturais, como forma de se preparar para eventos extremos, mas também a consideração de obras estruturantes que impactam a disponibilidade e a distribuição da água, como o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF).

Dessa forma, os canais do PISF se tornam um elemento central na análise dos cenários futuros para a bacia do Rio Paraíba. Como um dos maiores empreendimentos de infraestrutura hídrica do país, o PISF altera a dinâmica dos recursos hídricos na região Nordeste, com impactos tanto sobre a segurança hídrica quanto sobre a resiliência frente às secas prolongadas. Compreender seu funcionamento e seus efeitos é indispensável para a elaboração de planos de gestão que sejam realistas e eficazes diante das incertezas climáticas da região.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) configura-se como uma das mais relevantes intervenções estruturais para combater o déficit hídrico no semiárido nordestino. Sua operação tem ampliado a disponibilidade hídrica em regiões historicamente afetadas pela escassez, principalmente em períodos de estiagem prolongada. Além disso, o PISF contribui para o atendimento de uma demanda crescente por água, impulsionada pelo desenvolvimento econômico e pelo adensamento populacional. Com a construção de novos sistemas viabilizados pelo empreendimento, projeta-se um aumento no consumo humano urbano, à medida que um número maior de municípios passará a depender diretamente desse sistema hídrico (Lobão, 2024).

No âmbito do PRH-RPB, a água do Rio São Francisco chega à bacia do Rio Paraíba por meio do Eixo Leste, que percorre 217 km até o município de Monteiro. A partir desse ponto, a água segue pelo leito do Rio Paraíba, passando pelo Açude de Poções, depois pelo Açude Camalaú e, em seguida, pelo Açude Epitácio Pessoa, até alcançar o Açude de Acauã. A partir dessa barragem, tem início uma nova etapa da transposição, com a derivação das águas pelo Canal Acauã-Araçagi. O trajeto percorrido pelo PISF na bacia do Rio Paraíba está representado na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Trajeto percorrido pelo PISF na bacia do Rio Paraíba



Fonte: Elaborado por Cobrape (2025).

Entre os principais impactos positivos do PISF, destaca-se o arrefecimento do êxodo rural e da emigração na região. O Projeto de Integração é apontado como um fator significativo para a

permanência da população no campo, com a expectativa de que a oferta de água beneficie cerca de 400 mil pessoas nas áreas rurais, diminuindo a pressão sobre as metrópoles regionais. A segurança hídrica deverá impulsionar a produção agrícola, viabilizando a utilização de aproximadamente 186 mil hectares de novas terras agricultáveis com irrigação e a geração de cerca de 240 mil empregos diretos e indiretos sejam criados no meio rural. Com isso, no Relatório de Impacto Ambiental - RIMA sobre o PISF (2004) projetou-se uma redução de até 35% no êxodo rural previsto para acontecer até 2025.

Nesse sentido, o monitoramento da área impactada pelo PISF na bacia do Rio Paraíba é realizado pela AESA, a qual divulga boletins de monitoramento por sensoriamento remoto e geoprocessamento. Tal monitoramento é realizado com base em seis setores ao longo do Rio Paraíba, entre o município de Monteiro, onde as águas do PISF entram na bacia, e o açude Epitácio Pessoa. O objetivo principal é mapear as áreas com potencial para o desenvolvimento agrícola e preparo de solo e que permitem identificar as áreas diretamente beneficiadas pela transposição, bem como aquelas indiretamente impactadas (AES/A/GEMOH, 2024).

A partir de 2020, observou-se uma mudança gradual no cenário, impulsionada pela presença de chuvas. Essa mudança refletiu-se na alteração da paisagem do semiárido e a área que abrange o eixo leste do canal do PISF conseguiu recompor parte da vegetação nativa. Já em 2021, mesmo com um regime de chuvas não muito intenso, a evolução normal do período chuvoso permitiu que a vegetação nativa se tornasse ainda mais expressiva. Esse processo pode ser notado pelo aumento de cerca de 30% no número de talhões entre dezembro de 2020 e março de 2021.

Na análise referente aos anos de 2023 e 2024, houve uma redução de aproximadamente 55% no número de talhões de um ano para o outro. Essa diminuição pode estar associada à ocorrência de chuvas irregulares no período, ocasionando a diminuição de áreas em preparos de solo.

4.6 OS RISCOS ASSOCIADOS AO PISF

O PISF, operando de forma emergencial e precária a partir de abril de 2017, foi fundamental para evitar o colapso dos sistemas integrados de abastecimento de água das regiões do Cariri e de Campina Grande. Mas, ao mesmo tempo, gerou novas expectativas de aumento das demandas e água na bacia do rio Paraíba, como a interrupção do racionamento no abastecimento público das cidades, a retomada da irrigação no entorno do reservatório de Boqueirão e a perenização do rio Paraíba a jusante, com estímulo à implantação de agricultura irrigada suprida por um rio com histórico de recorrente intermitência em uma região crítica do semiárido, o que implica em novos riscos e desafios aos sistemas de gestão.

É preciso não perder de vista que uma maior dependência das águas do PISF também apresenta riscos importantes. Primeiramente, os reservatórios de Sobradinho, Itaparica e Xingó, juntamente com o complexo Paulo Afonso, também se situam na região do semiárido nordestino e são influenciados pelas mesmas restrições hidrológicas que a bacia do rio Paraíba, apesar de possuírem uma bacia hidrográfica muito maior e com hidrologia mais diversificada. Tais reservatórios alimentam a principal fonte de geração hidrelétrica da região nordeste e a sua

operação é crítica para a segurança energética dessa região. O reservatório de Sobradinho, apesar de ser o segundo maior do sistema elétrico nacional e essencial para a regularização das vazões do PISF, tem sofrido uma redução no seu volume por conta do assoreamento ao mesmo tempo em que as demandas na sua bacia de contribuição têm se multiplicado em função da agricultura irrigada e outros usos. É notável a evolução dessas atividades desde o reservatório de Três Marias, em Minas Gerais, mas principalmente na região conhecida como MATOPIBA através de bombeamento intenso do Aquífero Urucuia, também fundamental para a manutenção das vazões de base do Rio São Francisco durante os períodos de estiagem. (CPRM, 2021)

Desde a implantação do PISF, o papel da bacia hidrográfica do Rio São Francisco foi ampliado. Isso quer dizer que, em cenários de escassez hídrica ao longo do Rio São Francisco, as vazões direcionadas ao PISF também poderão vir a sofrer reduções. A gestão compartilhada das águas se torna, além de muito mais complexa, fundamental para garantir os usos prioritários e, alinhada com as outorgas de uso e os termos de alocação de água, proporcionar a segurança hídrica da região, mesmo em eventos de seca.

De acordo com a Resolução ANA nº 2.081/2017, para ser possível outorgar vazões nos pontos de entrega do PISF, são estabelecidas faixas de operação de acordo com o volume útil dos reservatórios de Sobradinho, Itaparica e Xingó, para definir as vazões defluentes. Em condições de escassez hídrica, quando o reservatório atinge volume útil abaixo de 20%, aplica-se a Faixa de Operação de Restrição, limitando as vazões defluentes a uma média diária de 800 m³/s. Nessa condição as vazões defluentes dos reservatórios deverão ser estabelecidas e consideradas diretrizes para suprir a demanda do trecho entre Sobradinho e a Foz do Rio São Francisco, considerando também garantir a recuperação dos níveis de armazenamento do reservatório.

A estiagem no semiárido nordestino no período de 2011 a 2017, caracterizada por déficits pluviométricos de até 50% em algumas áreas da bacia do Rio São Francisco, causou uma redução significativa das vazões dos rios, e nos índices de volume acumulado. Esse cenário foi determinante para intervenções restritivas ao uso da água no contexto de irrigação, limitando as áreas irrigadas a 5 hectares por usuário, e redução no período de captação geral, com exceção de usos prioritários como o consumo humano e dessedentação de animais.

Durante a seca de 2012 a 2018, a nascente do Rio São Francisco secou, e nesse período, o reservatório de Sobradinho atingiu seu volume morto. Com as secas, pesquisadores do laboratório Lapis indicam que houve uma redução média de 63% do volume do rio nos últimos 30 anos (Barbosa & Buriti, 2024).

Segundo estudos de Narcizo e Firmo (2018), no ano de 2013 entre os meses de maio a dezembro, houve uma redução de 18% da vazão mínima defluente nos reservatórios de Sobradinho e Xingó e de aproximadamente 22% no ano de 2015, chegando a uma vazão mínima de 900 m³/s, que sofreu outra redução no início do ano de 2016.

Em agosto do mesmo ano, segundo a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), o Reservatório de Sobradinho contava apenas com 16,8% da sua capacidade de armazenamento, demandando uma redução das vazões dos reservatórios que recebiam vazões de 400 m³/s e liberavam o dobro. No mês subsequente, a Companhia conseguiu autorização para redução das

vazões do reservatório de 800 m³/s para 700 m³/s, entretanto as operações com a nova vazão só foram iniciadas no mês de novembro, sendo reduzidas gradativamente, visando garantir a segurança hídrica do Nordeste.

Somente em janeiro de 2017, a Companhia instaurou a redução de vazão para 700 m³/s no reservatório de Sobradinho, destacando uma provável redução média do nível do rio de 5 centímetros. Em julho do mesmo ano, foi autorizada a redução das vazões até o limite de 550 m³/s.

Devido ao agravamento da crise, esse cenário só obteve melhora a partir de abril de 2018, quando as vazões médias diárias praticadas foram de 660 m³/s para 700, 1200, 1280 e 780 m³/s, entre os dias 24 e 27 de abril, respectivamente.

Em decorrência da seca, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estabeleceu resoluções sobre a redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco, a exemplo da Resolução ANA n° 30, de 23 de abril de 2018, atualmente revogada, mas que passou de 1.300 m³/s para uma média diária limite de 550 m³/s.

Essas medidas visaram garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos e a segurança hídrica da região. A última resolução da ANA que dispôs sobre a redução temporária da vazão mínima dos reservatórios está datada de 25 de março de 2019, permitindo a elevação das vazões em casos extraordinários, como em comprometimento aos usos ou usuários, ou para navegação de comboios hidroviários previamente comunicados à CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco). Após esse período, foram constatados que os reservatórios estavam voltando aos níveis do período pré-crise hídrica, e o limite de vazão dos reservatórios da bacia do Rio São Francisco foram ampliados.

A Tabela 4.1 contém uma síntese das resoluções da ANA, as quais dispõem sobre a redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó no rio São Francisco.

Tabela 4.1 - Resoluções da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico

Resolução	Data
Nº 442	08/04/2013
Nº 1.406	04/12/2013
Nº 1.589	30/12/2013
Nº 102	30/01/2014
Nº 333	25/02/2014
Nº 680	30/04/2014
Nº 1.046	28/07/2014
Nº 1.514	29/08/2014
Nº 1.604	30/10/2014
Nº 1.778	26/11/2015
Nº 2.050	19/12/2014
Nº 85	29/01/2015
Nº 132	23/02/2015
Nº 206	23/03/2015
Nº 499	30/04/2015
Nº 602	26/05/2015
Nº 713	29/06/2015
Nº 852	27/07/2015
Nº 1.208	27/10/2015
Nº 1.307	30/11/2015
Nº 1.492	18/12/2015
Nº 66	28/01/2016
Nº 287	28/03/2016
Nº 560	30/05/2016
Nº 642	27/06/2016
Nº 1.161	26/09/2016
Nº 1.283	31/10/2016
Nº 224	30/01/2017
Nº 347	06/03/2017
Nº 742	24/04/2017
Nº 1.291	17/07/2017
Nº 1.943	06/11/2017
Nº 30	23/04/2018
Nº 51	26/07/2018
Nº 90	26/11/2018
Nº 19	25/03/2019

Fonte: ANA (2013 – 2019).

5 OS CENÁRIOS DO PRH-RPB

5.1 CENÁRIOS TENDENCIAIS E CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Os estudos de prognóstico definem cenários futuros compatíveis com o horizonte de planejamento contemplando as especificações previstas na Resolução CNRH nº 145/2012, em seu art. 12º. Os cenários se concentram principalmente na análise dos padrões de crescimento demográfico e econômico e nas condições hidrológicas que poderão ou não dar suporte a esses padrões.

Os estudos prospectivos do PRH-RPB definiram dois grupos de cenários: os Cenários Tendenciais e os Cenários Alternativos. Os cenários tendenciais geralmente articulam extrapolações estatísticas simples, que são como extensões para o futuro do comportamento passado das variáveis de demandas, incluindo as cargas poluidoras, procurando caracterizar uma possível situação futura que viria a ocorrer caso nada que alterasse as tendências atuais ocorresse nessa trajetória. Os cenários tendenciais são úteis ao evidenciar os limites da percepção local, e focada no presente, ao fornecer uma referência que permite aos sistemas de gestão dar o próximo passo olhando o curto prazo.

Os cenários alternativos articulam uma variedade de situações que refletem as aspirações sociais, especialmente aquelas voltadas à geração de empregos e ao desenvolvimento econômico. Seu objetivo é possibilitar a antecipação de diferentes alternativas de intervenção, considerando as incertezas do futuro e buscando atender às necessidades da sociedade.

Portanto, os cenários alternativos articulam os chamados “fatores de grande incerteza e motricidade”, que são alterações nas trajetórias “tendenciasais” das variáveis sobre as quais os sistemas de gestão não exercem controle, ou que não existam instrumentos previstos no arcabouço da legislação de recursos hídricos para controlá-los, por exemplo, os grandes investimentos públicos e privados na infraestrutura produtiva de uma região, como o PISF. Estes nem sempre são previsíveis, geram grandes expectativas de postos de trabalho, impactando o ritmo de crescimento populacional e, por conseguinte, as demandas sobre os recursos hídricos, qualitativas e quantitativas.

Ao contrário dos cenários tendenciais, os cenários alternativos articulam o imprevisível, descolando o foco do planejamento da percepção da conjuntura presente. Se os primeiros são visões míopes do futuro, os segundos são utopias – ou distopias. Os cenários alternativos são úteis por evidenciarem situações que podem representar desafios à estrutura dos atuais sistemas de gestão, sinalizando possíveis mudanças de objetivos, de prioridades ou de meios.

5.2 DIMENSÕES DOS CENÁRIOS

Os cenários articulam dois conjuntos de fatores fundamentais para a inspeção da comparação entre demandas e disponibilidades e que aqui são denominados “dimensões dos cenários”:

- O comportamento do **regime hidrológico** da bacia, procurando evidenciar o efeito das variações climáticas de longo prazo que aparentemente alteraram o regime hidrológico

regional, impactando os balanços hídricos tanto pelo lado da disponibilidade como das demandas;

- O comportamento das **demandas**, focando principalmente na dinâmica demográfica da bacia, explorando possíveis mudanças na atual tendência de desaceleração ou estagnação do crescimento demográfico, e contrastando com a possibilidade de reversão do esvaziamento populacional associada à expectativa de uma maior disponibilidade hídrica trazida com o PISF. Embora o abastecimento das populações urbanas e rurais seja um dos principais componentes da demanda, outro fator importante analisado nos cenários são os vetores de expansão da agricultura irrigada.

Essas dimensões não são totalmente independentes entre si. Historicamente, a grande diversidade e imprevisibilidade do regime hidrológico na bacia também condicionaram tanto as características demográficas regionais quanto a distribuição da produção econômica. A relação entre a disponibilidade hídrica, ou a sua restrição, e as dinâmicas populacionais e econômicas sempre foi uma característica do semiárido brasileiro, que de acordo com Ab'Saber (2007), em comparação a outras regiões semiáridas ao redor do mundo é a mais povoada:

“No vasto território dos sertões secos, onde imperam climas muito quentes, chuvas escassas, periódicas e irregulares, vivem aproximadamente 23 milhões de brasileiros. Trata-se, sem dúvida, da região semiárida mais povoada do mundo. E, talvez, aquela que possui a estrutura agrária mais rígida na face da Terra. Para completar o esquema de seu perfil demográfico, há que sublinhar o fato de se tratar da região de mais alta taxa de fertilidade humana das Américas. Uma região geradora e redistribuidora de homens, em face das pressões das secas prolongadas, da pobreza e da miséria.”

Ab'Saber (2007) pondera que o principal fator de diferenciação do Nordeste interior brasileiro, especialmente os sertões da Paraíba e de Pernambuco, em relação a outras regiões áridas ou semiáridas no mundo é a forma como as populações se distribuem, uma vez que nos sertões brasileiros essa presença antrópica se dá de forma distribuída no território:

“a existência de gente povoando todos os recantos da nossa região seca [seria] o principal fator de diferenciação do Nordeste interior em relação às demais regiões áridas ou semiáridas do mundo. No Nordeste brasileiro, o homem está presente um pouco por toda a parte, convivendo com o ambiente seco e tentando garantir a sobrevivência de famílias numerosas.”

No que concerne à composição do quadro regional da região, Ab'Saber (2007) ainda destaca o seguinte:

“a presença de um grande número de pequenas e médias cidades sertanejas, de apoio direto ao mundo rural. Algumas delas, muito pequenas e rústicas. Outras, maiores e em pleno desenvolvimento, pelo crescimento de suas funções sociais, administrativas e religiosas. As feiras e feirinhas desses núcleos urbanos que pontilham os sertões funcionam como um tradicional ponto de "trocas", já que ali tudo se vende e tudo se compra. Com a multiplicação de rodovias, estradas e caminhos municipais, houve a consolidação de uma verdadeira rede urbana no conjunto dos sertões secos, comportando uma hierarquia própria onde existem verdadeiras "capitais regionais". A despeito das limitações em termos de abastecimento de água potável, algumas das cidades nascidas e crescidas em função da força e importância de suas feiras e de seu multivariado comércio têm adquirido uma admirável conjuntura urbana, do tipo ocidentalizante.”

Essa forma de organização descrita pelo autor é compatível com o observado na bacia do Rio Paraíba em importantes cidades como Campina Grande, que possui o segundo maior contingente populacional da bacia e está localizada entre as sub-bacias do Baixo e Médio Paraíba; no Alto Paraíba pode-se destacar Sumé que já possuiu um perímetro irrigado importante; Monteiro, que hoje é abriga a entrada das águas do PISF na bacia; Congo, que tem se destacado com o avanço na implementação de assentamentos agrícolas; dentre outros municípios.

Cabe destacar que durante os prolongados períodos de seca, desde o século XIX, foram observados os principais movimentos migratórios internos brasileiros, com grandes contingentes populacionais saindo da região mais seca do nordeste (Ab'Saber, 2007). Esse êxodo afetou sobremaneira a dinâmica populacional da bacia do rio Paraíba ao longo dos anos e se refletiu em taxas decrescentes de crescimento que sugerem uma estabilidade populacional até o horizonte do Plano (2045).

A variabilidade e imprevisibilidade climática também impõem limites aos investimentos que seriam necessários para garantir a permanência dessas populações na região. Isso afeta tanto as pequenas lavouras de subsistência e as redes de produção e comércio locais como as grandes áreas de monocultura de cana e coco no Baixo Paraíba. Nesta região, a agroindústria capitalizada que vê uma possibilidade de expansão de suas áreas também precisa minimizar os riscos hidrológicos, mesmo em uma área com maior pluviosidade e disponibilidade hídrica. Nesse sentido projetos estruturantes como o PISF e o Canal Acauã-Araçagi tem o potencial de alterar esta dinâmica socioeconômica.

A implantação do PISF – Projeto de Integração do rio São Francisco – sinaliza uma possível inversão na tendência de esvaziamento populacional e riscos hidrológicos crescentes ao viabilizar uma garantia de disponibilidade hídrica, mesmo que limitada, e prevista enquanto ainda projeto a ser implementado em seu RIMA (Brasil, 2004). Com isso, já vêm sendo percebidas as crescentes pressões sobre as “águas do São Francisco” pelos pequenos produtores rurais e assentamentos no Alto Paraíba, que poderia ser caracterizada como uma significativa “demanda reprimida”, acumulada em função dos recentes anos de seca, como ficou evidente nas consultas públicas realizadas na bacia durante a etapa de Diagnóstico do Plano (*RP-04 – Diagnóstico da Bacia*).

Já no Médio e Baixo Paraíba os investimentos federais e estaduais vêm estabelecendo um complexo sistema de canais de transporte e de distribuição, como o canal Acauã-Araçagi, bem como uma infraestrutura sofisticada de controle e operação, que deverá atender a toda a região, já prevendo uma expansão notável das áreas de monocultura. Os cenários articulam essas tendências relacionando a expansão das áreas irrigadas a possíveis reversões nas tendências de estabilidade populacional em toda a bacia.

Convém destacar, entretanto, que a bacia do rio São Francisco, assim como a do Rio Paraíba, está sujeita aos desafios singulares à gestão dos recursos hídricos na região semiárida. Desafios que ficaram ainda mais evidentes durante o mais recente período crítico que toda a região

semiárida do país experimentou, a seca de 2012/2018, onde cerca de cinco milhões de pessoas foram afetadas no Nordeste brasileiro.

Na Paraíba, as consequências desse período seco se fizeram sentir tanto no declínio da produção econômica do estado como na estabilização do crescimento populacional, conforme será apresentado no item 5.3. Na bacia do Rio São Francisco os níveis dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso (Sobradinho, Xingó e Itaparica) registraram seus níveis mais baixos entre 2015 e 2017. É possível afirmar então, analisando as séries históricas, que existe uma correlação entre os períodos de seca dos reservatórios da Paraíba com os períodos de menores níveis dos reservatórios do São Francisco.

Nesse contexto, considerando as perspectivas elencadas no contexto de gestão de recursos hídricos, prospectiva climatológica e efetivação do PISF, foram desenvolvidos os cenários futuros para a disponibilidade e para as demandas hídricas no âmbito do PRH-RPB, os quais são descritos a seguir.

Os dados e resultados obtidos na *Fase A: Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia*, espacializados nas Células de Análise e agrupados nas Unidade de Análise de Balanço Hídrico (UABH) e, conseqüentemente, em sub-bacias, que consistem nas Unidades de Planejamento Hídrico (UPH) deste Plano, subsidiaram as análises prospectivas. As estimativas de disponibilidade e projeção das demandas hídricas foram também realizadas em Células de Análise, e apresentadas neste documento em UABHs e UPHs. Conforme apresentado no *RP-04: Diagnóstico da Bacia*, a Tabela 5.1 lista as 29 UABHs definidas para os estudos do PRH-RPB, as quais podem ser visualizadas na Figura 5.1.

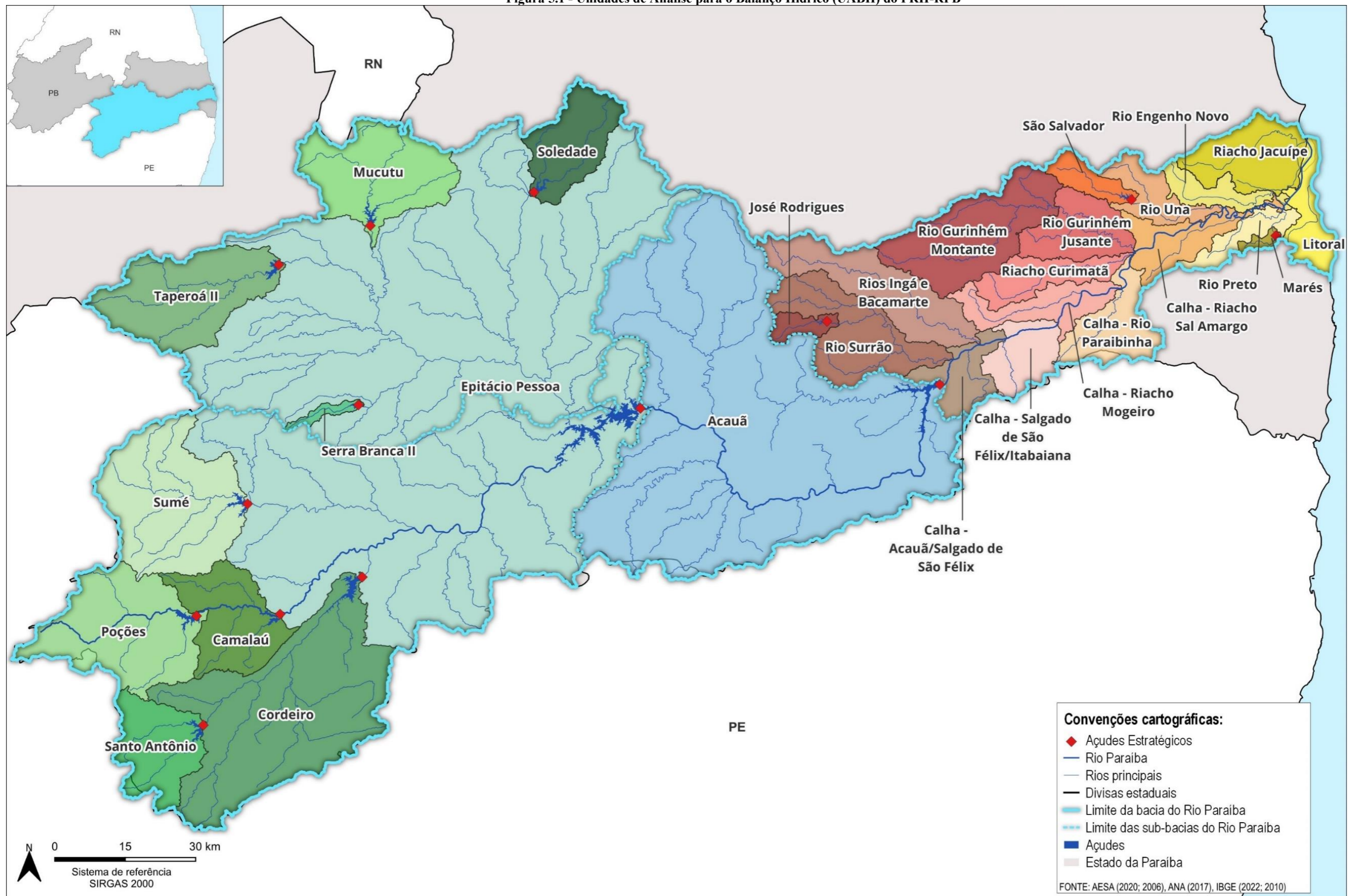
Tabela 5.1 - Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH)

Sub-bacia (UPH)	Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH)	Área Incremental (km ²)
Alto Paraíba	Açude Camalaú	386,7
	Açude Cordeiro	1.323,7
	Açude Epitácio Pessoa	7.415,6
	Açude Poções	669,2
	Açude Santo Antônio	335,9
	Açude Sumé	769,8
Médio Paraíba	Açude Acauã	3.747,3

Sub-bacia (UPH)	Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH)	Área Incremental (km ²)
Baixo Paraíba	Açude José Rodrigues	63,1
	Açude Marés	24,9
	Açude São Salvador	102,8
	Rio Engenho Novo	122,7
	Calha Rio Paraíba – Salgado de São Félix/Itabaiana	200,1
	Calha Rio Paraíba - Rio Paraibinha	254,9
	Riacho Jacuípe	310,7
	Rio Gurinhém Montante	536,3
	Rio Surrão	443,3
	Rios Ingá e Bacamarte	435,7
	Rio Preto	116,6
	Riacho Curimatã	199,0
	Calha Rio Paraíba - Acauã/Salgado de São Félix	181,8
	Litoral	162,6
	Calha Rio Paraíba - Riacho Sal Amargo	214,1
	Rio Gurinhém Jusante	256,6
	Calha Rio Paraíba - Riacho Mogeiro	215,9
Rio Una	168,3	
Taperoá	Açude Mucutu	544,5
	Açude Serra Branca II	34,1
	Açude Soledade	316,9
	Açude Taperoá II	594,0

Fonte: Cobrape (2024).

Figura 5.1 - Unidades de Análise para o Balanço Hídrico (UABH) do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2024).

Finalmente, para fins de planejamento, o ano de 2022 foi considerado como o cenário atual, enquanto 2025 foi definido como o ponto de partida. O curto prazo abrange até 2030, o médio prazo até 2035, e o longo prazo se estende até 2045. Dessa forma, todo o horizonte de planejamento previsto pelo TdR está contemplado.

Neste item são apresentados as premissas e os conceitos metodológicos e estratégicos que embasaram a concepção dos cenários deste Plano, bem como contextualizadas as variáveis que serão articuladas no decorrer deste produto.

5.2.1 Prospecção do crescimento populacional

As estimativas de população futura no âmbito do PRH-RPB tiveram como base os dados dos Censos e a estimativa populacional do IBGE (2024). A esses dados foram aplicados e ajustados diversos modelos matemáticos para a projeção da população da bacia do Rio Paraíba, obtendo-se dois principais cenários de crescimento populacional total: (i) o de Crescimento Tendencial, que tende à saturação e é compatível com a projeção do IBGE para o estado, e (ii) o de Crescimento Acelerado, onde a população continuará crescendo no horizonte do Plano.

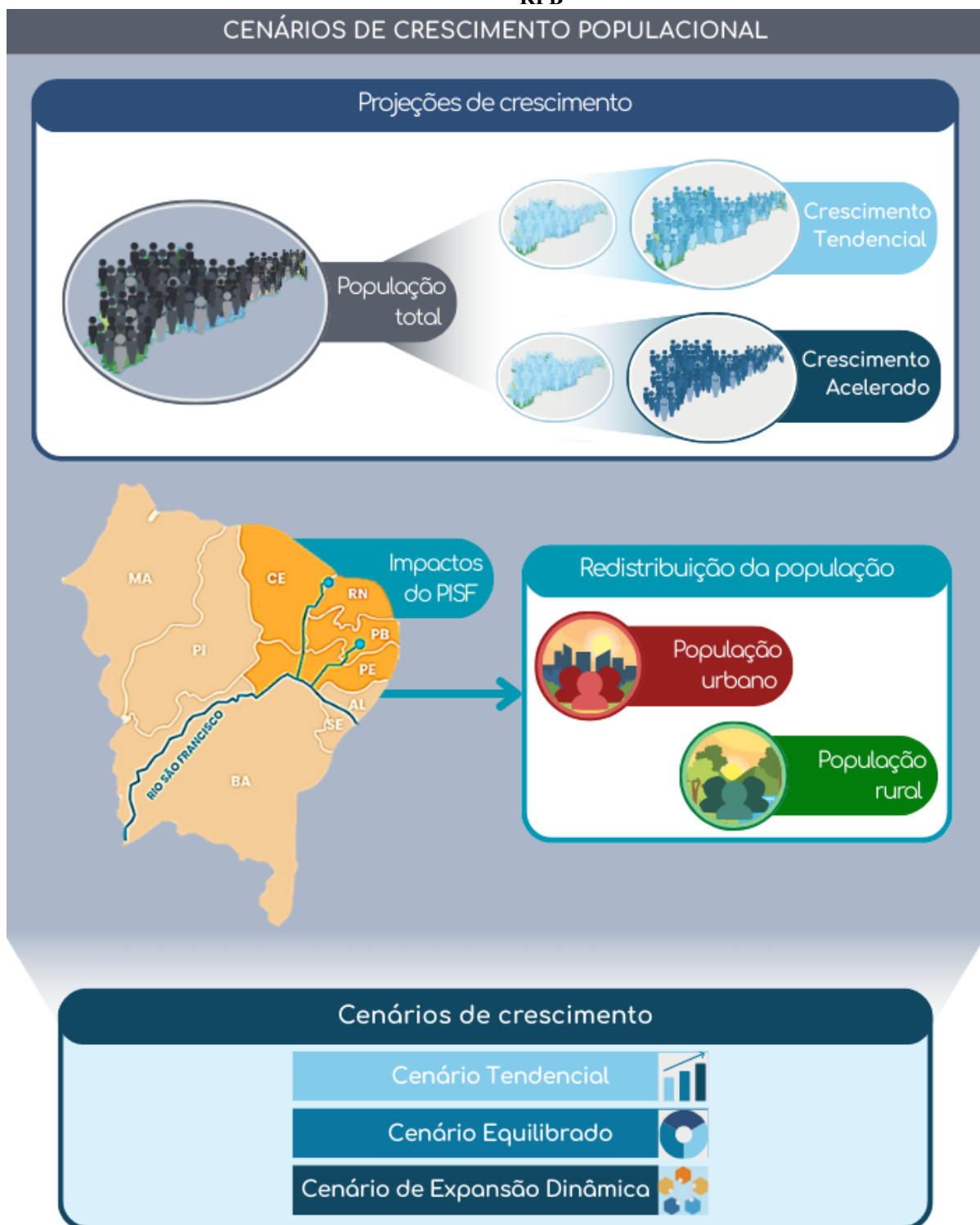
Contudo, um crescimento populacional sem tendência de desaceleração a longo prazo, e em uma região com restrições hídricas e sujeita a eventos extremos de seca prolongada, pode não ser sustentável. Somando tal premissa à perspectiva de que o PISF incentive o retorno e fixação das pessoas em áreas rurais, foram articuladas duas hipóteses quanto à distribuição da população entre zonas rurais e urbanas: uma em que tal distribuição se manteria na tendência atual, e outra que simularia o arrefecimento do êxodo rural tanto na tendência atual, como no cenário em que o crescimento é contínuo.

Deste modo, obtiveram-se três hipóteses de crescimento populacional para o PRH-RPB: (i) o Cenário Tendencial, em que o crescimento da população será estabilizado a longo prazo e se manterá na distribuição espacial atual; (ii) o Cenário Equilibrado, no qual a população também tende à estabilização, porém se reordenará nos espaços urbanos e rural; e o (iii) Cenário de Expansão Dinâmica, em que a população crescerá de modo redistribuído no território da bacia. A Figura 5.2 apresenta a síntese deste raciocínio, o qual é apresentado em maiores detalhes no item 5.3.1.

A análise demográfica é um componente essencial, pois a tendência de crescimento populacional impulsiona as atividades dos setores de serviços, como alimentação, habitação, saúde e educação, além de promover o desenvolvimento de setores industriais e tecnológicos através da expansão da força de trabalho. Além disso, sua dinâmica territorial pode ser determinante na atração de pessoas para as áreas urbanas ou na fixação delas nas zonas rurais e, conseqüentemente, no crescimento local.

Portanto, a análise da vertente populacional tem um papel crucial na definição das demandas hídricas e na sustentabilidade do desenvolvimento socioeconômico, permitindo traçar um panorama abrangente das necessidades e potenciais da bacia, fundamentando o planejamento integrado dos recursos hídricos. Por esse motivo, estes cenários de crescimento populacional foram tidos como o cerne de todo o estudo prospectivo do PRH-RPB.

Figura 5.2 - Síntese da concepção dos cenários de crescimento populacional no âmbito do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

5.2.2 Prospecção da disponibilidade hídrica

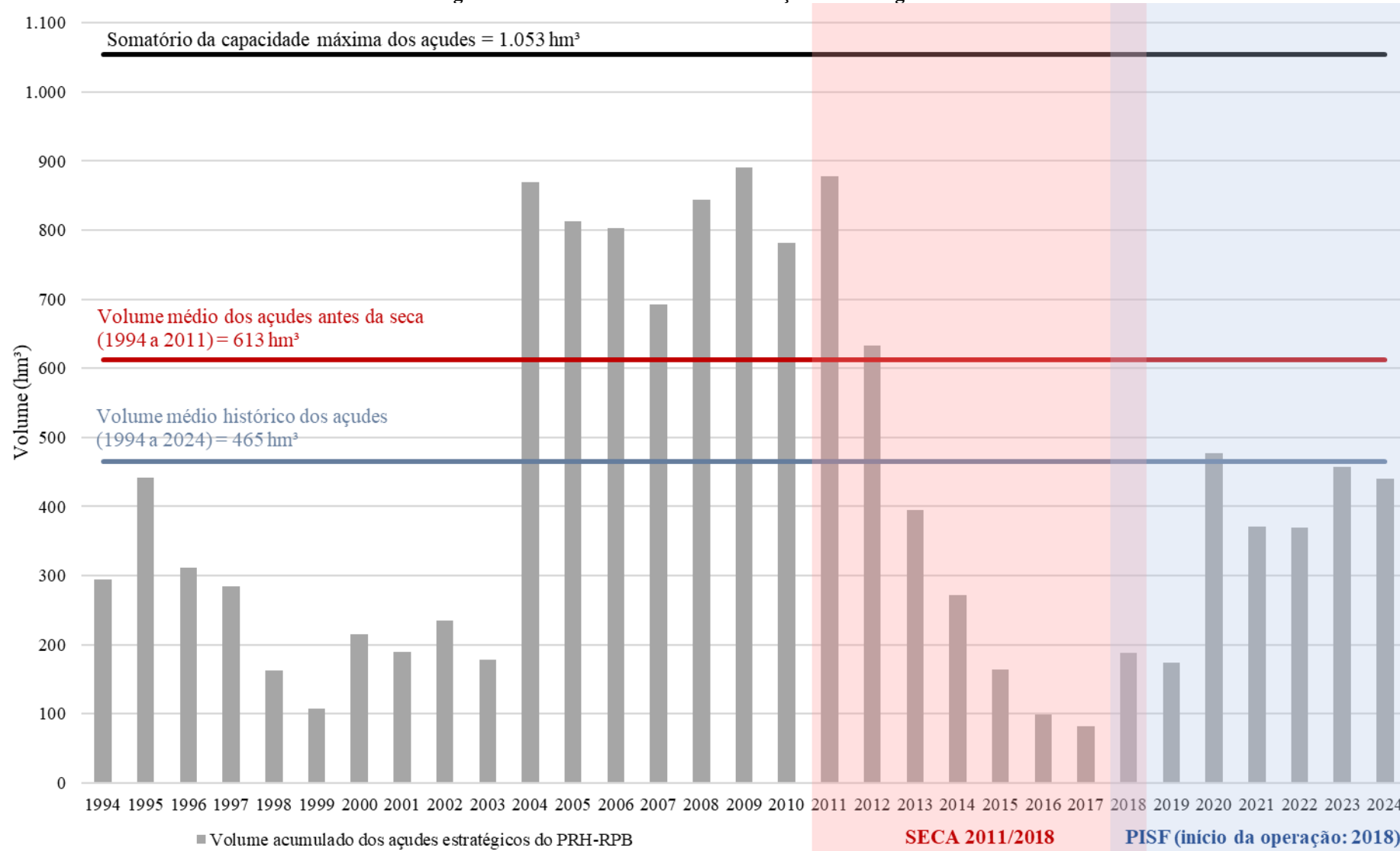
A concepção dos cenários de disponibilidade hídrica da bacia teve como ponto de partida as análises realizadas das séries históricas das estações fluviométricas e dos açudes estratégicos para este PRH-RPB, apresentados no *RP-03: Estudo Hidrológico da Bacia: Potencialidades e Disponibilidades Hídricas* e no *RP-04: Diagnóstico da Bacia*. Esses dados permitiram

identificar os efeitos da seca de 2011, que acometeu o nordeste brasileiro e é considerada a mais grave das últimas décadas (Zani, 2023; Marengo *et al.*, 2016).

Nos principais açudes da região abrangida pelo PRH-RPB, conforme descrito no relatório mencionado, mesmo com a recepção das águas do PISF em 2017 e 2018 ainda que de forma irregular, apenas a partir de 2020 foram registrados volumes acumulados maiores nessas estruturas. Em particular, o açude de Acauã voltou a registrar volumes maiores somente em 2022.

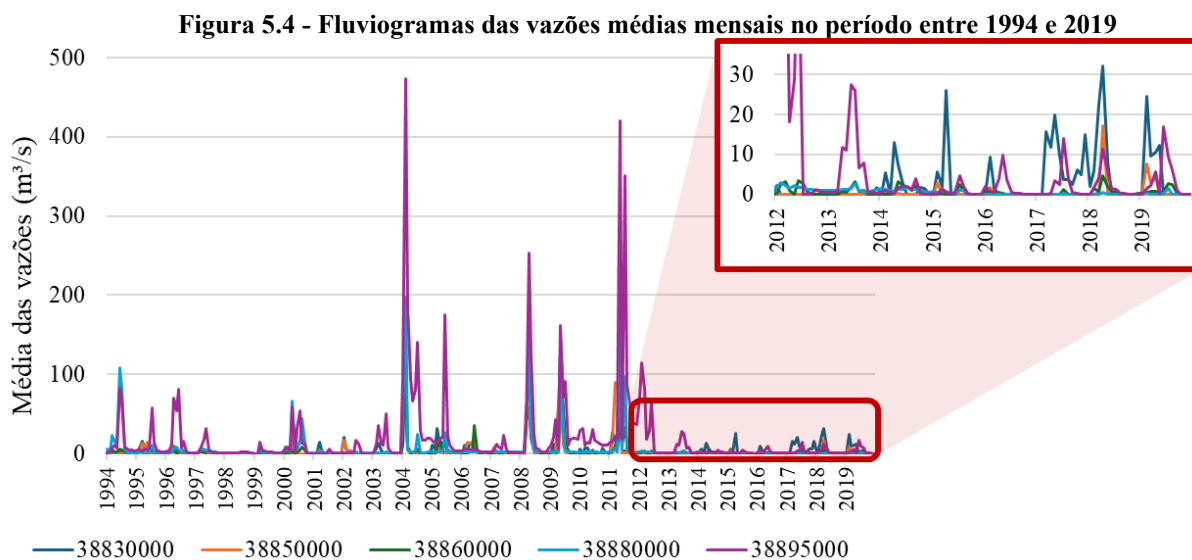
A Figura 5.3 apresenta o histórico dos volumes dos açudes estratégicos do PRH-RPB, comparativamente às suas capacidades máximas. Nela, é possível observar o deplecionamento dos volumes armazenados nos açudes no período analisado, sendo que o volume médio acumulado de 1994 a 2011, era de 613 hm³, passando para 307 hm³ após 2012. Desse modo, a média do período completo dos 30 anos é de 465 hm³, o que representa 44% da capacidade máxima dos açudes, enquanto antes da seca esse valor era de 58%.

Figura 5.3 - Histórico dos volumes dos açudes estratégicos do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

Quanto aos dados fluviométricos apresentados no *RP-03* (Figura 5.4), verificou-se que a seca pôde ser notada principalmente a partir do ano de 2012, onde a magnitude das vazões médias mensais das principais estações fluviométricas da bacia apresentava valores que atingiam quase 500 m³/s entre 2004 e 2011, passando para 30 m³/s entre 2012 e 2022. Em termos de médias anuais, as vazões após 2011 apresentaram uma redução de 73%, em média, em relação ao período antecedente a seca.



Fonte: ANA (2024).

Esses dados demonstram a intensidade desse evento extremo de seca, o qual tende a se repetir com mais frequência, uma vez que a bacia do Rio Paraíba é apontada na região com um potencial de redução superior a 5% na vazão média até 2100 (ANA, 2024).

Nesse contexto, as análises prospectivas do PRH-RPB quanto à disponibilidade hídrica voltaram-se, portanto, para a proposição de dois cenários para a avaliação da disponibilidade hídrica a partir das séries pseudo-históricas de vazões (apresentadas no *RP-03*): o primeiro, menos restritivo, com o comportamento observado na bacia entre os anos de 1994 e 2011 e, o segundo, abrangendo o período completo para o qual foram obtidas as séries:

- **Antes da seca de 2012-2018:** esse cenário hidrológico abrange, portanto, o período entre 1994 e 2011; o comportamento da série de vazões pseudo-históricas nesse intervalo de tempo reflete um período menos restritivo, dada a capacidade de recuperação dos níveis dos reservatórios da bacia (Figura 5.3);
- **Série completa;** esse cenário hidrológico se baseia na análise de toda a série de vazões pseudo-históricas obtidas no *RP-03*, no período de 1994 a 2019. A incorporação de um intervalo temporal mais amplo permite avaliar de forma mais representativa o comportamento hidrológico da bacia, especialmente durante eventos críticos, como a seca prolongada ocorrida entre 2012 e 2018, contemplada nesse cenário.

A análise desses dois cenários hidrológicos, antes da seca de 2012-2018 e do período total, destaca a importância estratégica da contínua aquisição de dados por meio do monitoramento hidrológico, essencial para ampliar o entendimento sobre a variabilidade do sistema,

possibilitando a construção de séries históricas mais representativas e, conseqüentemente, subsidiando de forma mais robusta o planejamento estratégico da gestão dos recursos hídricos da bacia do Rio Paraíba.

No contexto do PRH-RPB, as diferentes abrangências dos dados permitem avaliar o atendimento das demandas hídricas projetadas para a bacia em condição favorável, representada pelo período antecedente à seca, e em condição crítica onde as demandas são simuladas nas análises realizadas com a série completa de dados. Além desses dois períodos distintos, a avaliação da disponibilidade hídrica para os cenários do PRH-RPB incluiu a análise da curva de permanência¹ em diferentes escalas: anual; mensal; e nos períodos úmido e seco (sazonais). Cada escala temporal subsidiará a discussão de um aspecto diferente da gestão dos recursos hídricos na bacia.

As curvas de permanência para as vazões naturalizadas anuais foram traçadas para a análise do critério de outorga existente no estado da Paraíba, uma vez que estes são estabelecidos em relação às séries de vazões médias anuais. As curvas de permanência em escala mensal subsidiam uma análise acerca do risco natural da alocação de água realizada nessa escala temporal, facilitando a análise comparativa entre os resultados da alocação de água realizada pela ANA, em conjunto com a AESA, que também utilizam a escala mensal em seus estudos. Adicionalmente, a comparação entre as escalas temporais, anual e mensal, possibilita incluir nas análises as variações mensais e suas conseqüências, como o risco de não atendimento às demandas, o que não é passível de identificar na análise em escala anual.

Por fim, as curvas de permanência sazonais auxiliam na avaliação dos déficits de atendimento às demandas nestas fases do ano hidrológico, e seus impactos em termos de quantidade e qualidade das águas da bacia. Para tanto, dividiu-se a série de vazões médias mensais em duas: uma série apenas com as vazões dos meses úmidos (janeiro a junho) e a outra apenas com as dos meses secos (julho a dezembro).

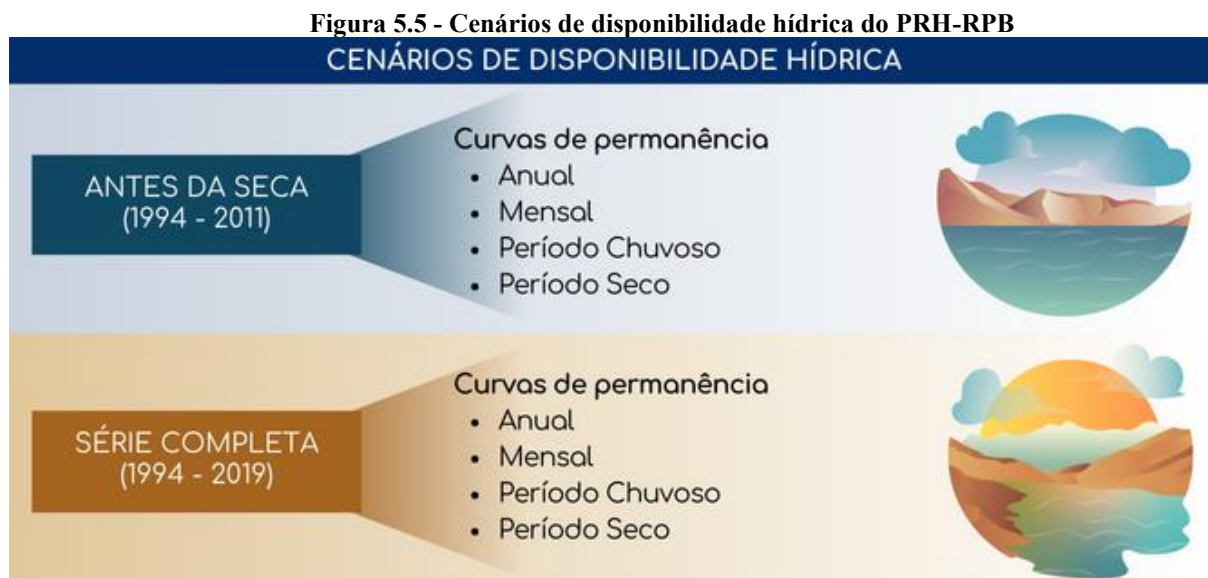
A definição dos meses que comporiam cada uma das séries considerou os aspectos climatológicos e pluviométricos da bacia (Francisco & Santos, 2017), dado que o período chuvoso se desloca temporalmente na bacia, de oeste para leste, por cerca de dois meses. Desta forma, o comportamento médio da bacia foi adotado como critério, considerando também que para melhor comparação das permanências, séries de mesma extensão minimizam possíveis incertezas.

A análise das curvas de permanência sazonais permite a avaliação de aspectos distintos acerca da gestão dos recursos hídricos da bacia. A partir das curvas de permanência traçadas apenas com dados dos meses úmidos é possível avaliar o risco de não enchimento dos açudes, dado que este enchimento ocorre unicamente neste período do ano. Em contrapartida, na análise do período seco, a avaliação concentrou-se na qualidade da água, permitindo identificar possíveis

¹ A curva de permanência é obtida a partir de uma série de vazões (diárias, mensais ou anuais), que, ordenadas da maior para a menor, são associadas à frequência com que a ocorrência de vazão é igualada ou excedida na série de dados. Portanto, essas curvas constituem uma ferramenta importante e amplamente utilizada em gestão de recursos hídricos para estudos de disponibilidade hídrica, planejamento de usos da água, outorgas, operação de reservatórios, avaliação de segurança hídrica, dentre outros.

implicações da escassez hídrica sobre os parâmetros de qualidade dos corpos d'água. Os resultados dessas articulações da disponibilidade hídrica para o prognóstico do PRH-RPB são apresentados no capítulo 6.

Portanto, para as avaliações da compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas (balanço hídrico) no âmbito do PRH-RPB, apresentadas no capítulo 7, foi considerado o seguinte esquema de cenários de disponibilidade hídrica e suas diferentes curvas de permanência (Figura 5.5):



Fonte: Cobrape (2025).

5.2.3 Prospecção das demandas hídricas

As informações sobre as demandas hídricas diagnosticadas para a bacia do Rio Paraíba foram projetadas de forma similar à estimativa do cenário atual, apresentadas no *RP-04: Diagnóstico da Bacia*, sendo realizada para cada um dos setores usuários: abastecimento humano urbano, abastecimento humano rural, agricultura, pecuária, indústria e mineração. Essas demandas projetadas também foram espacializadas por Unidade de Análise de Balanço Hídrico (UABH), o que permite a comparação entre os dados do cenário atual (2022) e os cenários futuros possíveis do PRH-RPB, com horizonte de 2045.

Do mesmo modo que a evolução populacional, a análise prospectiva das demandas setoriais do PRH-RPB também teve como ponto de partida três hipóteses: (i) da manutenção da tendência atual, incluindo a proporção urbana e rural (Cenário Tendencial); (ii) da manutenção da tendência atual quanto ao crescimento total, porém com uma redistribuição da proporção urbana e rural (Cenário Equilibrado); e (iii) o crescimento além do esperado da população total, também considerando uma redistribuição da proporção urbana e rural (Cenário de Expansão Dinâmica).

As estimativas futuras das demandas de abastecimento humano urbano, industriais e de mineração tiveram como base as demandas de tais setores para o cenário atual, espacializadas

por UABH. Nestas, foram aplicadas as taxas de crescimento populacional urbano, apresentadas no item 5.3.1 do presente documento, para os três cenários futuros do PRH-RPB.

Já as estimativas das projeções das demandas de abastecimento rural, agricultura e pecuária foram realizadas a partir das demandas espacializadas para o setor usuário do cenário atual, aplicando nelas as taxas de crescimento populacional rural, apresentadas no item 5.3.1 do presente documento, para os três cenários futuros do PRH-RPB.

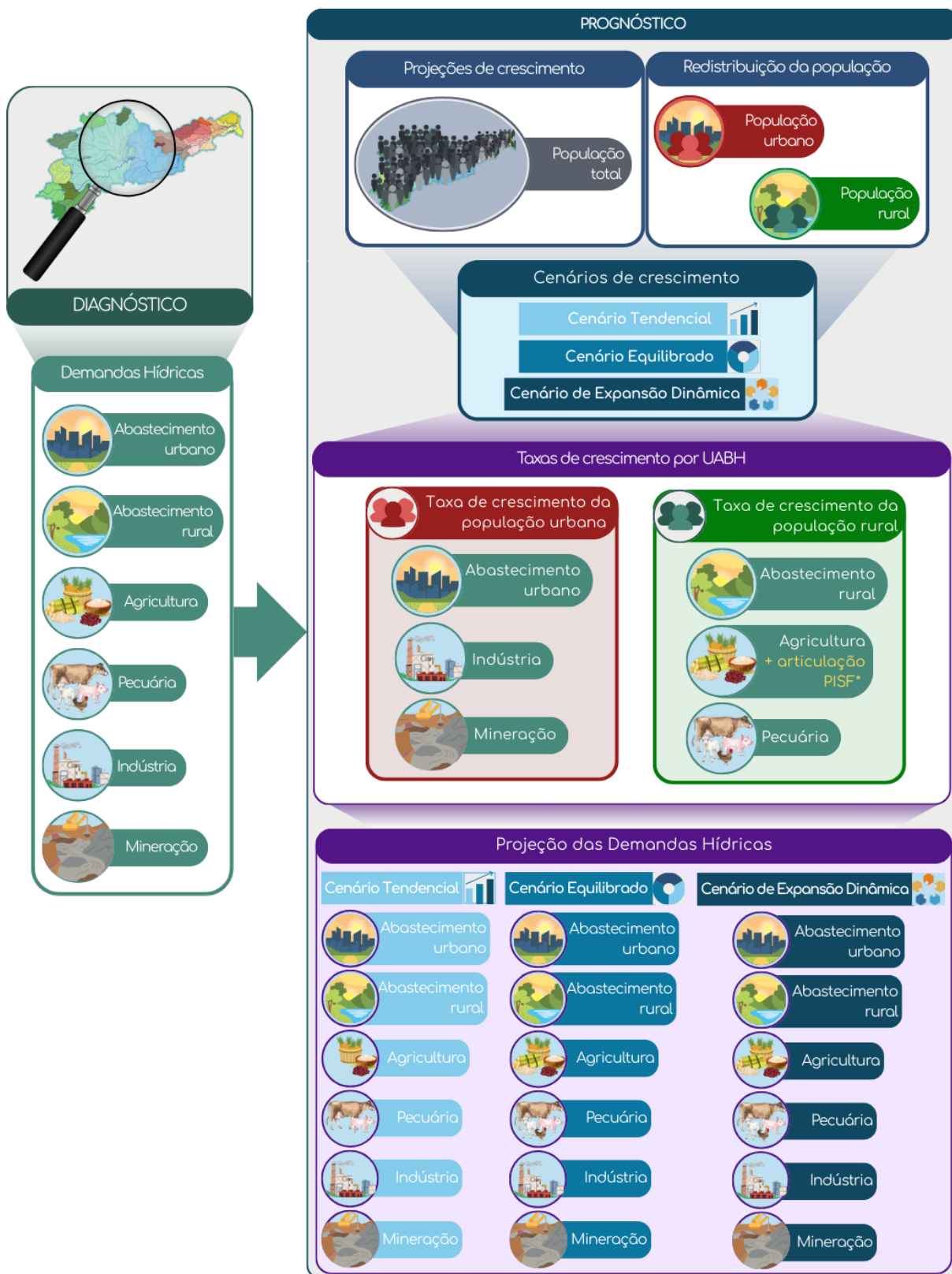
Contudo, no caso da agricultura, as estimativas das demandas futuras tiveram uma abordagem diferenciada além das taxas aplicadas aos demais setores, uma vez que, ocorrendo a plena efetivação do projeto de transposição das águas do Rio São Francisco para a bacia do Rio Paraíba, é esperado que a irrigação se intensifique na bacia ao longo do curso do Rio Paraíba, aumentando o uso de água para a atividade agrária.

Portanto, adicionalmente, foram identificadas as áreas com maior impacto do PISF, sendo elas: (i) a calha do Rio Paraíba, desde a chegada das águas da transposição até o açude Acauã, tomando como base a área já monitorada pela AESA quanto a possíveis áreas de desenvolvimento agrícola e preparo de solo, divulgadas nos Boletins de Monitoramento por Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da área de abrangência do PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco no Rio Paraíba) – Eixo Leste (AESAs, 2024); e (ii) os municípios contemplados com as águas do Canal Acauã-Araçagi, tanto dentro como fora da área do PRH-RPB.

Nessas áreas com maior impacto do PISF foi considerado que, nos cenários de redistribuição da parcela urbana e rural, a irrigação deverá ser intensificada. Para estimar tal simulação, foi aplicada a taxa de consumo médio de água para irrigação que já são observadas na sub-bacia do Baixo Paraíba, às áreas de impacto do PISF e do canal citado, sendo que no Cenário de Expansão Dinâmica, foi adotada a taxa de consumo integralmente, de modo a condizer com a perspectiva do cenário, enquanto no Cenário Equilibrado foi utilizada a metade desta taxa. Esse incremento da demanda foi, então, espacializado conforme a UABH de captação dessas águas – para o Canal Acauã-Araçagi foi considerada a captação na unidade de análise do açude Acauã, e para as áreas ao longo da calha do Rio Paraíba, foi considerada a UABH em que a célula de análise correspondente a área onde está localizada.

A Figura 5.6 a seguir sintetiza a metodologia utilizada para a estimativa das projeções das demandas hídricas no âmbito do PRH-RPB, sendo que os resultados dessas são apresentados no capítulo 6.

Figura 5.6 - Síntese da metodologia de projeção das demandas hídricas do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

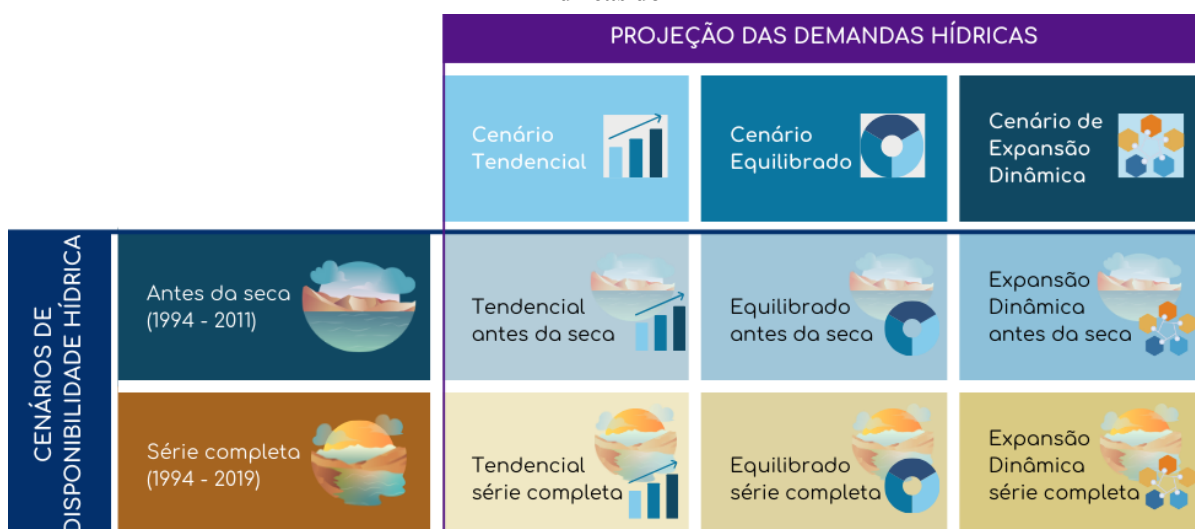
5.2.4 Composição dos cenários de disponibilidade e demandas hídricas do PRH-RPB

A combinação de dois cenários de disponibilidade hídrica, com os três cenários de projeção das demandas hídricas resultou em seis diferentes combinações das demandas com as disponibilidades hídricas, resultando nas seguintes combinações:

- Cenário de demandas Tendenciais articulado com a disponibilidade hídrica correspondente à série histórica de antes da seca de 2012/2018;
- Cenário de demandas Equilibrado articulado com a disponibilidade hídrica correspondente à série histórica de antes da seca de 2012/2018;
- Cenário de demandas de Expansão Dinâmica articulado com a disponibilidade hídrica correspondente a série histórica de antes da seca de 2012/2018;
- Cenário de demandas Tendenciais articulado com a disponibilidade hídrica correspondente à série histórica do período completo de dados;
- Cenário de demandas Equilibrado articulado com a disponibilidade hídrica correspondente à série histórica do período completo de dados; e
- Cenário de demandas de Expansão Dinâmica articulado com a disponibilidade hídrica correspondente à série histórica do período completo de dados.

Tais combinações, que são sintetizadas na Figura 5.7, serão determinantes para compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas (balanço hídrico), apresentado no capítulo 7 deste documento e consistem no principal resultado da fase de Prognóstico do Plano, uma vez que é a partir desses resultados que será traçado o plano de ações para que as metas do PRH-RPB sejam alcançadas.

Figura 5.7 - Síntese das combinações dos diferentes cenários de demandas e de disponibilidades hídricas do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

5.3 PROJEÇÃO DA DINÂMICA SOCIOECONÔMICA

O presente item tem como objetivo apresentar as análises detalhadas sobre o crescimento tendencial da população na bacia do Rio Paraíba, bem como a evolução dos setores econômicos

que compõem a dinâmica socioeconômica da região. Estas análises são fundamentais para embasar o planejamento estratégico e a gestão dos recursos hídricos, de forma a garantir o equilíbrio entre oferta e demanda, promovendo o desenvolvimento sustentável da bacia.

5.3.1 Evolução dos Setores Primário e Industrial

Na década de 1960, a economia paraibana caracterizava-se como primária exportadora, com o setor agropecuário sendo responsável por aproximadamente metade do valor adicionado estadual, onde se sobressaíam as exportações de sisal e de algodão. A partir da década de 1970, a economia estadual passou por transformações significativas, impulsionadas pela atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) na expansão do setor industrial e pela criação do Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Industrial da Paraíba (FAIN).

Esses fatores promoveram o crescimento da indústria, juntamente com o setor de serviços que passou a liderar a economia estadual a partir de 1975, refletindo o processo de urbanização da população e o crescimento dos serviços ligados ao setor produtivo, uma dinâmica que persiste até os dias atuais, com o setor de serviços ocupando a posição central no cenário econômico paraibano (Targino *et al.*, 2019).

No século XIX, o algodão passou a ganhar relevância na Paraíba, respondendo à demanda internacional e contribuindo para a integração do estado ao comércio global. No entanto, a partir da década de 1970, o setor agropecuário paraibano enfrentou um período prolongado de crise, causada pelo declínio dos preços do algodão e do sisal no mercado internacional, e pelo aumento da concorrência de outras regiões produtoras. Adicionalmente, a praga do bicudo devastou as plantações no estado, agravando ainda mais a situação econômica.

Em resposta a essa crise, a expansão da lavoura canavieira despontou como uma alternativa viável, impulsionada pela implantação do Proálcool, que impactou positivamente na economia do Estado com a expansão da área cultivada, com o forte crescimento da produção de cana-de-açúcar, o aumento do número de usinas e destilarias anexas e autônomas, entre outros (Targino *et al.*, 2019). Esses avanços trouxeram impactos positivos que contribuíram para a recuperação parcial da economia paraibana.

O aumento da produção animal, especialmente à bovinocultura, foi notório entre as décadas de 1960 e 1980. Esse crescimento foi estimulado por políticas públicas estratégicas, como a oferta de crédito e os incentivos fiscais promovidos pela Sudene. Essas medidas, associadas ao acelerado processo de urbanização, contribuíram para o aumento da demanda por carne e por produtos lácteos (Targino *et al.*, 2019).

Ao longo das décadas, o setor agropecuário paraibano passou por significativas transformações, abrangendo outras culturas e destacando-se pela modernização da pecuária com o aprimoramento da bovinocultura e o fortalecimento da criação de caprinos e ovinos, setores adaptados às condições semiáridas do estado.

De acordo com a FAEPA (s.d.), a produção de caprinos e ovinos desempenha um papel estratégico na economia e na sustentabilidade agrícola da Paraíba, com destaque para a

produção de leite que ocupa o primeiro lugar no ranking nacional. Além disso, a cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas do estado, destacando-se não apenas pelo seu elevado valor de produção, mas também pela significativa geração de empregos.

Atualmente, segundo o IBGE (2023), a produção pecuária estadual está concentrada em quatro segmentos, galináceos, bovinos, caprinos e ovinos, sendo que o maior rebanho é o de galináceos. Adicionalmente, a bovinocultura é uma atividade relevante para a economia paraibana que contribui com a geração de empregos. Na região do sertão da Paraíba, a bovinocultura vem se fortalecendo na produção de leite, ocasionando uma atração de novas indústrias na região (FAEPA, s.d.).

No setor industrial, a Paraíba iniciou sua trajetória com engenhos de açúcar e pequenas manufaturas. No século XX, o estado começou a modernizar sua base industrial, destacando-se na produção têxtil, impulsionada pela força da produção algodoeira, que na época era um dos pilares da economia paraibana.

Até a década de 1970, uma característica importante da indústria de transformação na Paraíba era sua forte integração com o setor agropecuário. Entretanto, a partir da década de 1980, esse cenário começou a modificar devido ao impacto do processo de globalização e à intensificação da guerra fiscal entre os Estados. Essas mudanças resultaram em uma gradual desarticulação entre a atividade industrial e a agropecuária, alterando a dinâmica econômica e a configuração produtiva da Paraíba.

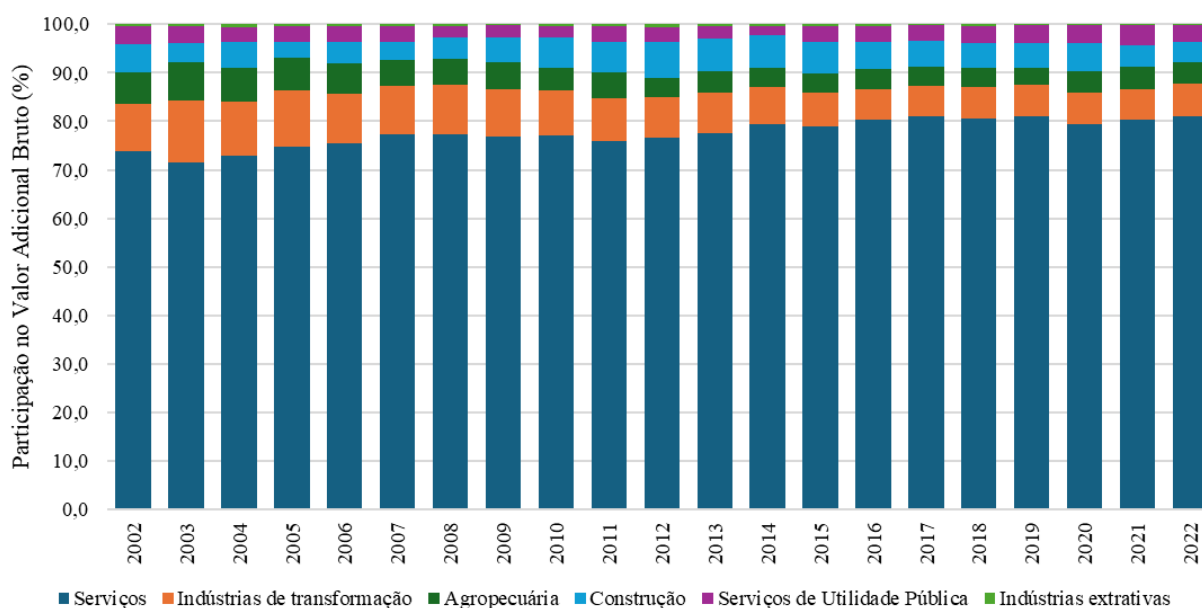
Os incentivos fiscais e financeiros promovidos pela Sudene desempenharam um papel fundamental na expansão da capacidade produtiva industrial no estado até meados dos anos 1980. Já na década de 1990, a política estadual de renúncia tributária do ICMS, viabilizada pelo FAIN e pelo Programa Lotes e Galpões, atraiu indústrias para a Paraíba (Targino *et al.*, 2019).

Entre 2002 e 2012, a participação da indústria paraibana no total da produção de bens e serviços voltou a crescer. O PAC juntamente com a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), estimularam a ampliação do investimento público em infraestrutura energética, infraestrutura social e urbana, e infraestrutura logística. Esses investimentos impactaram positivamente a indústria de construção civil.

Ainda em 2002, a indústria de transformação era a que mais se destacava com um percentual de 49,4%, seguida pela construção civil (29,6%), pelos bens de utilidade pública industrial (18,6%), e pela indústria extrativa mineral (2,4%). Essa distribuição passou por mudanças significativas entre 2002 e 2016, destacando-se o crescimento expressivo da indústria de construção civil. Embora tenha perdido participação percentual, a indústria de transformação manteve a liderança na produção do setor secundário paraibano.

Essa mudança pode ser observada na Figura 5.8 que apresenta a participação de cada atividade no Valor Adicionado Bruto (VAB), sendo que os maiores valores, além do setor de serviços, são os da Indústria de transformação, agropecuária e construção civil. É possível perceber a diferença entre os anos de 2002 e 2022 para a indústria de transformação, que teve uma queda considerável na participação do VAB estadual.

Figura 5.8 - Participação de cada atividade da indústria no Valor Adicionado Bruto (%)

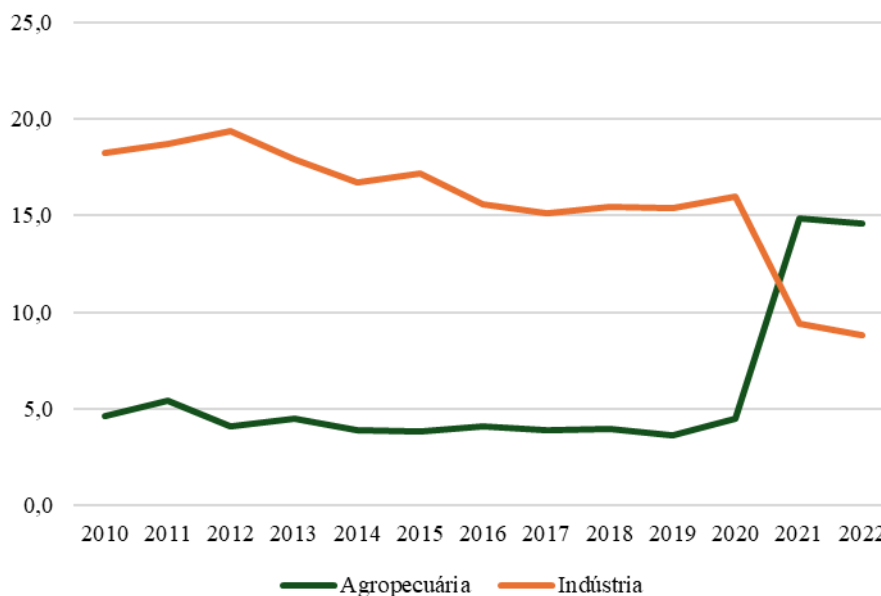


Fonte: IBGE (2022).

Nos últimos anos, o setor industrial demonstrou um desempenho dinâmico melhor em relação a evolução dos setores produtivos estaduais, impulsionado por políticas estaduais e pelo programa federal Minha Casa Minha Vida, que estimularam o crescimento da construção civil no estado. Em contrapartida, o setor agropecuário enfrentou uma retração significativa a partir de 2011, consequência de um período prolongado de seca severa que impactou fortemente a economia rural da Paraíba.

Quando avaliamos o Valor Adicionado Bruto (VAB) entre 2010 e 2022, nota-se que após 2020 houve uma mudança brusca na participação das atividades econômicas no VAB estadual, sendo que a agropecuária teve um aumento expressivo, enquanto a indústria decaiu em aproximadamente sete pontos percentuais, conforme pode ser observado na Figura 5.9. Segundo o Boletim Informativo de 2022 da SEPLAG-PB, a indústria foi um dos setores que mais sofreu com os efeitos da pandemia nacionalmente, enquanto a agropecuária se beneficiou nesse período tendo em vista a melhor distribuição das chuvas pelo estado nesse período.

Figura 5.9 - Participação da agropecuária e da indústria no Valor Adicionado Bruto (%)



Fonte: IBGE (2022).

O processo de concentração da população nos dois maiores centros urbanos, João Pessoa e Campina Grande, reforçou o protagonismo desses dois polos sobre os investimentos industriais. A partir da segunda metade do século XX, Campina Grande também se consolidou como um centro de tecnologia e inovação.

Na microrregião de João Pessoa, destacam-se os polos industriais localizados na capital e no município de Cabedelo. Os segmentos da indústria de transformação que mais se destacam em João Pessoa são os produtores de bens de consumo não duráveis como alimentos, vestuário, têxtil, calçados e bebidas. Em 2020, os quatro municípios paraibanos que alcançaram os maiores Valores Adicionados Brutos (VAB) para o setor da indústria estão localizados na Bacia do Rio Paraíba, sendo eles: João Pessoa, Campina Grande, Santa Rita e Cabedelo, que juntos somaram uma participação de 65,6% no VAB do setor (Seplag-PB/IBGE, 2022).

Segundo o IBGE (2022), o Produto Interno Bruto (PIB) paraibano apresentou uma taxa de crescimento real de 5,6%, índice superior ao da região Nordeste (3,6%) e ao do Brasil (3%). A agropecuária apontou crescimento de 9,6%, enquanto a indústria registrou um aumento de 6,6%. Já para o ano de 2024, segundo a Resenha Regional de Assessoramento Econômico do Banco do Brasil (2025), a taxa de crescimento do PIB do estado é a maior do país alcançando uma taxa de crescimento de 6,6%, superando as taxas do Nordeste e do Brasil, com 3,8% e 3,5%, respectivamente.

No setor industrial, a Paraíba registrou uma expansão de 6% no PIB da indústria, bem acima da média brasileira de 3,3%. Embora o PIB agropecuário nacional enfrente uma retração de -2,5%, a Paraíba registrou uma taxa de crescimento de 3,2%.

Na Figura 5.10 são apresentadas as séries encadeadas para os setores da agropecuária e da indústria, sendo que o setor industrial foi dividido em: indústria extrativa, indústria de transformação, serviços de utilidade pública e construção. A série encadeada do volume do

VAB permite avaliar a evolução real do valor adicionado bruto gerado por diferentes setores da economia ao longo do tempo, sendo que já é ajustada para remoção de efeitos de preços. Essa série demonstra as variações do volume do VAB em sequência ao longo dos anos.

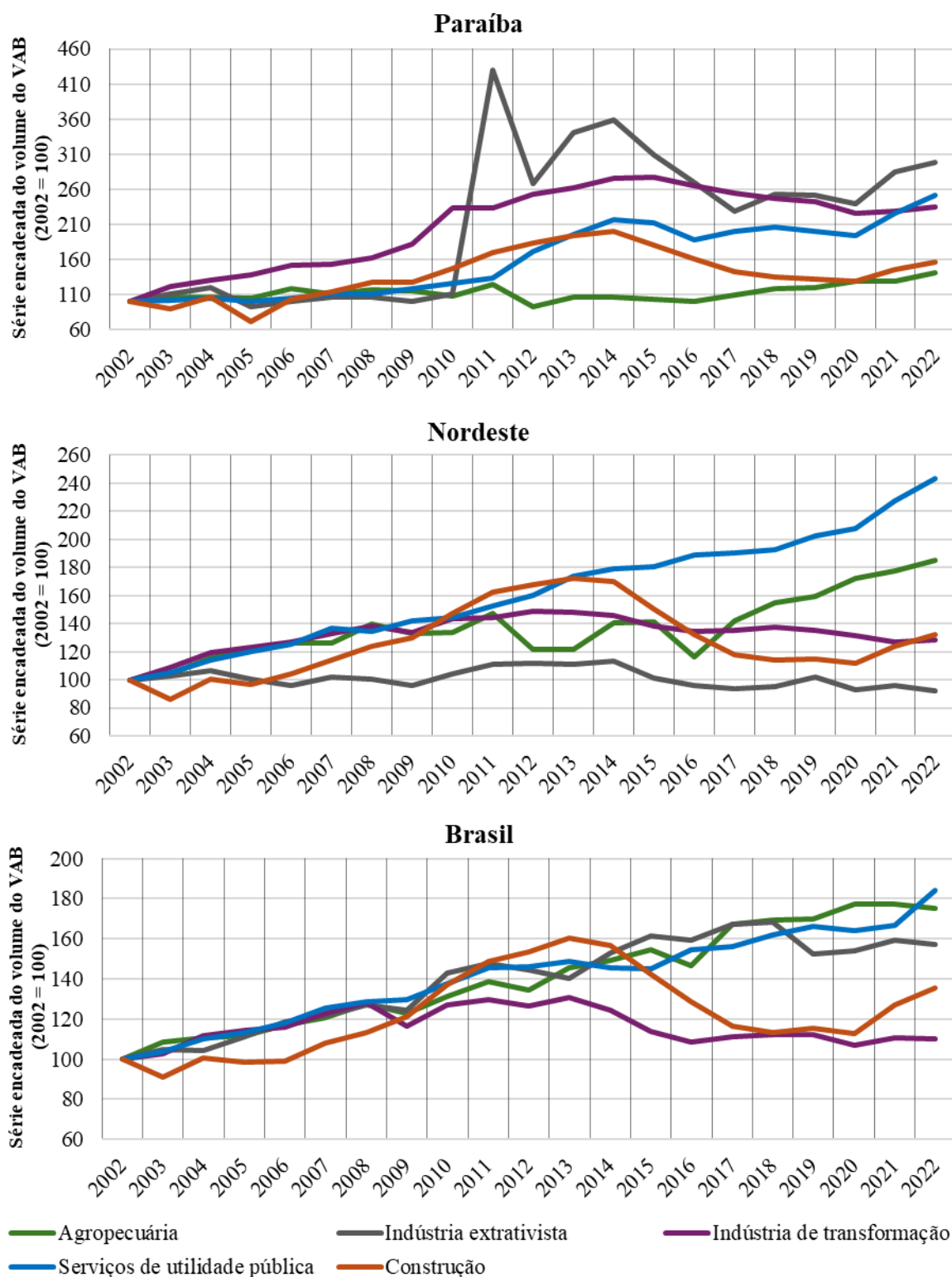
O setor agropecuário seguiu a tendência do cenário nordestino acompanhando tanto os picos quanto os valores mais baixos, o que diferiu da série encadeada nacional. No setor industrial, cabe destacar que em geral, a Paraíba se destacou, principalmente depois de 2010, onde nota-se que os valores estaduais superam as séries nordestina e nacional.

A indústria extrativa e a de transformação são as que mais superaram as demais séries encadeadas, enquanto nos últimos anos a indústria de serviços de utilidade pública, que envolvem serviços de eletricidade, gás, água, esgoto e atividades de gestão de resíduos e descontaminação, teve variações mais próximas da série da região do Nordeste.

Ainda segundo a Figura 5.10, é possível notar os efeitos da seca na indústria paraibana que afetou principalmente a agroindústria, a indústria têxtil e a construção civil. Apesar da seca ter iniciado em 2011, o tempo de resposta dos efeitos causados por ela são mais perceptíveis a partir do ano de 2015. Neste mesmo ano ocorreu o Encontro dos Representantes da Indústria nos Colegiados de Recursos Hídricos promovido pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em parceria com a Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP), onde foi discutido o tema da escassez de água no Nordeste, em decorrência da seca. Na época, diversas empresas estavam recorrendo a carros pipa, o que encareceu a produção nos estados.

Os eventos de seca reduzem significativamente a disponibilidade de água para diversos setores, incluindo a indústria. Essa escassez pode levar à redução de produção, ao aumento dos custos operacionais e à perda de competitividade das empresas. Além disso, setores industriais altamente dependentes de recursos hídricos, como o de alimentos e bebidas, papel e celulose, tendem a ser os mais afetados. Todos esses fatores combinados impactam negativamente o VAB, refletindo na desaceleração econômica.

Figura 5.10 - Série encadeada do volume do Valor Adicionado Bruto (2002 = 100)



Fonte: IBGE (2022).

5.3.2 Evolução demográfica tendencial

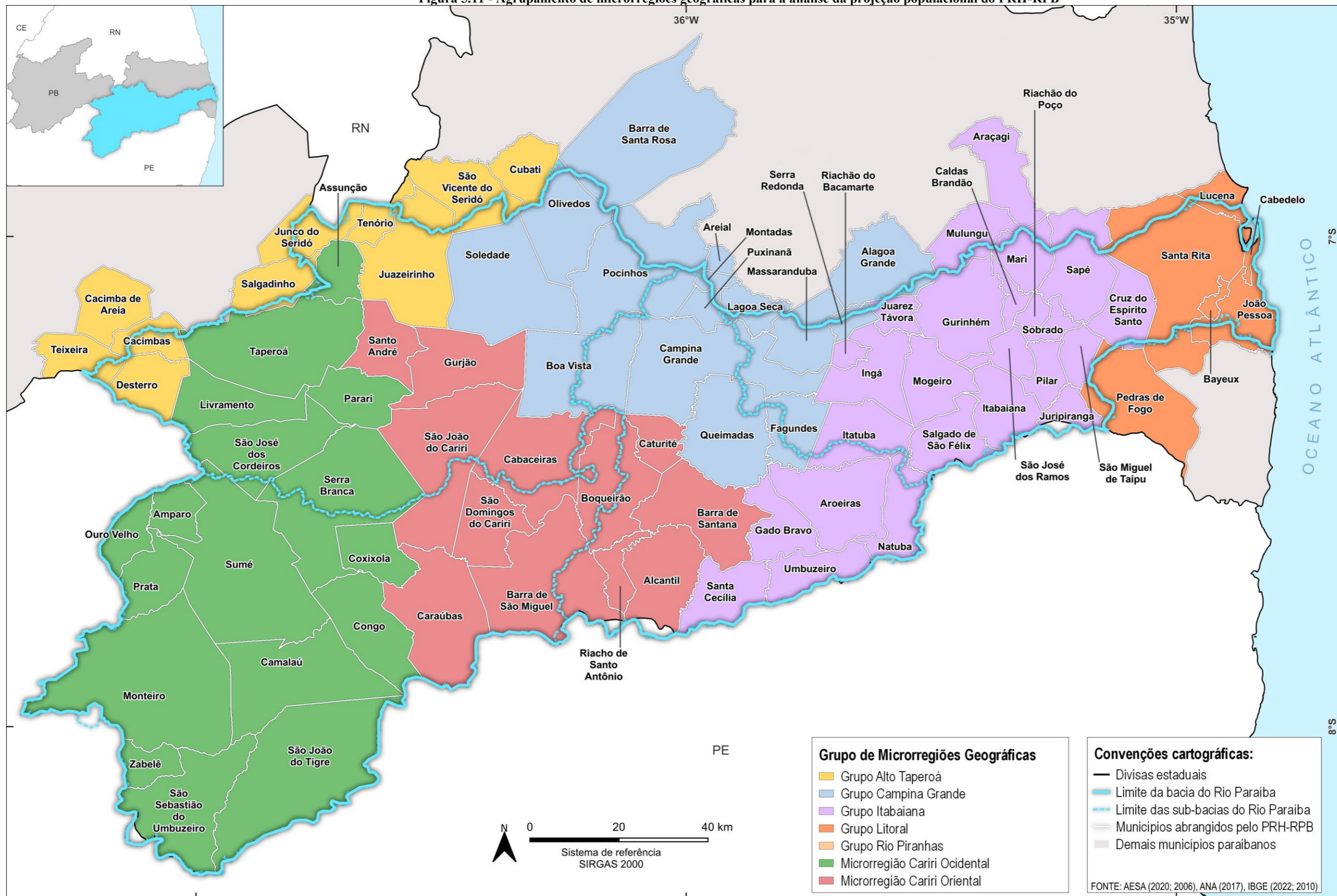
A análise da tendência de evolução demográfica está intrinsecamente relacionada a dinâmica hídrica de uma região, pois tem influência direta na demanda de abastecimento público, bem como na geração de efluentes domésticos. Tendo em vista os horizontes de planejamento de

curto (5 anos), médio (10 anos) e longo prazo (20 anos), definidos pelo TdR, o estudo de projeção populacional do PRH-RPB tem como base os dados dos Censos de 2000, 2010 e 2022 do IBGE, que subsidiaram o ajuste dos modelos de projeção da população para a abordagem dos cenários. Portanto, como já mencionado, o ano de 2022 é o cenário atual, enquanto 2025 é tido como de partida, 2030 é o ano correspondente ao curto prazo, 2035 como médio prazo, e 2045 corresponde ao longo prazo. Dessa forma, é contemplado todo o horizonte de planejamento previsto pelo TdR.

As metodologias usualmente empregadas para a estimativa de crescimento populacional são os modelos de projeção linear, geométrica, logística e taxa decrescente (Ipece, 2021), as quais são aplicadas às séries históricas de população, para então se obter a população futura da área de estudo. No caso do PRH-RPB, as projeções populacionais foram realizadas a partir do agrupamento dos municípios que integram a bacia em microrregiões e mesorregiões do IBGE, o qual considera fatores como economia, infraestrutura e interação entre municípios. Tal abordagem permite suavizar variações locais e pontuais, refletindo a influência de grandes centros urbanos próximos a municípios de menor porte, reduzindo o impacto de flutuações específicas sobre a estimativa da população. A Figura 5.11 apresenta a divisão dos municípios em grupos, adotada para os estudos de população futura do PRH-RPB.




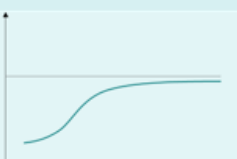
Definidos os grupos, foram aplicados e ajustados os seguintes modelos matemáticos para a projeção da população da bacia do Rio Paraíba: (i) o modelo de projeção linear, que refere-se a uma taxa de crescimento constante; (ii) o modelo geométrico, que considera percentuais de crescimento anuais; (iii) o modelo logístico, que tende a uma estabilização através de uma capacidade de suporte, e (iv) o modelo de taxa decrescente a partir do crescimento observado no curto e longo prazo, que reflete um decréscimo progressivo do crescimento populacional no período. A Figura 5.12 apresenta uma síntese de tais metodologias.

Figura 5.11 - Agrupamento de microrregiões geográficas para a análise da projeção populacional do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

Figura 5.12 - Síntese dos métodos de projeção populacional empregados para a prospecção da população do PRH-RPB

Método	Descrição	Forma da Curva	Equacionamento
Linear	O crescimento da população se dá segundo uma taxa constante e comportamento linear, como uma progressão aritmética. Utilizado para estimativas de menor prazo.		<p>Taxa:</p> $k_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$ <p>Equação principal:</p> $P_t = P_0 + k_a(t - t_0)$
Geométrico	O crescimento da população se dá exponencialmente, ou seja, se acelera ao longo do tempo devido à multiplicação acumulativa. Util para projeções curtas, mas pode distorcer tendências a longo prazo.		<p>Taxa:</p> $k_g = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{t_2 - t_1}$ <p>Equação principal:</p> $P_t = P_0 \cdot e^{k_g(t-t_0)}$
Taxa de Crescimento Decrescente	A projeção assume que a taxa de crescimento diminui ao longo do tempo, levando a um crescimento cada vez mais lento, refletindo uma tendência de estabilização ou até diminuição da população.		<p>População de Saturação:</p> $P_S = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ <p>Taxa:</p> $k_d = \frac{-\ln[(P_S - P_2) \div (P_S - P_0)]}{t_2 - t_0}$ <p>Equação Principal:</p> $P_t = P_0 + (P_S - P_0)[1 - e^{-k_d(t-t_0)}]$
Logístico	O método considera um crescimento inicial rápido da população, que depois desacelera até se estabilizar em um limite superior para o qual a curva de crescimento tende.		<p>População de Saturação:</p> $P_S = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ <p>Taxa:</p> $k_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0(P_S - P_1)}{P_1(P_S - P_0)} \right]$ <p>Equação principal:</p> $P_t = \frac{P_S}{1 + \frac{(P_S - P_0)}{P_0} \cdot e^{k_l(t-t_0)}}$

k_a, k_g, k_d, k_l são as respectivas taxas de crescimento populacional; P_0, P_1, P_2 são as populações conhecidas nos instantes de tempo t_0, t_1, t_2 , dada em número de habitantes; P_t é a população projetada no instante de tempo t (habitantes); P_S é a população de saturação (habitantes).

Fonte: Cobrape (2025), adaptado de Qasim (1985).

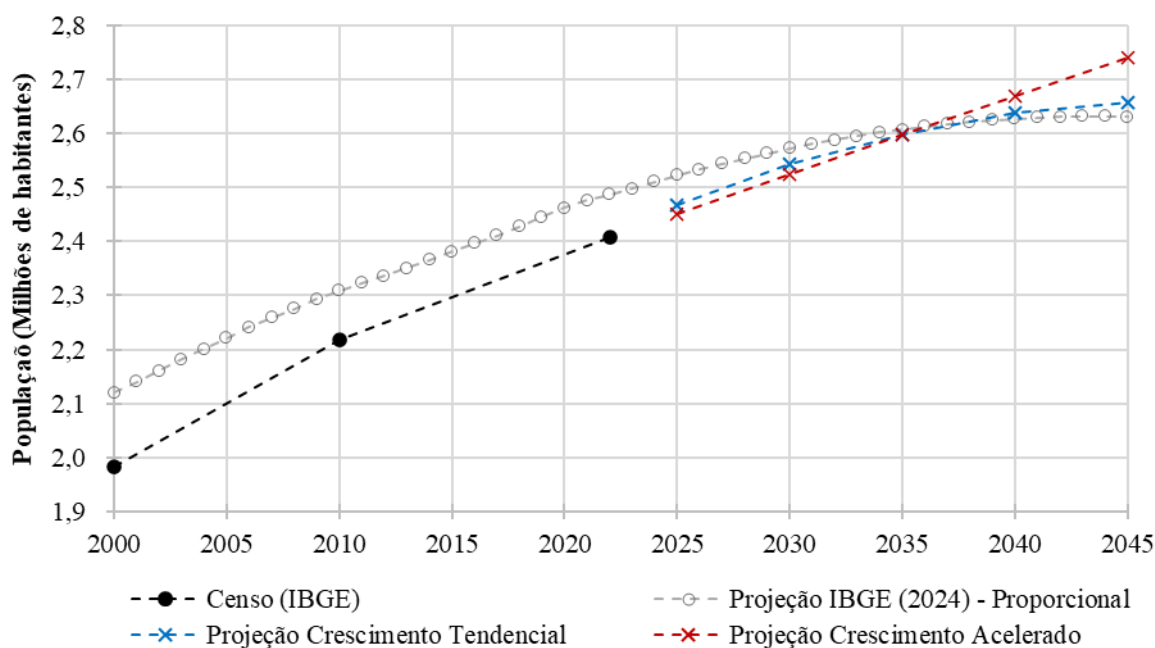
As diferentes projeções foram, então, comparadas com a estimativa de projeção populacional do IBGE (2024) para o país e unidades da federação, a qual prevê que a população brasileira deve crescer de maneira a atingir um ponto de inflexão no ano de 2042, decrescendo em número até o horizonte final da projeção, ano de 2070. Para o estado da Paraíba, este ano de inflexão no crescimento da população é o ano de 2045 (IBGE, 2024).

Tomando esse estudo como critério para a definição dos cenários escolhidos de projeção populacional do PRH-RPB, adotou-se os seguintes modelos de projeção:

1. **Crescimento Tendencial:** modelo de projeção segue o comportamento semelhante ao da curva logística, segundo o qual a população tende a atingir a saturação próximo ao ano de inflexão, de modo que apresenta taxas de crescimento mais acelerado a curto prazo e taxas de crescimento menos acelerado próximas ao horizonte final de previsão do PRH-RPB, sendo compatível com a projeção do IBGE para o estado da Paraíba (IBGE, 2024);
2. **Crescimento Acelerado:** modelo de projeção segundo o qual a população assume um comportamento médio dentre as estimativas das diferentes metodologias empregadas, de maneira que não apresenta tendência a estabilização dentro do horizonte de planejamento do PRH-RPB.

Portanto, a partir das taxas de crescimento obtidas da aplicação desses métodos para cada grupo de municípios, estimaram-se as populações totais, em nível municipal, para aqueles pertencentes à bacia do Rio Paraíba. Na Figura 5.13 pode ser observada a evolução da população total projetada por cada um desses métodos, bem como a estimativa da população projetada pelo IBGE para o conjunto de municípios da bacia do Rio Paraíba, a qual foi obtida considerando que esta população seguirá representando a mesma fração da população total do estado, cerca de 60,6% conforme o censo de 2022.

Figura 5.13 - População total projetada para os municípios pertencentes à Bacia do Rio Paraíba

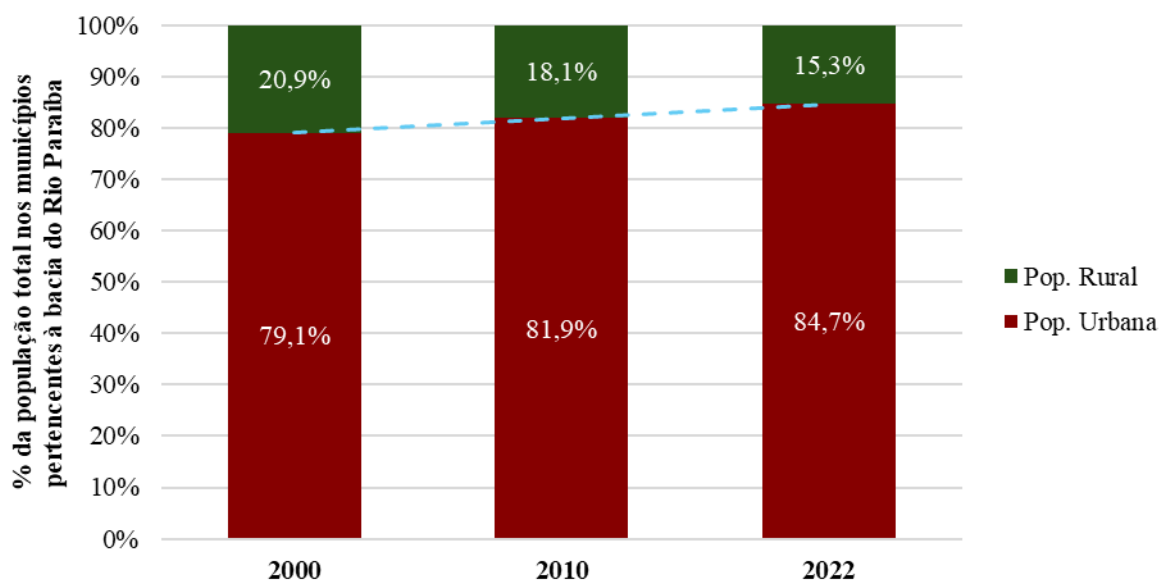


Fonte: Cobrape (2025).

Além da estimativa da população total, foram analisadas duas hipóteses para a distribuição da população entre os setores rural e urbano: a primeira considera que a relação entre as populações rural e urbana permanecerá constante ao longo do horizonte de previsão; enquanto a segunda pressupõe a atenuação do êxodo rural, de modo que, no horizonte de planejamento do PRH-RPB, a proporção da população rural na bacia seja superior à atual.

Para modelar esse comportamento, adotou-se como referência a redução média de aproximadamente 3% da população rural entre os censos (Figura 5.14). Com base nesse padrão, definiu-se que, no horizonte de planejamento de longo prazo do PRH-RPB, a distribuição da população rural e urbana, em nível municipal, retornará aos mesmos patamares observados no ano 2000.

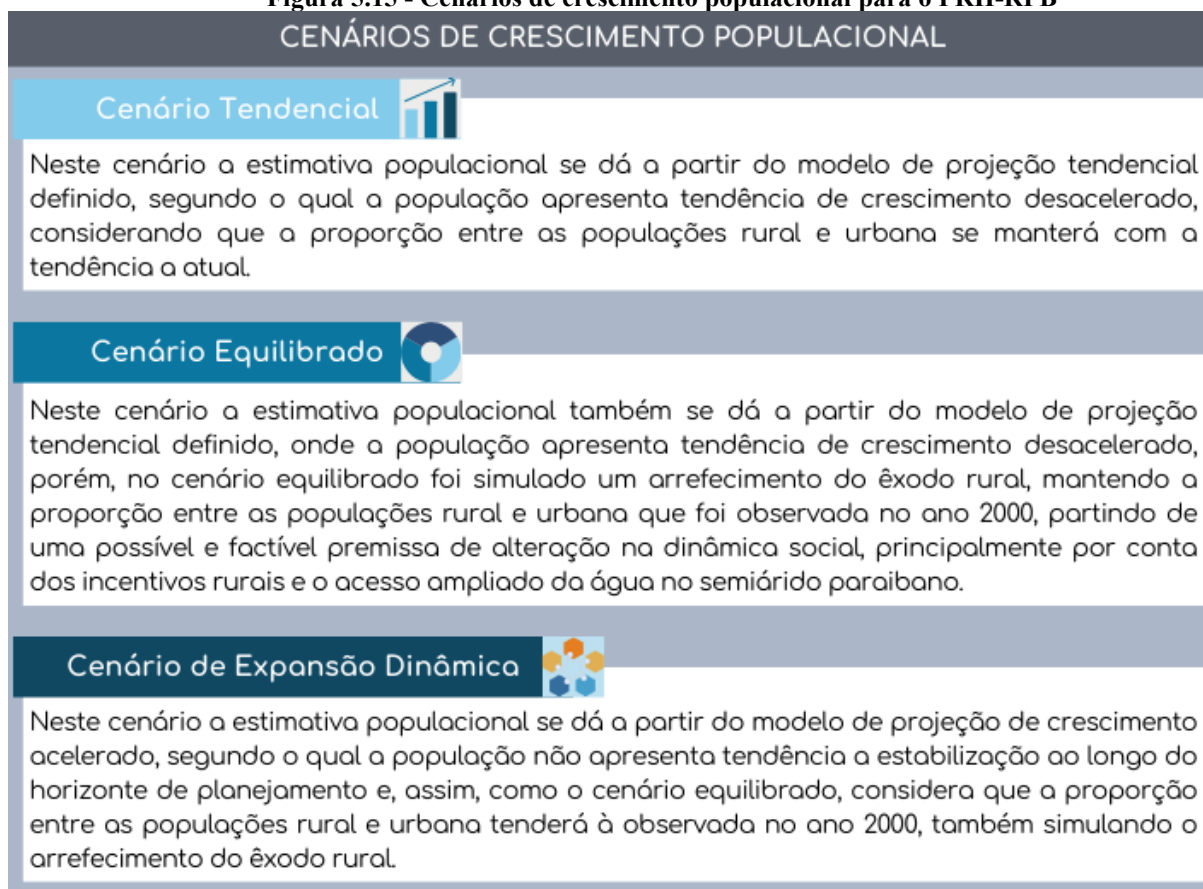
Figura 5.14 - Distribuição da população nos municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba



Fonte: Cobrape (2025) com dados de IBGE (2024).

Tal modificação na distribuição da população, embora divergente da tendência observada nos últimos censos, poderá acontecer em decorrência da plena operação do PISF, uma vez que um dos impactos previstos do projeto é a diminuição do êxodo rural e, conseqüentemente, o alívio da pressão sobre as metrópoles regionais, como citado em seu RIMA (Brasil, 2004) e discutido no item 4.5.

Desta maneira, da combinação os modelos de projeção populacional total e as hipóteses de redistribuição entre as populações urbana e rural, elaborou-se os cenários alternativos de evolução populacional definidos para o PRH-RPB, como mostra a Figura 5.15.

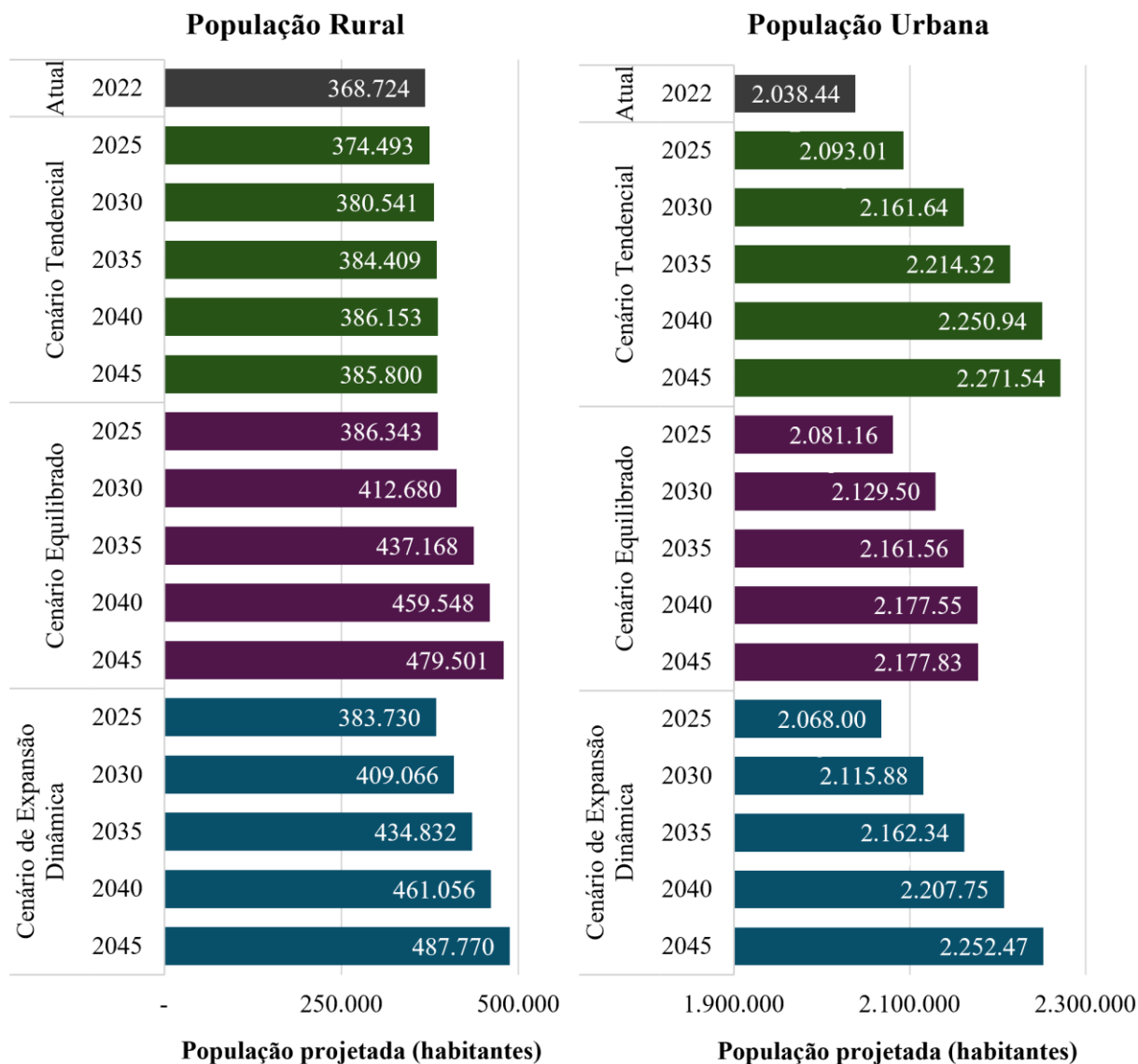
Figura 5.15 - Cenários de crescimento populacional para o PRH-RPB

Fonte: Cobrape (2025).

É importante destacar que as projeções de crescimento da população rural, ao modificar a atual proporção entre as populações rural e urbana na bacia, divergem da tendência observada nos últimos censos, caracterizada pelo êxodo rural. Essa hipótese está diretamente relacionada aos impactos da chegada das águas do Rio São Francisco à Paraíba, uma vez que, além do aumento da oferta e da segurança hídrica para a região, a transposição previa a dinamização da economia local. Esse efeito seria impulsionado pela incorporação de novas áreas ao processo produtivo, favorecendo a fixação da população rural e reduzindo os fluxos migratórios de saída da região (Ministério da Integração Nacional, 2004; Castro, 2023).

Nesse contexto, a Figura 5.16 apresenta os resultados das projeções da população total, bem como das populações rural e urbana, baseadas nos cenários estabelecidos, e que permitem uma análise dos impactos das possíveis trajetórias do contingente populacional diante das transformações socioeconômicas associadas à transposição do Rio São Francisco.

Figura 5.16 - População rural projetada pelos modelos de evolução populacional considerados na elaboração dos cenários para o PRH-RPB



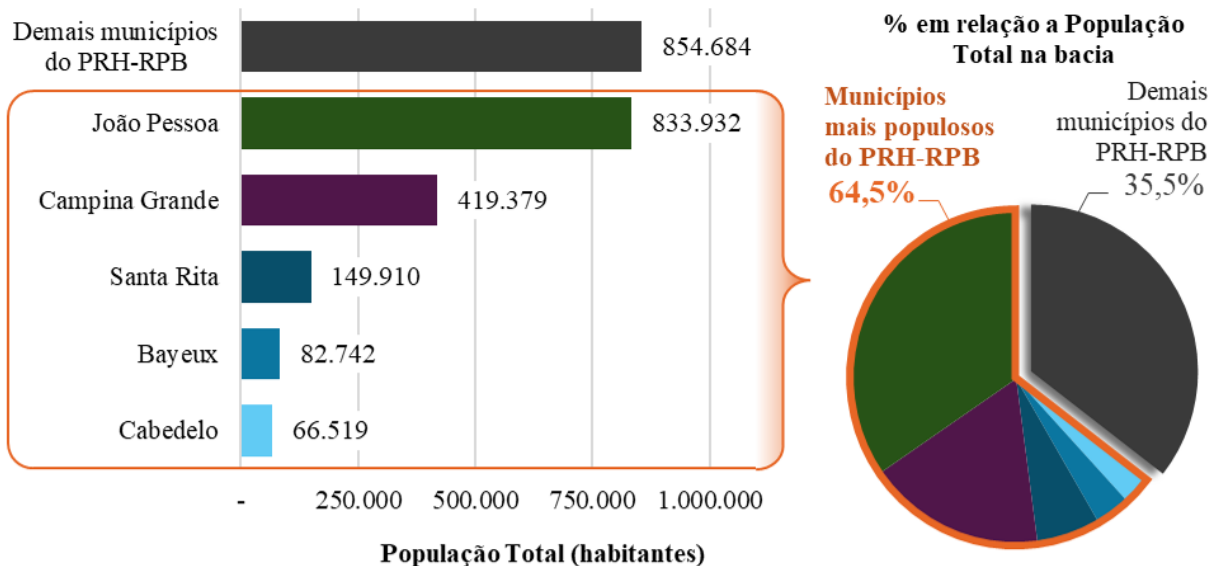
Fonte: Cobrape (2025).

A estimativa da população rural para o ano de 2045, nos cenários Equilibrado e de Expansão Dinâmica é cerca de 25% maior do que aquela estimada no cenário Tendencial, refletindo a atenuação do êxodo rural e, conseqüentemente, da pressão nos centros urbanos. A diferença entre as populações rurais projetadas para o ano de 2045 pelo Cenário Tendencial e pelo Cenário Equilibrado (Figura 5.16) é de cerca de 93.700 habitantes, enquanto a comparação entre as populações projetadas pelo Cenário Tendencial e pelo Cenário de Expansão Dinâmica resulta em uma diferença de 95.350 habitantes, aproximadamente, como reflexo do crescimento estimado para a população total.

Esse contingente populacional, quando comparado às populações totais dos municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba, é maior que a população total do quarto maior município na bacia, Bayeux, com quase 83.000 habitantes (Figura 5.17).

Da Figura 5.17 ainda cabe destacar que 64,5% da população total dos municípios do PRH-RPB está concentrada nos municípios de João Pessoa (capital do Estado), Campina Grande (segundo maior centro urbano do Estado), Santa Rita, Bayeux e Cabedelo, estes três na região metropolitana de João Pessoa.

Figura 5.17 - População total dos municípios pertencentes à bacia do Rio Paraíba



Fonte: Censo 2022 (IBGE, 2024).

6 ESTIMATIVA DAS DEMANDAS E DISPONIBILIDADES DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Neste capítulo são apresentadas as estimativas resultantes das projeções realizadas para os dois cenários de disponibilidade hídrica e para os três cenários de projeção das demandas hídricas, cujas premissas metodológicas foram descritas no capítulo 4 do presente documento.

6.1 PROJEÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A projeção da disponibilidade hídrica é fundamental para compreender os desafios e as oportunidades que se apresentam no cenário de escassez hídrica enfrentado pela Paraíba. A concepção dos cenários permite analisar os impactos das variações na disponibilidade de água sobre os setores econômicos e a população, bem como o levantamento de vazões médias em períodos de seca e chuvosos, fornece dados essenciais para a formulação de estratégias de gestão hídrica e mitigação dos efeitos adversos da seca.

Os cenários construídos para o PRH-RPB consideraram diferentes trajetórias para a evolução demográfica e para o desenvolvimento das atividades econômicas na bacia e, adicionalmente, incorporaram situações de rupturas ou descontinuidades, tais como, possíveis mudanças no comportamento hidrológico da região, incluindo a análise da permanência média da vazão de longo termo. Para isso, foram avaliados dois recortes hidrológicos distintos: o comportamento hidrológico da série pseudo-histórica anterior à seca de 2012, com período de dados de 1994 – 2011, e o comportamento hidrológico da série pseudo-histórica completa, com período de dados de 1994 – 2019.

Em síntese, os cenários de disponibilidade hídrica articulam duas configurações distintas de regime hidrológico: uma mais favorável e outra menos favorável. Quando se observa o registro histórico das últimas três décadas fica evidente que no período entre 2012 e 2019, a bacia enfrentou uma das situações hidrológicas mais severas já observadas. Os efeitos desse período crítico foram amplos, refletindo-se não apenas na drástica redução dos volumes dos reservatórios, mas também, e de forma ainda mais acentuada, na desaceleração das atividades econômicas e nas transformações da dinâmica populacional.

É importante destacar que, no período entre 1994 e 2011, correspondente aos 18 anos iniciais da série histórica adotada neste Plano, através dos estudos de consistência das séries hidrológicas até o início do período crítico, não se observavam sinais que indicassem a iminência de uma redução significativa nas precipitações e nas vazões naturais. A abrupta mudança nas condições hidrológicas a partir de 2011 evidencia o elevado grau de incerteza associado à variabilidade climática, cujos efeitos sobre o comportamento dos reservatórios foram substanciais e imprevisíveis.

A Tabela 6.1 mostra as diferenças entre algumas estatísticas fundamentais para os dois períodos nos dois maiores e mais importantes reservatórios da bacia.

Tabela 6.1 - Estatísticas dos cenários hidrológicos analisados nas UABHs Epitácio Pessoa e Acauã

	1994 – 2011 (18 anos)	1994 – 2019 (26 anos)	Diferença % entre períodos
Vazão Média (m³/s)			
UABH Epitácio Pessoa	7,78	5,94	-24%
UABH Acauã	10,96	8,43	-23%
Permanência da Vazão Média em escala anual (%)			
UABH Epitácio Pessoa	33%	25%	-8%
UABH Acauã	33%	25%	-8%
Vazão Firme (m³/s)			
UABH Epitácio Pessoa	3,58	3,08	-14%
UABH Acauã	3,94	2,99	-24%
Permanência da Vazão Firme em escala anual (%)			
UABH Epitácio Pessoa	43%	36%	-6%
UABH Acauã	63%	55%	-8%

Fonte: Cobrape (2025).

Observa-se, da Tabela 6.1, que o aumento no intervalo temporal de dados, que contempla um período hidrológico crítico, representou uma redução nas vazões médias na ordem de 23% a 24%. Da mesma forma, para as vazões firmes, nota-se que houve uma redução de 14% e 24% nos açudes Epitácio Pessoa e Acauã, respectivamente, quando se comparam os dois períodos hidrológicos. Cabe destacar que a obtenção dessas vazões firmes foi realizada pela aplicação do método da análise de picos, apresentado em detalhes no *RP-03: Disponibilidade Hídrica*. Esse método foi aplicado às séries anuais de vazão de cada período hidrológico a fim de permitir a análise do caráter variável da disponibilidade hídrica, que neste caso, é representada tendo como valor de referência a vazão firme associada a capacidade de acumulação de cada açude.

Como evidenciado pela Tabela 6.1, a mudança do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, ocorrida a partir de 2011, teve impacto direto sobre a caracterização da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, especialmente sobre a capacidade de regularização de seus reservatórios. No que se refere ao instrumento de outorga (Decreto Estadual nº 19.260, de 31 de outubro de 1997), o impacto dessa mudança de comportamento hidrológico é observado através das permanências das vazões médias na escala anual, a qual, para ambos os reservatórios registrou um decréscimo aproximado de 8%. Isso implica que, no cenário hidrológico mais favorável (1994-2011) as vazões médias eram igualadas ou superadas aproximadamente a cada três anos, enquanto no cenário menos favorável (1994-2019) esse intervalo se estende para cerca de quatro anos.

Portanto, além da redução da capacidade de regularização, caracterizada pela diminuição das vazões firmes, soma-se o atraso na capacidade de recuperação dos volumes dos açudes, traduzido pela diferença, apesar de moderada, nas permanências obtidas em escala anual. Ou seja, as análises das duas séries temporais reforçam a tendência de redução da disponibilidade hídrica natural ao se ampliar o horizonte de avaliação das condições hidrológicas futuras. Essa tendência é particularmente relevante para as sub-bacias do Alto Paraíba, Médio Paraíba e

Taperoá, como é possível observar nos dados apresentados pela Tabela 6.2 e Tabela 6.3. Essas Tabelas trazem as principais vazões de referência para análise da disponibilidade hídrica no contexto da compatibilização com as demandas hídricas do PRH-RPB para ambos os recortes temporais considerados: o período anterior à seca de 2012/2018 com informação entre os anos de 1994 e 2011, e o período que inclui esta seca severa, que contempla as informações de vazão entre os anos de 1994 e 2019, respectivamente.

Tabela 6.2 - Vazões de referência para o cenário de antes da seca (1994-2011) de disponibilidade hídrica do PRH-RPB

Sub-bacia (UPH)	UABH	Vazão firme do açude (L/s)	Q _{90%} Anual (L/s)	Q _{MLT} (L/s)	
				Período Seco	Período Chuvoso
Alto Paraíba	Camalaú	284	33	176	902
	Cordeiro	361	65	276	1.182
	Epitácio Pessoa	3.425	835	2.365	13.915
	Poções	185	25	110	572
	Santo Antônio	115	22	55	266
	Sumé	310	58	145	876
Médio Paraíba	Acauã	3.700	1.125	4.922	18.009
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/Salgado de São Félix		1.406	7.167	20.504
	Calha - Riacho Sal Amargo		3.060	15.858	34.808
	Calha - Riacho Mogeiro		1.492	8.234	22.011
	Calha - Rio Paraibinha		1.576	9.237	23.721
	Calha - Salgado de São Félix/Itabaiana		1.451	7.618	21.050
	José Rodrigues	120	21	109	129
	Litoral		6.964	22.259	51.249
	Marés	120	118	291	744
	Riacho Curimatã		1.661	9.908	24.786
	Riacho Jacuípe		1.225	3.418	8.712
	Rio Engenho Novo		225	948	2.375
	Rio Gurinhém Jusante		637	2.976	4.996
	Rio Gurinhém Montante		372	1.813	3.109
	Rio Preto		548	1.444	3.823
	Rio Surrão		114	843	952
	Rio Una		252	1.391	2.622
	Rios Ingá e Bacamarte		156	1.175	1.282
São Salvador	265	88	481	944	
Taperoá	Mucutu	218	43	109	627
	Serra Branca 2	26	3	8	43
	Soledade	140	14	71	285
	Taperoá 2	165	48	121	702

Fonte: Cobrape (2025).

Tabela 6.3 - Vazões de referência para o cenário do período histórico completo (1994-2019) de disponibilidade hídrica do PRH-RPB

Sub-bacia (UPH)	UABH	Vazão firme do açude (L/s)	Q _{90%} Anual (L/s)	Q _{MLT} (L/s)	
				Período Seco	Período Chuvoso
Alto Paraíba	Camalaú	257	39	130	674
	Cordeiro	315	65	203	871
	Epitácio Pessoa	2.892	652	1.737	10.522
	Poções	159	25	81	425
	Santo Antônio	94	19	42	199
	Sumé	302	52	108	694
Médio Paraíba	Acauã	2.852	1.208	3.771	13.643
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/Salgado de São Félix		1.893	5.644	15.578
	Calha - Riacho Sal Amargo		5.533	13.628	28.266
	Calha - Riacho Mogeiro		2.372	6.554	16.872
	Calha - Rio Paraibinha		2.907	7.461	18.338
	Calha - Salgado de São Félix/Itabaiana		2.053	6.027	16.044
	José Rodrigues	97	24	91	102
	Litoral		8.322	20.038	43.644
	Marés	116	152	285	704
	Riacho Curimatã		3.195	8.055	19.253
	Riacho Jacuípe		1.559	3.402	8.113
	Rio Engenho Novo		263	944	2.250
	Rio Gurinhém Jusante		709	2.688	4.346
	Rio Gurinhém Montante		462	1.614	2.618
	Rio Preto		647	1.431	3.629
	Rio Surrão		171	693	744
	Rio Una		332	1.351	2.469
	Rios Ingá e Bacamarte		235	997	988
São Salvador	268	115	468	885	
Taperoá	Mucutu	172	33	81	478
	Serra Branca 2	19	2	6	32
	Soledade	107	15	53	214
	Taperoá 2	127	36	90	538

Fonte: Cobrape (2025).

As vazões de referência apresentadas na Tabela 6.2 e Tabela 6.3 são:

- Vazão firme do açude (L/s): corresponde ao valor de referência para a disponibilidade hídrica de um reservatório artificial, pois corresponde à vazão que seu volume máximo é capaz de regularizar de acordo com a hidrologia da região. Não se aplica às UABHs que não estão associadas a um açude estratégico;
- Q_{90%} Anual (L/s): vazão com 90% de permanência obtida a partir de uma curva de permanência construída com base na série anual de vazões (vazões médias de cada ano). A utilização da curva de permanência em escala anual se dá por conta da legislação estadual para o instrumento de outorga (Decreto Estadual nº 19.260, de 31 de outubro de 1997), que faz menção à vazão regularizada anual com 90% de garantia;

- Q_{MLT} (L/s): vazão média de longo termo (MLT), calculada a partir das séries de vazões mensais para o período de meses úmido (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), conforme detalhamento apresentado no item 5.2.2.

Cabe ressaltar que no baixo Paraíba, especialmente nas UABHs mais próximas ao litoral, por estarem em uma região com um comportamento hidrológico distinto da maior parte da bacia, inserida no semiárido paraibano, as diferenças evidenciadas pelas estatísticas da Tabela 6.1 não são tão acentuadas e distorcem do restante da bacia, por estarem sujeitas a outro regime hidrológico. Por fim, é importante destacar que a utilização de diferentes recortes temporais sobre a mesma série histórica total, não envolve a introdução de novos dados, mas sim o uso dos mesmos dados observados, em recortes distintos, o que permite evidenciar a elevada variabilidade e imprevisibilidade do regime hidrológico da bacia, característica marcante das regiões inseridas no semiárido brasileiro.

6.2 EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO URBANO

Os sistemas integrados de abastecimento de água, detalhados no *RP04 – Diagnóstico da Bacia*, representam uma alternativa para o abastecimento público de municípios e regiões com baixa disponibilidade hídrica. Na bacia do Rio Paraíba, esses sistemas captam água de açudes de maior porte, como Acauã e Epitácio Pessoa, e a transportam por meio de sistemas adutoras para diferentes localidades. Esse processo não só atende à demanda de água em áreas com escassez, mas também fortalece a segurança hídrica dos municípios. A CAGEPA é a responsável pela maior parte do abastecimento de água da bacia do Rio Paraíba, e, portanto, da gestão dos sistemas integrados e suas adutoras.

Os principais sistemas de adutoras da bacia (detalhados no RP04) são:

- Ouro Velho e Adutor do Congo;
- Cariri;
- Campina Grande Boqueirão;
- Alcantil – Riacho Santo Antônio;
- Acauã – Gado Bravo;
- Acauã Ingá;
- Acauã Leste, Salgado de São Félix e Itabaiana;
- Olho D'Água Salvador;
- Gramame;
- Adutora Natuba;
- Agreste; e
- Coremas/Sabugi.

O planejamento da Bacia do Rio Paraíba tem relação com a ampliação e construção de novas adutoras visando o incremento da segurança hídrica e do abastecimento de água para a população. O Atlas Água (ANA, 2021) apresenta os investimentos necessários em infraestrutura de produção de água, sendo que na Tabela 6.4 estão sintetizados os investimentos

previstos pelo instrumento, filtrados aqueles que abrangem pelo menos um município localizado dentro da bacia, bem como a população urbana que seria potencialmente beneficiada dentro da bacia e a estimativa de custo para a implementação dos projetos.

Tabela 6.4 - Investimentos previstos na produção de água para os municípios do PRH-RPB

Nome do Investimento	Tipo da Intervenção	Municípios Atendidos	População Urbana Potencialmente Beneficiada dentro da bacia	Estimativa de Custo (R\$ Milhões)
Barragem Cupissura	Barragem	Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Pedras de Fogo, Santa Rita*	1.132.077	R\$ 133,14
Sistema Adutor Abiaí-Papocas - Nova Captação e Adutoras	Adutora+ Captação/EB	Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Santa Rita*	1.114.655	R\$ 64,04
Ampliação da ETA de Gramame e reforço no sistema de distribuição das áreas de influência dos Reservatórios R1, R2, R6 e R11	Tratamento	Cabedelo, João Pessoa*	899.226	R\$ 31,52
Sistema Adutor (3º) de Campina Grande (São José) - Nova Captação e Adutoras	Adutora+ Captação/EB	Barra de Santana, Campina Grande, Caturité, Lagoa Seca, Pocinhos, Queimadas*	460.974	R\$ 103,34
Sistema Adutor Transparaíba (Ramal Cariri)	Adutora+ Captação/EB	Amparo, Assunção, Cacimbas, Gurjão, Juazeirinho, Junco do Seridó, Livramento, Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, Santo André, São João do Cariri, São José dos Cordeiros, Serra Branca, Soledade, Sumé, Taperoá, Teixeira, Tenório	117.043	R\$ 418,63
Sistema Adutor Transparaíba (Borborema ou Curimataú) - Segmento II-PISF Boqueirão - Nova Captação e Adutoras	Adutora+ Captação/EB	Assunção, Barra de Santa Rosa, Boa Vista, Boqueirão, Cabaceiras, Cubati, Desterro, Juazeirinho, Livramento, Olivedos, Prata, São Vicente do Seridó, Soledade*	75.140	R\$ 408,90
Estudos de Alternativa	Ampliação do Sistema	Gurinhém, Mari, Mulungu, Sapé, Sobrado*	68.392	R\$ 10,41
Estudos de Alternativa	Ampliação do Sistema	Itabaiana, Juripiranga, Mogeiro, Pilar, Salgado de São Félix, São Miguel de Taipu	51.932	R\$ 7,90
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Gurinhém, Itabaiana, Juripiranga, São José dos Ramos, São Miguel de Taipu	40.855	R\$ 7,23

Nome do Investimento	Tipo da Intervenção	Municípios Atendidos	População Urbana Potencialmente Beneficiada dentro da bacia	Estimativa de Custo (R\$ Milhões)
Sistema Adutor Pajeú - 2ª Fase da 2ª Etapa	Adutora+ Captação/EB	Cacimbas, Desterro, Livramento, São José dos Cordeiros, Taperoá, Teixeira*	34.298	R\$ 225,47
Sistema Adutor Nova Camará (Mamanguape) - Nova Captação e Adutoras	Adutora+ Captação/EB	Lagoa Seca, Montadas, Puxinanã*	26.236	R\$ 87,19
Ampliação e reforço do Sistema Adutor Coremas-Sabugi	Adutora+ Captação/EB	Assunção, Cacimba de Areia, Junco do Seridó, Taperoá*	19.141	R\$ 17,07
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Alagoa Grande	16.730	R\$ 2,34
Estudos de Alternativa	Ampliação do Sistema	Aroeiras, Gado Bravo	11.166	R\$ 7,90
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Lucena	10.847	R\$ 5,85
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Natuba, Santa Cecília, Umbuzeiro	10.566	R\$ 12,10
Sistema Adutor Camalaú	Adutora+ Captação/EB	Camalaú, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Zabelê	8.890	R\$ 28,17
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Cruz do Espírito Santo	8.600	R\$ 8,31
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Massaranduba	8.547	R\$ 3,685
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Fagundes	6.138	R\$ 6,04
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Serra Redonda	3.695	R\$ 2,34
Estudos de Alternativa	Ampliação do Sistema	Congo	3.455	R\$ 2,34
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Riachão do Bacamarte	3.030	R\$ 2,34
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	Barra de São Miguel	2.659	R\$ 2,34
Sistema Adutor Congo - 3ª Etapa	Adutora+ Captação/EB	Coxixola, Santo André	2.154	R\$ 12,18
Estudos de Alternativa	Novo Manancial	São Domingos do Cariri	1.449	R\$ 1,62
Estudos de Alternativa	Ampliação do Sistema	Salgadinho	1.311	R\$ 2,34

Notas: *Investimento também atende municípios localizados fora da bacia do Rio Paraíba

Fonte: ANA (2021).

Os investimentos previstos no Atlas Água (ANA, 2021) para a distribuição de água e a reposição dos ativos de distribuição de água até 2035 estimam um custo de aproximadamente R\$ 500 milhões para os 85 municípios abrangidos pelo PRH-RPB. Esses investimentos para melhorias da rede de distribuição, podem minimizar as perdas hídricas e otimizar a gestão dos recursos hídricos.

O PERH-PB (2022) prevê investimentos em dois ramais/adutoras microrregionais, na abrangência do PRH-RPB, que estão apresentadas na Tabela 6.5. Ambas as adutoras beneficiarão a região do Médio Paraíba.

Tabela 6.5 - Investimentos em ramais de adutoras ou novas adutoras microrregionais segundo o PERH-PB

Adutora	Extensão estimada (km)	População (estimada 2020 - IBGE)	Consumo (m ³ /s)	Diâmetro estimado (m)	Custo unitário (R\$/km)	Custo Total (R\$)
Campina Grande, Esperança, Remígio	12,3	52.997	0,07	0,3	715.239,03	8.797.440,05
Arara, Solânea, Bananeiras	9,7	47.496	0,07	0,3	715.239,03	6.937.818,58

Fonte: PERH-PB (2022).

Em questão de investimentos em abastecimento de água, o PERH tem como objetivos principais: interligar, sempre que possível, os atuais sistemas adutores com o PISF; aumentar o nível de atendimento da zona rural; aumentar o nível de tratamento d'água no estado; garantir suprimento nas épocas de seca. Para isso, foram previstos investimentos em instalação de novas ligações domiciliares, no aumento da extensão da rede de distribuição de água, na implementação do tratamento de água e na instalação de unidades de dessalinização, em poços ativos. Na Tabela 6.6 estão apresentados os custos para as atividades que constam no subprograma de código IF-15 do PERH-PB.

Tabela 6.6 - Investimentos em abastecimento de água segundo o PERH-PB

Atividade	Custo total (R\$)
Expansão da rede de distribuição urbana e rural	41.209.000,00
Projeto de complementação da rede de distribuição de abastecimento de água	12.232.960,00
Projeto complementar de tratamento da água de abastecimento	17.990.520,00

Fonte: PERH-PB (2022).

Entre as adutoras planejadas, destacam-se as adutoras do Sistema Adutor Transparaíba, que inclui o Ramal Cariri e o Ramal Curimataú. Esse sistema representa um dos eixos estruturantes do Plano Estadual de Segurança Hídrica da Paraíba (PSH/PB) e tem como objetivo viabilizar o uso estratégico das águas oriundas do PISF por meio da ampliação da infraestrutura de adução de água para as regiões de maior déficit hídrico. As adutoras da Transparaíba, operadas pela CAGEPA, visam assegurar o abastecimento da população da sede de 37 municípios, além de alguns distritos.

6.2.1 Ramal Cariri

O novo Ramal Cariri beneficiará 18 municípios, dos quais 12 anteriormente integravam o Sistema Integrado do Congo. Inicialmente, a captação desse sistema estava prevista para o Açude Cordeiro; no entanto, devido ao esvaziamento do reservatório, foram implantadas captações alternativas no município de Congo, complementadas pelas captações em Ouro Velho e Prata. O Sistema Integrado do Congo passará a ser utilizado em situações que necessitam reforço para o abastecimento humano (CAGEPA,2020).

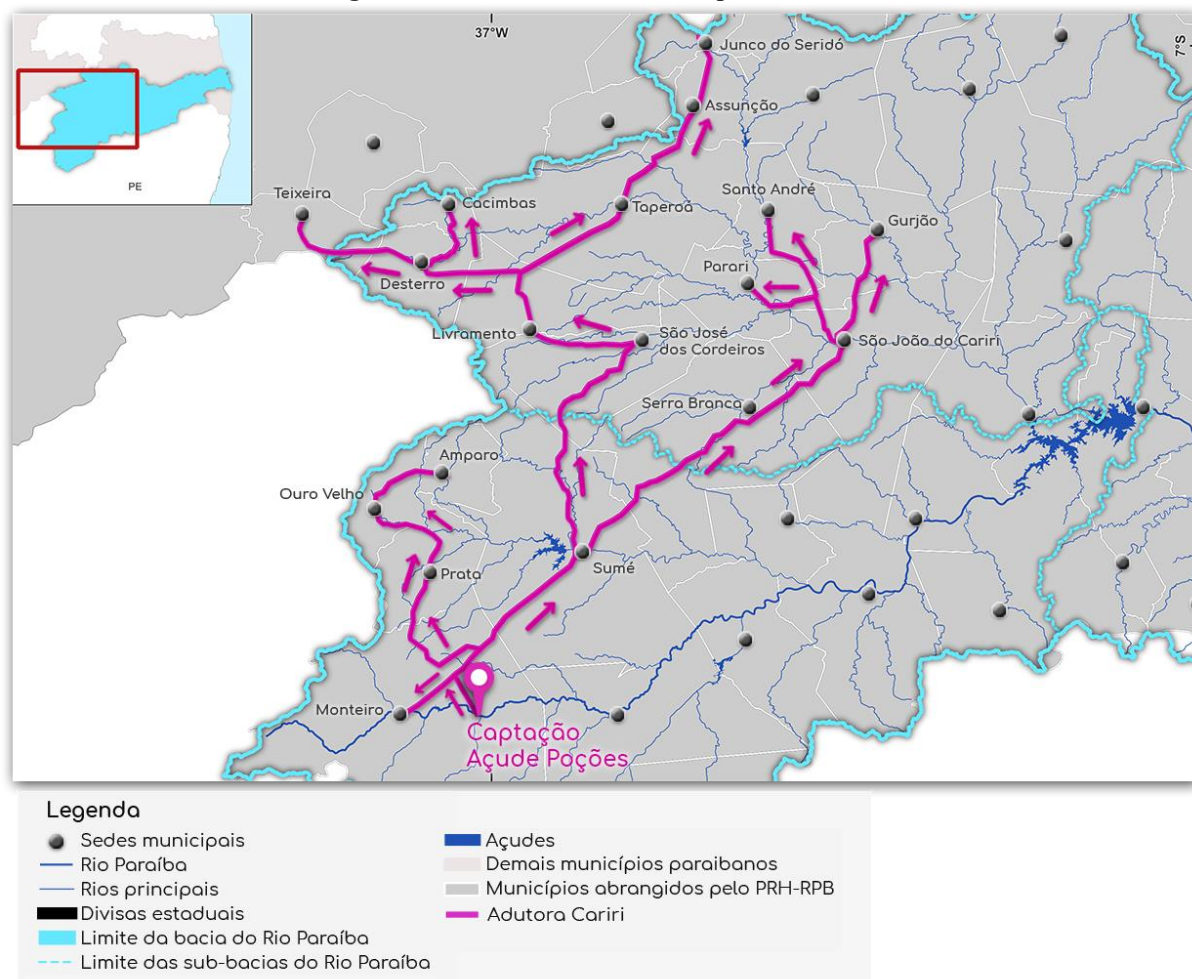
A CAGEPA (2020) também aponta que o manancial previsto como fonte de captação para o Ramal Cariri é o Açude Poções, com reforço das águas oriundas do PISF. A vazão de projeto do sistema é de 410 L/s, a qual somente poderá ser plenamente garantida com a operação regular do PISF. Na Tabela 6.7 estão apresentados os municípios que serão atendidos pelo Ramal Cariri e a fonte de abastecimento atual, enquanto na Figura 6.1 é apresentado o traçado do sistema adutor.

Tabela 6.7 - Municípios que serão atendidos pelo Ramal Cariri

Município	Fonte de Abastecimento Atual
Cacimbas	Captação Isolada – Açude Jeremias
Desterro	Captação Isolada – Açude Jeremias
Junco do Seridó	Captação Isolada – Açude do Estado
Santo André	Captação Isolada – S/I
Teixeira	Captação Isolada – Açude Riacho das Moças / Açude Bastiana
Taperoá	Captação Isolada – Açude Manoel Marcionilo
Assunção	Sistema Integrado Adutora Coremas/Sabugi
Gurjão	Sistema Integrado do Congo
Livramento	Sistema Integrado do Congo
Monteiro	Sistema Integrado do Congo
Parari	Sistema Integrado do Congo
Prata	Sistema Integrado do Congo
São João do Cariri	Sistema Integrado do Congo
São José dos Cordeiros	Sistema Integrado do Congo
Serra Branca	Sistema Integrado do Congo
Sumé	Sistema Integrado do Congo
Amparo	Sistema Integrado do Congo / Captação Ouro Velho/Prata
Ouro Velho	Sistema Integrado do Congo / Captação Ouro Velho/Prata

Fonte: Adaptado de Atlas Água (ANA, 2021) e AESA (S.d.).

Figura 6.1 - Sistema Adutor Transparaíba - Ramal Cariri



Fonte: Adaptado de ANA (2021).

6.2.2 Ramal Curimataú

Com a construção do Ramal do Curimataú, o Sistema Integrado Cariri, cuja captação ocorre no Açude Epitácio Pessoa, deixará de atender integralmente os 10 municípios que abastece atualmente, porém, continuará sendo utilizado para suprir o abastecimento das localidades situadas em sua proximidade, além dos municípios de Soledade e Juazeirinho, atuando principalmente como um sistema de reforço, a ser acionado em situações de necessidade.

O Sistema Adutor do Ramal Curimataú está projetado para captar água no Açude Epitácio Pessoa, com uma vazão estimada de 544 L/s (CAGEPA, 2022; PARAÍBA, 2022), e contará com aproximadamente 349 km de adutoras, destinadas ao abastecimento de 19 municípios. Assim como o Ramal Cariri, sua operação está condicionada ao funcionamento regular do PISF, que garante a disponibilidade hídrica necessária para o atendimento da demanda prevista (CAGEPA, 2022). Na Tabela 6.8 estão apresentados os municípios que serão atendidos pelo Ramal Curimataú fazendo um paralelo com o sistema de atendimento atual, enquanto na Figura 6.2 é apresentado o traçado do Ramal Curimataú.

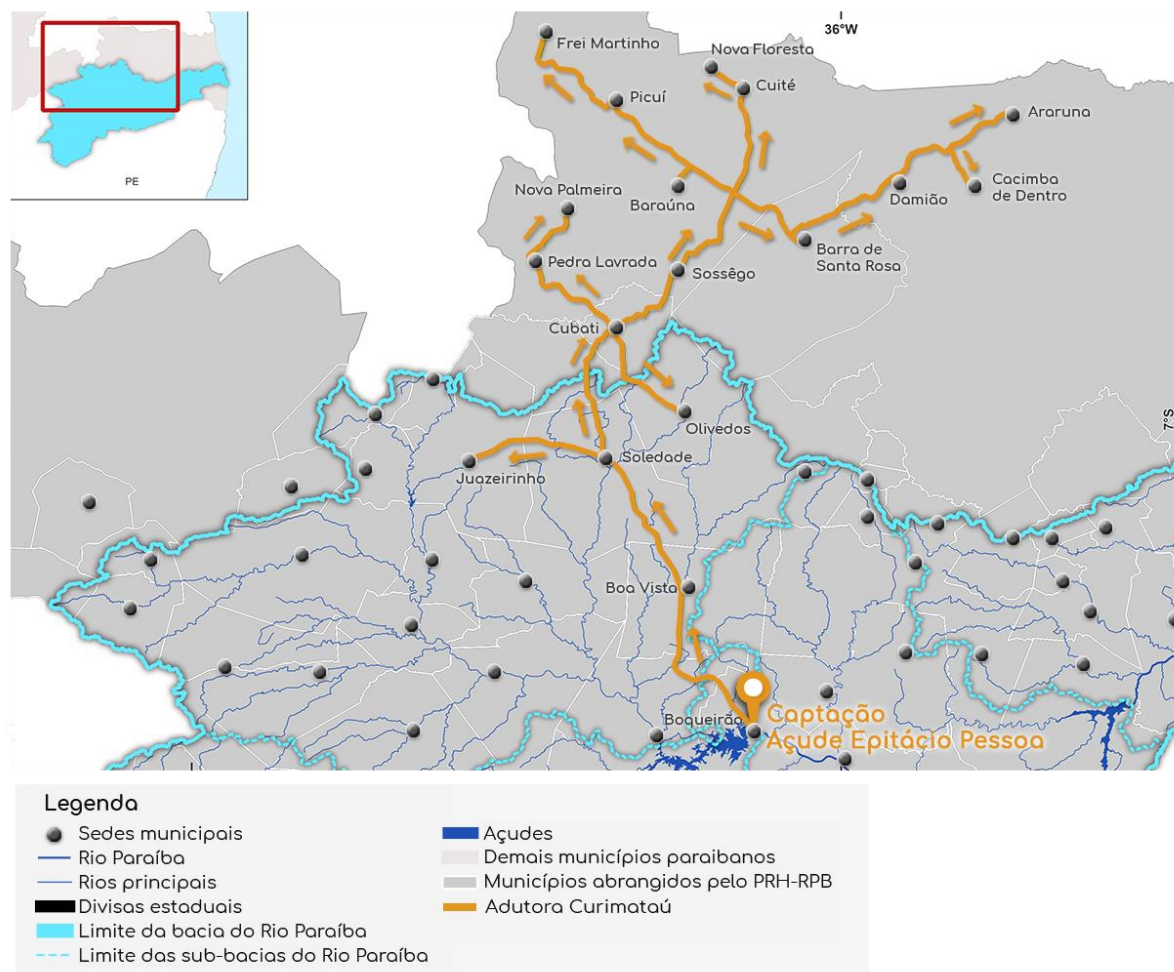
Tabela 6.8 - Municípios que serão atendidos pelo Ramal Curimataú

Município	Fonte de Abastecimento Atual
Boa Vista	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Boqueirão	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Cubati	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Juazeirinho	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Olivedos	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Pedra Lavrada	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
São Vicente do Seridó	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Soledade	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Sossêgo	Cabaceiras - Sistema Integrado Cariri
Araruna*	Sistema Integrado Adutora Jandaia
Baraúna*	Captação Isolada – Açude Pedra Vermelha / Açude Serrote Verde
Cacimbas de Dentro*	Sistema Integrado Adutora Jandaia
Cuité*	Sistema Integrado Produtor Cuité – Nova Floresta
Damião*	Sistema Integrado Adutora Jandaia
Frei Martinho*	Captação Isolada – Açude Várzea Grande / Poços
Nova Floresta*	Sistema Integrado Produtor Cuité – Nova Floresta
Nova Palmeira*	Captação Isolada – Açude Caraibeira
Picuí*	Captação Isolada – Açude Várzea Grande
Barra de Santa Rosa	Captação Isolada – Açude Curimataú

Nota: *Captação fora da bacia do Rio Paraíba.

Fonte: Adaptado de Atlas Água (ANA, 2021) e AESA (S.d.).

Figura 6.2 - Sistema Adutor Transparaíba - Ramal Curimataú



Fonte: Adaptado de ANA (2021).

6.3 PROJEÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS

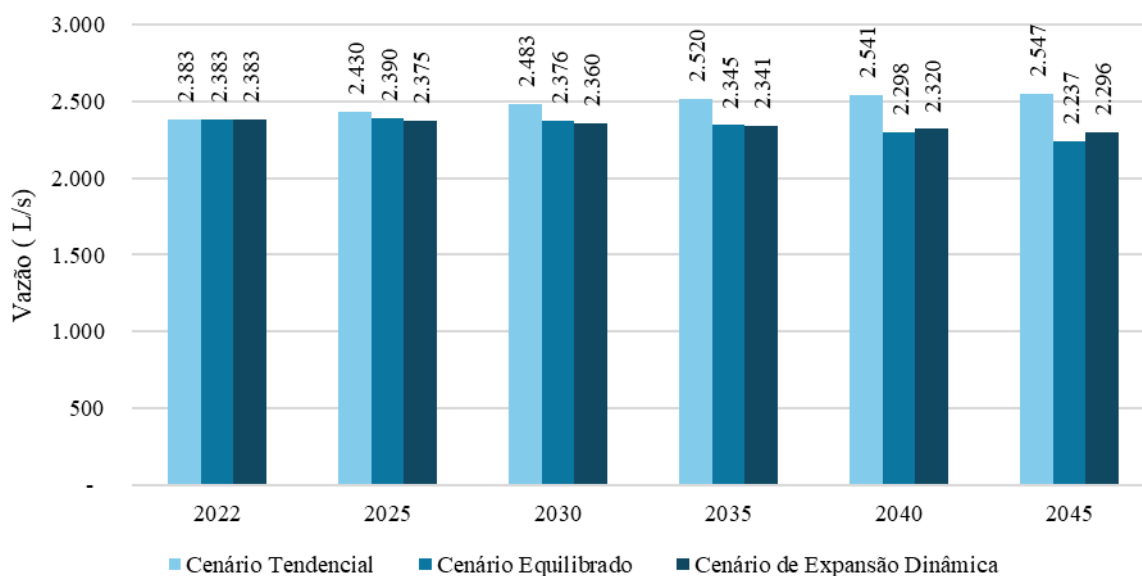
A projeção das demandas hídricas, por sua vez, reflete as necessidades futuras de água para os diferentes setores e regiões da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e, portanto, é fundamental para o planejamento de forma eficiente do uso dos recursos hídricos, garantindo o acesso a água para todos os setores envolvidos.

Como apresentado no capítulo 4, este processo considera tanto o crescimento populacional quanto as mudanças na distribuição da população entre áreas urbanas e rurais decorrentes de um possível impacto do PISF. A seguir, são apresentadas as estimativas para cada um dos setores usuários.

6.3.1 Projeção das demandas de Abastecimento Urbano

Como é possível observar na Figura 6.3, para o Cenário Tendencial, estima-se que a demanda de abastecimento urbano aumentará 7% até 2045, apresentando um crescimento mais acelerado até 2030 e passando a uma estabilização até o horizonte da projeção. Nos cenários com redistribuição da parcela urbana e rural, como consequência da abordagem concebida, há o decréscimo da demanda desse setor, na ordem de 6,1% em 2045 com relação a 2022 no Cenário Tendencial Redistribuído, e de 3,6% no Cenário Crescimento Redistribuído.

Figura 6.3 - Projeção das demandas de abastecimento urbano para o horizonte do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

Os valores de vazão estimados para cada uma das UABHs e suas respectivas sub-bacias são apresentadas na Tabela 6.9. Nela, é possível identificar que a sub-bacia com maior crescimento é o Baixo Paraíba, sendo a única bacia com crescimento nos três cenários futuros, enquanto o Médio Paraíba apresenta crescimento apenas no Cenário Tendencial e no Cenário Crescimento Redistribuído. As demais sub-bacias decrescem nos cenários com redistribuição da parcela urbana e rural.

Quanto às UABHs, a unidade correspondente ao Açude Marés é a que possui a maior taxa de crescimento nos três cenários, seguida pela UABH Riacho Jacuípe e pela UABH Calha - Riacho Sal Amargo, com o segundo e terceiro maior crescimento, em todos os cenários. Em contrapartida, as UABHs dos Açudes Taperoá 2, Cordeiro e Epitácio Pessoa são as unidades com maior diminuição da demanda para abastecimento urbano, também nos três cenários.

Tabela 6.9 - Projeção das demandas (L/s) de abastecimento urbano para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH

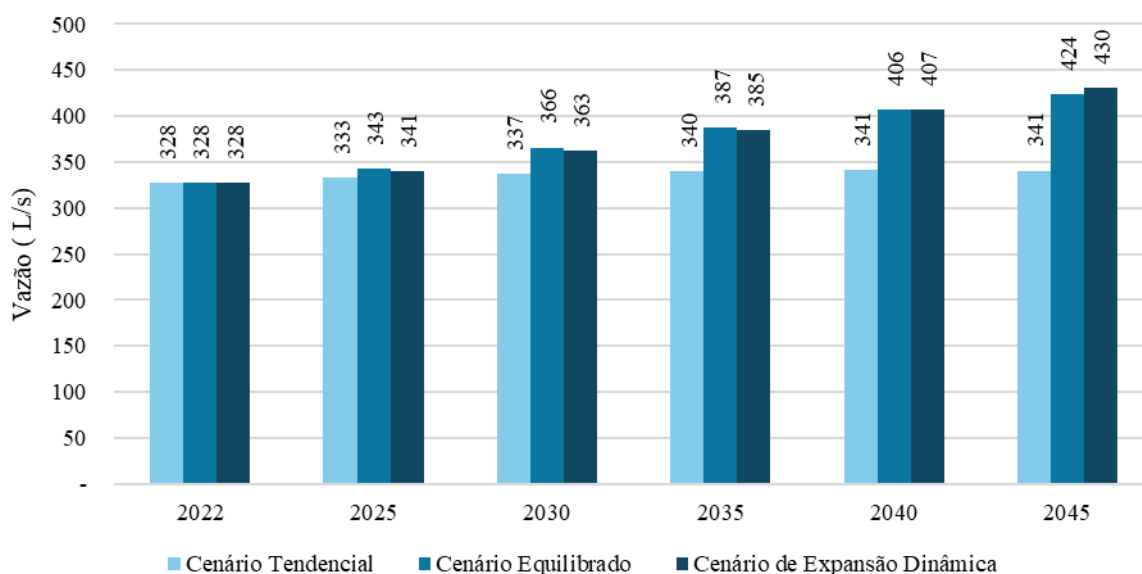
Sub-Bacia (UPH)	UABH	Cenário Atual	Cenário Tendencial				Cenário Equilibrado				Cenário de Expansão Dinâmica			
		2022	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cordeiro	71,4	72,4	73,3	73,7	73,5	70,5	68,2	65,4	58,9	70,1	67,8	65,5	60,5
	Epitácio Pessoa	1.387,2	1.408,7	1.430,8	1.444,4	1.447,3	1.376,7	1.344,0	1.301,9	1.194,7	1.367,9	1.334,0	1.297,7	1.220,0
	Poções	13,5	13,7	13,8	13,9	13,9	13,5	13,3	13,1	12,4	13,4	13,3	13,1	12,7
	Santo Antônio	5,8	5,8	5,9	6,0	5,9	5,8	5,7	5,7	5,4	5,7	5,7	5,7	5,6
	Sumé	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,0	12,0	11,9	11,7	11,3
	Total	1.489,9	1.512,8	1.536,2	1.550,5	1.553,0	1.478,5	1.443,2	1.397,8	1.282,4	1.469,2	1.432,6	1.393,6	1.310,1
Médio Paraíba	Acauã	183,7	187,0	190,5	192,8	194,0	185,4	186,2	185,9	181,7	184,1	184,5	184,8	184,9
	Total	183,7	187,0	190,5	192,8	194,0	185,4	186,2	185,9	181,7	184,1	184,5	184,8	184,9
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0	3,9	3,8	3,6	3,9	3,8	3,8	3,6
	Calha - Rch. Sal Amargo	13,7	14,1	14,5	14,9	15,3	14,0	14,2	14,4	14,4	13,9	14,1	14,4	14,9
	Calha - Riacho Mogeiro	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Calha - Rio Paraibinha	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Calha - SSF/Itabaiana	22,6	22,8	23,0	23,1	23,0	22,6	22,5	22,2	21,3	22,5	22,2	22,0	21,5
	José Rodrigues	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Litoral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Marés	199,0	206,1	215,5	223,1	232,7	205,9	215,1	222,4	231,2	204,7	214,1	223,4	241,8
	Riacho Curimatã	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Jacuípe	300,5	311,2	325,5	337,0	351,5	309,6	321,2	329,7	338,1	307,9	319,7	331,3	353,6
	Rio Engenho Novo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Gurinhém Jusante	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	6,9	6,7	6,9	6,9	6,8	6,7
	Rio Gurinhém Montante	17,8	18,0	18,2	18,3	18,3	17,9	17,7	17,5	16,8	17,7	17,5	17,3	16,9
	Rio Preto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Surrão	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	6,8	6,8	6,7	6,5	6,7	6,7	6,7	6,6
	Rio Una	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Rios Ingá e Bacamarte	13,3	13,5	13,7	13,9	14,0	13,3	13,3	13,2	12,7	13,2	13,2	13,1	12,9
	São Salvador	98,3	99,4	100,2	100,6	100,0	99,3	100,0	100,2	99,3	98,6	98,9	99,3	100,0
	Total	683,6	703,7	729,6	749,9	773,5	701,0	722,3	737,7	751,3	696,7	718,0	738,8	779,2
Taperoá	Mucutu	9,4	9,5	9,6	9,6	9,6	9,4	9,3	9,1	8,6	9,3	9,2	9,1	8,8
	Serra Branca 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Soledade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Taperoá 2	16,4	16,6	16,8	16,8	16,7	16,1	15,5	14,7	13,1	16,0	15,4	14,7	13,3
	Total	25,8	26,1	26,3	26,4	26,3	25,5	24,7	23,8	21,7	25,4	24,6	23,8	22,1
TOTAL DA BACIA		2.383,0	2.429,6	2.482,7	2.519,7	2.546,9	2.390,4	2.376,5	2.345,2	2.237,2	2.375,4	2.359,7	2.340,9	2.296,3

Fonte: Cobrape (2025).

6.3.2 Projeção das demandas de Abastecimento Rural

As estimativas das projeções das demandas de abastecimento rural para o PRH-RPB, apresentadas na Figura 6.4, demonstram que no Cenário Tendencial é esperado um aumento de apenas 4% na demanda de abastecimento rural até 2045, podendo-se verificar uma estabilidade para este setor. Já nos cenários em que há uma redistribuição da população rural e urbana, como consequência dessa abordagem é observado o crescimento da demanda de abastecimento rural até 2045, de 29% para o Cenário Tendencial Redistribuído e 31% para o Cenário Crescimento Redistribuído.

Figura 6.4 - Projeção das demandas de abastecimento rural para o horizonte do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

Na Tabela 6.10 são apresentados os valores de vazão estimados para cada uma das UABHs e suas respectivas sub-bacias. Embora seja verificado crescimento em todas as sub-bacias, o Médio Paraíba se destaca com o maior crescimento da demanda para o abastecimento rural em todas as projeções. No caso dos cenários com redistribuição das parcelas rural e urbana da população, o Alto Paraíba é que possui as maiores taxas de crescimento.

Na análise das UABHs, o efeito das redistribuições das populações se mostra mais distribuído – embora as principais taxas de crescimento ainda sejam verificadas em UABHs do Baixo Paraíba. As unidades dos Açudes de Soledade, Epitácio Pessoa, Taperoá 2, Acauã, e Camalaú também se destacam com crescimentos significativos.

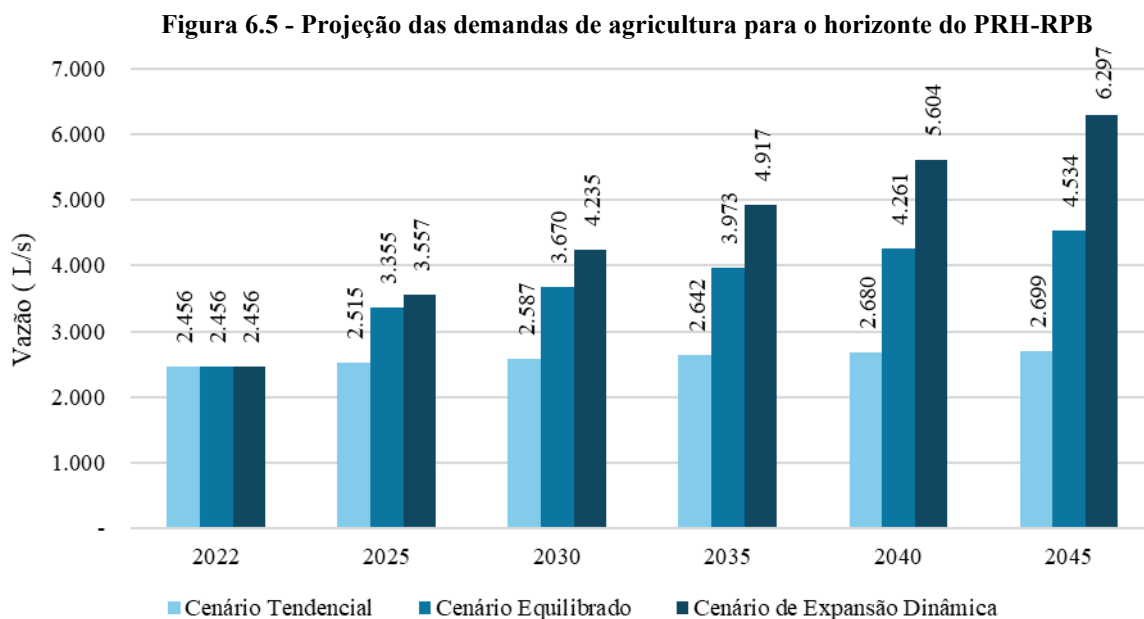
Tabela 6.10 - Projeção das demandas (L/s) de abastecimento rural para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH

Sub-Bacia (UPH)	UABH	Cenário Atual	Cenário Tendencial				Cenário Equilibrado				Cenário de Expansão Dinâmica			
		2022	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	3,3	3,3	3,3	3,4	3,3	3,4	3,7	3,9	4,3	3,4	3,7	3,9	4,4
	Cordeiro	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,4	6,7	7,2	6,0	6,3	6,7	7,4
	Epitácio Pessoa	48,8	49,5	50,3	50,6	50,7	51,5	55,7	59,6	66,5	51,2	55,3	59,4	67,9
	Poções	7,8	7,9	8,0	8,1	8,1	8,2	8,7	9,1	9,9	8,1	8,6	9,1	10,1
	Santo Antônio	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,6
	Sumé	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,3	6,0	6,4	6,7	7,5
	Total	72,8	73,8	74,8	75,2	75,3	76,5	82,2	87,5	96,8	76,0	81,7	87,3	98,9
Médio Paraíba	Acauã	101,2	102,7	104,3	105,3	105,5	106,5	114,5	122,0	135,2	105,7	113,3	121,1	137,0
	Total	101,2	102,7	104,3	105,3	105,5	106,5	114,5	122,0	135,2	105,7	113,3	121,1	137,0
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	6,0	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	6,5	6,8	6,1	6,3	6,5	6,8
	Calha - Rch. Sal Amargo	9,4	9,6	9,7	9,8	9,9	9,8	10,2	10,6	11,2	9,7	10,1	10,5	11,4
	Calha - Riacho Mogeiro	7,4	7,5	7,6	7,6	7,6	7,7	8,1	8,4	9,0	7,6	8,0	8,3	9,0
	Calha - Rio Paraibinha	7,0	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,5	7,8	8,2	7,1	7,4	7,7	8,4
	Calha - SSF/Itabaiana	5,5	5,6	5,6	5,6	5,6	5,7	6,0	6,2	6,6	5,7	5,9	6,2	6,7
	José Rodrigues	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	3,1	3,3	3,8	2,8	3,1	3,3	3,8
	Litoral	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
	Marés	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
	Riacho Curimatã	8,6	8,7	8,7	8,8	8,7	8,8	9,1	9,4	9,8	8,7	9,0	9,3	9,9
	Riacho Jacuípe	8,4	8,7	9,1	9,4	9,8	8,9	9,7	10,4	11,7	8,8	9,6	10,5	12,3
	Rio Engenho Novo	3,9	4,0	4,1	4,2	4,4	4,1	4,4	4,7	5,2	4,1	4,4	4,7	5,4
	Rio Gurinhém Jusante	16,2	16,4	16,5	16,6	16,5	16,6	17,0	17,4	17,9	16,4	16,8	17,2	18,0
	Rio Gurinhém Montante	16,3	16,5	16,6	16,7	16,7	16,8	17,4	18,0	18,9	16,6	17,2	17,8	19,1
	Rio Preto	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,4	2,6	2,0	2,2	2,4	2,7
	Rio Surrão	11,6	11,8	11,9	12,1	12,1	12,3	13,4	14,5	16,4	12,2	13,3	14,4	16,6
	Rio Una	7,8	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,2	8,4	8,7	7,9	8,1	8,3	8,7
	Rios Ingá e Bacamarte	17,6	17,9	18,1	18,3	18,3	18,7	20,5	22,1	25,1	18,6	20,3	21,9	25,4
	São Salvador	3,3	3,3	3,3	3,4	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4	3,4
	Total	134,2	136,2	138,3	139,6	140,0	139,5	147,3	154,3	166,2	138,5	145,9	153,3	168,5
Taperoá	Mucutu	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	8,1	8,5	8,9	9,5	8,1	8,5	8,8	9,6
	Serra Branca 2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
	Soledade	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,2	2,4	2,7	2,0	2,2	2,4	2,8
	Taperoá 2	9,6	9,7	9,8	9,8	9,8	10,1	10,9	11,7	13,0	10,1	10,9	11,7	13,3
	Total	19,6	19,8	20,0	20,1	20,0	20,5	21,9	23,2	25,5	20,4	21,8	23,2	26,0
TOTAL DA BACIA		327,8	332,5	337,4	340,2	340,8	343,1	365,9	387,1	423,6	340,7	362,6	384,8	430,4

Fonte: Cobrape (2025).

6.3.3 Projeção das demandas de Agricultura

Os resultados das projeções do setor agrícola para a bacia são apresentados na Figura 6.5, onde é possível observar que, no Cenário Tendencial, espera-se um aumento de 9,9% na demanda para a agricultura até 2045, podendo-se verificar uma estabilidade para este setor. Já nos cenários em que há uma redistribuição da população rural e urbana, como consequência dessa abordagem é observado o crescimento da água para este setor até 2045, de 84,6% para o Cenário Tendencial Redistribuído e 156,4% para o Cenário Crescimento Redistribuído.



Fonte: Cobrape (2025).

Na Tabela 6.11 são apresentados os valores de vazão estimados para cada uma das UABHs e suas respectivas sub-bacias. No Cenário Tendencial, o maior crescimento é verificado na sub-bacia do Baixo Paraíba, e nos cenários com redistribuição das parcelas rural e urbana da população, o maior crescimento é observado no Médio Paraíba, seguido do Alto Paraíba. A sub-bacia do Taperoá não apresenta demandas para o setor.

Com relação às UABHs, as unidades do Litoral, Riacho Jacuípe, Rio Engenho Novo e Ribeirão Preto são as que apresentam maior crescimento no Cenário Tendencial, seguindo as demandas já observadas atualmente na bacia. Com o incremento do uso da água para a irrigação nos cenários redistribuídos, as UABHs de Poções, Camalaú, Acauã, Cordeiro e Eptácio Pessoa passam a ter destaque com o uso da água para tal setor.

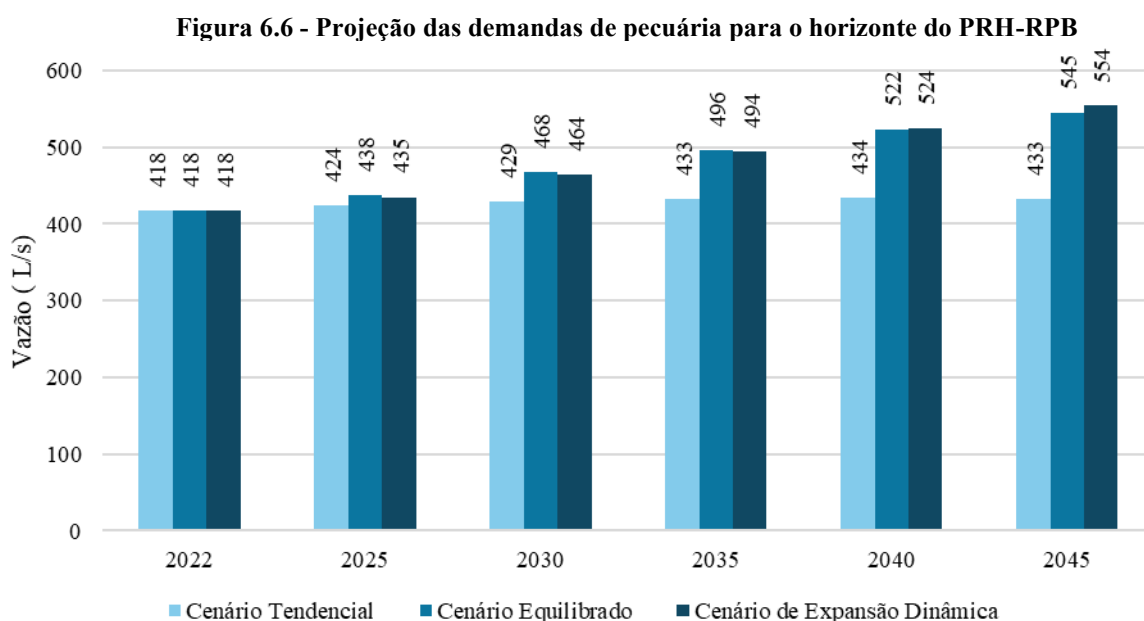
Tabela 6.11 - Projeção das demandas (L/s) de agricultura para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH

Sub-Bacia (UPH)	UABH	Cenário Atual	Cenário Tendencial				Cenário Equilibrado				Cenário de Expansão Dinâmica			
		2022	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	30,9	45,7	60,5	90,1	42,6	77,0	111,5	180,3
	Cordeiro	10,9	11,0	11,1	11,2	11,1	16,7	24,7	32,7	48,7	23,0	41,6	60,2	97,3
	Epitácio Pessoa	124,8	126,6	128,5	129,4	129,6	177,7	262,9	348,2	518,7	245,3	443,4	641,4	1.037,4
	Poções	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	49,6	73,4	97,2	144,9	68,5	123,8	179,1	289,7
	Santo Antônio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sumé	-	-	-	-	-	8,0	11,8	15,6	23,3	11,0	19,9	28,8	46,6
	Total	137,0	138,9	140,9	141,9	142,0	282,8	418,5	554,2	825,7	390,5	705,7	1.020,9	1.651,3
Médio Paraíba	Acauã	84,7	85,9	87,3	88,1	88,3	735,1	763,3	791,6	848,0	845,7	1.058,3	1.270,9	1.696,0
	Total	84,7	85,9	87,3	88,1	88,3	735,1	763,3	791,6	848,0	845,7	1.058,3	1.270,9	1.696,0
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	9,4	9,5	9,6	9,6	9,6	9,7	10,0	10,3	10,7	9,6	9,9	10,2	10,7
	Calha - Rch. Sal Amargo	173,2	175,8	178,5	180,3	181,0	178,9	187,1	194,2	205,7	177,7	185,3	193,1	208,8
	Calha - Riacho Mogeiro	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	Calha - Rio Paraibinha	21,8	22,1	22,4	22,6	22,7	22,5	23,5	24,4	25,9	22,4	23,3	24,3	26,2
	Calha - SSF/Itabaiana	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,5	1,6	1,6	1,8
	José Rodrigues	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,6	3,9	4,4	3,3	3,6	3,9	4,5
	Litoral	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5
	Marés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Curimatã	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Jacuípe	919,1	951,9	995,4	1.030,3	1.074,7	977,1	1.065,5	1.147,9	1.291,4	971,0	1.060,8	1.153,1	1.350,6
	Rio Engenho Novo	389,3	400,8	416,0	427,7	441,4	410,7	442,5	472,4	522,9	407,8	439,8	472,9	542,6
	Rio Gurinhém Jusante	228,9	231,2	233,2	234,0	232,6	233,9	240,5	245,8	253,3	232,2	237,9	243,5	254,8
	Rio Gurinhém Montante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Preto	27,8	28,6	29,7	30,5	31,5	29,3	31,5	33,5	37,0	29,1	31,3	33,6	38,4
	Rio Surrão	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
	Rio Una	396,7	401,1	405,1	407,2	405,7	405,7	416,9	426,5	439,5	402,6	412,6	422,7	443,1
	Rios Ingá e Bacamarte	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,7	6,1	7,0	5,2	5,6	6,1	7,1
	São Salvador	57,6	58,2	58,8	59,0	58,6	58,3	59,0	59,5	59,5	57,9	58,4	58,9	59,9
	Total	2.234,1	2.289,7	2.359,1	2.411,8	2.468,5	2.336,9	2.488,2	2.627,0	2.859,9	2.320,8	2.470,9	2.624,8	2.949,4
Taperoá	Mucutu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Serra Branca 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Soledade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Taperoá 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DA BACIA	2.455,7	2.514,5	2.587,3	2.641,8	2.698,8	3.354,8	3.670,1	3.972,8	4.533,6	3.557,1	4.234,9	4.916,6	6.296,8	

Fonte: Cobrape (2025).

6.3.4 Projeção das demandas de Pecuária

As projeções das demandas da atividade pecuária para o PRH-RPB estão apresentadas na Figura 6.6, na qual se verificar certa estabilidade no aumento estimado para a demanda de pecuária no Cenário Tendencial, com apenas 3,6% de crescimento até 2045 em relação ao cenário atual. Nos cenários com redistribuição da parcela rural e urbana, já em 2025 são previstas vazões maiores para esse uso que em relação do tendencial, com crescimento chegando a 30,5% no Cenário Tendencial Redistribuído e 32,7% no para o Cenário Crescimento Redistribuído, no horizonte do estudo com relação a 2022.



Fonte: Cobrape (2025).

A sub-bacia do Médio Paraíba é a região que apresenta o maior crescimento da demanda de água para a atividade pecuária em todos os cenários avaliados, como é possível verificar na Tabela 6.12. Já o Baixo Paraíba, embora possua a segunda maior taxa de crescimento até 2045 no Cenário Tendencial, quando avaliados os cenários com redistribuição da proporção urbana e rural, essa sub-bacia apresenta o menor crescimento do uso de água para pecuária.

Quando avaliadas as UABHs, as unidades dos açudes de Soledade, Epitácio Pessoa, Acauã e Taperoá 2 apresentam crescimento significativo nos cenários de redistribuição em comparação ao Cenário Tendencial, o que também é verificado nas UABHs Litoral, Riacho Jacuípe, Rio Surrão, e Rios Ingá e Bacamarte. As vazões estimadas para as unidades de análise também podem ser observadas na Tabela 6.12.

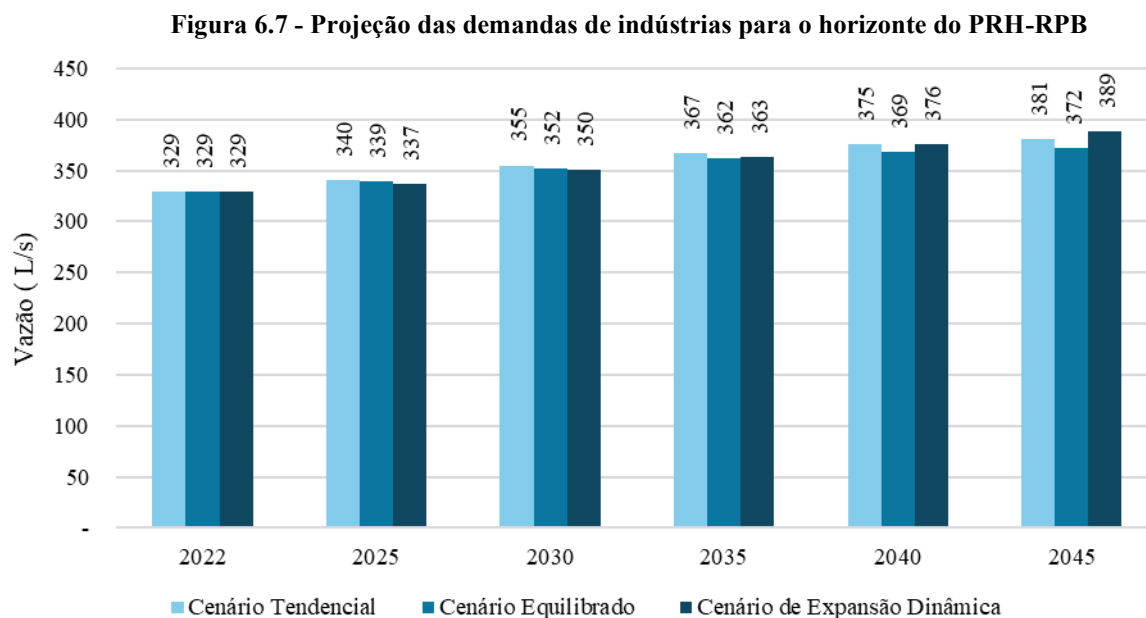
Tabela 6.12 - Projeção das demandas (L/s) de pecuária para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH

Sub-Bacia (UPH)	UABH	Cenário Atual	Cenário Tendencial					Cenário Equilibrado				Cenário de Expansão Dinâmica			
		2022	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	
Alto Paraíba	Camalaú	7,0	7,1	7,2	7,2	7,2	7,4	7,9	8,4	9,3	7,3	7,9	8,4	9,5	
	Cordeiro	15,1	15,2	15,4	15,5	15,4	15,7	16,5	17,3	18,6	15,6	16,4	17,3	19,0	
	Epitácio Pessoa	115,5	117,2	118,9	119,7	119,9	121,9	131,8	141,1	157,4	121,1	130,8	140,5	160,6	
	Poções	15,3	15,5	15,6	15,7	15,7	15,9	16,9	17,8	19,2	15,8	16,8	17,8	19,8	
	Santo Antônio	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,6	6,9	7,2	7,7	6,6	6,9	7,2	7,9	
	Sumé	16,9	17,1	17,3	17,4	17,4	17,7	18,8	19,8	21,6	17,6	18,7	19,8	22,2	
	Total	176,1	178,5	180,9	182,1	182,1	185,1	198,9	211,6	233,8	184,0	197,5	211,1	239,0	
Médio Paraíba	Acauã	104,4	106,0	107,6	108,7	108,9	109,9	118,1	125,9	139,5	109,1	117,0	125,0	141,4	
	Total	104,4	106,0	107,6	108,7	108,9	109,9	118,1	125,9	139,5	109,1	117,0	125,0	141,4	
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	5,0	5,1	5,4	4,8	5,0	5,1	5,4	
	Calha - Rch. Sal Amargo	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	2,9	3,1	3,2	3,5	
	Calha - Riacho Mogeiro	7,8	7,9	8,0	8,0	7,9	8,1	8,5	8,8	9,4	8,0	8,4	8,7	9,5	
	Calha - Rio Paraibinha	7,1	7,2	7,3	7,4	7,4	7,3	7,7	8,0	8,4	7,3	7,6	7,9	8,5	
	Calha - SSF/Itabaiana	5,4	5,4	5,5	5,5	5,4	5,5	5,8	6,0	6,4	5,5	5,7	6,0	6,5	
	José Rodrigues	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,9	2,0	2,3	1,7	1,9	2,0	2,3	
	Litoral	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	
	Marés	2,5	2,5	2,7	2,8	2,9	2,6	2,7	2,8	3,0	2,5	2,7	2,8	3,1	
	Riacho Curimatã	8,0	8,1	8,1	8,2	8,1	8,2	8,5	8,7	9,1	8,1	8,4	8,7	9,2	
	Riacho Jacuípe	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,2	2,4	2,5	2,9	2,1	2,3	2,5	3,0	
	Rio Engenho Novo	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	
	Rio Gurinhém Jusante	11,3	11,4	11,5	11,5	11,5	11,5	11,8	12,1	12,5	11,4	11,7	12,0	12,6	
	Rio Gurinhém Montante	21,9	22,2	22,4	22,5	22,4	22,5	23,4	24,2	25,4	22,4	23,2	24,0	25,6	
	Rio Preto	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	
	Rio Surrão	14,1	14,3	14,5	14,7	14,7	15,0	16,3	17,6	19,9	14,8	16,1	17,5	20,2	
	Rio Una	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	
	Rios Ingá e Bacamarte	16,4	16,6	16,9	17,0	17,0	17,4	19,0	20,6	23,3	17,3	18,8	20,4	23,7	
	São Salvador	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,5	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	3,6	
	Total	112,0	113,6	115,1	116,0	116,1	116,4	122,9	128,8	138,8	115,6	121,7	127,8	140,5	
	Taperoá	Mucutu	9,3	9,4	9,4	9,5	9,4	9,6	10,1	10,5	11,2	9,5	10,0	10,4	11,4
Serra Branca 2		0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	
Soledade		4,9	5,0	5,1	5,1	5,1	5,2	5,7	6,1	6,9	5,1	5,6	6,1	7,0	
Taperoá 2		10,7	10,8	10,9	10,9	10,9	11,3	12,2	13,0	14,5	11,2	12,1	13,0	14,8	
Total		25,2	25,5	25,8	25,9	25,8	26,4	28,3	30,0	33,0	26,3	28,1	29,9	33,6	
TOTAL DA BACIA		417,8	423,6	429,4	432,6	432,9	437,9	468,2	496,3	545,1	435,0	464,2	493,8	554,4	

Fonte: Cobrape (2025).

6.3.5 Projeção das demandas de Indústria

O setor apresentou um crescimento expressivo em todos os cenários avaliados, com aumento do uso da água em 15,8% de 2022 a 2045 no Cenário Tendencial, 13,2% no Cenário Tendencial Redistribuído, e 18,1% no Cenário Crescimento Redistribuído. Os valores estimados para o horizonte do Plano, em cada um dos cenários, estão apresentados na Figura 6.7.



Fonte: Cobrape (2025).

Os valores de vazão estimados para cada uma das UABHs e suas respectivas sub-bacias são apresentadas na Tabela 6.9. É observado que a sub-bacia do Baixo Paraíba, que é onde está localizado a maior demanda deste setor, é a única que apresenta crescimento nos três cenários, com uma taxa média de crescimento de 17% até 2045. Estas características são reflexo do crescimento nas UABHs, onde se verificam que as maiores taxas de crescimento em todos os cenários estão nas unidades Litoral, Riacho Jacuípe, Rio Engenho Novo e Rio Preto. Além destas, somente as unidades dos açudes Acauã, Eptácio Pessoa e Mucutu, da Calha - Riacho Sal Amargo, Rio Surrão e Rio Una que apresentam uso de água para fins industriais.

Tabela 6.13 - Projeção das demandas (L/s) de indústrias para os horizontes do PRH-RPB, por sub-bacia e UABH

Sub-Bacia (UPH)	UABH	Cenário Atual	Cenário Tendencial				Cenário Equilibrado				Cenário de Expansão Dinâmica			
		2022	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cordeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Epitácio Pessoa	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
	Poções	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Santo Antônio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sumé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
Médio Paraíba	Acauã	10,3	10,4	10,6	10,8	10,8	10,4	10,4	10,4	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3
	Total	10,3	10,4	10,6	10,8	10,8	10,4	10,4	10,4	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Calha - Rch. Sal Amargo	13,6	13,9	14,4	14,7	15,1	13,8	14,1	14,2	14,2	13,7	14,0	14,2	14,7
	Calha - Riacho Mogeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Calha - Rio Paraibinha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Calha - SSF/Itabaiana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	José Rodrigues	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Litoral	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9
	Marés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Curimatã	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Jacuípe	137,0	141,9	148,4	153,6	160,2	141,2	146,4	150,3	154,1	140,4	145,8	151,0	161,2
	Rio Engenho Novo	154,7	160,2	167,5	173,5	180,9	160,2	167,5	173,5	180,9	159,2	166,8	174,3	189,2
	Rio Gurinhém Jusante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Gurinhém Montante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Preto	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0
	Rio Surrão	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Rio Una	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Rios Ingá e Bacamarte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	310,4	321,3	335,7	347,3	361,8	320,4	333,4	343,4	354,6	318,5	331,8	344,9	370,5	
Taperoá	Mucutu	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	7,8	7,7	7,6	7,2	7,8	7,7	7,6	7,3
	Serra Branca 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Soledade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Taperoá 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	7,8	7,7	7,6	7,2	7,8	7,7	7,6	7,3
TOTAL DA BACIA	329,1	340,2	354,9	366,7	381,2	339,2	352,1	361,9	372,4	337,2	350,4	363,3	388,7	

Fonte: Cobrape (2025).

6.3.6 Projeção das demandas de Mineração

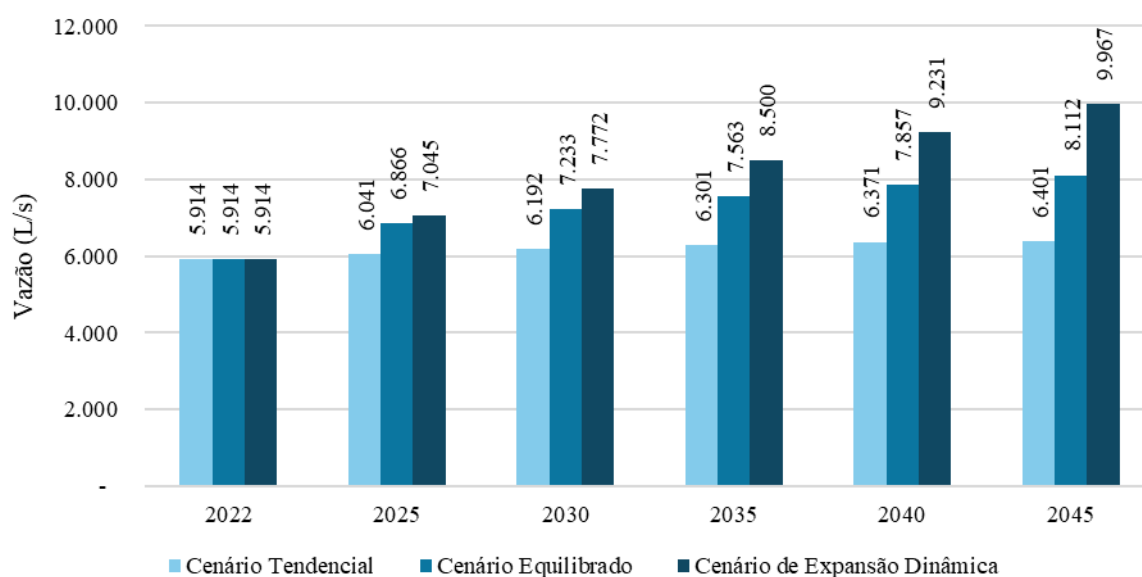
Por fim, para as estimativas do uso de água futuro para a atividade minerária do PRH-RPB, foram utilizadas as demandas atuais do setor, especializadas por UABH, nas quais foram aplicadas as taxas de crescimento populacional urbano, apresentadas no item 5.3.1 do presente documento, para os três cenários futuros do PRH-RPB.

Uma vez que tal atividade teve demandas de água identificadas apenas na UABH Mucutu, na sub-bacia do Taperoá, a projeção desse setor para os três cenários avaliados resultou cerca de 0,2 L/s, com pequenas flutuações ao longo do horizonte.

6.3.7 Síntese da projeção das demandas hídricas

A projeção de demandas hídricas é uma ferramenta essencial para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, pois permite estimar a quantidade de água necessária para atender às diversas necessidades dos setores usuários ao longo do tempo. No contexto do PRH-RPB, a análise do total das projeções de demandas hídricas levou em consideração a soma de todas as demandas hídricas para os horizontes do PRH-RPB, nos três cenários de referência. Na Figura 6.8 é possível notar que o Cenário Tendencial indica um crescimento modesto até 2045, enquanto o Cenário de Expansão Dinâmica apresenta a maior taxa de crescimento.

Figura 6.8 - Projeção das demandas totais para o horizonte do PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

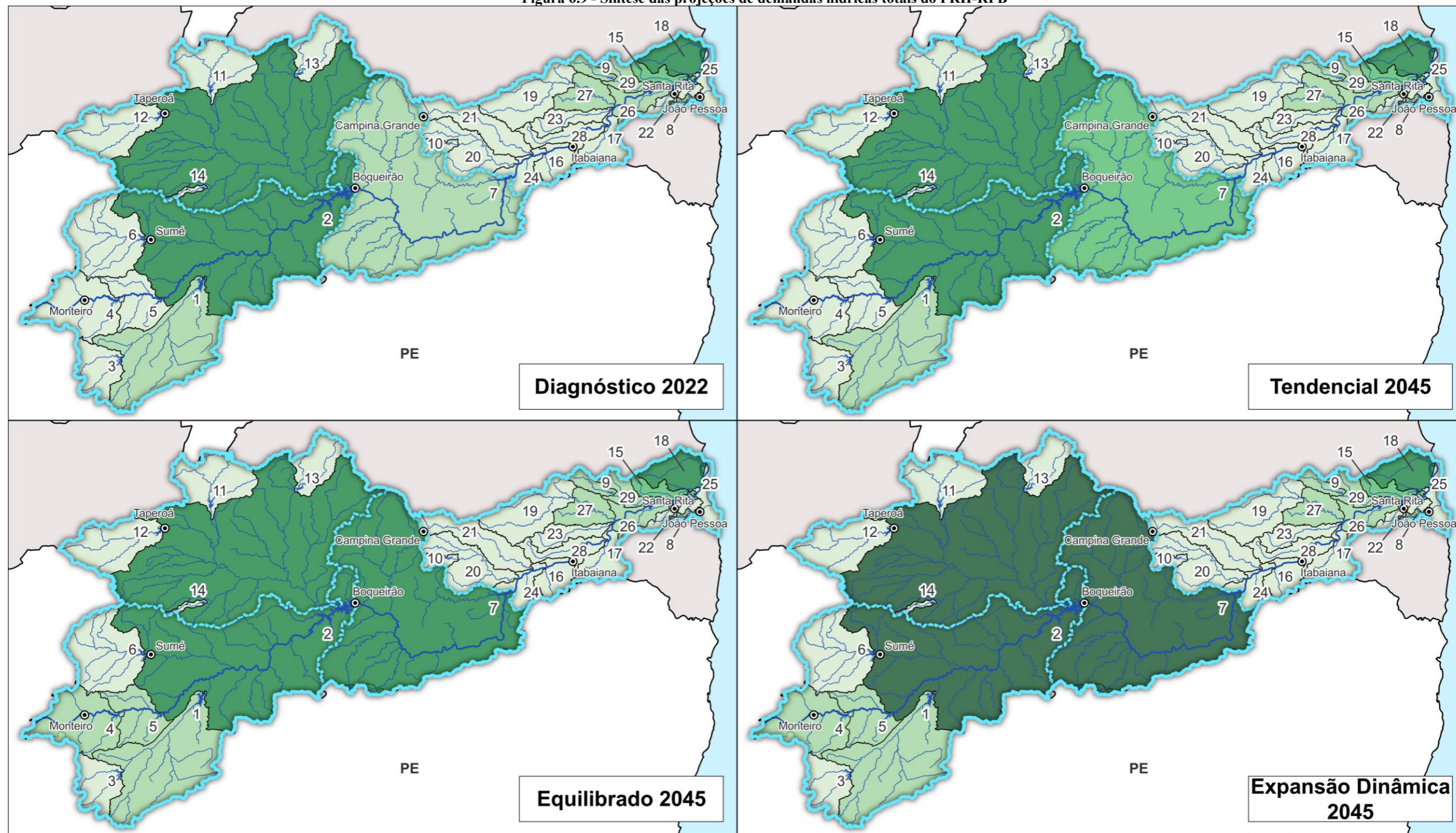
Na Figura 5.7 está apresentada a síntese das projeções de demandas hídricas totais do PRH-RPB, permitindo uma análise comparativa entre o diagnóstico de 2022 e os cenários projetados para 2045. Destaca-se o expressivo aumento na demanda da UABH do Açude Acauã em todos os cenários analisados. Embora o crescimento no Cenário Tendencial seja mais moderado, nos Cenários Equilibrado e de Expansão Dinâmica, a elevação na demanda é bastante acentuada, alcançando aproximadamente 40% de aumento no Cenário Equilibrado e 70% no Cenário de

Expansão Dinâmica. No panorama mais amplo da bacia, o Médio Paraíba se destaca como a sub-bacia com o maior crescimento nas projeções de demanda hídrica.

A UABH do Riacho Jacuípe, embora permaneça na mesma faixa de classificação em relação ao diagnóstico de 2022, apresenta um aumento significativo nas demandas em todos os cenários analisados. As UABHs de Poções e Camalaú também se destacam pelo crescimento nas demandas hídricas no Cenário Equilibrado e no de Expansão Dinâmica.

Dessa forma, é possível perceber áreas que demonstram maior sensibilidade e dinamismo frente aos diferentes cenários futuros e que precisam ser consideradas para a gestão dos recursos hídricos e para garantir a segurança hídrica da região.

Figura 6.9 - Síntese das projeções de demandas hídricas totais do PRH-RPB



Convenções cartográficas:

- Sedes Municipais
- Rio Paraíba
- Rios principais
- Divisas estaduais
- Limite da bacia do Rio Paraíba
- Limite das sub-bacias do Rio Paraíba
- Açudes
- Estado da Paraíba

Demandas totais (L/s)

- Até - 100
- 100 - 500
- 500 - 1.000
- 1.000 - 2.000
- Maior que 2.000

UABH de Açudes

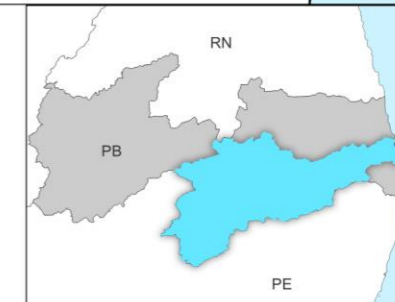
- 1 - Cordeiro
- 2 - Epitácio Pessoa
- 3 - Santo Antônio
- 4 - Poções
- 5 - Camalaú
- 6 - Sumé
- 7 - Acauã
- 8 - Marés
- 9 - São Salvador
- 10 - José Rodrigues
- 11 - Mucutu
- 12 - Taperoá II
- 13 - Soledade
- 14 - Serra Branca II

UABH de bacias do Baixo Paraíba

- 15 - Rio Engenho Novo
- 16 - Calha - Salgado de São Félix/Itabaiana
- 17 - Calha - Rio Paraibinha
- 18 - Riacho Jacuípe
- 19 - Rio Gurinhém Montante
- 20 - Rio Surrão
- 21 - Rios Ingá e Bacamarte
- 22 - Rio Preto
- 23 - Riacho Curimatã
- 24 - Litoral
- 26 - Calha - Riacho Sal Amargo
- 27 - Rio Gurinhém Jusante
- 28 - Calha - Riacho Mogeiro
- 29 - Rio Una



Sistema de referência SIRGAS 2000



Fonte: Cobrape (2025).

Nas Consultas Públicas, questionou-se quanto a acuracidade dos valores referentes a outorga, que poderiam estar subestimados. Portanto, foi realizada uma verificação nas demandas setoriais.

Como descrito no *RP-04*, os valores de outorga considerados para o PRH-RPB foram obtidos do Cadastro de Outorgas do estado da Paraíba, disponibilizado pela AESA em abril de 2024, e filtrado para a bacia do Rio Paraíba, além de removidas as outorgas duplicadas e vencidas. Para a conferência em relação ao cadastro utilizado e conforme orientações solicitadas pela AESA, foi utilizado o Relatório de outorgas² disponibilizado através do site da AESA, acessado no dia 18/07/2025, o qual também foi filtrado para a bacia, retirando-se apenas as outorgas duplicatas. A Tabela 6.14 apresenta a comparação entre os valores utilizados no diagnóstico do PRH-RPB e as vazões oriundas do cadastro mais recente da AESA.

Tabela 6.14 - Comparação entre as demandas diagnosticadas no PRH-RPB e o cadastro de outorgas mais atualizado

Finalidade	Vazões (L/s)		
	Diagnóstico PRH-RPB	Outorgas Atualizadas	
		Vigentes	Vencidas
Aquicultura	682,31	867,04	626,96
Irrigação	2.455,72	2.166,12	1.021,09
Indústria	329,09*	17,62	36,20
Agroindustrial		324,52	0,28
Total	3.467,12	3.375,29	1.684,52

* O uso agroindustrial foi considerado como parte da demanda industrial no PRH-RPB.

Fonte: Cobrape (2025), com base no Cadastro de Outorgas da AESA de 04/2024 e 07/2025.

É possível verificar que as vazões computadas no diagnóstico do PRH-RPB são muito similares às vazões vigentes das outorgas mais atualizadas, podendo-se inferir que as diferenças são em decorrência principalmente do lapso temporal de pouco mais de um ano entre as bases utilizadas. Quanto às outorgas vencidas, se consideradas, as maiores diferenças seriam na aquicultura, que se trata de um uso não consuntivo e, portanto, não alteraria o balanço hídrico quantitativo. Para a agricultura, embora seja um valor significativo de vazão, esse já está contemplado nas envoltórias dos diferentes cenários estimados para 2025, que é o cenário de partida para o prognóstico do PRH-RPB.

Ressalta-se que a análise em questão abrange somente as demandas de agricultura e indústrias por terem sido utilizados os valores diretamente do cadastro de outorgas de 2024, além da aquicultura, que é um uso importante na bacia embora seja considerado, para fins do PRH-RPB, como uso não consuntivo. As demandas de abastecimento humano não devem ser comparadas diretamente uma vez que a metodologia adotada para o PRH-RPB vai além das vazões outorgadas, pois considerou também a efetivação de novas adutoras planejadas além das adutoras já existentes, bem como diferentes abordagens de crescimento. O mesmo ocorre para o uso para a atividade pecuarista, que também utilizou outra metodologia e não consta este tipo de uso no cadastro de outorgas mais recente.

² Aba “Relatórios” > “Outorga” > “Histórico de Outorgas”. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/sistemas-internos/sistemas/>>. Acesso em: 18 jul. 2025.

6.4 PERDAS POR EVAPORAÇÃO LÍQUIDA

No contexto de reservatórios artificiais destinados ao armazenamento hídrico para usos múltiplos, as perdas por evaporação líquida representam um componente relevante no balanço hídrico e na sustentabilidade do sistema, especialmente em regiões com escassez hídrica acentuada, como o semiárido brasileiro.

Em estudo recente (ANA, 2021), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico define evaporação líquida como a diferença entre a evaporação da superfície do reservatório e a evapotranspiração real que ocorreria na mesma área caso este não existisse. Nessa abordagem, a evaporação líquida, refere-se apenas ao volume adicional de água efetivamente perdido por evaporação em função da presença do espelho d'água, refletindo o impacto da substituição da cobertura original do solo por uma lâmina d'água.

A consideração desse parâmetro é especialmente relevante na elaboração do balanço hídrico envolvendo reservatórios, pois permite quantificar com maior precisão as perdas efetivas de água atribuídas à sua presença. Ao isolar o efeito líquido da evaporação, evita-se a superestimação das perdas e obtém-se uma estimativa mais realista da disponibilidade hídrica para os diversos usos.

A substituição da cobertura natural do solo por uma extensa lâmina d'água exposta à radiação solar, ao vento e à baixa umidade relativa do ar, características típicas do semiárido, intensificam significativamente o processo de evaporação. Esse processo é condicionado por diversos fatores, mas depende principalmente da energia disponível proveniente da radiação solar. Em superfícies livres de água fatores climáticos como a temperatura do ar, a velocidade dos ventos e a pressão de vapor d'água no ar interferem com mais intensidade na taxa de evaporação. Dessa forma, geralmente, as características locais afetam diretamente o comportamento da evaporação líquida (ANA, 2021).

Mesmo nos períodos com maior ocorrência de chuvas, a intensidade da evaporação durante os prolongados intervalos secos exerce influência significativa sobre a dinâmica hidrológica da bacia, manifestando-se na intermitência da rede natural de drenagem e na redução dos volumes armazenados nos açudes. No semiárido, o regime climático adverso, caracterizado por altas temperaturas médias anuais, radiação solar intensa, baixa umidade relativa do ar e regimes pluviométricos escassos e irregulares, configura um ambiente propenso à intensificação das perdas por evaporação. Tais condições acentuam a importância do conhecimento dessas perdas para a adequada avaliação da disponibilidade hídrica para os usos múltiplos e para assegurar o atendimento contínuo das demandas de água.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) juntamente com a Universidade Federal do Paraná (UFPR) desenvolveram métodos e bases de dados capazes de retratar a evaporação líquida no território brasileiro, os quais foram apresentados no estudo de Evaporação Líquida de Reservatórios Artificiais no Brasil (ANA, 2021). O estudo destaca que a evaporação líquida se constitui em uso consuntivo múltiplo da água e é uma informação necessária para reconstituição das séries de vazões naturais nas bacias que abrigam esses reservatórios, além de ser importante para a gestão da oferta hídrica.

No âmbito do PRH-RPB, a partir dos dados do estudo da ANA (2021), estimou-se que as vazões médias anuais associadas à evaporação líquida dos reservatórios totalizam cerca de 2,4 m³/s, sendo o açude de Epitácio Pessoa responsável por aproximadamente 1,24 m³/s dessa vazão.

Em um cenário de mudanças climáticas e crescente pressão sobre os sistemas naturais, especialmente em contextos climáticos distintos como o semiárido, torna-se necessário compreender as perdas por evaporação como um elemento estratégico para a segurança hídrica, uma vez que mesmo em anos com pluviometria relativamente favorável, grande parte da água captada se perde antes mesmo de ser utilizada, além de permitir a formulação de estratégias mais eficazes de mitigação e adaptação, promovendo maior eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos. Na Tabela 6.15 estão apresentadas as médias das perdas por evaporação líquida para cada UABH.

Tabela 6.15 - Média de perdas por evaporação líquida (L/s) para cada UABH

Sub-bacia (UPH)	UABH	Perdas por Evaporação Líquida (L/s)
Alto Paraíba	Camalaú	113,35
	Cordeiro	103,21
	Epitácio Pessoa	1243,66
	Poções	96,66
	Santo Antônio	78,60
	Sumé	157,02
Médio Paraíba	Acauã	193,84
Baixo Paraíba	José Rodrigues	82,19
	Marés	12,98
	São Salvador	80,77
Taperoá	Mucutu	36,07
	Serra Branca II	30,50
	Soledade	75,41
	Taperoá II	94,85

Fonte: ANA (2021).

Os dados atualmente utilizados na definição das alocações sazonais indicam que as perdas por evaporação constituem um componente expressivo no balanço hídrico dos reservatórios, o que evidencia a necessidade de atenção à eficiência operacional desses sistemas. Essa preocupação torna-se ainda mais relevante considerando que os volumes provenientes do PISF transitam pelos maiores reservatórios da bacia, os quais possuem extensas superfícies líquidas.

Diante disso, levanta-se uma preocupação quanto à estratégia de ampliação da disponibilidade hídrica regional por meio da construção de novos ou maiores açudes. Paralelamente, a otimização da operação dos reservatórios existentes e planejados, visando à redução das perdas por evaporação, constitui um desafio técnico relevante, cuja complexidade extrapola o escopo dos estudos prospectivos.

Com o intuito de incorporar essa complexidade à análise de cenários, especialmente no que se refere às perdas significativas por evaporação, o modelo matemático do balanço hídrico foi

ajustado. Foram adotadas duas condições de contorno para apresentação dos resultados possibilitando a avaliação do impacto da evaporação sobre o desempenho hídrico da bacia:

- Considerando as perdas por evaporação com base nos valores atualmente computados pela ANA nos estudos para a determinação das alocações sazonais, o que corresponde à hipótese de ausência de qualquer otimização na operação dos reservatórios, com o objetivo de minimizar as perdas por evaporação.
- Considerando nulas as perdas por evaporação. Embora isso seja irreal, reflete implicitamente a hipótese de que a operação dos reservatórios fosse perfeita de forma a minimizar as perdas.

Essa análise de sensibilidade das perdas por evaporação líquida está incluída nos cenários do balanço hídrico que será apresentado no item 7. A comparação dos resultados obtidos a partir dessas duas condições de contorno permite avaliar a relevância potencial de investimentos voltados à otimização da operação dos reservatórios. Adicionalmente, essa análise fornece subsídios para decisões estratégicas para os gestores.

6.5 PROJEÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS

A projeção das cargas poluidoras da bacia do Rio Paraíba foi baseada nas cargas pontuais e difusas diagnosticadas para a região, conforme apresentado no *RP-04: Diagnóstico da Bacia*. Essas estimativas foram realizadas utilizando-se taxas de geração de cargas atribuídas a diferentes fontes de poluição. Essas fontes foram espacializadas pontualmente ou de forma difusa nas Células de Análise, conforme a disponibilidade das informações relativas à localização dos lançamentos, e agrupadas por UABH.

É importante destacar que a prospecção e estimativa dessas cargas considerou exclusivamente o Cenário Tendencial, visto que os valores para os demais cenários adotados para as demandas do PRH-RPB não apresentam variações significativas. O Cenário Tendencial já apresenta valores elevados para os poluentes, permitindo avaliar o impacto futuro em termos de poluição.

As cargas pontuais identificadas derivam principalmente de fontes como efluentes domésticos, que são diretamente despejados nos corpos hídricos. Tendo em conta a alta concentração dessas substâncias e a natureza contínua desses lançamentos, torna-se essencial monitorar e controlar essas descargas para mitigar seu impacto ambiental. A característica semiárida da região acrescenta um desafio, uma vez que os rios intermitentes reduzem a capacidade de diluição desses poluentes.

As cargas difusas, por outro lado, resultam de atividades dispersas no território, cujos poluentes são transportados para os corpos d'água através do escoamento superficial. Essas cargas incluem nutrientes e detritos provenientes da agricultura, pecuária, áreas urbanas e resíduos sólidos. A contribuição dessas fontes é intermitente, de modo que atingem os corpos hídricos apenas quando ocorrem grandes volumes de precipitação.

6.5.1 Cargas pontuais

A estimativa das cargas pontuais de esgoto doméstico foi realizada com base na projeção da população urbana para o horizonte de planejamento de 2045. A esse contingente populacional foi aplicado um coeficiente de produção de carga orgânica de 54 gramas de DBO por habitante por dia, conforme adotado no *RP-04 – Diagnóstico da Bacia* para caracterização de esgoto doméstico bruto, resultando na carga total gerada pelo esgoto sanitário urbano.

Considerando as metas de universalização dos serviços de saneamento para o horizonte de planejamento, assumiu-se que 80% dessa carga total será coletada e encaminhada para sistemas de tratamento. Nesses sistemas, foi considerada uma eficiência mínima de remoção de carga orgânica de 60%. Portanto, estima-se que a carga remanescente presente no efluente tratado, e que é efetivamente lançada nos corpos hídricos, corresponde a 40% da carga coletada. Os 20% da carga que não é coletada, pela ausência de rede de esgotamento sanitário, foi considerada como destinada a sistemas individuais, especialmente fossas sépticas, as quais por sua natureza e dispersão espacial, contribuem com carga difusa ao corpo hídrico.

Esta metodologia permitiu estimar, de forma consistente e fundamentada, a contribuição urbana que chega em forma de carga pontual, sobre a poluição orgânica dos corpos receptores, refletindo tanto a eficiência dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos quanto os impactos de fontes não conectadas à rede, que será explorado no item 6.5.2.

A Tabela 6.16 apresenta as estimativas de cargas pontuais com base na população urbana projetada para o ano de 2045 em cada um dos municípios integrantes do PRH-RPB, considerando o Cenário Tendencial. Ressalta-se que são apresentados exclusivamente os resultados desse cenário, uma vez que não foram observadas diferenças significativas nas cargas pontuais entre os distintos cenários de crescimento populacional avaliados.

Conforme discutido no item 5.3.1, o Cenário Tendencial não considera uma reversão do êxodo rural, ao contrário dos cenários Equilibrado e de Expansão Dinâmica. Ele mantém a atual tendência de maior crescimento da população urbana em relação à população rural. Por essa razão, este cenário foi selecionado como base para a análise de sensibilidade dos impactos das cargas pontuais sobre a bacia hidrográfica, impactos esses que, em todos os cenários, se mostram significativos devido às condições hidrológicas desfavoráveis à diluição dos efluentes.

Por fim, é importante destacar que os valores apresentados se referem a estimativas, estando sujeitos a incertezas inerentes aos processos de projeção populacional. Assim, qualquer variável derivada dessas projeções, como é o caso das cargas orgânicas de esgoto doméstico, devem ser interpretadas no contexto de análise de sensibilidade, especialmente considerando os desafios associados à qualidade ambiental da bacia e à disponibilidade de recursos hídricos.

Tabela 6.16 - Carga pontual projetada para o Cenário Tendencial para o ano de 2045

Código IBGE	Município	População Urbana 2045	Carga gerada (kg/dia)	Carga coletada (kg/dia)	Carga removida no tratamento (kg/dia)	Carga remanescente (kg/dia)
2500536	Alcantil	2.779	150,04	120,03	72,02	48,01
2500734	Amparo	1.325	71,53	57,22	34,33	22,89
2501302	Aroeiras	9.888	533,97	427,17	256,30	170,87
2501351	Assunção	3.403	183,74	147,00	88,20	58,80
2501575	Barra de Santana	1.114	60,14	48,11	28,87	19,25
2501708	Barra de São Miguel	2.818	152,16	121,73	73,04	48,69
2501807	Bayeux	96.115	5.190,18	4.152,15	2.491,29	1.660,86
2502151	Boa Vista	4.052	218,81	175,05	105,03	70,02
2502508	Boqueirão	13.726	741,21	592,97	355,78	237,19
2503100	Cabaceiras	2.921	157,71	126,17	75,70	50,47
2503555	Cacimbas	3.430	185,22	148,18	88,91	59,27
2503803	Caldas Brandão	3.405	183,85	147,08	88,25	58,83
2503902	Camalaú	3.728	201,31	161,05	96,63	64,42
2504009	Campina Grande	428.083	23.116,51	18.493,20	11.095,92	7.397,28
2504074	Caraúbas	1.913	103,29	82,63	49,58	33,05
2504355	Caturité	1.267	68,44	54,75	32,85	21,90
2504702	Congo	3.556	192,03	153,62	92,17	61,45
2504850	Coxixola	973	52,52	42,02	25,21	16,81
2504900	Cruz do Espírito Santo	8.748	472,39	377,91	226,75	151,17
2505402	Desterro	5.344	288,59	230,87	138,52	92,35
2506103	Fagundes	6.496	350,76	280,61	168,36	112,24
2506251	Gado Bravo	1.470	79,37	63,50	38,10	25,40
2506400	Gurinhém	6.371	344,02	275,22	165,13	110,09
2506509	Gurjão	2.421	130,75	104,60	62,76	41,84
2506806	Ingá	12.420	670,69	536,55	321,93	214,62
2506905	Itabaiana	19.920	1.075,68	860,54	516,33	344,22
2507200	Itatuba	6.415	346,38	277,11	166,26	110,84
2507507	João Pessoa	973.620	52.575,46	42.060,37	25.236,22	16.824,15
2507606	Juarez Távora	6.087	328,70	262,96	157,77	105,18
2507705	Juazeirinho	9.458	510,71	408,57	245,14	163,43
2507804	Junco do Seridó	4.626	249,83	199,86	119,92	79,94
2507903	Juripiranga	9.470	511,39	409,11	245,47	163,65
2508307	Lagoa Seca	15.265	824,33	659,46	395,68	263,78
2508505	Livramento	3.906	210,92	168,74	101,24	67,50
2509107	Mari	18.125	978,73	782,98	469,79	313,19
2509206	Massaranduba	9.045	488,42	390,74	234,44	156,30
2509404	Mogeiro	6.203	334,96	267,97	160,78	107,19
2509503	Montadas	4.323	233,44	186,75	112,05	74,70
2509701	Monteiro	22.447	1.212,12	969,70	581,82	387,88
2509909	Natuba	3.878	209,39	167,51	100,51	67,00
2510501	Olivedos	2.193	118,41	94,72	56,83	37,89
2510600	Ouro Velho	2.077	112,16	89,73	53,84	35,89
2510659	Parari	923	49,85	39,88	23,93	15,95
2511509	Pilar	8.858	478,32	382,66	229,60	153,06
2512002	Pocinhos	11.948	645,17	516,14	309,68	206,46
2512200	Prata	2.694	145,45	116,36	69,82	46,54
2512408	Puxinanã	8.176	441,51	353,21	211,92	141,28
2512507	Queimadas	30.153	1.628,25	1.302,60	781,56	521,04

Código IBGE	Município	População Urbana 2045	Carga gerada (kg/dia)	Carga coletada (kg/dia)	Carga removida no tratamento (kg/dia)	Carga remanescente (kg/dia)
2512754	Riachão do Bacamarte	3.082	166,44	133,15	79,89	53,26
2512762	Riachão do Poço	1.742	94,09	75,28	45,17	30,11
2512788	Riacho de Santo Antônio	1.594	86,06	68,85	41,31	27,54
2513109	Salgado de São Félix	5.219	281,84	225,47	135,28	90,19
2513158	Santa Cecília	2.657	143,48	114,78	68,87	45,91
2513703	Santa Rita	155.769	8.411,54	6.729,23	4.037,54	2.691,69
2513851	Santo André	1.281	69,18	55,35	33,21	22,14
2513943	São Domingos do Cariri	1.535	82,92	66,33	39,80	26,53
2514008	São João do Cariri	2.686	145,06	116,05	69,63	46,42
2514107	São João do Tigre	1.509	81,48	65,18	39,11	26,07
2514800	São José dos Cordeiros	1.836	99,15	79,32	47,59	31,73
2514453	São José dos Ramos	2.642	142,65	114,12	68,47	45,65
2515005	São Miguel de Taipu	3.155	170,39	136,31	81,79	54,53
2515203	São Sebastião do Umbuzeiro	2.378	128,39	102,71	61,63	41,08
2515302	Sapé	39.594	2.138,07	1.710,45	1.026,27	684,18
2515500	Serra Branca	10.133	547,17	437,74	262,64	175,10
2515807	Serra Redonda	3.910	211,15	168,92	101,35	67,57
2515971	Sobrado	1.024	55,31	44,25	26,55	17,70
2516102	Soledade	11.316	611,06	488,85	293,31	195,54
2516300	Sumé	14.086	760,65	608,52	365,11	243,41
2516508	Taperoá	9.797	529,06	423,24	253,95	169,30
2516755	Tenório	1.965	106,11	84,88	50,93	33,95
2517001	Umbuzeiro	4.213	227,52	182,01	109,21	72,81
2517407	Zabelê	1.536	82,92	66,34	39,80	26,54

Fonte: Cobrape (2025).

6.5.2 Cargas difusas

O prognóstico das cargas difusas abrange as mesmas cargas consideradas no diagnóstico da bacia, apresentado no *RP-04*, e que são geradas pela atividade pecuária, pela drenagem urbana dos municípios abrangidos pelo PRH-RPB, pelas populações rurais e pela parcela urbana não atendida por ETE, além das cargas oriundas dos resíduos sólidos urbanos e do uso e ocupação do solo.

A seguir, apresenta-se uma síntese da metodologia adotada para a estimativa de cargas poluidoras de cada uma das atividades, conforme apresentado no *RP-04: Diagnóstico da Bacia*, bem como das taxas adotadas para a projeção dessas cargas, cujas metodologias estão descritas no capítulo 4.

- **Cargas poluidoras oriundas da atividade pecuária**

Os valores de cargas geradas pela pecuária foram estimados considerando o conceito de Bovinos Equivalentes para Demanda de Água (BEDA), com uma taxa de 100 g/BEDA.dia para a DBO e 2 g/BEDA.dia para o fósforo. Para a projeção dessas cargas, utilizaram-se as taxas de crescimento do Cenário Tendencial para a população rural. A Tabela 6.17 apresenta a estimativas das cargas poluidoras dessa atividade projetadas para os horizontes do PRH-RPB.

- **Cargas poluidoras oriundas da Drenagem Urbana**

Para a estimativa das cargas poluidoras da drenagem urbana foi considerada a geração de 22 kg/km².dia de DBO e 1,53 kg/km².dia de fósforo total, adotando-se as taxas de crescimento do Cenário Tendencial para a população urbana na projeção. A Tabela 6.18 apresenta a estimativas das cargas poluidoras da drenagem urbana projetadas para os horizontes do PRH-RPB.

- **Cargas poluidoras oriundas da população rural e população urbana não atendida por ETE**

A estimativa das cargas poluidoras difusas das populações rurais e da parcela das populações urbanas que não possuem seus efluentes destinados a ETEs adotou uma taxa de geração de DBO de 54 g/hab.dia e 1 g/hab.dia para fósforo. Para a projeção dessas cargas, foram utilizadas as taxas de crescimento do Cenário Tendencial para as respectivas populações rural e urbana. A Tabela 6.19 apresenta a estimativas das cargas poluidoras dessas populações, projetadas para os horizontes do PRH-RPB.

- **Cargas poluidoras oriundas dos Resíduos Sólidos Urbanos**

No caso dos Resíduos Sólidos Urbanos, considerou-se a geração de chorume de 0,224 m³/ton.dia para os municípios com aterro sanitário ou incineração de resíduos, e 0,896 m³/ton.dia para os municípios com lixão ou sem coleta. Para a estimativa das cargas do material lixiviado, foi adotada concentração média de 9.000 mg/L de DBO e 30 mg/L de fósforo. Para a projeção dessas cargas, utilizaram-se as taxas de crescimento do Cenário Tendencial para a população urbana. A Tabela 6.20 apresenta a estimativas das cargas poluidoras dos Resíduos Sólidos Urbanos, projetadas para os horizontes do PRH-RPB.

- **Cargas poluidoras oriundas do Uso e Ocupação do Solo**

As cargas poluidoras resultantes do Uso e Ocupação do Solo foram estimadas a partir da adoção da taxa de geração de 0,0491 kg/ha.dia para DBO e 0,00066 kg/ha.dia de fósforo para uso agrícola; 0,0117 kg/ha.dia para DBO e 0,00002 kg/ha.dia de fósforo para cobertura florestal; e 0,0108 kg/ha.dia para DBO e 0,00001 kg/ha.dia de fósforo para pastagem. Para a projeção dessas cargas, utilizaram-se as taxas de crescimento do Cenário Tendencial para a população rural. A Tabela 6.21 apresenta a estimativas das cargas poluidoras da atividade pecuária projetadas para os horizontes do PRH-RPB.

Tabela 6.17 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da atividade pecuária

Sub-bacia (UPH)	UABH	Cargas geradas de DBO (kg/dia)					Cargas geradas de Fósforo (kg/dia)				
		2022	2025	2030	2035	2045	2022	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	1.225,01	1.241,13	1.256,81	1.263,79	1.259,43	24,50	24,82	25,14	25,28	25,19
	Cordeiro	2.566,42	2.594,48	2.621,01	2.632,74	2.628,66	51,33	51,89	52,42	52,65	52,57
	Epitácio Pessoa	20.499,84	20.795,82	21.100,55	21.255,10	21.278,91	410,00	415,92	422,01	425,10	425,58
	Poções	2.628,20	2.663,17	2.695,42	2.710,58	2.702,80	52,56	53,26	53,91	54,21	54,06
	Santo Antônio	1.119,88	1.128,99	1.134,05	1.137,09	1.137,09	22,40	22,58	22,68	22,74	22,74
	Sumé	2.760,87	2.794,75	2.825,86	2.838,63	2.834,74	55,22	55,90	56,52	56,77	56,69
	Total	30.800,22	31.218,34	31.633,70	31.837,92	31.841,64	616,00	624,37	632,67	636,76	636,83
Médio Paraíba	Acauã	16.438,57	16.690,00	16.945,75	17.106,54	17.146,78	328,77	333,80	338,92	342,13	342,94
	Total	16.438,57	16.690,00	16.945,75	17.106,54	17.146,78	328,77	333,80	338,92	342,13	342,94
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	783,99	792,18	799,15	802,34	798,24	15,68	15,84	15,98	16,05	15,96
	Calha - Rch. Sal Amargo	690,48	700,73	711,66	718,69	721,74	13,81	14,01	14,23	14,37	14,43
	Calha - Riacho Mogeiro	1.345,37	1.359,83	1.371,79	1.376,61	1.369,69	26,91	27,20	27,44	27,53	27,39
	Calha - Rio Paraibinha	1.864,01	1.889,45	1.917,38	1.934,75	1.941,58	37,28	37,79	38,35	38,69	38,83
	Calha - SSF/Itabaiana	1.006,84	1.017,42	1.026,52	1.029,49	1.023,56	20,14	20,35	20,53	20,59	20,47
	José Rodrigues	356,15	362,62	369,72	374,35	376,66	7,12	7,25	7,39	7,49	7,53
	Litoral	19,92	20,61	21,53	22,23	23,26	0,40	0,41	0,43	0,44	0,47
	Marés	656,77	680,54	711,75	737,01	768,21	13,14	13,61	14,23	14,74	15,36
	Riacho Curimatã	1.316,53	1.329,86	1.341,23	1.346,74	1.339,45	26,33	26,60	26,82	26,93	26,79
	Riacho Jacuípe	434,06	449,51	470,07	486,55	507,53	8,68	8,99	9,40	9,73	10,15
	Rio Engenho Novo	174,68	179,85	186,65	191,93	198,05	3,49	3,60	3,73	3,84	3,96
	Rio Gurinhém Jusante	1.878,54	1.897,85	1.913,82	1.920,52	1.909,52	37,57	37,96	38,28	38,41	38,19
	Rio Gurinhém Montante	8.191,30	8.287,93	8.373,51	8.414,26	8.386,31	163,83	165,76	167,47	168,29	167,73
	Rio Preto	90,56	93,24	96,68	99,41	102,58	1,81	1,86	1,93	1,99	2,05
	Rio Surrão	2.513,10	2.551,01	2.591,19	2.616,30	2.622,83	50,26	51,02	51,82	52,33	52,46
	Rio Una	578,85	585,26	591,08	594,07	591,85	11,58	11,71	11,82	11,88	11,84
	Rios Ingá e Bacamarte	3.332,79	3.382,06	3.431,11	3.461,11	3.465,70	66,66	67,64	68,62	69,22	69,31
	São Salvador	2.862,62	2.892,91	2.918,15	2.929,26	2.911,08	57,25	57,86	58,36	58,59	58,22
	Total	28.096,54	28.472,89	28.842,97	29.055,59	29.057,84	561,93	569,46	576,86	581,11	581,16
	Taperoá	Mucutu	2.021,42	2.040,18	2.057,17	2.062,23	2.052,40	40,43	40,80	41,14	41,24
Serra Branca 2		77,04	78,28	79,11	79,52	79,11	1,54	1,57	1,58	1,59	1,58
Soledade		2.792,51	2.837,55	2.884,26	2.910,95	2.915,95	55,85	56,75	57,69	58,22	58,32
Taperoá 2		2.487,90	2.515,14	2.537,59	2.545,37	2.535,79	49,76	50,30	50,75	50,91	50,72
Total		7.378,86	7.471,15	7.558,12	7.598,07	7.583,25	147,58	149,42	151,16	151,96	151,67
TOTAL DA BACIA		82.714,19	83.852,38	84.980,54	85.598,12	85.629,52	1.654,28	1.677,05	1.699,61	1.711,96	1.712,59

Fonte: Cobrape (2025).

Tabela 6.18 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da drenagem urbana

Sub-bacia (UPH)	UABH	Cargas geradas de DBO (kg/dia)					Cargas geradas de Fósforo (kg/dia)				
		2022	2025	2030	2035	2045	2022	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	3,99	4,03	4,08	4,10	4,09	0,28	0,28	0,28	0,29	0,28
	Cordeiro	27,09	27,46	27,81	27,98	27,89	1,88	1,91	1,93	1,95	1,94
	Epitácio Pessoa	1.816,59	1.844,81	1.873,70	1.891,56	1.895,31	126,34	128,30	130,31	131,55	131,81
	Poções	320,36	324,69	328,70	330,78	329,71	22,28	22,58	22,86	23,00	22,93
	Santo Antônio	62,30	63,14	63,93	64,34	64,14	4,33	4,39	4,45	4,47	4,46
	Sumé	136,30	138,09	139,80	140,68	140,24	9,48	9,60	9,72	9,78	9,75
	Total	2.366,63	2.402,22	2.438,02	2.459,44	2.461,38	164,59	167,06	169,55	171,04	171,18
Médio Paraíba	Acauã	2.574,77	2.619,79	2.668,94	2.701,51	2.718,81	179,06	182,19	185,61	187,88	189,08
	Total	2.574,77	2.619,79	2.668,94	2.701,51	2.718,81	179,06	182,19	185,61	187,88	189,08
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	37,24	37,63	37,96	38,10	37,88	2,59	2,62	2,64	2,65	2,63
	Calha - Rch. Sal Amargo	173,18	177,72	183,41	187,78	192,54	12,04	12,36	12,76	13,06	13,39
	Calha - Riacho Mogeiro	267,10	269,95	272,30	273,34	271,71	18,58	18,77	18,94	19,01	18,90
	Calha - Rio Paraibinha	47,41	47,91	48,32	48,50	48,21	3,30	3,33	3,36	3,37	3,35
	Calha - SSF/Itabaiana	146,63	148,18	149,47	150,04	149,16	10,20	10,31	10,39	10,43	10,37
	José Rodrigues	67,74	68,95	70,30	71,18	71,68	4,71	4,80	4,89	4,95	4,99
	Litoral	3.109,71	3.220,49	3.368,15	3.487,02	3.635,93	216,27	223,97	234,24	242,51	252,86
	Marés	288,01	298,27	311,95	322,95	336,74	20,03	20,74	21,69	22,46	23,42
	Riacho Curimatã	34,89	35,26	35,57	35,72	35,52	2,43	2,45	2,47	2,48	2,47
	Riacho Jacuípe	65,73	68,08	71,21	73,73	76,89	4,57	4,73	4,95	5,13	5,35
	Rio Engenho Novo	33,34	34,53	36,12	37,39	38,99	2,32	2,40	2,51	2,60	2,71
	Rio Gurinhém Jusante	202,16	204,31	206,08	206,88	205,65	14,06	14,21	14,33	14,39	14,30
	Rio Gurinhém Montante	145,08	146,79	148,33	149,12	148,54	10,09	10,21	10,32	10,37	10,33
	Rio Preto	1.268,10	1.313,27	1.373,48	1.421,96	1.482,69	88,19	91,33	95,52	98,89	103,11
	Rio Surrão	488,32	496,71	505,80	511,77	514,74	33,96	34,54	35,18	35,59	35,80
	Rio Una	58,54	59,16	59,68	59,91	59,54	4,07	4,11	4,15	4,17	4,14
	Rios Ingá e Bacamarte	718,66	730,62	743,44	751,78	755,46	49,98	50,81	51,70	52,28	52,54
São Salvador	152,92	154,55	155,89	156,50	155,56	10,64	10,75	10,84	10,88	10,82	
Total	7.304,77	7.512,37	7.777,42	7.983,66	8.217,44	508,01	522,45	540,88	555,23	571,49	
Taperoá	Mucutu	230,29	232,68	234,65	235,54	234,15	16,02	16,18	16,32	16,38	16,28
	Serra Branca 2	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	Soledade	71,51	72,81	74,23	75,15	75,68	4,97	5,06	5,16	5,23	5,26
	Taperoá 2	115,67	116,94	117,99	118,49	117,86	8,04	8,13	8,21	8,24	8,20
	Total	418,10	423,04	427,48	429,80	428,31	29,08	29,42	29,73	29,89	29,79
TOTAL DA BACIA		12.664,27	12.957,41	13.311,86	13.574,41	13.825,94	880,74	901,13	925,78	944,04	961,53

Fonte: Cobrape (2025).

Tabela 6.19 - Projeção das cargas poluidoras oriundas da população rural e população urbana não atendida por ETE

Sub-bacia (UPH)	UABH	Cargas geradas de DBO (kg/dia)					Cargas geradas de Fósforo (kg/dia)				
		2022	2025	2030	2035	2045	2022	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	155,62	157,66	159,65	160,53	159,98	2,88	2,92	2,96	2,97	2,96
	Cordeiro	287,45	290,64	293,65	294,99	294,51	5,32	5,38	5,44	5,46	5,45
	Epitácio Pessoa	3.281,83	3.330,31	3.380,14	3.407,18	3.411,90	60,77	61,67	62,60	63,10	63,18
	Poções	600,79	608,84	616,27	619,91	618,04	11,13	11,27	11,41	11,48	11,45
	Santo Antônio	100,79	101,82	102,61	103,04	102,91	1,87	1,89	1,90	1,91	1,91
	Sumé	338,97	343,19	347,10	348,80	348,19	6,28	6,36	6,43	6,46	6,45
	Total	4.765,45	4.832,46	4.899,42	4.934,46	4.935,54	88,25	89,49	90,73	91,38	91,40
Médio Paraíba	Acauã	8.649,82	8.790,71	8.939,16	9.035,04	9.072,99	160,18	162,79	165,54	167,32	168,02
	Total	8.649,82	8.790,71	8.939,16	9.035,04	9.072,99	160,18	162,79	165,54	167,32	168,02
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	321,05	324,41	327,26	328,56	326,85	5,95	6,01	6,06	6,08	6,05
	Calha - Rch. Sal Amargo	766,15	781,22	798,89	811,60	822,50	14,19	14,47	14,79	15,03	15,23
	Calha - Riacho Mogeiro	593,08	599,43	604,68	606,88	603,60	10,98	11,10	11,20	11,24	11,18
	Calha - Rio Paraibinha	433,14	438,72	444,52	447,96	448,48	8,02	8,12	8,23	8,30	8,31
	Calha - SSF/Itabaiana	395,72	399,89	403,43	404,73	402,39	7,33	7,41	7,47	7,50	7,45
	José Rodrigues	174,18	177,34	180,80	183,07	184,25	3,23	3,28	3,35	3,39	3,41
	Litoral	6.835,20	7.078,68	7.403,23	7.664,47	7.991,83	126,58	131,09	137,10	141,93	148,00
	Marés	646,25	669,29	699,98	724,68	755,62	11,97	12,39	12,96	13,42	13,99
	Riacho Curimatã	428,08	432,43	436,14	437,93	435,55	7,93	8,01	8,08	8,11	8,07
	Riacho Jacuípe	435,88	451,40	472,06	488,61	509,67	8,07	8,36	8,74	9,05	9,44
	Rio Engenho Novo	259,15	267,30	278,06	286,52	296,61	4,80	4,95	5,15	5,31	5,49
	Rio Gurinhém Jusante	1.028,37	1.039,04	1.047,84	1.051,62	1.045,54	19,04	19,24	19,40	19,47	19,36
	Rio Gurinhém Montante	939,86	950,95	960,79	965,55	962,25	17,40	17,61	17,79	17,88	17,82
	Rio Preto	2.740,93	2.838,02	2.967,29	3.071,35	3.201,43	50,76	52,56	54,95	56,88	59,29
	Rio Surrão	1.217,47	1.237,25	1.258,49	1.272,18	1.277,69	22,55	22,91	23,31	23,56	23,66
	Rio Una	476,42	481,65	486,30	488,62	486,53	8,82	8,92	9,01	9,05	9,01
	Rios Ingá e Bacamarte	1.790,29	1.818,56	1.847,92	1.866,56	1.872,66	33,15	33,68	34,22	34,57	34,68
	São Salvador	428,18	432,71	436,48	438,17	435,51	7,93	8,01	8,08	8,11	8,07
	Total	19.909,41	20.418,27	21.054,16	21.539,07	22.058,96	368,69	378,12	389,89	398,87	408,50
Taperoá	Mucutu	567,52	573,00	577,80	579,50	576,50	10,51	10,61	10,70	10,73	10,68
	Serra Branca 2	10,43	10,59	10,70	10,76	10,70	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20
	Soledade	132,82	135,04	137,40	138,81	139,29	2,46	2,50	2,54	2,57	2,58
	Taperoá 2	565,81	572,00	577,12	579,03	576,67	10,48	10,59	10,69	10,72	10,68
	Total	1.276,58	1.290,64	1.303,02	1.308,10	1.303,16	23,64	23,90	24,13	24,22	24,13
TOTAL DA BACIA		34.601,26	35.332,09	36.195,76	36.816,66	37.370,65	640,76	654,30	670,29	681,79	692,05

Fonte: Cobrape (2025).

Tabela 6.20 - Projeção das cargas poluidoras oriundas dos resíduos sólidos urbanos

Sub-bacia (UPH)	UABH	Cargas geradas de DBO (kg/dia)					Cargas geradas de Fósforo (kg/dia)				
		2022	2025	2030	2035	2045	2022	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cordeiro	5,91	5,99	6,07	6,10	6,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Epitácio Pessoa	370,81	376,57	382,47	386,11	386,88	1,24	1,26	1,27	1,29	1,29
	Poções	105,52	106,95	108,27	108,96	108,60	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36
	Santo Antônio	15,33	15,54	15,73	15,83	15,78	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Sumé	23,88	24,19	24,49	24,65	24,57	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Total	521,45	529,23	537,02	541,65	541,91	1,74	1,76	1,79	1,81	1,81
Médio Paraíba	Acauã	3.226,85	3.283,27	3.344,86	3.385,68	3.407,36	10,76	10,94	11,15	11,29	11,36
	Total	3.226,85	3.283,27	3.344,86	3.385,68	3.407,36	10,76	10,94	11,15	11,29	11,36
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	20,69	20,91	21,09	21,17	21,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Calha - Rch. Sal Amargo	47,18	48,42	49,97	51,16	52,46	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
	Calha - Riacho Mogeiro	59,70	60,33	60,86	61,09	60,73	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Calha - Rio Paraibinha	37,54	37,93	38,26	38,40	38,17	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	Calha - SSF/Itabaiana	94,75	95,75	96,59	96,95	96,39	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	José Rodrigues	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Litoral	4.938,37	5.114,29	5.348,78	5.537,55	5.774,04	16,46	17,05	17,83	18,46	19,25
	Marés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Riacho Curimatã	10,47	10,58	10,68	10,72	10,66	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
	Riacho Jacuípe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Engenho Novo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rio Gurinhém Jusante	24,46	24,72	24,94	25,03	24,88	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Rio Gurinhém Montante	64,28	65,04	65,72	66,07	65,81	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22
	Rio Preto	703,74	728,81	762,22	789,13	822,83	2,35	2,43	2,54	2,63	2,74
	Rio Surrão	50,17	51,04	51,97	52,58	52,89	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18
	Rio Una	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rios Ingá e Bacamarte	165,70	168,46	171,42	173,34	174,19	0,55	0,56	0,57	0,58	0,58
	São Salvador	274,54	277,45	279,87	280,95	279,27	0,92	0,92	0,93	0,94	0,93
	Total	6.491,60	6.703,74	6.982,35	7.204,16	7.473,36	21,64	22,35	23,27	24,01	24,91
	Taperoá	Mucutu	72,15	72,90	73,52	73,80	73,36	0,24	0,24	0,25	0,25
Serra Branca 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soledade		8,35	8,51	8,67	8,78	8,84	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Taperoá 2		34,89	35,27	35,59	35,74	35,55	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Total		115,40	116,68	117,78	118,32	117,76	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39
TOTAL DA BACIA		10.355,30	10.632,92	10.982,01	11.249,81	11.540,40	34,52	35,44	36,61	37,50	38,47

Fonte: Cobrape (2025).

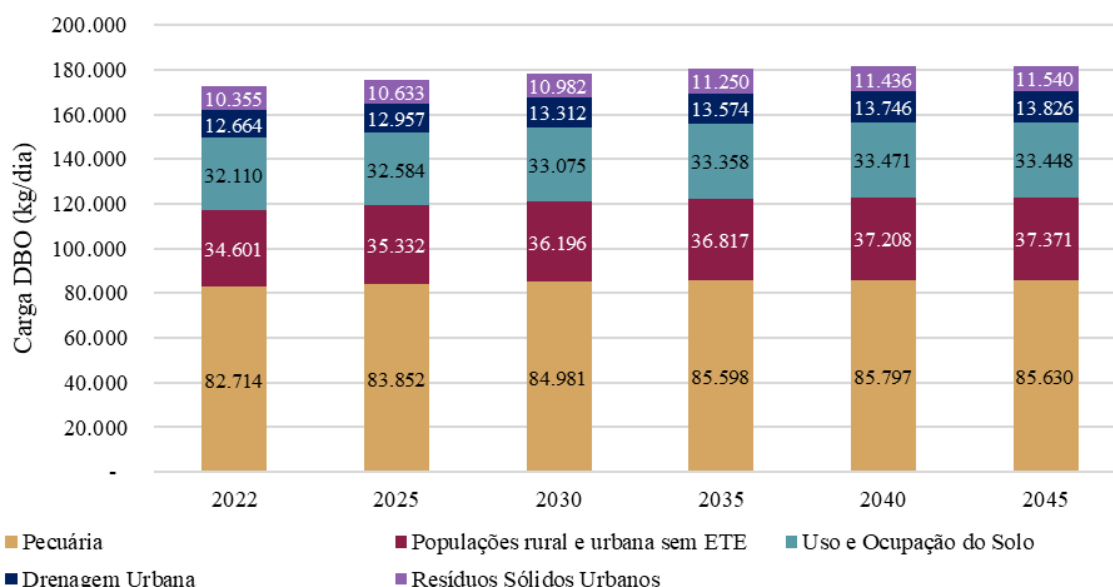
Tabela 6.21 - Projeção das cargas poluidoras oriundas do uso e ocupação do solo

Sub-bacia (UPH)	UABH	Cargas geradas de DBO (kg/dia)					Cargas geradas de Fósforo (kg/dia)				
		2022	2025	2030	2035	2045	2022	2025	2030	2035	2045
Alto Paraíba	Camalaú	581,63	589,29	596,73	600,04	597,97	3,14	3,18	3,22	3,24	3,23
	Cordeiro	2.388,34	2.414,46	2.439,15	2.450,07	2.446,27	17,85	18,05	18,23	18,31	18,29
	Epitácio Pessoa	11.573,48	11.740,58	11.912,61	11.999,87	12.013,31	70,21	71,22	72,27	72,80	72,88
	Poções	866,82	878,36	888,99	893,99	891,43	3,57	3,62	3,67	3,69	3,68
	Santo Antônio	441,65	445,24	447,24	448,44	448,44	1,90	1,91	1,92	1,93	1,93
	Sumé	990,67	1.002,83	1.013,99	1.018,57	1.017,18	3,40	3,44	3,48	3,49	3,49
	Total	16.842,59	17.070,74	17.298,71	17.410,98	17.414,60	100,07	101,43	102,78	103,46	103,48
Médio Paraíba	Acauã	5.057,36	5.134,71	5.213,39	5.262,86	5.275,24	22,75	23,10	23,45	23,67	23,73
	Total	5.057,36	5.134,71	5.213,39	5.262,86	5.275,24	22,75	23,10	23,45	23,67	23,73
Baixo Paraíba	Calha - Acauã/SSF	306,41	309,61	312,34	313,58	311,98	2,06	2,08	2,10	2,11	2,09
	Calha - Rch. Sal Amargo	764,04	775,38	787,47	795,25	798,62	9,37	9,51	9,66	9,76	9,80
	Calha - Riacho Mogeiro	363,73	367,64	370,87	372,18	370,31	2,53	2,55	2,58	2,59	2,57
	Calha - Rio Paraibinha	845,25	856,79	869,45	877,33	880,43	10,27	10,41	10,56	10,66	10,70
	Calha - SSF/Itabaiana	324,42	327,83	330,77	331,72	329,81	2,08	2,11	2,12	2,13	2,12
	José Rodrigues	85,64	87,20	88,90	90,02	90,57	0,36	0,37	0,38	0,38	0,38
	Litoral	138,10	142,89	149,28	154,07	161,25	1,36	1,41	1,47	1,52	1,59
	Marés	56,18	58,22	60,89	63,05	65,72	0,69	0,71	0,75	0,77	0,80
	Riacho Curimatã	303,13	306,20	308,82	310,08	308,41	1,70	1,72	1,73	1,74	1,73
	Riacho Jacuípe	1.091,37	1.130,22	1.181,91	1.223,33	1.276,09	13,48	13,96	14,60	15,11	15,76
	Rio Engenho Novo	429,79	442,53	459,25	472,25	487,30	5,21	5,37	5,57	5,73	5,91
	Rio Gurinhém Jusante	541,76	547,34	551,94	553,87	550,70	4,84	4,89	4,93	4,95	4,92
	Rio Gurinhém Montante	681,89	689,93	697,05	700,45	698,12	2,26	2,29	2,31	2,32	2,32
	Rio Preto	306,12	315,19	326,79	336,04	346,74	3,77	3,88	4,03	4,14	4,27
	Rio Surrão	553,43	561,78	570,63	576,16	577,60	1,80	1,83	1,86	1,88	1,88
	Rio Una	660,30	667,62	674,25	677,67	675,13	8,37	8,46	8,55	8,59	8,56
	Rios Ingá e Bacamarte	533,78	541,67	549,52	554,33	555,06	1,69	1,71	1,74	1,75	1,75
São Salvador	269,30	272,15	274,53	275,57	273,86	2,91	2,94	2,96	2,98	2,96	
Total	8.254,66	8.400,18	8.564,67	8.676,94	8.757,69	74,76	76,21	77,90	79,10	80,12	
Taperoá	Mucutu	751,76	758,74	765,06	766,94	763,29	3,40	3,43	3,46	3,47	3,45
	Serra Branca 2	45,09	45,81	46,30	46,54	46,30	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20
	Soledade	399,88	406,33	413,01	416,84	417,55	1,35	1,37	1,40	1,41	1,41
	Taperoá 2	758,95	767,26	774,11	776,48	773,56	2,60	2,63	2,65	2,66	2,65
	Total	1.955,68	1.978,14	1.998,48	2.006,80	2.000,70	7,54	7,63	7,70	7,73	7,71
TOTAL DA BACIA		32.110,28	32.583,78	33.075,25	33.357,57	33.448,23	205,13	208,36	211,84	213,96	215,05

Fonte: Cobrape (2025).

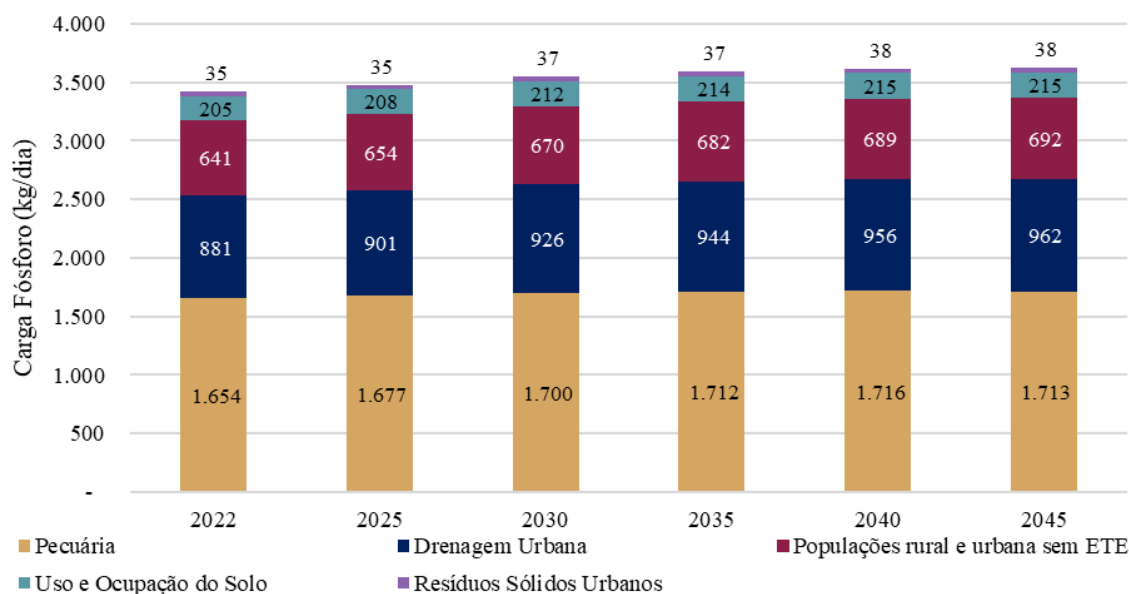
Por fim, a Figura 6.10 apresenta a projeção das cargas difusas de DBO, enquanto a Figura 6.11 exhibe as cargas difusas de fósforo projetadas para o horizonte do PRH-RPB. Observa-se que a principal atividade geradora desse tipo de poluição é a pecuária, responsável por quase metade das cargas difusas de DBO e fósforo. As populações rurais e a parcela da população urbana sem atendimento por ETE representam a segunda maior fonte de carga de matéria orgânica, contribuindo com 21% da DBO proveniente de cargas difusas. Em relação ao fósforo difuso, a drenagem urbana constitui o segundo maior aporte, gerando 26% do total. Quanto ao aumento dessas cargas a longo prazo, verifica-se um crescimento médio de 7% ao comparar o cenário atual (2022) com o horizonte do estudo (2045).

Figura 6.10 - Projeção das cargas difusas de DBO para o PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

Figura 6.11 - Projeção das cargas difusas de Fósforo para o PRH-RPB



Fonte: Cobrape (2025).

7 COMPATIBILIZAÇÃO DAS DEMANDAS COM AS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS - BALANÇO HÍDRICO

Sejam quais forem as variáveis a serem articuladas pelos cenários – projeções e tendências, parâmetros e condicionantes, seus impactos são sempre avaliados em termos das expectativas sobre os balanços hídricos quantitativo e qualitativo nas diversas UABHs. Esta avaliação parte de projeções das demandas e das disponibilidades hídricas que, por sua vez, são determinadas com base em estatísticas de registros de dados, conforme já apresentados e discutidos na etapa de Diagnóstico, e organizados segundo a metodologia descrita no item 4.

A metodologia aborda a questão da compatibilização entre as demandas e as disponibilidades como uma análise de risco ao considerar que ambas são variáveis. As demandas, incluindo as cargas poluidoras, são estimadas a partir de hipóteses articuladas nos diversos cenários e associadas ao crescimento populacional e ao padrão de expansão da agricultura irrigada e pecuária, enquanto a disponibilidade se caracteriza pela variabilidade de eventos naturais de precipitação e vazão.

É preciso ter sempre claro que tanto as projeções das demandas como das disponibilidades são estimativas aproximadas que se utilizam de informações produzidas por diferentes fontes de dados referentes ao crescimento populacional e das atividades produtivas em diversos setores, advindos das políticas, planos, programas e projetos setoriais, nem sempre relacionados entre si ou com foco específico sobre os recursos hídricos. Em face dessa diversidade de informação, tais projeções são tratadas como hipóteses articuladas nos cenários e consideradas possíveis de ocorrer, porém possuem uma incerteza intrínseca. Já a disponibilidade hídrica natural apresenta uma dispersão natural que pode ser estimada a partir de séries históricas de eventos hidrológicos em postos chave e/ou regionalizadas para toda a bacia. Os cenários também articulam hipóteses que podem levar a situações hidrológicas mais ou menos favoráveis.

Neste sentido, portanto, a compatibilização entre as demandas e as disponibilidades se caracteriza como uma análise de risco, em que as estimativas das demandas são confrontadas com toda a distribuição probabilística da disponibilidade. Muito além de determinar se está “faltando” ou “sobrando” água no balanço de uma determinada bacia ou sub-bacia com base em uma vazão de referência, essa análise permite a avaliação da eficácia do valor da própria vazão de referência como critério de gestão – um instrumento fundamental para a gestão de recursos hídricos e o único previsto na Lei Federal nº 9.433/1997 tanto para os balanços quantitativos quanto para os qualitativos. Dessa avaliação partirão, nas etapas subsequentes do Plano, as ações no sentido de controlar ou reduzir riscos inaceitáveis através da revisão das vazões de referência e da aplicação dos demais instrumentos de gestão previstos em lei, como as outorgas e a cobrança pelo uso da água. A análise de risco também é útil na identificação da natureza e localização de conflitos potenciais produzidos pelos cenários, dando subsídios para a definição de alternativas de prevenção ou mitigação das situações críticas identificadas.

De forma a atender a Resolução CNRH Nº 145/2012, em seu art. 12º e outras resoluções correlatas, a análise de risco permite definir um “cenário de referência” para o qual o Plano de

Recursos Hídricos poderá orientar suas ações. A seleção de um único cenário de referência dentre os tantos formulados em uma metodologia prospectiva é adequada em situações pouco complexas e satisfatoriamente controladas do ponto de vista da gestão. Nesses casos as situações críticas estão normalmente associadas a um conjunto pequeno de fatores, distribuídos uniformemente em toda a bacia ou muito localizados. No entanto, tendo em vista a complexidade, a diversidade e a dimensão da bacia do Rio Paraíba, a seleção de um único “cenário de referência” pode levar a situações contraditórias para o sistema de gestão, prejudicando a implementação do Plano.

A análise de risco associada à metodologia de cenários aqui proposta foi então desenhada para também abordar esses casos de maior complexidade e diversidade através do pós-processamento dos resultados da análise de risco. Para os casos mais complexos, a etapa de pós-processamento contempla o conjunto de situações levantadas por todos os cenários elaborados e aplica procedimentos e métodos estatísticos para selecionar uma “situação de referência” para o Plano. Nestes casos, a “situação de referência” não se refere a um único cenário, mas sim às envoltórias de todos os cenários, estas determinadas por critérios de corte e níveis de significância.

Vale lembrar que os cenários só são úteis para informar as estratégias, ou o Plano de Ações. Ao contemplar o conjunto de cenários de forma adequada, uma “estratégia robusta” poderá ser definida. A compatibilização entre as demandas e as disponibilidades hídricas projetadas pelos cenários em cada UABH é inspecionada inicialmente em termos de balanços hídricos. No entanto, esse processo não se encerra nessa etapa. É necessário analisar todos os cenários para, somente então, identificar as variáveis que, em determinados locais e cenários, conduzem a situações de déficit hídrico, como será detalhado mais adiante.

Para permitir diversos tipos de comparação entre as demandas e as disponibilidades, os resultados dos balanços hídricos quantitativos em cada local e em cada cenário são apresentados por meio do balanço hídrico algébrico, onde o resultado do balanço é mostrado de forma convencional, como uma soma algébrica da demanda e disponibilidade (com sinais diferentes). Esta forma de balanço permite que sejam não só identificados as UABHs com risco de déficit, mas também permite estimar a magnitude desses déficits a serem supridos internamente à bacia, com o aumento da disponibilidade por medidas estruturais e não-estruturais, ou externamente, com o PISF.

Enquanto as estimativas das demandas representam projeções que combinam dados de diversas fontes de informação, como por exemplo, mapas digitais de uso do solo e dados censitários, a estimativa da disponibilidade requer um exercício de interpretação.

Em relação à disponibilidade hídrica, cabem algumas considerações fundamentais, dadas as diversas maneiras a partir das quais pode ser considerada. Pode-se chamar de “disponibilidade hídrica oficial” aquela correspondente ao critério estabelecido no instrumento de outorga. No estado da Paraíba o atual critério de outorga (Decreto Estadual nº 19.260/1997) para vazões superficiais em locais sem reservatórios de regularização é baseado numa “vazão de

referência”, a $Q_{90\%}$ anual, uma vazão muito próxima da vazão mínima observada e que corresponde àquela que é igualada ou excedida 90% do tempo.

No Alto e Médio Paraíba e na bacia do Taperoá esse valor é muito próximo de zero em virtude das características climáticas do sertão paraibano, como já foi discutido, o que torna os balanços hídricos sempre deficitários nessa região, por menores que sejam as demandas. Já no Baixo Paraíba, em função de uma disponibilidade hídrica quantitativamente maior, esse valor pode ser significativo e até maior que a demanda existente em algumas UABHs, favorecendo o balanço hídrico.

Mas o instrumento de outorga também prevê que, naqueles locais em que existem açudes com capacidade de regularização de vazões, a vazão de referência seja igual à vazão regularizada. Sendo assim, para toda a bacia do Rio Paraíba (e para todo o Estado), a vazão de referência da “disponibilidade hídrica oficial” passa a ser o maior valor entre a Q_{90} anual (natural) e a vazão regularizada pelos açudes nas UABHs. Efetivamente, a vazão outorgada ainda contempla um coeficiente de redução da vazão de referência de 90% que, embora possa funcionar como um “fator de segurança”, a sua utilidade para o sistema de gestão de recursos hídricos pode ir muito além disso e será objeto de discussão nas etapas subsequentes do Plano.

Os balanços hídricos aqui mostrados levam em consideração a “disponibilidade hídrica oficial”, como descrita acima, na compatibilização com as demandas projetadas nos diversos cenários em todas as UABHs.

Como há diversas maneiras de considerar a disponibilidade hídrica, esta não deve ser entendida como um valor fixo. Na disposição atual do critério de outorga para vazões superficiais no estado da Paraíba, seu valor de referência é a vazão regularizada anual com 90% de garantia, ou seja, corresponde àquela que é igualada ou excedida 90% do tempo. Sob a ótica de análise de risco, assume-se que em 10% do ano, tal valor de vazão não estará disponível. No âmbito do PRH-RPB, as vazões naturalizadas garantidas em 90% do ano, quando avaliadas em termos mensais, possuem garantias médias de 73% quando analisado o período de antes da seca, e 61% para o período completo, o que resulta em um incremento de risco médio de 17% e 29%, respectivamente, de que tais vazões não estarão disponíveis para o uso. Isso demonstra o caráter variável do valor da disponibilidade hídrica em decorrência da metodologia adotada e, conseqüentemente, no risco assumido.

Efetivamente, a vazão outorgada ainda contempla um coeficiente de redução da vazão de referência de 90% que, embora possa funcionar como um “fator de segurança”, a sua utilidade para o sistema de gestão de recursos hídricos pode ir muito além disso e será objeto de discussão nas etapas subsequentes do Plano. Por isso, os balanços hídricos aqui mostrados levam em consideração a “disponibilidade hídrica oficial”, ou seja, o mesmo critério de risco disposto pelo manual de outorga do estado, na compatibilização com as demandas projetadas nos diversos cenários em todas as UABHs.

No caso da qualidade das águas, a análise do impacto das cargas geradas tem uma abordagem que difere da tradicional, uma vez que a bacia se encontra em uma região semiárida e com

corpos hídricos em regime intermitente. Enquanto as cargas pontuais, produzidas principalmente pelo lançamento de efluentes domésticos, interferem na qualidade de água regional, as cargas poluentes de origem difusa atingem os rios apenas quando há a ocorrência de grandes precipitações, que as transportam até o corpo hídrico. Por este motivo, a análise se concentrou nas cargas pontuais e seus impactos potenciais nos corpos hídricos, a depender da sua capacidade de diluição, conforme será discutido no item 7.2.

7.1 ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO

Como apresentado anteriormente, o balanço hídrico algébrico apresenta o resultado como uma subtração entre a demanda e a disponibilidade, proporcionando uma visão clara dos volumes de água em déficit ou superávit, e ajudando a identificar as UABHs com risco de déficit e estimar a magnitude desses déficits.

Para tanto, no caso das UABHs de açudes, as demandas hídricas estimadas para o horizonte (2045) do PRH-RPB e as perdas por evaporação líquida desses açudes são subtraídas da vazão firme dos açudes. Já nas UABHs de bacias hidrográficas no Baixo Paraíba, as demandas hídricas estimadas para o horizonte do Plano (2045) são subtraídas da vazão anual com 90% de permanência.

A fim de considerar aporte adicional do PISF ao sistema, foi necessária a representação do trajeto das águas transpostas na bacia: a vazão de 2,64m³/s que atualmente chega à Monteiro/PB é encaminhada ao açude Poções e, no trajeto, está sujeita às perdas inerentes do sistema de transporte dessa água, conforme o Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 1/2022/COMAR/SRE (ANA, 2022). Portanto, a vazão que chega efetivamente à Poções considera esse decréscimo, sendo o mesmo conceito de perdas no trânsito aplicado no trajeto entre os demais açudes, possibilitando uma estimativa mais realista da vazão do PISF que chega em Acauã.

Esses resultados são apresentados na Tabela 7.1, para o período hidrológico de antes da seca, e na Tabela 7.2, para o período hidrológico completo, onde as células em amarelo destacam os balanços hídricos das UABHs quando o resultado da subtração da demanda na disponibilidade hídrica é menor que 0,1 m³/s; em laranja são destacados os balanços que já se encontram em déficit hídrico (< 0); e em azul estão as células que indicam as demandas supridas pelo PISF.

Tabela 7.1 - Balanço Hídrico Algébrico: Cenários para 2045 com período hidrológico de antes da seca e considerando as perdas por evaporação líquida

Sub-bacia	Açude	Variáveis (m³/s)	Cenário Atual: 2022	Cenários - Horizonte: 2045		
				Tendencial	Equilibrado	Expansão Dinâmica
Taperoá	Soledade	Disponibilidade Hídrica:	0,142	0,142	0,142	0,142
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,082	-0,082	-0,085	-0,085
		Saldo/Déficit hídrico:	0,060	0,060	0,057	0,057
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Mucutu	Disponibilidade Hídrica:	0,228	0,228	0,228	0,228
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,071	-0,071	-0,073	-0,073
		Saldo/Déficit hídrico:	0,157	0,156	0,155	0,154
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Taperoá II	Disponibilidade Hídrica:	0,178	0,178	0,178	0,178
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,132	-0,132	-0,136	-0,136
		Saldo/Déficit hídrico:	0,046	0,045	0,042	0,042
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
Serra Branca II	Disponibilidade Hídrica:	0,026	0,026	0,026	0,026	
	Demandas Hídricas Projetadas:	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	
	Saldo/Déficit hídrico:	-0,005	-0,005	-0,005	-0,005	
	Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A	
Alto Paraíba	Sumé	Disponibilidade Hídrica:	0,321	0,321	0,321	0,321
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,192	-0,193	-0,220	-0,245
		Saldo/Déficit hídrico:	0,130	0,129	0,101	0,077
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Santo Antônio	Disponibilidade Hídrica:	0,117	0,117	0,117	0,117
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,092	-0,093	-0,094	-0,094
		Saldo/Déficit hídrico:	0,024	0,024	0,023	0,023
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Cordeiro	Disponibilidade Hídrica:	0,367	0,367	0,367	0,367
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,206	-0,209	-0,236	-0,287
		Saldo/Déficit hídrico:	0,160	0,158	0,130	0,079
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Poções	Disponibilidade Hídrica:	0,191	0,191	0,191	0,191
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,134	-0,135	-0,283	-0,429
		Saldo/Déficit hídrico:	0,057	0,056	-0,093	-0,239
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,093	0,239
Camalaú	Disponibilidade Hídrica:	0,293	0,293	0,293	0,293	
	Demandas Hídricas Projetadas:	-0,124	-0,125	-0,217	-0,307	
	Saldo/Déficit hídrico:	0,168	0,168	0,076	-0,015	
	Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,000	0,015	
Epitácio Pessoa	Disponibilidade Hídrica:	3,579	3,579	3,579	3,579	
	Demandas Hídricas Projetadas:	-2,921	-2,992	-3,182	-3,730	
	Saldo/Déficit hídrico:	0,658	0,587	0,397	-0,151	
	Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,000	0,151	
Médio Paraíba	Acauã	Disponibilidade Hídrica:	3,942	3,942	3,942	3,942
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,678	-0,702	-1,509	-2,364
		Saldo/Déficit hídrico:	3,264	3,240	2,433	1,578
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,000	0,000
Baixo Paraíba (açudes)	José Rodrigues	Disponibilidade Hídrica:	0,120	0,120	0,120	0,120
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,089	-0,090	-0,092	-0,093
		Saldo/Déficit hídrico:	0,031	0,030	0,028	0,027
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	São Salvador	Disponibilidade Hídrica:	0,308	0,308	0,308	0,308
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,244	-0,247	-0,247	-0,248
		Saldo/Déficit hídrico:	0,064	0,062	0,061	0,060
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Marés *	Disponibilidade Hídrica:	0,673	0,673	0,673	0,673
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,215	-0,249	-0,248	-0,259
Saldo/Déficit hídrico:		0,458	0,424	0,426	0,415	
Demandas supridas pelo PISF:		N/A	N/A	N/A	N/A	
Baixo Paraíba (bacias)	Calha - Acauã/SSF	Saldo/Déficit hídrico:	1,382	1,381	1,379	1,379
	Calha - Rch. Sal Amargo	Saldo/Déficit hídrico:	2,847	2,836	2,811	2,807
	Calha - Riacho Mogeiro	Saldo/Déficit hídrico:	1,477	1,476	1,473	1,473
	Calha - Rio Paraíba	Saldo/Déficit hídrico:	1,540	1,539	1,534	1,533
	Calha - SSF/Itabaiana	Saldo/Déficit hídrico:	1,416	1,415	1,415	1,414
	Litoral	Saldo/Déficit hídrico:	6,962	6,961	6,961	6,961
	Riacho Curimatã	Saldo/Déficit hídrico:	1,644	1,644	1,642	1,642
	Riacho Jacuípe	Saldo/Déficit hídrico:	-0,142	-0,374	-0,574	-0,656
	Rio Engenho Novo	Saldo/Déficit hídrico:	-0,323	-0,402	-0,485	-0,513
	Rio Gurinhém Jusante	Saldo/Déficit hídrico:	0,374	0,369	0,347	0,345
	Rio Gurinhém Montante	Saldo/Déficit hídrico:	0,316	0,315	0,311	0,311
	Rio Preto	Saldo/Déficit hídrico:	0,517	0,512	0,506	0,505
	Rio Surrão	Saldo/Déficit hídrico:	0,079	0,078	0,069	0,068
	Rio Una	Saldo/Déficit hídrico:	-0,156	-0,165	-0,200	-0,203
Rios Ingá e Bacamarte	Saldo/Déficit hídrico:	0,104	0,102	0,088	0,087	

Legenda:

N/A - não se aplica

Saldo/Déficit hídrico entre 0,0 e 0,1

Saldo/Déficit hídrico menor do que 0,0

Demanda suprida pelo PISF não nula

* Considerando a transposição da bacia do Rio Gramame para o Açude Marés de 0,5 m³/s (outorga nº 18240/AESA).

Fonte: Cobrape (2025).

Tabela 7.2 - Balanço Hídrico Algébrico: Cenários para 2045 com período hidrológico completo e considerando as perdas por evaporação líquida

Sub-bacia	Açude	Variáveis (m³/s)	Cenário Atual: 2022	Cenários - Horizonte: 2045		
				Tendencial	Equilibrado	Expansão Dinâmica
Taperoá	Soledade	Disponibilidade Hídrica:	0,107	0,107	0,107	0,107
		Demandas hídricas projetadas:	-0,082	-0,082	-0,085	-0,085
		Saldo/Déficit hídrico:	0,025	0,025	0,022	0,022
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Mucutu	Disponibilidade Hídrica:	0,180	0,180	0,180	0,180
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,071	-0,071	-0,073	-0,073
		Saldo/Déficit hídrico:	0,109	0,108	0,107	0,106
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Taperoá II	Disponibilidade Hídrica:	0,316	0,316	0,316	0,316
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,132	-0,132	-0,136	-0,136
		Saldo/Déficit hídrico:	0,184	0,183	0,180	0,179
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
Serra Branca II	Disponibilidade Hídrica:	0,019	0,019	0,019	0,019	
	Demandas Hídricas Projetadas:	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	
	Saldo/Déficit hídrico:	-0,011	-0,011	-0,011	-0,011	
	Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A	
Alto Paraíba	Sumé	Disponibilidade Hídrica:	0,316	0,316	0,316	0,316
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,192	-0,193	-0,220	-0,245
		Saldo/Déficit hídrico:	0,125	0,124	0,096	0,072
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Santo Antônio	Disponibilidade Hídrica:	0,095	0,095	0,095	0,095
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,092	-0,093	-0,094	-0,094
		Saldo/Déficit hídrico:	0,002	0,002	0,001	0,000
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Cordeiro	Disponibilidade Hídrica:	0,319	0,319	0,319	0,319
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,206	-0,209	-0,236	-0,287
		Saldo/Déficit hídrico:	0,113	0,110	0,083	0,032
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Poções	Disponibilidade Hídrica:	0,163	0,163	0,163	0,163
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,134	-0,135	-0,283	-0,429
		Saldo/Déficit hídrico:	0,029	0,028	-0,121	-0,267
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,121	0,267
	Camalaú	Disponibilidade Hídrica:	0,257	0,257	0,257	0,257
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,124	-0,125	-0,217	-0,307
		Saldo/Déficit hídrico:	0,132	0,132	0,040	-0,051
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,000	0,051
	Epitácio Pessoa	Disponibilidade Hídrica:	3,083	3,083	3,083	3,083
		Demandas Hídricas Projetadas:	-2,921	-2,992	-3,182	-3,730
		Saldo/Déficit hídrico:	0,162	0,091	-0,099	-0,647
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,099	0,647
Médio Paraíba	Acauã	Disponibilidade Hídrica:	2,993	2,993	2,993	2,993
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,678	-0,702	-1,509	-2,364
		Saldo/Déficit hídrico:	2,314	2,291	1,484	0,629
		Demandas supridas pelo PISF:	0,000	0,000	0,000	0,000
Baixo Paraíba (açudes)	José Rodrigues	Disponibilidade Hídrica:	0,097	0,097	0,097	0,097
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,089	-0,090	-0,092	-0,093
		Saldo/Déficit hídrico:	0,008	0,007	0,005	0,004
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	São Salvador	Disponibilidade Hídrica:	0,308	0,308	0,308	0,308
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,244	-0,247	-0,247	-0,248
		Saldo/Déficit hídrico:	0,064	0,062	0,061	0,060
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
	Marés *	Disponibilidade Hídrica:	0,673	0,673	0,673	0,673
		Demandas Hídricas Projetadas:	-0,215	-0,249	-0,248	-0,259
		Saldo/Déficit hídrico:	0,458	0,424	0,426	0,415
		Demandas supridas pelo PISF:	N/A	N/A	N/A	N/A
Baixo Paraíba (bacias)	Calha - Acauã/SSF	Saldo/Déficit hídrico:	1,869	1,869	1,867	1,867
	Calha - Rch. Sal Amargo	Saldo/Déficit hídrico:	5,320	5,308	5,284	5,279
	Calha - Riacho Mogeiro	Saldo/Déficit hídrico:	2,357	2,357	2,354	2,354
	Calha - Rio Paraibinha	Saldo/Déficit hídrico:	2,871	2,869	2,864	2,864
	Calha - SSF/Itabaiana	Saldo/Déficit hídrico:	2,018	2,017	2,016	2,016
	Litoral	Saldo/Déficit hídrico:	8,320	8,320	8,319	8,319
	Riacho Curimatã	Saldo/Déficit hídrico:	3,178	3,178	3,176	3,176
	Riacho Jacuípe	Saldo/Déficit hídrico:	0,192	-0,040	-0,239	-0,322
	Rio Engenho Novo	Saldo/Déficit hídrico:	-0,286	-0,364	-0,447	-0,475
	Rio Gurinhém Jusante	Saldo/Déficit hídrico:	0,446	0,442	0,419	0,417
	Rio Gurinhém Montante	Saldo/Déficit hídrico:	0,406	0,405	0,401	0,400
	Rio Preto	Saldo/Déficit hídrico:	0,616	0,612	0,606	0,604
	Rio Surrão	Saldo/Déficit hídrico:	0,136	0,135	0,126	0,125
	Rio Una	Saldo/Déficit hídrico:	-0,075	-0,085	-0,119	-0,123
Rios Ingá e Bacamarte	Saldo/Déficit hídrico:	0,183	0,181	0,167	0,166	

Legenda:

N/A - não se aplica

Saldo/Déficit hídrico entre 0,0 e 0,1

Saldo/Déficit hídrico menor do que 0,0

Demanda suprida pelo PISF não nula

* Considerando a transposição da bacia do Rio Gramame para o Açude Marés de 0,5 m³/s (outorga nº 18240/AESA).

Fonte: Cobrape (2025).

Comparando os resultados para os dois períodos hidrológicos analisados, é observada a piora do balanço hídrico, com UABHs passando a apresentar déficit hídrico. Algumas unidades apresentam déficit constante: Riacho Jacuípe, Rio Engenho Novo e Rio Una, que possuem uma extensa atividade agrícola, além da UABH Marés, a qual apresenta déficit quando avaliada somente com sua própria disponibilidade hídrica, mas tem suas demandas supridas pela importação de 0,5 m³/s de água do rio Gramame segundo o Cadastro de Outorgas da AESA (2024), como descrito no *RP-03*.

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 7.1 e 7.2, verifica-se que, mantida a atual vazão média transferida pelo PISF (2,64 m³/s) para o horizonte de 2045 e assumindo-se que os reservatórios operem em sua capacidade plena, ou seja, com seus volumes máximos (suficientes para garantir a vazão firme de referência), o sistema será capaz de atender às demandas projetadas para o longo prazo. No entanto, para que esse cenário se concretize, é necessária a recuperação sistemática desses volumes máximos dos reservatórios, e reconhecer que esta depende de um equilíbrio dinâmico extremamente complexo entre fatores climáticos, operacionais e institucionais.

O controle da capacidade de regularização dos reservatórios, juntamente com o das demandas hídricas, assume papel estratégico e deve ser conduzido com base em critérios técnicos alinhados às condições climáticas regionais, às projeções de tendência hidrológica e à experiência acumulada em operações anteriores, principalmente em eventos extremos como o da seca entre 2012 e 2018, evitando repetir decisões que comprometam a sustentabilidade do sistema.

Portanto, a curva de regularização dos açudes é uma ferramenta fundamental para se determinar qual o volume mínimo a ser armazenado para que o reservatório possa suportar períodos de estiagem, fornecendo uma vazão firme para o atendimento às demandas. Cabe ressaltar que as curvas de regularização para cada um dos açudes estratégicos, bem como a metodologia empregada para tal, são apresentadas de forma detalhada no *RP-03: Disponibilidade Hídrica*, onde também se destaca a necessidade de que as perdas de água por evaporação líquida sejam consideradas como uma demanda mandatória no planejamento do uso dessa vazão firme, uma vez que são bastante significativas na região semiárida.

Outro desafio à caracterização da disponibilidade hídrica de qualquer região e, de forma particular no semiárido, é a não estacionariedade das séries de vazões afluentes (Chagas e Chaffe, 2019). A ampliação do período de observação hidrológica tem revelado uma nova realidade, caracterizada por mudanças significativas nos padrões estatísticos das vazões, como a média e o desvio padrão. Essa alteração decorre, em grande parte, de fatores como mudanças climáticas e intervenções antrópicas, que afetam diretamente o regime hidrológico da bacia. A incorporação de períodos críticos mais severos, não observados em séries históricas mais curtas, pode resultar em uma nova vazão média significativamente inferior à anteriormente adotada como referência. Essa mudança compromete a capacidade de regularização dos reservatórios, reduzindo sua eficácia em garantir o atendimento às demandas em cenários hidrológicos adversos.

Esse aspecto foi articulado na elaboração dos cenários evidenciando a necessidade da reavaliação contínua do risco de não atendimento às demandas, por meio da comparação entre as condições hidrológicas vigentes em diferentes recortes de tempo (períodos de 1994-2011 e 1994-2019). A reinterpretação da capacidade de regularização, baseada em séries hidrológicas atualizadas, permite uma avaliação mais realista, contribuindo para uma gestão mais resiliente e adaptativa frente às incertezas climáticas. Nesse contexto, reconhecer a natureza variável da disponibilidade hídrica, que está sujeita às variações temporais e espaciais de fatores climáticos e hidrológicos, e não partir do princípio que está é plenamente representada por um valor fixo, é fundamental para uma gestão voltada à segurança hídrica.

Portanto, uma vez que o conceito fundamental da curva de regularização é o de estabelecer a relação entre a vazão disponibilizada por um determinado volume, pode-se obter o esquema apresentado na Tabela 7.3, em que é possível verificar a vazão disponível para o atendimento às demandas hídricas a partir do volume armazenado para cada um dos açudes estratégicos do PRH-RPB.

Tabela 7.3 - Determinação da disponibilidade hídrica em função do volume armazenado

Açude	Volume médio	Vazão disponível em função do armazenamento existente (m ³ /s)									
		100%*	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Acauã	48%	2,993	2,857	2,721	2,574	2,395	2,217 ▼	2,039	1,860	1,568	1,088
Camalaú	42%	0,257	0,246	0,233	0,218	0,202	0,183 ▼	0,164	0,142	0,119	0,090
Cordeiro	42%	0,319	0,306	0,293	0,280	0,266	0,239 ▼	0,211	0,180	0,147	0,111
Epitácio Pessoa	54%	3,083	2,863	2,643	2,422	2,201 ▼	1,981	1,760	1,540	1,319	0,952
José Rodrigues	41%	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,090 ▼	0,081	0,071	0,061	0,043
Marés	84%	0,173	0,167 ▼	0,160	0,153	0,146	0,138	0,130	0,123	0,115	0,107
Mucutu	32%	0,180	0,169	0,157	0,145	0,132	0,118	0,104 ▼	0,091	0,077	0,062
Poções	37%	0,163	0,156	0,148	0,137	0,127	0,115	0,103 ▼	0,089	0,074	0,058
Santo Antônio	36%	0,095	0,091	0,088	0,085	0,080	0,076	0,069 ▼	0,059	0,050	0,038
São Salvador	88%	0,308	0,295 ▼	0,281	0,266	0,249	0,231	0,213	0,190	0,159	0,122
Serra Branca II	19%	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,017	0,015	0,012 ▼	0,008
Soledade	23%	0,107	0,103	0,100	0,096	0,092	0,084	0,074	0,063 ▼	0,052	0,037
Sumé	27%	0,316	0,299	0,282	0,261	0,240	0,216	0,192	0,168 ▼	0,143	0,109
Taperoá II	48%	0,316	0,314	0,314	0,314	0,314	0,310 ▼	0,291	0,261	0,208	0,134

▼ Indicador do volume médio histórico do açude no ábaco

* Valor de referência para a disponibilidade hídrica

Fonte: Cobrape (2025).

Na Tabela 7.3, são também destacados os volumes médios históricos dos açudes em comparação a sua capacidade máxima, e qual a vazão disponibilizada por esse volume médio histórico. Como por exemplo, o açude Acauã tem historicamente seu volume médio em 48% de sua capacidade, o que disponibiliza uma vazão firme, em média, entre 2,039 e 2,217 m³/s, que é 30% menor que a vazão de referência para a disponibilidade hídrica deste açude.

Nesse sentido, não se pode ignorar que as análises do balanço hídrico entre disponibilidades e demandas, obtidas para os diferentes períodos hidrológicos definidos na concepção dos cenários, reforçam uma tendência de redução da disponibilidade hídrica natural à medida que se amplia o horizonte de avaliação das condições hidrológicas da bacia para o futuro. Essa tendência é particularmente relevante para as sub-bacias do Taperoá, Alto e Médio Paraíba, demonstrando a possibilidade de aumento da dependência das águas transpostas do São Francisco nessas regiões, uma vez que, a partir da tendência observada, será cada vez mais difícil a recuperação dos volumes dos reservatórios aos seus níveis máximos.

As análises apresentadas no *RP-04: Diagnóstico da Bacia* corroboram esse resultado acerca: (i) do histórico de volumes mensais dos açudes, indicando não apenas que a capacidade de armazenamento máxima da bacia não foi atingida, mas também que muitos açudes ainda não recuperaram seus volumes máximos após o último período crítico, a seca prolongada entre os anos de 2012 e 2018, e; (ii) da atual distribuição das demandas, refletidas no processo de espacialização nas UABHs, onde, em virtude do período crítico, muitas demandas foram realocadas para mananciais mais distantes.

Portanto, uma análise de sensibilidade foi realizada a partir de diferentes considerações. A primeira delas é quanto a vazão de disponibilidade hídrica do açude que foi caracterizada pela vazão regularizada associada ao volume médio histórico observado para cada um dos açudes (Tabela 7.3), enquanto a segunda consideração se refere a variação da vazão do PISF recebida em Monteiro.

Na primeira análise, manteve-se a parcela de vazão do PISF compatível com os valores observados atualmente para o horizonte de planejamento do PRH-RPB. Essa abordagem permite verificar que, atualmente, a água da transposição já supre quase 1 m³/s das demandas de Poções e Epitácio Pessoa e, com o montante significativo das perdas de água no trânsito entre os açudes, a água do PISF que entra em Monteiro praticamente não chega no açude Acauã. Além disso, no Cenário de Expansão Dinâmica em 2045, com a vazão atual de entrada do PISF na bacia, não seria possível suprir a demanda do Açude Epitácio Pessoa, com um déficit hídrico de 0,727 m³/s.

Já a segunda análise, que considerou a variação da vazão do PISF em Monteiro, foi concebida utilizando-se os seguintes valores relatados nos documentos técnicos e legais sobre a transposição:

- a. Vazão média recebida atualmente (2,64 m³/s);
- b. Vazão mínima garantida pela outorga (TCU, 2023);
- c. Vazão correspondente à 75% da capacidade de bombeamento do canal (ANA, 2016);
- d. Capacidade máxima de bombeamento do canal (8 m³/s) (ANA, 2016).

Portanto, a Tabela 7.4 analisa apenas o Cenário de Expansão Dinâmica, com diferentes incrementos na vazão do PISF em 2045.

Tabela 7.4 - Análise de sensibilidade para o Balanço Hídrico considerando o pleno funcionamento do PISF até 2045

Saldo/Déficit hídrico do PISF (m³/s)	Cenário Atual 2022	Cenário de Expansão Dinâmica: 2045 + Variações do PISF			
		Vazão média atual	Mínimo garantido por Outorga	75% da capacidade de bombeamento	Capacidade máxima de bombeamento
Vazão PISF em Monteiro:	2,640	2,640	4,670	5,333	8,000
Açude Poções:	2,506	2,210	4,240	4,904	7,570
Açude Camalaú:	2,358	1,923	3,953	4,616	7,283
Açude Epitácio Pessoa:	0,518	-0,727	1,303	1,966	4,633
Açude Acauã:	-	-0,181	0,097	0,761	3,427
Demanda não atendida:	-	-0,908	-	-	-

Fonte: Cobrape (2025).

Na abordagem da Tabela 7.4, é perceptível que com a vazão mínima garantida pela outorga da transposição e o PISF operando na bacia em 75% de sua capacidade, as vazões que chegam em Acauã são mínimas, também já aumentando o risco da operação do Açude de Epitácio Pessoa. Pode-se concluir que somente com a transposição operando plenamente em sua capacidade máxima há uma situação confortável do ponto de vista hídrico, demonstrando a dependência da operação do PISF como uma das condicionantes para viabilizar tal cenário de crescimento.

A comparação entre as diferentes abordagens reflete que a mudança no comportamento das vazões naturais afluentes aos reservatórios, decorrente principalmente da variabilidade climática associada ao volume de chuvas, aos índices de evapotranspiração, influenciam diretamente a capacidade de regularização dos mananciais e, conseqüentemente, a disponibilidade hídrica ao longo do tempo. Nesse contexto, a revisão constante da capacidade de regularização dos reservatórios, a partir da análise dos volumes acumulados e das tendências das séries de dados hidrológicos é um fator importante no processo de gestão das demandas, frente a não recuperação dos volumes em determinados períodos.

Dessa forma, o uso da água transferida pelo PISF, adiciona uma nova camada de complexidade ao sistema, pois possui um custo de captação, adução e operação elevado, devendo ser criteriosamente avaliado, especialmente por conduzir as águas a uma região da Paraíba de alta exposição à perda por evaporação, a fim de evitar perdas significativas e onerar ainda mais o sistema e comprometer sua eficiência econômica.

A efetividade do suprimento hídrico no longo prazo está condicionada não apenas à recuperação dos volumes armazenados, mas também à implementação de estratégias integradas de gestão da demanda, que considerem o uso racional da água e a otimização da operação dos sistemas de armazenamento e distribuição. Nesse arranjo, as outorgas de direito de uso da água exercem papel fundamental, devendo ser compatibilizadas com a capacidade real de oferta e com a lógica de uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos disponíveis.

Por fim, no Capítulo 2 do Anexo I deste relatório, são apresentados os balanços hídricos calculados para três cenários de demandas, compatibilizados com os dois cenários de disponibilidade hídrica, com resultados para os anos de 2025, 2030, 2035 e 2045, que

correspondem, respectivamente, ao ponto de partida, e aos horizontes de curto, médio e longo prazo, de modo a atender ao solicitado pelo TDR. Além disso, de modo a dimensionar o impacto da evaporação líquida dos açudes, também é apresentada uma análise comparando os balanços hídricos com e sem as perdas por evaporação líquida.

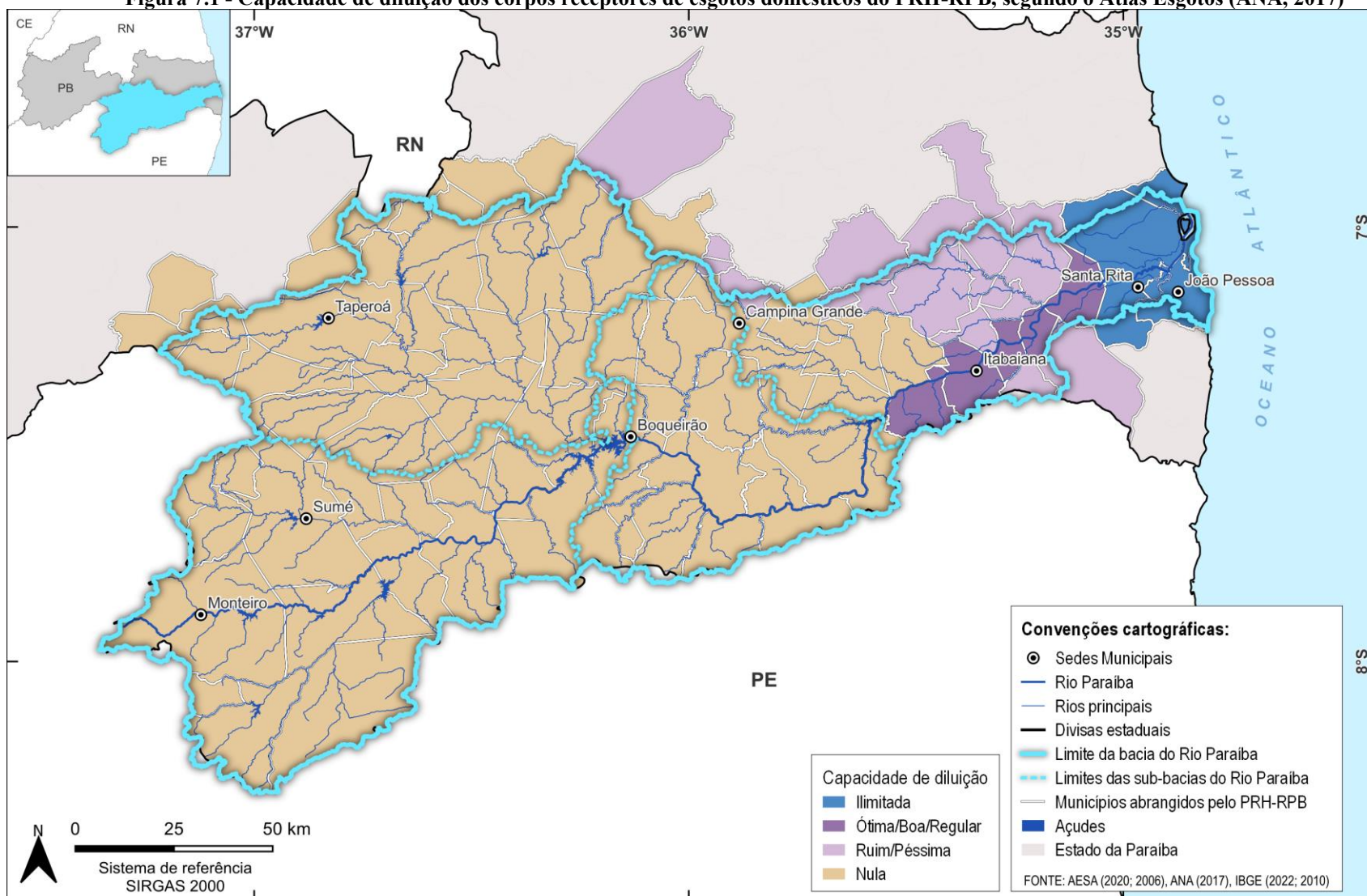
7.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO IMPACTO DAS CARGAS PONTUAIS SOBRE OS CORPOS HÍDRICOS DA BACIA

Uma das principais limitações para a gestão da qualidade da água e o planejamento do esgotamento sanitário na região semiárida da bacia do rio Paraíba deve-se a predominância de corpos hídricos intermitentes. A descontinuidade do escoamento ao longo do ano reduz ou anula a capacidade de diluição natural dos efluentes, exigindo não apenas abordagens mais rigorosas no tratamento de esgotos, como também estratégias específicas para sua disposição final. Essa condição hidrológica impõe desafios significativos à implementação de soluções compatíveis com os padrões de enquadramento dos corpos receptores, especialmente em nessas regiões onde os cursos d'água são efêmeros ou apresentam vazões insignificantes durante boa parte do ano.

O Atlas Esgotos (ANA, 2017) apresentou uma avaliação sobre a capacidade de diluição dos municípios brasileiros em relação à população das cidades, a qual é apresentada na Figura 7.1 para os municípios do PRH-RPB. Os municípios com maior capacidade de diluição são aqueles situados no litoral, cuja classificação é considerada como ilimitada, em função da possibilidade de disposição dos efluentes no ambiente marinho, onde a elevada capacidade de assimilação reduz significativamente os impactos sobre a qualidade da água. Também se destacam os municípios localizados na calha do rio Paraíba, a jusante do açude Acauã, cuja capacidade de diluição é classificada como suficiente para atender ao enquadramento em classe 2, desde que os sistemas de tratamento promovam remoção de carga orgânica entre 60% e 80%.

Entretanto, na porção compreendida entre os municípios de Santa Rita e Itabaiana, no Baixo Paraíba, observa-se predominância de classificações entre ruim e péssima, indicando a necessidade de elevadas eficiências de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos processos aplicados nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) locais. Nos demais municípios do Baixo Paraíba, assim como naqueles situados nas sub-bacias do Alto e Médio Paraíba e do rio Taperoá, associa-se uma capacidade de diluição nula em virtude da intermitência dos corpos hídricos da região, sem vazão disponível para assimilação dos efluentes.

Figura 7.1 - Capacidade de diluição dos corpos receptores de esgotos domésticos do PRH-RPB, segundo o Atlas Esgotos (ANA, 2017)



Fonte: Elaborado por Cobrape (2025), com informações adaptadas de ANA (2017).

Nesses contextos, de ausência de qualquer capacidade de diluição, as soluções recomendadas concentram-se na adoção de tecnologias com elevada eficiência na remoção de patógenos, com o objetivo de mitigar os riscos aos usos a jusante, bem como no reuso de efluentes tratados como medida de controle da carga de nutrientes afluente aos mananciais de acumulação (ANA, 2017). A fim de compreender melhor o impacto das cargas orgânicas pontuais remanescentes nos corpos hídricos da bacia do Rio Paraíba, foi conduzida uma análise de sensibilidade com base nas cargas projetadas para cada município, conforme apresentado no item 6.5.1.

O foco dessa análise de sensibilidade recaiu sobre os municípios com população urbana e sede municipal inserida nos limites da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Desta forma, não entraram nesta análise os municípios de Alagoa Grande, Araçagi, Barra de Santa Rosa, Cubati, Mulungu, Pedras de Fogo, Salgadinho, Teixeira, Areal e Cacimba de Areia, sem população urbana nos limites da bacia hidrográfica e o município de São Vicente do Seridó, com sede municipal também fora da área de interesse do PRH-RPB.

A metodologia adotada consistiu, primeiramente, na identificação, em cada município, da ottobacia inserida nos limites da bacia do Rio Paraíba com maior densidade populacional urbana. Uma vez identificada essa área de maior concentração demográfica urbana, procedeu-se à determinação da ottobacia de jusante, receptora da carga remanescente oriunda do lançamento de esgoto tratado, realizada caso a caso. Foi nessa ottobacia receptora que se estimou a vazão de diluição necessária para que as cargas projetadas, conforme item 6.5.1, resultassem em concentrações de DBO compatíveis com os limites máximos definidos para cada classe de enquadramento, segundo a Resolução Conama nº 357/2005.

Ressalta-se que devido à característica semiárida de grande parte da bacia do Rio Paraíba, marcada pela presença de corpos hídricos intermitentes, as cargas poluentes de origem difusa não atingem os corpos hídricos a menos quando da ocorrência de um evento de chuva intensa em que toda a área de drenagem da bacia contribui para a geração do escoamento superficial. Por este motivo, tais cargas não foram consideradas no balanço hídrico dos cenários pelo fato da atuação para sua mitigação estar atrelada, sobretudo, a melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica como um todo, e não de ações exclusivamente direcionadas aos corpos hídricos. No capítulo 0 deste relatório é apresentado com maiores detalhes as possibilidades de ação para mitigação das cargas poluidoras de origem difusa e pontual.

Entretanto, as cargas pontuais, predominantemente oriundas do lançamento de esgotos domésticos, podem ser lançadas diretamente no leito dos rios, mesmo que estes sejam intermitentes. A atuação sobre essas cargas elas estão associadas principalmente aos impactos que essas podem vir a causar nos corpos hídricos a depender de sua capacidade de diluição, por exemplo. Assim, a análise de sensibilidade apresentada neste item do relatório concentra-se exclusivamente sobre as cargas pontuais.

A Tabela 7.5 apresenta o tempo de permanência equivalente às classes de enquadramento em relação às cargas estimadas para 2045 no cenário tendencial. Em termos práticos, isso quer dizer que a ottobacia receptora possui uma concentração de DBO que é alterada de acordo com

a vazão. Quanto maior a vazão, menor a concentração. As curvas de permanência das vazões médias permitem então, uma análise qualitativa apontando quanto tempo um rio estaria em uma concentração compatível com os padrões definidos na Resolução Conama nº 357/2005, para DBO.

Como exemplo prático, o município de Boqueirão, que tem sua carga remanescente lançada no Rio Paraíba, tem 100% da sua concentração dividida da seguinte forma em relação a permanência da vazão média: 48% do tempo a concentração fica em até 3 mg/L (limite para Classe 1), 5% do tempo com concentrações entre 3 e 5 mg/L (limites para Classe 2), 7% do tempo entre 5 e 10 mg/L (limites para Classe 3), e 39% do tempo acima de 10 mg/L (limites para Classe 4). Dessa forma, em uma análise de risco qualitativo, podemos afirmar por exemplo, que em 46% do tempo a concentração estaria acima de 5 mg/L, ou seja, acima dos padrões estabelecidos para classe 2.

É importante ressaltar que essa análise não é uma análise de enquadramento, mas uma comparação direta da qualidade da água com os padrões definidos no enquadramento. Essa análise reforça ainda mais a dinâmica hídrica da bacia, com alterações significativas da permanência da vazão média, o que implica também, em alterações significativas na qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso. Esses subsídios permitem uma análise estratégica que vai além das classes de enquadramento, mas do nível de risco que se espera correr qualitativamente, já que grande parte dos rios não tem vazão de diluição em boa parte do ano, o que resulta em concentrações extremamente altas, conforme se observa na tabela.

Tabela 7.5 - Tempo de permanência equivalente às classes de enquadramento com relação às cargas estimadas para 2045 no Cenário Tendencial

Código IBGE	Município	Corpo Hídrico	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
2500536	Alcantil	-	1%	1%	2%	96%
2500734	Amparo	-	11%	5%	12%	72%
2501302	Aroeiras	-	1%	1%	2%	96%
2501351	Assunção	-	2%	2%	4%	91%
2501575	Barra de Santana	Rio Paraíba	77%	4%	3%	16%
2501708	Barra de São Miguel	-	4%	2%	5%	88%
2501807	Bayeux	Rio Paraíba	49%	8%	11%	32%
2502151	Boa Vista	Rio Boa Vista	26%	9%	11%	54%
2502508	Boqueirão	Rio Paraíba	48%	5%	7%	39%
2503100	Cabaceiras	Rio Taperoá	61%	5%	5%	28%
2503555	Cacimbas	-	3%	2%	4%	92%
2503803	Caldas Brandão	Riacho Timbaúba	25%	9%	12%	55%
2503902	Camalaú	Rio Paraíba	25%	7%	9%	59%
2504009	Campina Grande	-	*	*	1%	99%
2504074	Caraúbas	Rio Paraíba	59%	6%	7%	28%
2504355	Caturité	Rio Bodocongó	63%	6%	7%	24%
2504702	Congo	Rio do Espinho	28%	7%	10%	55%
2504850	Coxixola	-	10%	4%	6%	81%
2504900	Cruz do Espírito Santo	Rio Paraíba	75%	6%	5%	14%
2505402	Desterro	-	7%	3%	10%	80%
2506103	Fagundes	-	10%	5%	11%	74%
2506251	Gado Bravo	-	11%	6%	11%	72%
2506400	Gurinhém	Rio Gurinhém	47%	9%	7%	36%
2506509	Gurjão	-	16%	7%	10%	67%
2506806	Ingá	Rio Ingá	22%	10%	13%	55%

Código IBGE	Município	Corpo Hídrico	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
2506905	Itabaiana	Rio Paraíba	64%	4%	6%	26%
2507200	Itatuba	Rio Surrão	30%	13%	11%	46%
2507507	João Pessoa	-	11%	7%	12%	70%
2507606	Juarez Távora	-	17%	10%	14%	59%
2507705	Juazeirinho	-	3%	2%	3%	92%
2507804	Junco do Seridó	-	2%	1%	4%	92%
2507903	Juripiranga	-	14%	5%	11%	71%
2508307	Lagoa Seca	-	1%	2%	5%	92%
2508505	Livramento	-	3%	2%	4%	91%
2509107	Mari	-	*	*	1%	99%
2509206	Massaranduba	-	1%	4%	4%	91%
2509404	Mogeiro	-	15%	7%	12%	66%
2509503	Montadas	-	*	1%	0%	99%
2509701	Monteiro	-	3%	1%	4%	93%
2509909	Natuba	-	5%	2%	9%	85%
2510501	Olivedos	-	11%	6%	16%	66%
2510600	Ouro Velho	-	4%	2%	7%	86%
2510659	Parari	Rio Taperoá	61%	5%	5%	29%
2511509	Pilar	Rio Paraíba	71%	4%	4%	21%
2512002	Pocinhos	-	3%	2%	4%	91%
2512200	Prata	-	7%	4%	7%	83%
2512408	Puxinanã	-	2%	2%	4%	92%
2512507	Queimadas	-	*	*	1%	99%
2512754	Riachão do Bacamarte	Rio Bacamarte	44%	10%	11%	35%
2512762	Riachão do Poço	Rio Gurinhém	72%	5%	8%	15%
2512788	Riacho de Santo Antônio	-	12%	6%	11%	71%
2513109	Salgado de São Félix	Rio Paraíba	75%	2%	6%	17%
2513158	Santa Cecília	-	1%	1%	3%	94%
2513703	Santa Rita	Rio Paraíba	40%	8%	11%	41%
2513851	Santo André	Riacho Mucutu	41%	6%	10%	44%
2513943	São Domingos do Cariri	Rio Paraíba	62%	4%	8%	26%
2514008	São João do Cariri	Rio Taperoá	53%	7%	6%	34%
2514107	São João do Tigre	-	5%	2%	4%	89%
2514453	São José dos Ramos	Riacho Curimatã	30%	10%	12%	48%
2514800	São José dos Cordeiros	-	12%	6%	4%	78%
2515005	São Miguel de Taipu	Rio Paraíba	80%	4%	4%	13%
2515203	São Sebastião do Umbuzeiro	-	7%	4%	8%	81%
2515302	Sapé	-	10%	4%	9%	78%
2515500	Serra Branca	-	4%	2%	5%	89%
2515807	Serra Redonda	-	8%	3%	11%	77%
2515971	Sobrado	Rio Gurinhém	79%	6%	4%	12%
2516102	Soledade	-	7%	3%	7%	82%
2516300	Sumé	Rio Sucuru	14%	5%	13%	69%
2516508	Taperoá	Rio Taperoá	15%	7%	13%	65%
2516755	Tenório	-	5%	1%	7%	87%
2517001	Umbuzeiro	-	1%	1%	4%	94%
2517407	Zabelê	-	3%	2%	4%	91%

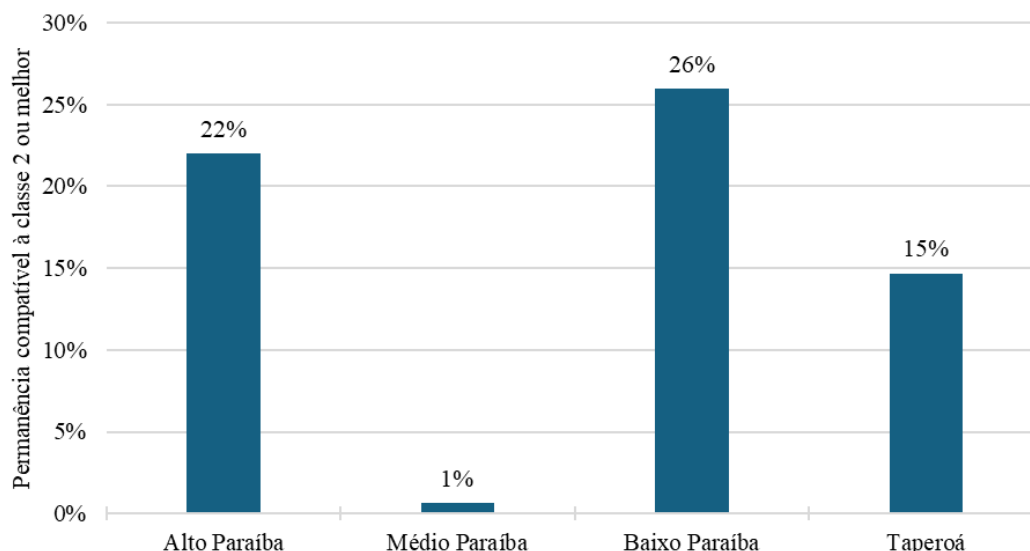
* A vazão de diluição necessária para obter uma concentração de DBO compatível com a definida para a classe nunca ocorreu no intervalo de dados pseudo-históricos considerado para obtenção da permanência (1994-2019)

Fonte: Cobrape (2025).

Em relação à análise por município, cabe destacar que esta não pode ser realizada para os municípios de Cabedelo e Lucena, por suas ottobacias de maior densidade populacional drenarem para ottobacias litorâneas, de tal maneira que a análise de sensibilidade proposta não seria adequada.

Por fim, ao estender a análise para o nível das sub-bacias (UPHs), foi realizada uma média ponderada, em termos de população, do tempo de permanência em que a concentração no corpo hídrico seria equivalente àquela estabelecida para as classes 2 ou melhores (Classe 1), a qual é apresentada a Figura 7.2.

Figura 7.2 - Permanência média equivalente à concentração compatível com as classes 2 ou melhores



Fonte: Cobrape (2025).

Ressalta-se que, ao observar na Figura 7.2, a sub-bacia do Médio Paraíba teria vazão suficiente para alcançar uma concentração equivalente àquela requerida pela Classe 2 de enquadramento, ou menor que essa, em apenas 1% do tempo. Contudo, esse resultado não reflete a disponibilidade hídrica da região do Médio Paraíba, mas tem influência decisiva por conta da condição particular do município de Campina Grande. Neste, está localizada a segunda maior população urbana da bacia do Rio Paraíba, que representa cerca de 85% da população total da sub-bacia do Médio Paraíba. Além disso, o município está localizado sobre as nascentes de dois cursos d'água, onde a disponibilidade hídrica é naturalmente menor. Portanto, como pode ser observado na Tabela 7.5, não se observou uma vazão média mensal capaz de diluir a carga lançada pelo município.

Entretanto, deve-se esclarecer que os resultados apresentados na Tabela 7.5 e Figura 7.2 não consideram o decaimento natural das cargas ao longo dos canais de escoamento dos rios, mas, trata-se de uma avaliação pontual no local do lançamento e pode indicar os pontos mais críticos nesse sentido, onde será necessário medidas mais importantes para a manutenção da qualidade ambiental dos corpos hídricos e da bacia hidrográfica como um todo.

8 ALTERNATIVAS DE COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES COM AS DEMANDAS HÍDRICAS

Boa parte da bacia do Rio Paraíba está inserida no semiárido, região que possui características climáticas e hidrológicas bem específicas, com baixa pluviometria em grande parte do ano, o que faz com que muitos rios sejam intermitentes. Essas condições impõem desafios importantes na elaboração de um Plano de Recursos Hídricos, e foram amplamente abordadas nos produtos do diagnóstico deste Plano (*RP-02 a 04*), com destaque ao *RP-03*, que trata das disponibilidades hídricas. Fato é que, mesmo com a ausência de água em boa parte do ano, a demanda por abastecimento humano continua existindo quase que linearmente, além de que a geração de esgotos pela população urbana também ocorre durante todo o tempo, trazendo o saneamento básico em evidência, como um dos principais vetores de pressão sobre os recursos hídricos da bacia.

Uma expressiva parte da população urbana da bacia ainda não tem sistemas de coleta e tratamento de esgoto, porém, o desafio vai além de ampliar os sistemas, pois usualmente os esgotos tratados geram efluentes que precisam ter uma destinação, que na grande maioria das vezes, acontece nos corpos hídricos. Os rios têm o papel de diluir o efluente tratado, diminuindo ainda mais as concentrações de matéria orgânica e demais componentes que apontam a qualidade hídrica de um efluente. Esse cenário reforça a necessidade de integração entre a gestão de recursos hídricos e as políticas de saneamento, sobretudo em contextos de escassez e vulnerabilidade hídrica.

Diante desse panorama, é factível olhar para o caráter estratégico que a elaboração dos cenários do Plano acaba refletindo. O objetivo deste capítulo é então, mostrar quais as alternativas podem ser empregadas visando a compatibilização entre as disponibilidades e as demandas. Nessa avaliação, o PRH-RPB se diferencia da maioria dos planos de recursos hídricos em território nacional porque não é possível pensar apenas em eficiência de tratamento de esgoto como a solução qualitativa da bacia, que mesmo em padrões elevados, ainda não se têm água para diluição em boa parte do tempo.

Quando se fala de qualidade também é preciso deixar em evidência o componente do saneamento básico que trata dos resíduos sólidos, já que a inadequada destinação pode acarretar impactos ambientais significativos, podendo causar contaminação e poluição tanto dos rios e açudes, quanto dos mananciais subterrâneos.

Portanto, a discussão das alternativas de compatibilização entre as disponibilidades e as demandas hídricas deve considerar, de forma prioritária, o papel estratégico do saneamento básico. As ações desse setor impactam diretamente tanto nas demandas, através da redução de perdas nos sistemas de abastecimento e da utilização de tecnologias mais eficientes no uso da água, quanto no incremento da disponibilidade hídrica, especialmente por meio de ações voltadas ao reúso.

Para subsidiar a formulação e a discussão das alternativas e contornar esses desafios, foram analisados diversos casos de sucesso, principalmente voltados à gestão e ao uso eficiente dos recursos hídricos, tanto ao redor do mundo, quanto em território nacional, levando em conta locais que de certa maneira, contem com particularidades similares à Bacia do Rio Paraíba.

A Gestão Hídrica em Israel

O principal caso de sucesso mundial ocorre em Israel, que é amplamente reconhecido pela eficiente gestão dos seus recursos hídricos e do saneamento básico, também localizados em regiões semiáridas. Israel tem uma condição extrema de escassez de água, com baixa precipitação anual, alta evaporação, assim como parte da Bacia do Rio Paraíba, aliados a uma fonte limitada de recursos naturais. Para contornar toda essa situação, garantir o abastecimento público e o desenvolvimento da sua região, o país passou, ao longo de décadas, por uma série de medidas concentradas na inovação tecnológica, melhoria dos arranjos institucionais e a consolidação de uma regulação eficiente dos recursos hídricos.

Para explicar o *case* de Israel, o Banco Mundial elaborou um relatório chamado de “*Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries*”, que trata das principais inovações e lições aprendidas para países com escassez de água (Banco Mundial, 2017).

Segundo o Banco Mundial (2017), o país conta com a IWA (*Israel Water Authority*), que funciona como agência reguladora, e que na tarefa de regular todo o sistema, define políticas tarifárias, planeja investimentos e estabelece um sistema rigoroso de controle e monitoramento de outorgas, já que a água é considerada um bem público e pertencente ao Estado.

A regulação e o monitoramento são pilares essenciais para a gestão de um recurso tão importante e tão escasso neste tipo de clima com escassez hídrica, aumentando a segurança hídrica para a população e promovendo o desenvolvimento socioeconômico. Aliadas ao fortalecimento institucional e aos procedimentos eficientes, as tecnologias também são partes fundamentais do processo.

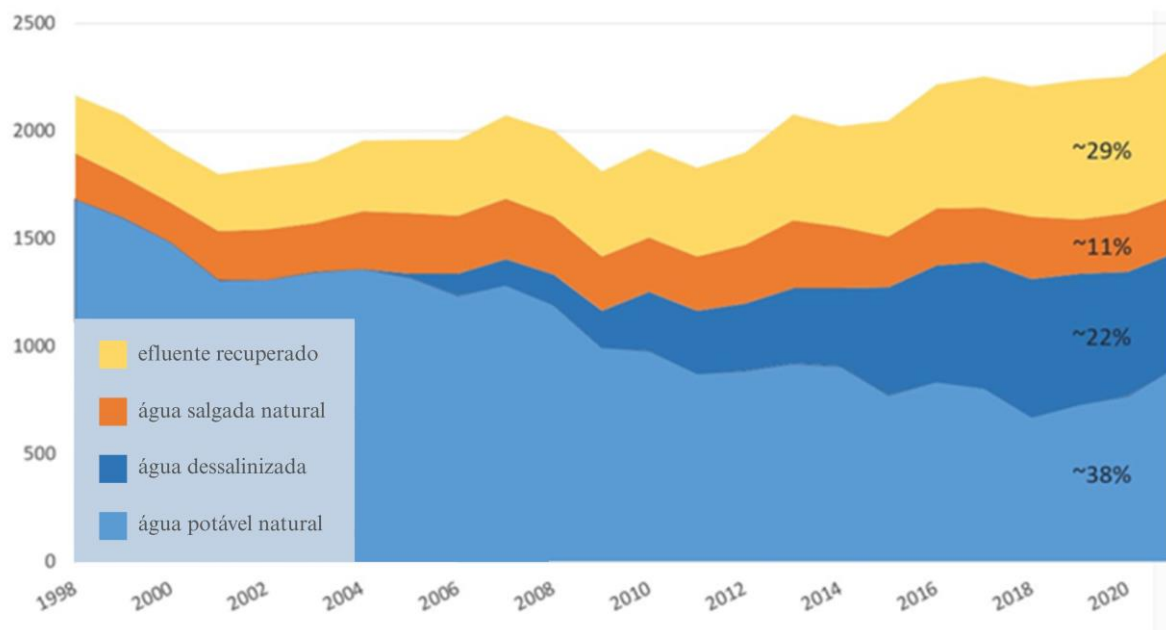
O reúso de águas residuais é parte essencial no sistema hídrico israelense. Segundo Siegel (2015, *apud* Smiderle *et al.*, 2021), mais de 85% do efluente gerado é reutilizado, tendo como meta, a reutilização de todo o efluente gerado. Esse efluente destinado ao reúso representa mais de 50% da demanda hídrica de agricultura do país (Banco Mundial, 2017).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency – EPA*) também publicou um documento que trata das lições israelenses para o reúso da água. Segundo a EPA dos Estados Unidos (2023), no relatório *From Water Stressed to Water Secure*, aproximadamente 29% do total da água consumida em Israel é proveniente do reaproveitamento dos efluentes, conforme mostra a Figura 8.1.

Na figura também é possível observar o aumento das fontes alternativas de água com o passar do tempo, onde grande maioria da água era de meios naturais nos anos 90, passou para menos de 40% em 2020, com destaque, além do aumento do reúso, da introdução no começo do século

XXI da água de dessalinização, que pode ser uma garantia de segurança hídrica para o País. Quando se pensa na introdução de uma nova fonte hídrica para aumentar a segurança hídrica, minimizar os riscos de desabastecimento ou fomentar o desenvolvimento socioeconômico, é possível traçar um paralelo, mesmo que distante, com a chegada das águas do PISF na bacia do Rio Paraíba.

Figura 8.1 - Abastecimento de Israel por tipo de fonte hídrica ao longo dos anos



Fonte: Estados Unidos (2023)

Para tratar o efluente gerado, as ETEs de Israel possuem tratamentos avançados, normalmente terciários, onde além do tratamento primário e secundário, que são os tipos mais usuais no Brasil, existe também uma última etapa responsável pela remoção de nutrientes e patógenos. Além de possuir tratamento terciário, Israel também utiliza o solo e os aquíferos como parte do tratamento, através de uma tecnologia chamada de *Soil Aquifer Treatment* (SAT), onde o esgoto tratado infiltra no solo e é extraído após um longo tempo de percolação subterrânea. A Estação de Tratamento de Esgoto de Shafdan é um dos exemplos que possuem tratamento terciário além de recarga no aquífero. Como o regime pluvial é bastante heterogêneo, os aquíferos também fazem a função de coletar a água das repentinas inundações que ocorrem no inverno para distribuição ao longo do ano.

Para garantir uma melhor destinação do efluente tratado, é utilizado o método denominado de *fit-for-purpose*, onde a água é destinada para seu uso de acordo com o nível de tratamento, por exemplo, existem culturas que permitem a utilização de efluente tratado com tratamento secundário e outras que é necessário tratamento terciário (Estados Unidos, 2023). Essa prática garante ou auxilia para que não se tenha custos desnecessários ou demasiadamente altos no tratamento.

Outra tecnologia empregada no abastecimento é que todo o transporte de água no território nacional é integrado, formando um sistema unificado que é capaz de integrar todas as fontes de

água, mesmo transportando por adutoras separadas a água de reúso da água potável, com um rigoroso monitoramento de qualidade com legislações específicas para o reúso na agricultura e usos não potáveis. A estratégia de transporte de água é tão eficiente que possui apenas 3% de perdas em 12 mil quilômetros de adutoras, três mil instalações e dez centro de operações (Banco Mundial, 2017).

Para gerir todo esse complexo sistema de forma sustentável economicamente, Israel conta com uma eficiente política tarifária, onde as tarifas são definidas por tipo de demanda e calculadas com o custo real do fornecimento, que foi implementada juntamente com uma consistente campanha de conscientização e educação ambiental.

Também é importante frisar que o complexo sistema, que exige um alto investimento em tecnologia, transporte e monitoramento, só faz sentido se as demandas forem controladas, ou seja, se não houver desperdício ou técnicas inadequadas que utilizem mais água que o necessário para suprir os usos. Segundo o Banco Mundial (2017), para alcançar esse equilíbrio entre disponibilidade e demanda, o País adota tecnologias de irrigação de alta eficiência, como gotejamento automático sensível a umidade e mini aspersores controlados remotamente, que garantem uma eficiência do uso da água de cerca de 90%, que são extremamente eficientes comparados aos 75% dos aspersores comuns e 60% das técnicas tradicionais de irrigação superficial.

Em resumo, o Banco Mundial (2017) elenca as nove principais inovações no setor hídrico Israelense:

- Sistema nacional de água que conecta toda a infraestrutura hídrica;
- Reúso em larga escala de efluentes tratados para irrigação;
- Dessalinização em larga escala;
- Uso de aquíferos como reservatórios;
- Interceptação da água de repentinhas inundações e recarga em aquíferos;
- Seleção de cultivos que demandam menor quantidade de água;
- Tecnologias eficientes de irrigação;
- Melhoria na gestão das demandas;
- Incentivos à inovação para eficiência hídrica.

Apesar de toda tecnologia e eficiência do sistema, o País conta ainda com desafios para serem superados na gestão hídrica de seu território. Segundo o Banco Mundial (2017), a estrutura tarifária é um dos pontos de conflito, que quando aplicada uniformemente no território pode gerar distorções pois não leva em consideração a capacidade de pagamento e as diferenças regionais, além da dificuldade dos municípios menores em ter toda a estrutura técnica e administrativa necessária para execução e monitoramento dos sistemas. Já o relatório da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (2017) cita a preocupação sobre o uso em longo prazo das águas residuais por entender que existe uma lacuna científica sobre os efeitos acumulativos da prática no solo, além de levantar a necessidade de uma constante política de

educação ambiental para assegurar a confiança pública no reúso, principalmente para fins potáveis.

A Gestão Hídrica em Singapura

Outro exemplo de gestão eficiente de recursos hídricos é Singapura, que apesar de não ter características de semiárido, fica no sul da península da Malásia, e é composto por uma ilha principal e diversas outras menores, o que faz a gestão dos recursos hídricos um desafio.

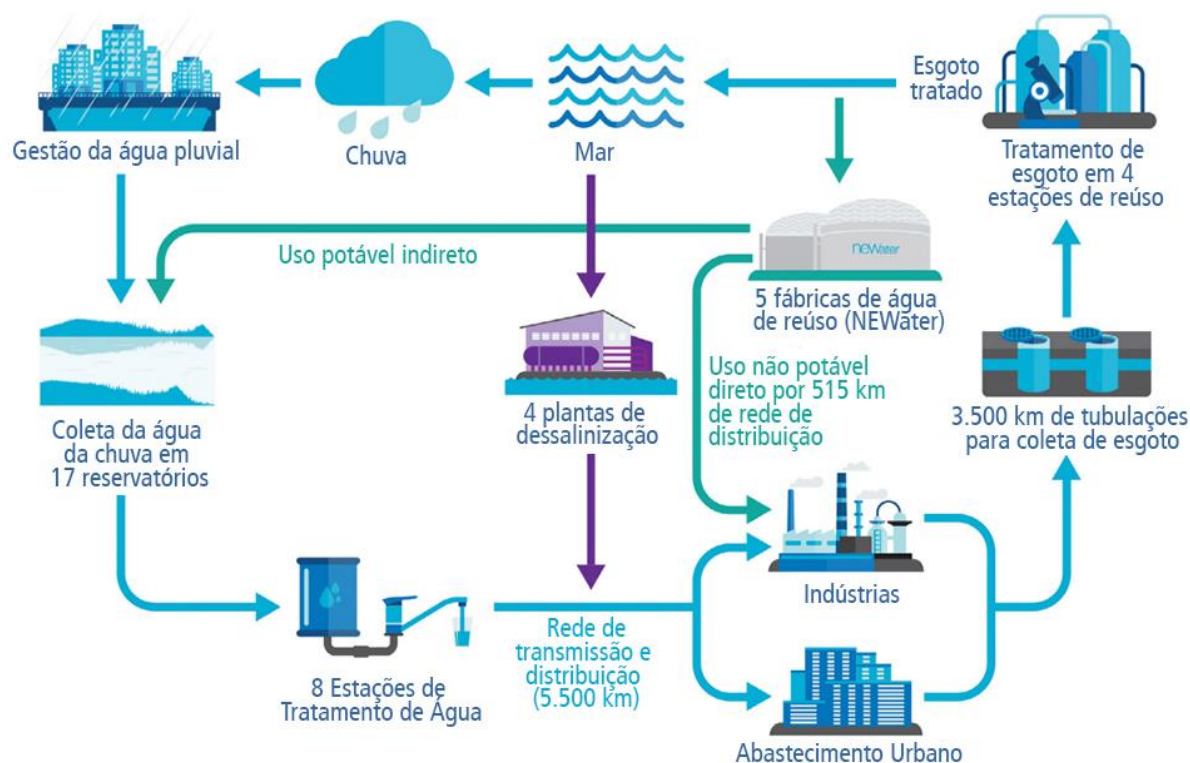
A Agência Nacional da Água de Singapura (PUB) publicou, no ano de 2022, alguns materiais que explicam e evidenciam o processo de gestão hídrica e sustentabilidade do País. De acordo com Singapura (2022a), o País possui uma densidade populacional superior a 8 mil hab/km² e não possui aquíferos relevantes. Lefebvre (2018, *apud* Smiderle *et al.*, 2021) complementam que o País possui apenas 0,6 km³ de água doce disponível, o que seria aproximadamente 110 m³ de água para cada habitante.

Esse cenário fez com que o País adotasse um modelo hídrico baseado em quatro fontes de água, que fazem parte de um sistema integrado:

- 1) Água importada da Malásia;
- 2) Captação de água da chuva;
- 3) Dessalinização;
- 4) Reúso.

A Figura 8.2 mostra o fluxo do abastecimento hídrico em Singapura, que além da baixa disponibilidade hídrica, também tem escassez de terra, o que não permite a existência de agricultura e pecuária em larga escala, tornando as demandas praticamente exclusivas para abastecimento humano e indústrias.

Figura 8.2 - Sistema Integrado da Gestão Hídrica de Singapura



Fonte: Adaptado de Singapura (2022a).

Dentro do fluxo de gestão hídrica é possível destacar que foram adotadas alternativas tecnológicas visando o abastecimento da população. A primeira das alternativas é o reúso, que é chamada no País por “Sistema NEWater”, que segundo Smiderle *et al.* (2021) possui cinco plantas, é utilizado para uso potável indireto, lançando a água em reservatório durante o período seco, e fornece até 40% da demanda de água em Singapura, principalmente para fins industriais e de refrigeração, com perspectiva de atender até 55% da demanda até 2060.

O Sistema NEWater utiliza uma tecnologia avançada que trata as águas residuais em três etapas: i) microfiltração; ii) osmose reversa, e; iii) desinfecção por radiação ultravioleta (Singapura, 2022b). Foi realizado um extenso trabalho educacional visando a aceitação da população para a água de reúso, representando um modelo bem-sucedido para aumentar a disponibilidade hídrica de uma região de escassez.

Para o efluente chegar nas estações de tratamento, existe um Sistema de Esgoto em Túnel Profundo (DTSS), que é uma extensa tubulação subterrânea que transporta as águas residuais inteiramente por gravidade para três estações. A primeira fase do DTSS foi inaugurada em 2008 e uma segunda fase está em obras, cobrindo ainda mais o território do País³.

Ao contrário de grande parte da bacia do Rio Paraíba, Singapura tem uma alta pluviosidade, permitindo uma ampla rede urbana de drenagem que serve também para captação da água da chuva, que corresponde aproximadamente dois terços da área do país servindo de bacias de

³ Disponível em: <<https://www.pub.gov.sg/Professionals/Requirements/Used-Water/DTSS>>.

captação (Singapura, 2022a). Para complementar o sistema, Singapura também possui usinas de dessalinização, que tem se tornando uma importante fonte hídrica para o País, principalmente em épocas de estiagem (Singapura, 2022a).

O que faz com que Singapura seja um caso de sucesso na gestão de recursos hídricos é a gestão integrada das fontes de recursos, que se complementam e são destinadas a diferentes atividades, além da política de conscientização ambiental para utilização da água de reúso.

Tecnologias adotadas no Brasil

O Brasil também tem apostado em alguns modelos para tentar aumentar a eficiência da gestão hídrica, principalmente pós crise hídrica que se iniciou em 2012 e se estendeu até 2018 em algumas regiões, como no caso da bacia do Rio Paraíba. A crise hídrica afetou muito a dinâmica de abastecimento público tanto no semiárido, quanto em regiões com alta densidade populacional, como é o caso da região metropolitana de São Paulo, que já se fala em segurança hídrica com vazão de referência com falha na ordem dos 2%.

Fato é que mesmo em situações distintas, têm se pensado em medidas que visem garantir o abastecimento da população, capaz de superar também períodos de estiagem e de mudanças climáticas. Tanto no semiárido quanto nas regiões mais densas, há um crescente interesse pela implementação da prática do reúso, que consiste em tratar as águas residuais e utilizar principalmente na agricultura.

Smiderle *et al.* (2021) cita que nacionalmente, até o ano do estudo, apenas São Paulo, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro tinham regulação sobre o reúso, mesmo que com grandes diferenças entre os estados quanto aos padrões e o tipo de uso das águas.

Na área da bacia do Rio Paraíba, tem se concentrado uma importante força de estudo sobre esse tipo de tecnologias. A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em parceria com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA) tem desenvolvido projetos e pesquisas voltados à implementação *wetlands* no semiárido brasileiro, inclusive com um projeto prático na área da bacia em Sumé/PB, com aplicações utilizando a água de reúso para a agricultura familiar.

De acordo a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), os *wetlands* são construídos com leitos preenchidos por brita ou areia, onde neles são plantadas macrófitas aquáticas, que fazem o papel de remover contaminantes através de processos físicos, químicos e biológicos. Segundo o estudo, os sistemas são alternativas para regiões semiáridas por conta da eficiência na remoção de poluentes e pelo baixo custo de energia e manutenção.

Outra tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA, mais voltada para as áreas rurais, e destinada a tratar de forma eficiente o esgoto do vaso sanitário (água com urina e fezes humana), é a fossa séptica biodigestora. Essa é uma solução que consiste em caixas interligadas, cuja única manutenção é adicionar mensalmente uma mistura de água e esterco bovino, que serve para fornecer as bactérias utilizadas na biodigestão dos dejetos, transformando-os em adubo orgânico. Essa tecnologia, de acordo com a EMBRAPA (2015), oferece uma solução de fácil

instalação e manutenção, baixo custo de aquisição, sem gerar odores desagradáveis e ainda contribuir para a economia das famílias economizando em insumos que são substituídos pelo efluente gerado do sistema.

Na mesma linha das fossas sépticas biodigestoras, os círculos de bananeiras também são alternativas para áreas rurais, onde o efluente promove a recarga do lençol freático, diminui o consumo de água tratada para irrigação, mantém os nutrientes locais, diminui o volume de esgoto e o impacto deles nas redes de tratamento, e causa uma menor demanda de energia e produtos químicos (Sabei & Bassetti, 2013).

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Piancó-Piranhas-Açu (2018), bacia limítrofe com a Bacia do Rio Paraíba, também apostou no reúso como uma das soluções para melhor gerenciar a água do semiárido. A revisão do instrumento em 2023 manteve as proposições da primeira versão colocando em pauta um subprograma (1.4.2 - Reúso de águas residuárias) destinado especificamente a esta prática, contendo duas ações:

- 1.4.2.1 - Realização de estudo sobre potencial de reúso na bacia

Com um custo previsto de R\$ 1,3 milhão, segundo o PRH Piancó-Piranhas-Açu (2018), a ação já foi iniciada pela ANA, que fará um estudo para estimar a produção e oferta de efluentes, o índice de tratamento e a identificação das possíveis demandas para esta água. O estudo poderá abordar normativas, podendo dar indicativos para uma futura regulamentação do tema.

- 1.4.2.2 - Implantação de projeto-piloto de reúso de água para agricultura

A ação com previsão de custo de R\$ 5 milhões será realizada após os resultados da primeira ação já iniciada, além da utilização de recursos previstos da cobrança pelo uso da água. Serão quatro projetos-pilotos, sendo implantados três no estado do Rio Grande do Norte e um na Paraíba, utilizando as águas residuárias para fins de agricultura.

Além do reúso, técnicas eficientes de irrigação se destacam para diminuir a utilização de água na agricultura, promovendo um ambiente mais sustentável do ponto de vista hídrico. O gotejamento é a técnica que mais se destaca em regiões do semiárido, onde as pequenas quantidades de água são aplicadas diretamente na cultura, diminuindo as perdas por evaporação e percolação. Também é possível combinar a técnica do gotejamento com a água de reúso, transformando o ambiente ainda mais sustentável com um aproveitamento muito mais eficiente dos recursos hídricos.

Quando se trata de fornecimento de água, também tem se consolidado como alternativa estratégica para incremento da disponibilidade hídrica, a dessalinização. O Programa Água Doce, iniciativa do Governo Federal, tem promovido a instalação de dessalinizadores em diversas localidades do semiárido brasileiro⁴. A implementação de sistemas de dessalinização,

⁴ Disponível em: <<https://brasil61.com/n/semi-arido-novos-sistemas-de-dessalinizacao-chegam-a-al-ba-ce-pb-pi-se-e-mg-pmdr242811>>.

principalmente operados por osmose reversa, tem auxiliado no abastecimento de comunidades rurais, no entanto a destinação do concentrado salino gerado no processo ainda representa um desafio ambiental, necessitando soluções para seu descarte (Amaral, 2021).

A integração dessas tecnologias é essencial para garantir a qualidade de vida e a segurança hídrica em regiões de escassez, como no semiárido. A Bacia do Rio Paraíba tem uma grande vocação para receber grande parte dessas práticas já utilizadas e que vêm sendo difundidas tanto no Brasil quanto no exterior.

8.1 DEFINIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS PARA REDUÇÃO DA CARGA POLUIDORA

As limitações descritas ao longo do relatório impedem as estratégias convencionais para redução da carga poluidora, principalmente para o tratamento e lançamento de esgotos, o que exige soluções que se adequem as condições locais. Com este enfoque, é necessário considerar principalmente o saneamento básico, de forma direta do eixo do esgotamento sanitário, e de forma indireta, no eixo dos resíduos sólidos, que são dois dos anseios que mais apareceram no processo participativo de mobilização social e na consulta pública do diagnóstico.

8.1.1 Esgotamento sanitário

O item 6.5 evidencia a necessidade latente da Bacia em encontrar soluções para mitigar o lançamento, principalmente, das cargas geradas pela população concentrada em centros urbanos. Para que se tenha êxito no processo de melhoria da qualidade ambiental da bacia, a ampliação da cobertura de coleta e tratamento de esgotos precisar estar amparada em soluções técnicas que permitam a destinação adequada dos efluentes tratados, de preferência, sem depender exclusivamente da diluição nos corpos receptores, principalmente nas regiões do Taperoá, Alto e Médio Paraíba, que possuem uma maior densidade de rios intermitentes.

Além da coleta e tratamento do esgoto urbano, também é necessário adaptar soluções para pequenos conglomerados rurais, áreas com pequenas densidades populacionais que inviabilizem soluções coletivas de grande porte, e até residências unifamiliares, que podem ter alternativas economicamente acessíveis e que tratam e destinam os efluentes de maneira adequada.

8.1.1.1 Medidas previstas no PERH-PB (2022)

Aderente aos problemas também identificados no Plano da Bacia do Rio Paraíba, o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB) destinou um programa especificamente ao saneamento básico (programa 3.2.2), dando mais ênfase ao abastecimento de água (subprograma 3.2.2.1) e no tratamento do esgotamento sanitário (subprograma 3.2.2.2).

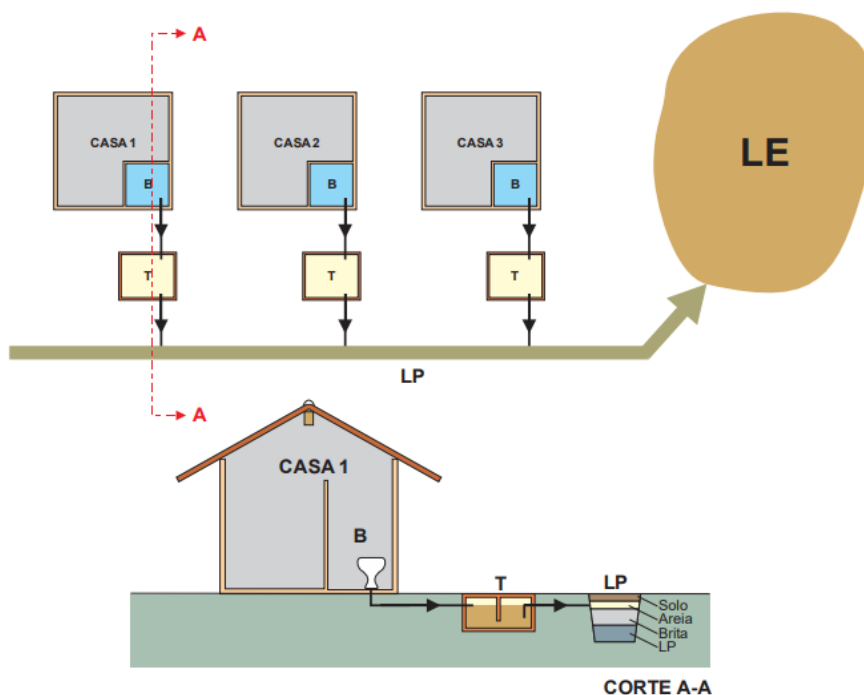
Em relação ao esgotamento sanitário, o objetivo é ampliar os sistemas convencionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgoto, bem como implantar sistemas não convencionais ou simplificados em áreas rurais. O Plano prevê que, até 2031, 100% dos

municípios da Paraíba contam com cobertura total de esgotamento sanitário nas zonas urbanas e 75% nas zonas rurais. Para viabilizar essas ações, está estimado um investimento total de R\$ 1,8 bilhão para o estado da Paraíba.

Deste montante, R\$ 627 milhões serão destinados à bacia do Rio Paraíba, sendo R\$ 479 milhões para a coleta e do transporte de esgoto nas sedes municipais, onde há um déficit de 30,19% no atendimento. Em relação ao tratamento dos efluentes, a bacia apresenta um déficit de 62,50% no serviço. Com o objetivo de reduzir esse índice, o Plano prevê o investimento de R\$ 148 milhões em ações.

Para as zonas rurais está prevista a instalação de 40 unidades de Microbacias Endorreicas (ME), 20 Leitos Percolados (LP) e 60 sistemas de Controle por Vegetação (CV), totalizando um investimento de aproximadamente R\$ 123 mil. Os leitos percoladores são sistemas compostos por camadas de materiais filtrantes, como pedras e areia, que permitem a percolação dos efluentes, onde microrganismos degradam os poluentes, como matéria orgânica e nutrientes. Já a interceptação por vegetação utiliza plantas para tratar os efluentes, aproveitando suas raízes para absorver nutrientes e poluentes, como metais pesados. A Figura 8.3 e a Figura 8.4 ilustram o funcionamento, de um LP e um CV, respectivamente.

Figura 8.3 - Sistemas não convencionais (fossa combinada com leito percolador).

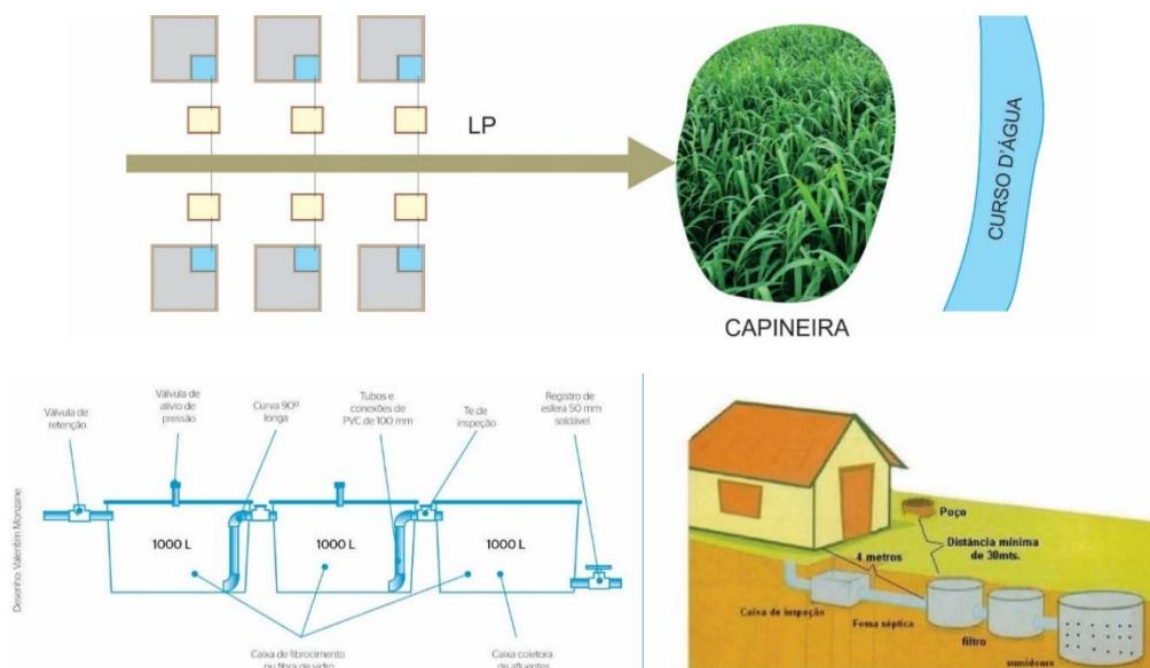


Legenda:

T: Tanque Decantador; LP: Leito Percolador; LE: Lagoa Endorreica

Fonte: Paraíba (2022).

Figura 8.4 - Sistemas não convencionais (interceptação por vegetação e fossas).



Fonte: Paraíba (2022).

Quando os investimentos são segregados por bacia, nota-se uma previsão de recursos muito maior para a área do Baixo Paraíba, conforme mostra a Tabela 8.1. Embora a região tenha mais opções para diluição do efluente e possibilidade de emissários no litoral, é onde se concentra a maior parte da população urbana da bacia do Rio Paraíba.

Tabela 8.1 - Custos previstos para o subprograma de esgotamento sanitário (R\$ 1.000)

Sub-bacia	Coleta e transporte de esgoto em sedes municipais	Tratamento e disposição final	Sistemas não convencionais	Total
Alto Paraíba	R\$ 29.582,17	R\$ 3.407,01	R\$ 30,72	R\$ 33.019,90
Médio Paraíba	R\$ 80.591,09	R\$ 36.926,15	R\$ 30,72	R\$ 117.547,96
Baixo Paraíba	R\$ 337.929,03	R\$ 102.294,29	R\$ 30,72	R\$ 440.254,04
Taperoá	R\$ 31.621,02	R\$ 8.336,96	R\$ 30,72	R\$ 39.988,70
Bacia do Rio Paraíba	R\$ 479.723,30	R\$ 147.810,07	R\$ 122,87	R\$ 627.656,24

Fonte: Paraíba (2022).

8.1.1.2 Medidas previstas no Atlas Esgotos (2017)

Já o Atlas Esgotos (ANA, 2017) realizou o diagnóstico da situação do esgotamento sanitário em todos os municípios brasileiros e indicou os investimentos necessários para melhorar a qualidade da água nos cursos d'água e recuperar as áreas ambientais mais impactadas. Para os municípios que integram a bacia do Rio Paraíba, foram previstos investimentos da ordem de R\$ 1,5 bilhões.

Para 2035, é previsto um crescimento populacional de aproximadamente 19% na bacia do Rio Paraíba em relação a 2013, o que implicará em um aumento proporcional na carga de lançamento de DBO nos corpos hídricos.

Em 2013, a maioria dos municípios da bacia apresentava índices de coleta de esgoto sem tratamento inferiores a 50%, enquanto os índices de coleta com tratamento eram próximos de 0%. O Atlas Esgotos estabelece como meta alcançar 90% de cobertura com Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em todos os municípios integrantes da bacia. Para atingir esse objetivo, são estimados investimentos de R\$ 967 milhões em coleta e R\$ 608 milhões em tratamento de efluentes.

8.1.1.3 Alternativas aderentes ao semiárido

Além das soluções previstas no PERH-PB (2022) e no Atlas Esgotos (ANA, 2017), é possível utilizar outras técnicas, que já se mostraram eficazes em outras regiões do território nacional ou em outros países, conforme descrito no início deste tópico. Uma das tecnologias que pode ser aplicada na bacia, é dos *wetlands*, que já foram amplamente estudados com diversos projetos implementados, inclusive na bacia do Rio Paraíba, em Sumé, através da parceria entre a UFCG e o INSA, e que demonstraram uma eficiência adequada na remoção de nutrientes, aliados a um baixo custo operacional e uma alta adaptabilidade, podendo ser utilizado inclusive em pequenas comunidades rurais, permitindo inclusive o reaproveitamento do efluente para reúso agrícola.

A implantação de *wetlands* apresenta um custo aproximadamente 30% inferior ao de unidades convencionais de tratamento de esgoto, além de demandar de 10% a 20% menos recursos operacionais. Esses sistemas também se destacam pelo baixo consumo de energia, pela não utilização de produtos químicos e pela necessidade reduzida de manutenção (Perondi *et al*, 2020). Esse sistema pode ser realizado localmente, em residências, ou em maior escala, necessitando apenas de espaço para a sua implantação, demandando de 1 a 2 m² para cada 160 litros diários de vazão, o que corresponde em média a produção de esgoto de 1 habitante (Fadanelli *et al*, 2019).

Um estudo demonstrou que, para uma habitação com 10 habitantes, o custo para implementação ficaria em R\$ 25 mil, sendo aproximadamente R\$2,5 mil por habitante (Perondi *et al*, 2020). No entanto, outros estudos indicam que esse valor pode ser significativamente menor em projetos de larga escala, podendo chegar a R\$ 700 por habitante (Aguiar, 2020). Desse modo, a implantação de *wetlands* se apresenta como uma alternativa viável e econômica para o tratamento de esgoto, especialmente quando comparada aos sistemas convencionais. Embora os custos iniciais variem conforme a escala e a localização, o investimento em *wetlands* proporciona benefícios substanciais, como a redução de custos operacionais, baixo consumo energético, ausência de produtos químicos e facilidade de manutenção.

Os círculos de bananeira representam uma solução eficaz para o tratamento de uma parte dos efluentes domésticos, conhecidos como águas cinzas, que representam de 50% a 82% o volume total de efluentes de uma residência. Esses efluentes são originados de atividades como cozinhar, lavar louças, utilizar máquinas de lavar e chuveiros. A construção e o manejo dos círculos de bananeira são simples, e em um círculo de apenas dois metros de diâmetro, é

possível tratar o efluente localmente, oferecendo uma alternativa prática e de baixo custo para o tratamento de águas residuais (Perjessy, 2017).

Para uma residência de até seis pessoas o custo para a implantação seria de R\$ 1,8 mil, englobando toda a construção e manejo do sistema (Souza, 2018). Após a construção, o sistema demanda pouca manutenção e não requer o uso de produtos químicos, o que o torna uma solução mais sustentável e econômica. Os círculos de bananeira se apresentam, assim, como uma alternativa eficiente, especialmente em regiões de baixa densidade populacional, contribuindo não apenas para o tratamento do esgoto doméstico, mas também para a recarga subterrânea, já que o efluente tratado é destinado ao subsolo.

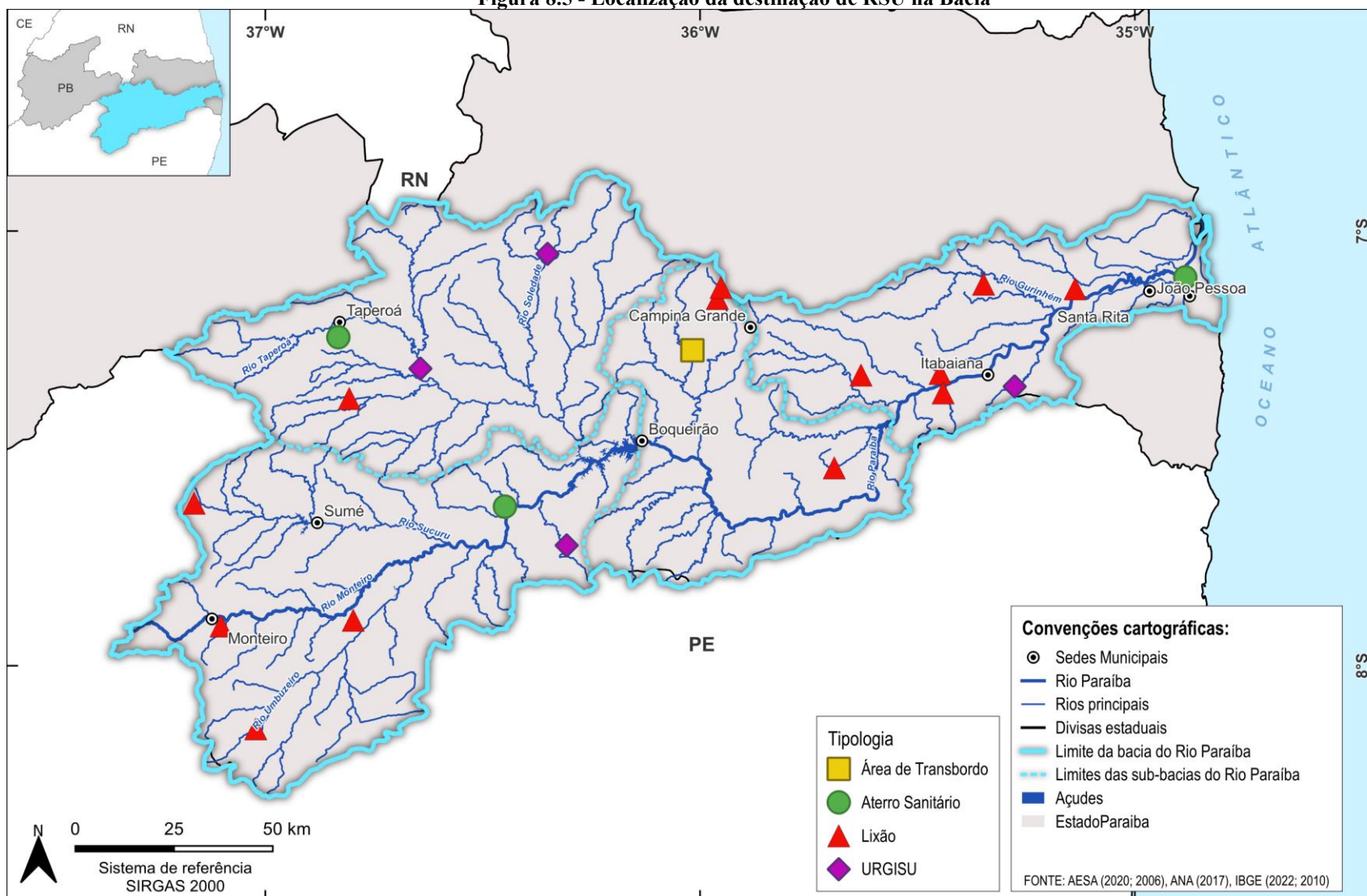
8.1.2 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos também apresentam um grande potencial de contaminação e poluição hídrica caso não sejam dispostos corretamente. A implantação de locais controlados, com coleta seletiva, triagem, e solução final adequada dos resíduos é essencial para mitigar os impactos sobre os mananciais superficiais e subterrâneos.

Uma alternativa eficaz no caso dos resíduos sólidos é o sistema de gestão integrada, onde mais de um município destina seus resíduos para um mesmo local com infraestrutura adequada para receber os resíduos. Essa prática reduz custos e aumenta as possibilidades de destinação adequada. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS (2014) da Paraíba também propõe ações do setor visando a regionalização do serviço, embora não apresente valores para adequação dos serviços.

Atualmente, de acordo com as informações disponibilizadas pela SUDEMA, em 2025, os municípios da bacia possuem 104 destinações de resíduos sólidos urbanos, sendo que esse número é maior que o número de municípios, porque um município pode destinar seus resíduos para dois locais com tipos de tratamento distintos. Deste total, 80% são dispostos em lixões, e o restante divididos entre aterros sanitários, Unidade de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbano, áreas de transbordo e incineradores. A Figura 8.5 mostra a localização das estruturas presentes na bacia.

Figura 8.5 - Localização da destinação de RSU na Bacia



Fonte: SUDEMA (2025).

Portanto, o saneamento básico é visto como o grande pilar de melhoria e mitigação das cargas poluidoras na Bacia do Rio Paraíba. É preciso ter uma integração eficiente entre as políticas de saneamento e os instrumentos de gestão de recursos hídricos. Essa interface também deve propiciar o avanço na regulação, na capacitação e no incentivo às tecnologias e soluções apropriadas para a realidade local.

Sobre os resíduos sólidos, o PERH (2022) destinou um subprograma mais voltado à proteção dos recursos hídricos em relação aos lixões, sendo previstos R\$ 5 milhões em investimentos, exclusivamente para a bacia do Rio Paraíba, considerada o principal eixo abastecedor do estado. As ações previstas concentram-se em educação ambiental, por meio de oficinas e treinamentos, além da realização de diagnóstico e monitoramento dos lixões situados próximos a corpos hídricos. Desse montante, R\$ 2,5 milhões serão aplicados no mapeamento e diagnóstico territorial para identificação de lixões; R\$ 1,3 milhões serão destinados à elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas por esses lixões; e R\$ 1,3 milhões serão investidos em ações de sensibilização da sociedade.

8.2 IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DAS DISPONIBILIDADES QUANTITATIVAS DA ÁGUA

Para enfrentar os desafios da escassez hídrica no semiárido, diversas alternativas de incremento de disponibilidade hídrica têm sido consideradas e implementadas ao longo dos anos. Entre essas alternativas, destacam-se a construção de açudes, o reúso de águas residuais tratadas e o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), alternativas que serão detalhadas ao longo deste capítulo.

8.2.1 Açudes

A estratégia de incremento de disponibilidade hídrica mais utilizada no semiárido brasileiro é a construção de açudes, que são reservatórios dimensionados para acumular a água do período chuvoso para ter água durante todo o ano, inclusive nos períodos de escassez hídrica.

Essa prática começou a ganhar força no território nacional no Império, entre as décadas de 1860 a 1880, onde foram realizados diversos estudos por uma comissão criada e denominada de Comissão das Secas, cujo objetivo era propor alternativas para mitigar as consequências das secas no nordeste brasileiro. A Comissão elencou como principal proposta a construção de açudes nas áreas mais afetadas pela seca, com o intuito de ampliar a reserva hídrica em períodos chuvosos para ser utilizada na seca (Castro, 2025).

De acordo com Castro (2025) outras propostas foram sendo avaliadas a partir dos anos 2000, algumas eventualmente foram sendo utilizadas, como o PISF, construção de cisternas e utilização de carros pipas, porém, os açudes nunca deixaram de ser a alternativa central.

Essas infraestruturas de reservação de água, que podem ser consideradas práticas para o incremento da disponibilidade hídrica, também são utilizadas ao longo de toda a extensão da

bacia do Rio Paraíba, com destaque para alguns açudes de grande porte, como Epitácio Pessoa (Boqueirão) e Acauã, este último, construído também com a função de controle de cheias.

Nas discussões sobre alternativas para incremento hídrico na bacia muito se fala na construção de novos açudes, prática essa, que precisa levar em consideração diversos fatores ambientais, hidrológicos e estratégicos do ponto de vista institucional.

Um dos pontos negativos sobre a construção de mais açudes para o incremento da disponibilidade hídrica através da criação de volumes maiores de regularização está relacionado com o risco de salinização. Aziz Ab'Saber (2007) já comentava sobre uma característica dos rios do nordeste que os tornava com baixa salinização:

“Todos os rios do Nordeste, em algum tempo do ano, chegam ao mar. Essa é uma das maiores originalidades dos sistemas hidrográfico e hidrológico regionais. Ao contrário de outras regiões semiáridas do mundo, em que rios e bacias hidrográficas convergem para depressões fechadas, os cursos d'água nordestinos, apesar de serem intermitentes periódicos, chegam ao Atlântico pelas mais diversas trajetórias. Daí resulta a inexistência de salinização excessiva ou prejudicial no domínio dos sertões” (AB'SABER, 2007).

Ao reter em reservatórios essas águas, que de forma natural transportariam sedimentos e minerais para o mar, facilita-se a deposição dos sedimentos nesses reservatórios (assoreamento) bem como uma maior concentração de sais dissolvidos. A alta intensidade da evaporação faz com que grande parte desses sais dissolvidos fique concentrada nos açudes e pequenas cacimbas na medida em que vão desaparecendo ao longo da estação seca, o que é observável por depósitos nas margens desses corpos d'água. Com o tempo tais depósitos podem inviabilizar a utilização das águas desses açudes e cacimbas, que passam a apresentar águas “salobras” e com concentrações de sólidos dissolvidos acima dos padrões recomendados para consumo humano ou animal.

A alta taxa de perdas por evaporação em climas como do semiárido paraibano também é uma condicionante importante a ser analisada quando se decide construir um reservatório deste tipo. Este fenômeno pode ser considerado uma das maiores causas de perdas de água nos açudes, com grande impacto na disponibilidade hídrica. O balanço hídrico da bacia mostra que em alguns casos essa perda supera as demandas hídricas dos reservatórios.

É possível também considerar outras alternativas para reservar água, como nos exemplos citados no início deste item, através de reservatórios subterrâneos ou recargas em aquíferos.

8.2.2 Reúso

Abrigando grande parte da bacia do Rio Paraíba, o semiárido, que possui características como baixa precipitação anual com distribuição irregular das chuvas, alto índice de evapotranspiração, e demais nuances amplamente discutidas neste item e em toda elaboração do Plano, necessita de alternativas e estratégias que tornem o uso da água o mais eficiente possível.

Essas condições tornam o reúso peça-chave na gestão integrada dos recursos hídricos, porque a prática traz: (i) incremento da disponibilidade hídrica na região; (ii) contribui para a redução da carga poluidora nos corpos hídricos, já que o efluente que seria destinado aos corpos hídricos para diluição será destinado para outra finalidade, e (iii) é capaz de gerar renda, saúde, emprego e produção de alimentos para agricultores familiares (Universidade Federal do Sergipe, 2020).

A técnica do reúso consiste na reutilização de efluentes provenientes de demandas já existentes, para o atendimento de novas demandas. É possível subdividir a água do reúso de acordo com as diferentes aplicações em que ela será utilizada, definindo então, um grau de tratamento e a forma de aplicação, mas em geral, se divide entre potável e não potável, e, direto e indireto. Alguns autores e pesquisadores também dividem em planejado e não planejado, porém, quando se emprega uma tecnologia para o reúso, pode-se afirmar que é planejado, prática que estará sendo tratada nesse item. O reúso não planejado é aquele que ocorre em situações que existe lançamento de esgoto, tratado ou não, em corpos hídricos a montante de captações de água.

O reúso da água, quando planejado, deve estar vinculado a um rigoroso controle sobre a destinação e a qualidade da água de reúso, podendo até ser potável, que é quando esse efluente tratado retorna para o sistema de abastecimento para consumo humano. O reúso para fins potáveis ainda é um embrião na legislação brasileira e ainda não se tem normativas claras que regulamentem essa prática, principalmente pela necessidade de um alto grau de segurança, controle e regulação, por conta dos riscos à saúde pública caso critérios de qualidade não sejam cumpridos. Já a prática do reúso não potável é muito mais disseminada e regulamentada, principalmente destinando os efluentes para irrigação, uso industrial e lavagens urbanas. A Figura 8.6 mostra os principais tipos de reúso.

Figura 8.6 - Tipos de reúso



Fonte: Adaptado de Hespagnol (2015).

8.2.2.1 Tecnologias de Tratamento

A qualidade da água de reúso precisa ser compatível com seu uso final. Para que se chegue em um nível adequado de qualidade, é possível utilizar diversas tecnologias de tratamento, que visam garantir a remoção dos contaminantes para alcançar os padrões necessários estabelecidos. É importante salientar que a escolha do tratamento também é escolhida levando em consideração as características do efluente bruto e as condições do local de aplicação.

Os processos de tratamento podem ser subdivididos em tratamento primário, que trata da remoção dos sólidos, do tratamento secundário, que têm como objetivo remover a matéria orgânica, e o terciário, que têm uma aplicação maior em relação aos nutrientes e patógenos. O tratamento terciário é essencial caso o reúso tenha fins de abastecimento humano.

Estudos elaborados para a região sudeste identificaram as diversas tecnologias que podem ser empregadas no reúso, desde as mais sofisticadas, como:

- Tratamento Convencional: amplamente utilizada em estações de tratamento de água, é composta por processos de coagulação, floculação, decantação e filtração.
- Precipitação Química de Fósforo: utilizada para remoção de nutrientes, principalmente fósforo solúvel, é realizada por meio da adição de sais metálicos (como sulfato de alumínio ou cloreto férrico).
- Biorreatores com Membrana (MBR): integram o tratamento biológico com uma barreira física de membranas. São altamente eficazes na remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e nutrientes.
- Microfiltração e Ultrafiltração: utilizam membranas porosas que permitem a remoção de partículas finas, colóides e microrganismos. Podem substituir a clarificação convencional ou atuar como pré-tratamento em sistemas mais complexos.
- Osmose Reversa (OR) e Nanofiltração (NF): empregadas para remover sais dissolvidos e outros contaminantes dissolvidos.
- Troca Iônica e Eletrodialise: aplicadas para remoção de espécies iônicas.
- Processos Oxidativos Avançados (POA): envolvem a geração de espécies altamente reativas, que atacam e degradam compostos orgânicos recalcitrantes, como fármacos, hormônios e pesticidas. Também pode promover desinfecção quando utilizados adequadamente.
- Radiação Ultravioleta (UV): a desinfecção por UV é eficaz contra bactérias, vírus e protozoários. No entanto, sua eficácia depende da baixa turbidez da água. É frequentemente utilizada como etapa final de tratamento.

Como também podem ser utilizadas tecnologias mais rudimentares, mas que se aplicam perfeitamente bem a locais de baixa concentração populacional, como áreas rurais ou pequenos aglomerados, como os *wetlands*, fossas biodigestoras e círculo de bananeiras, que são extremamente eficazes para seus propósitos e são acessíveis do ponto de vista financeiro para implementação e manutenção. Na bacia do Rio Paraíba já se tem utilizado esse tipo de estratégia em projetos-piloto como descrito no início deste item.

Uso Industrial – Resfriamento: Serve para sistemas de resfriamento nas indústrias e tem como tratamento principal a remoção de qualquer tipo de sólidos dissolvidos, bactérias ou nutriente que possam causar corrosão nos equipamentos. O tratamento então inclui filtração, controle químico e desinfecção, podendo variar bastante de acordo com a necessidade da indústria e seus equipamentos utilizados (EPA, 2012).

Uso Industrial – Caldeiras: Para utilização em caldeiras, a maior necessidade é a eliminação quase completa dos sais e contaminantes que possam comprometer os equipamentos de troca de calor. Pode ser utilizado tratamento por osmose reversa, troca iônica e desmineralização (EPA, 2012).

Reúso Potável (Indireto ou Direto): É o tipo de reúso que mais exige qualidade da água, já que o destino do efluente tratado é o consumo humano. Esse tipo de reúso requer um controle extremamente rigoroso de qualidade e necessita do que é chamado de múltiplas barreiras, com tratamentos complexos passando por membranas, ultrafiltração, osmose reversa, processos oxidativos e desinfecção com UV ou cloração (EPA, 2012).

Recarga de aquíferos: Outro tipo de uso não abordado na Figura 8.7 por ter características muito heterogêneas, é a água de reúso para a recarga de aquíferos. Segundo a EPA (2012), a recarga pode ser feita de forma direta, com injeção em poços, ou indireta, por infiltração superficial.

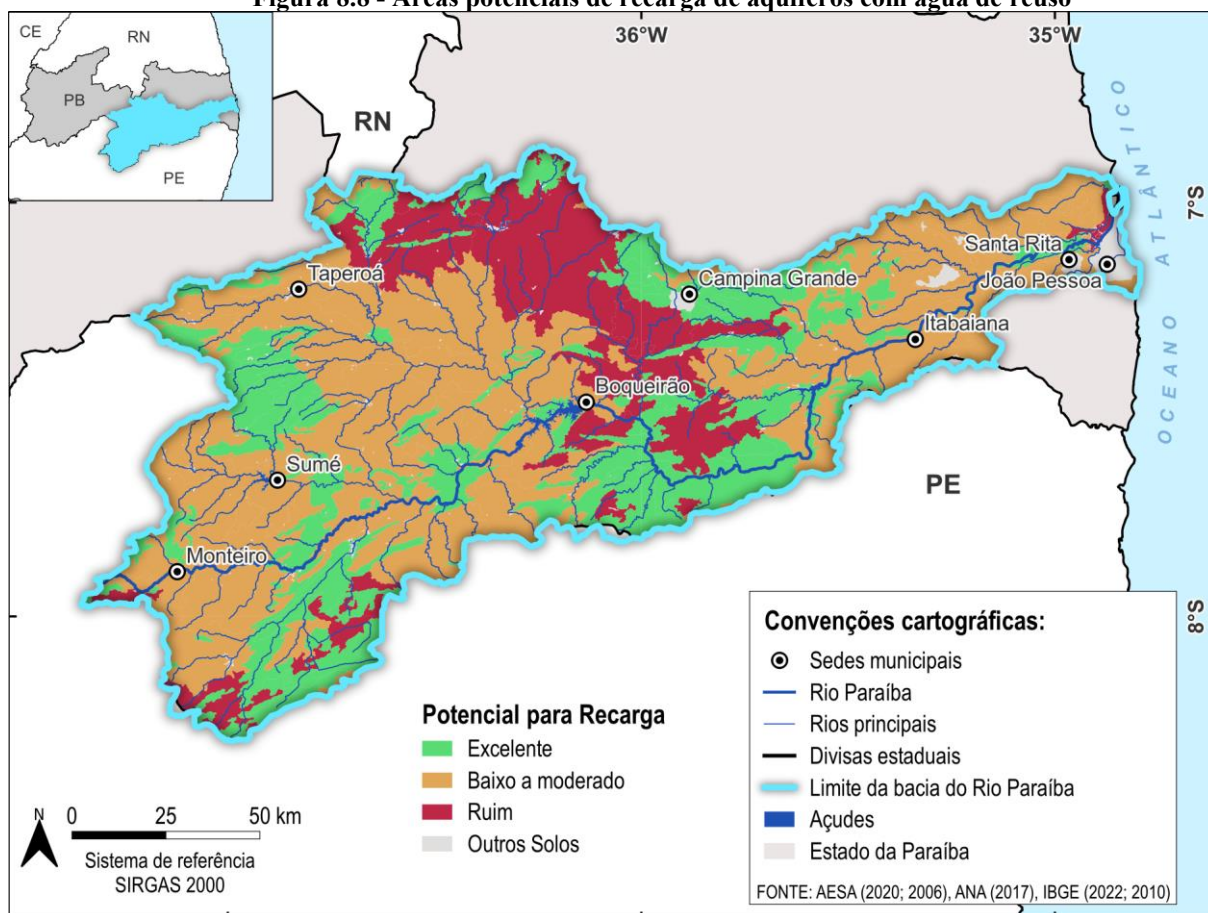
A viabilidade da recarga artificial de aquíferos ou a utilização de depósitos subterrâneos por infiltração depende basicamente das características físicas do solo. Os solos arenosos ou com bom tamanho granular tendem a ter maior capacidade de condução vertical da água, favorecendo tanto o armazenamento quanto a recarga natural ou induzida.

Segundo a EMBRAPA (2018), os Neossolos Flúvicos, por ter origem aluvionar e alto grau de permeabilidade, são excelentes para esse fim, além de estarem presentes normalmente em planícies de inundação e margens dos rios. Os Cambissolos, embora com maior variabilidade, podem ser considerados moderadamente favoráveis à infiltração, porém necessitam de avaliação individual.

Já os Argissolos e Luvisolos tendem a restringir o movimento da água em profundidade, o que limita sua eficiência para recarga artificial (IBGE, 2007). Solos argilosos ou hidromórficos, como Vertissolos e Gleissolos, apresentam alta capacidade de retenção de água na camada superficial, porém baixa condutividade hidráulica, sendo considerados inadequados para infiltração.

A Figura 8.8 mostra um mapa com o potencial de recarga de aquíferos ou armazenamento induzido através de água de reúso, levando em consideração apenas o tipo e as características do solo. É importante ressaltar a escala do Plano de Bacia, e que para essas práticas, precisam ser realizados estudos específicos de análise dos solos, podendo ser prevista no momento oportuno do plano de ações. Fato é que a recarga de aquíferos é uma atividade que pode ser mais bem avaliada para incremento de disponibilidade hídrica com significativas áreas potenciais na bacia, principalmente no alto e médio Paraíba.

Figura 8.8 - Áreas potenciais de recarga de aquíferos com água de reúso



Fonte: Cobrape (2025) com base em EMBRAPA (2018), IBGE (2007) e FAO (2015).

8.2.2.2 Experiências Internacionais

Em diversos países o reúso já é uma realidade consolidada, especialmente naqueles que possuem escassez hídrica. É notável que nos exemplos de gestão hídrica eficiente em áreas de restrições hídricas, citados no início deste capítulo, o reúso aparece como um dos pilares no ciclo da água.

Um dos exemplos mais avançados quando se trata de reúso é o programa NEWater, de Singapura. O sistema utiliza múltiplas barreiras tecnológicas para produzir água de reúso potável indireto, integrando microfiltração, osmose reversa e desinfecção por radiação ultravioleta. A água é então armazenada em reservatórios antes de ser reaproveitada pelas estações de tratamento convencionais. Além da excelência técnica, o programa investe fortemente em campanhas públicas de conscientização, contribuindo para a aceitação da população.

Israel também tem a água de reúso como uma das principais fontes para a agricultura do país. O sistema consiste em tratamento terciário, além de utilizar o solo e uma camada dos aquíferos como parte do tratamento (*Soil Aquifer Treatment*), além de possuir uma extensa tubulação capaz de distribuir a água de reúso de acordo com o nível de tratamento solicitado para a demanda futura.

Além de Singapura e Israel, países descritos anteriormente como casos de sucesso na eficiente gestão de recursos hídricos, outras regiões também tecnologias de reúso para incrementar a disponibilidade hídrica. Apenas a título de exemplo, podemos citar Estados Unidos e Espanha, entre os vários outros.

Nos Estados Unidos, vários estados implementaram estações de reúso para diferentes finalidades, com destaque para o projeto de *Edward C. Little Water Recycling Facility*, localizada em El Segundo, na Califórnia. A Estação é uma das maiores do País, com capacidade de tratar mais de 150.000 m³ por dia de efluentes através de uma combinação de várias tecnologias avançadas com tratamento terciário. A água da estação é utilizada em indústrias, limpeza urbana e paisagística e recarga de aquíferos. (EPA. 2012).

Já na Espanha, a região da Costa Brava é referência em reúso agrícola, com incentivos desde a década de 90 para utilização de efluentes tratados na agricultura e recarga de aquíferos.

As experiências internacionais também demonstram que o reúso oferece uma importante fonte de incremento de disponibilidade hídrica, mas envolve consigo um conjunto grande de desafios técnicos e culturais, necessitando de normatização e regulação, além de um diálogo com a sociedade para conscientizar e promover a utilização destes efluentes tratados.

8.2.2.3 *Estimativas de Custos*

A avaliação de custos para esses tipos de tecnologias envolve diversas variáveis que não é aderente à escala de um Plano de Bacia. São necessários estudos específicos que podem ser sugeridos na etapa de Plano de Ações para consolidar a prática. A função deste item é apenas apresentar alguns exemplos e mostrar que a prática pode ser utilizada tanto em larga escala quanto em ambientes de baixa densidade populacional.

O PDAAES-RMBS (2023) fez, com base em outras referências internacionais, algumas projeções de custos para implantação e operação de algumas tecnologias. Os custos de implantação incluem os investimentos necessários em infraestrutura, aquisição de equipamentos, instalações elétricas e hidráulicas, automação e eventuais sistemas de distribuição ou armazenamento. Esse custo tem uma grande faixa de variação relacionada com a escala e complexidade do projeto.

De acordo com o PDAAES-RMBS (2023), que compila referências internacionais ajustadas pelo índice CPI-U (*Consumer Price Index for All Urban Consumers*, EUA), os intervalos típicos de implantação por tecnologia são:

- MBR (Biorreator com membrana): US\$ 250 – 500/m³/dia
- Osmose Reversa (OR): US\$ 400 – 1.000/m³/dia
- Processos Oxidativos Avançados (POA): US\$ 100 – 140/m³/dia
- Radiação Ultravioleta (UV): US\$ 20 – 60/m³/dia

Esses valores se referem a sistemas de médio e grande porte (vazões entre 5 mil e 300 mil m³/dia).

Também foram analisados os custos operacionais, de mão de obra, monitoramento, reposição de componentes e energia elétrica. As estimativas do PDAAES-RMBS (2023) apresentam:

- MBR: cerca de US\$ 0,30 – 0,60/m³
- OR: cerca de US\$ 0,40 – 0,80/m³
- POA: US\$ 0,02 – 0,03/m³
- UV: US\$ 0,002 – 0,02/m³

A variação dos custos operacionais também depende de uma série de fatores, sendo o custo da energia elétrica um dos principais atributos na composição do preço, perfazendo cerca de 30% a 40% do custo total de operação.

Além desses custos para implantação de projetos de grande porte que exigem tecnologias sofisticadas, a realidade de semiárido brasileiro, principalmente voltado para a população rural e pequenos aglomerados, pede também soluções simples e de menor custo para essas localidades.

Como mencionado no item anterior, a implantação de *wetlands* representa um custo aproximadamente 30% inferior ao de unidades convencionais, além de gastar menos com operação e manutenção, com valores próximos de R\$ 2,5 mil por habitante (Perondi *et al*, 2020) podendo chegar a R\$ 700 em larga escala (Aguiar, 2020).

Já os círculos de bananeiras possuem um custo de implantação aproximado de R\$ 1,8 mil para uma residência de seis pessoas (Souza, 2018), o que seria um custo per capita de R\$ 600 reais, com a limitação de utilização em áreas de baixas densidades populacionais.

8.2.3 Projeto de Integração do São Francisco

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é uma das mais relevantes obras de infraestrutura hídrica no Brasil. Seu projeto foi concebido para mitigar os efeitos da escassez hídrica no semiárido brasileiro. O projeto chega ao estado da Paraíba através do Eixo Leste, desaguando suas águas em Monteiro/PB, dentro da Bacia do Rio Paraíba, seguindo pela calha do Rio Paraíba até chegar aos principais reservatórios da bacia, o que torna o projeto particularmente significativo para a região.

Ao interligar bacias hidrográficas e permitir o deslocamento de água de uma região com maior oferta para outra com demanda crescente, o PISF amplia a capacidade de reserva e distribuição dos recursos hídricos no estado. Porém, é previsto que com a implementação de novas infraestruturas relacionadas ao PISF, o consumo de água para uso urbano aumente progressivamente, já que um número cada vez maior de municípios passará a utilizar diretamente os recursos hídricos disponibilizados por esse sistema (Lobão, 2024).

A gestão desse sistema hídrico é conjunta e regulamentada por resoluções conjuntas da ANA e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Juntamente com as resoluções conjuntas que estabelecem critérios, são realizadas reuniões de alocação de água periodicamente, em que o estado solicita uma vazão para o sistema.

Mesmo com a infraestrutura em operação, para que o PISF gere incremento de disponibilidade hídrica em que o estado possa contar com determinada vazão, é preciso um fortalecimento institucional robusto, principalmente com outorgas bem definidas. Caso não existam normativas bem definidas, e que considerem as especificidades das regiões, como a sazonalidade, as mudanças climáticas e os períodos de escassez hídrica, a eficiência do projeto pode ser comprometida.

A gestão em períodos com volumes baixos nos reservatórios no São Francisco precisa ser explorada e bem definida, por exemplo, se o nível do reservatório de Sobradinho atingir níveis críticos, precisam ser estabelecidos critérios para destinação da água, ou senão, a garantia e o fornecimento da água para a Paraíba podem ser comprometidos (o item 4.5. apresenta exemplo de crise hídrica no São Francisco). Uma gestão eficiente com normas e acordos institucionais bem definidos é fundamental para assegurar o incremento hídrico da bacia.

Portanto, o PISF não pode ser visto apenas sob a ótica de uma solução de infraestrutura, mas como um modelo estratégico do estado para incremento de disponibilidade e aumento da segurança hídrica. Essa visão estratégica está diretamente alinhada com os níveis de risco que se pretende ter para suprir as demandas hídricas, amplamente abordado e detalhado ao longo deste produto com a elaboração dos cenários.

O PISF pode ser tratado como a principal alternativa de incremento hídrico para a Bacia do Rio Paraíba. A consolidação das diretrizes regulatórias é essencial para garantir que a transposição de água do São Francisco tenha uma contribuição efetiva no desenvolvimento da bacia. A descrição do projeto e suas nuances estão detalhados no item 4.5.

8.3 ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS

8.3.1 Medidas para redução da evaporação líquida em reservatórios artificiais

Diversas estratégias vêm sendo estudadas e desenvolvidas com o objetivo de mitigar as perdas por evaporação líquida em reservatórios artificiais, com foco na preservação do volume útil armazenado e na otimização do uso dos recursos hídricos.

A Tabela 8.2 apresenta um conjunto de medidas voltadas à redução da evaporação líquida em reservatórios artificiais.

Tabela 8.2 - Medidas de redução da evaporação líquida em reservatórios artificiais

Medida	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Quebra ventos	Consistem em uma barreira física colocada no entorno do corpo hídrico, como forma de minimizar a ação do vento no processo de evaporação, podendo ser utilizadas árvores de grande porte plantadas em volta do reservatório. Algumas espécies sugeridas para a região semiárida foram: acácia, eucalipto, leucena e algaroba.	Essa técnica possui eficiência de cerca de 35% na redução da evaporação e baixa manutenção. São eficientes em reservatórios de porte pequeno a grande.	A eficiência depende da permeabilidade, altura e orientação em relação ao vento. Além disso, possui um alto custo de implantação e na escolha das espécies vegetais adaptadas às condições locais.
Usinas de geração de energia flutuantes	Implantação das usinas nos espelhos d'água dos reservatórios. Os painéis solares reduzem a evaporação da água nos lagos e essas mesmas estruturas convertem a energia fotovoltaica em energia elétrica.	A eficiência é de cerca de 70% e possui baixo custo de manutenção, além de causar pouco impacto no corpo hídrico.	Possui alto custo de implantação e é mais recomendado para reservatórios de pequeno porte. Pode ser utilizado em reservatórios de porte maior, contudo, geralmente, é utilizado apenas em parte do reservatório.
Plantas aquáticas	Emprego de plantas aquáticas de folhas flutuantes com o intuito de reduzir a influência do vento e da radiação solar. As espécies mais utilizadas são: <i>Nymphaea alba</i> , <i>Nymphoides indica</i> e <i>Jussieua</i> . Indicada para reservatórios de pequeno porte.	As vantagens estão no seu baixo custo e na resistência nas mais variadas condições de clima.	Baixa eficiência (18%) e alteração das características da água.
Filmes monomoleculares de álcoois gordurosos	Atuam aumentando a tensão superficial da água, reduzindo a difusão molecular e reduzindo a evaporação. Esse material é insípido, inodoro, permite a passagem do oxigênio e do dióxido de carbono, não apresentando toxicidade para os seres vivos. Indicada para reservatórios de pequeno porte.	Boa eficiência (43%) e os compostos químicos empregados no filme são biodegradáveis.	Necessidade de reaplicação das substâncias químicas em decorrência da interação desses compostos com a poeira carregada pelo vento e o aumento da temperatura de água.
Pó fino (composto de calcário e surfactantes)	É despejado na superfície da água de maneira a formar uma película ultrafina invisível ao olho nu, reduzindo a transferência de vapor para a atmosfera. Indicada para reservatórios de pequeno porte.	A redução média é de cerca de 30%. Baixo custo inicial.	Requer reaplicações frequentes devido à dispersão por vento e chuvas.
Corpos artificiais flutuantes	Inseridos na superfície da água do reservatório, com o intuito de reduzir a incidência do vento e dos raios solares. Alguns exemplos são: placas de isopor, bolas de polietileno, hexágonos de plástico, telas de nylon e tela de polietileno. O material utilizado depende do porte do reservatório.	Alta eficiência, podendo ultrapassar 70%, dependendo da cobertura.	Alto custo na aquisição e manutenção dos corpos artificiais.

Medida	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Barragem subterrânea	Estrutura hidráulica com o objetivo de interceptar a água da chuva, a partir da construção de uma parede dentro do solo no sentido transversal à descida das águas.	Reduzir os efeitos das irregularidades climáticas na região semiárida. Aumento ao acesso e usos múltiplos da água.	Deve ser construída em lugares específicos, de preferência em leitos de rios e riachos de vazão média ou forte, em linhas de convergência de drenagem/caminhos d'água, em solos de textura arenosa a média, com declividade de até 2% e profundidade de até 4,5 metros, em ambientes de rochas cristalinas e sem ocorrência de sais.

Fonte: Oliveira *et al.* (2019); Nascimento *et al.* (2023).

Além das medidas citadas, no caso do semiárido e suas particularidades, o aumento do monitoramento de dados de evaporação em reservatórios pode trazer benefícios para a gestão hídrica, uma vez que com dados mais precisos e frequentes sobre as taxas de evaporação é possível melhorar a precisão dos balanços hídricos ao compreender melhor as perdas por evaporação líquida e contribuir para implementação de medidas de mitigação mais eficazes.

8.3.2 Redução de perdas no abastecimento urbano

A gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para garantir a sustentabilidade do abastecimento de água, minimizar desperdícios e otimizar a receita do setor. Para isso, é essencial um planejamento financeiro bem estruturado, que contemple tanto os custos relacionados à gestão da água quanto os investimentos em infraestrutura e manutenção, visando aprimorar a eficiência no setor.

Nesse contexto, entender a relação entre perdas hídricas e impactos financeiros torna-se um fator estratégico. A redução dessas perdas não apenas favorece a preservação dos recursos naturais, mas também representa uma oportunidade de aumento na receita, uma vez que volumes significativos de água tratada deixam de ser desperdiçados antes de chegar ao consumidor final.

Para realizar uma análise introdutória sobre custos e receitas no setor, foi conduzida uma pesquisa baseada em dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) e do Atlas Água. O objetivo foi avaliar o potencial de incremento no faturamento ao comparar o índice atual de perdas de cada município com a meta de 25% estabelecida para 2034, conforme a Portaria nº 490, de 22 de março de 2021.

Nesta análise, foram utilizados os dados mais recentes disponíveis no SINISA. De modo geral, o ano de 2022 foi adotado como referência nos municípios do PRH-RPB. Contudo, nos municípios de Barra de Santana, Desterro e Junco do Seridó, os dados mais recentes eram de 2021, enquanto em Riachão do Bacamarte e Tenório, a última base disponível correspondia a 2019. Além disso, 10 municípios não apresentaram dados suficientes para análise, sendo eles: Alcantil, Amparo, Gado Bravo, Juazeirinho, Riacho de Santo Antônio, Riachão do Poço, Santa Cecília, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Zabelê.

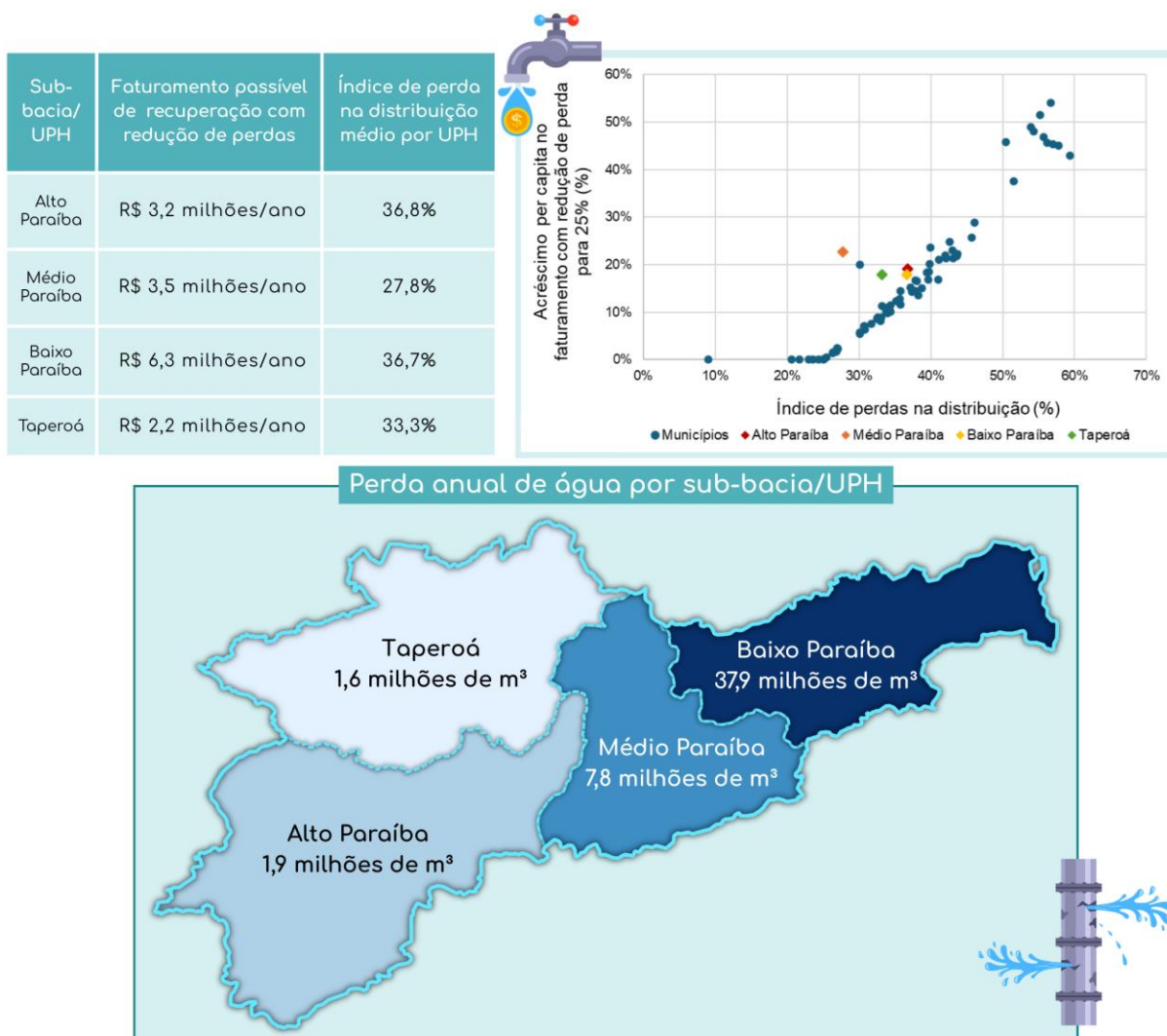
A partir das informações disponíveis, foi possível estimar o impacto financeiro dessa redução no índice de perdas na distribuição. Além dos benefícios econômicos diretos, a redução das

perdas também pode resultar em menor necessidade de captação de água bruta, redução nos custos de tratamento e distribuição, além de ganhos ambientais e sociais.

A Figura 8.9 sintetiza as principais conclusões desta pesquisa, evidenciando tanto o potencial de recuperação financeira quanto a importância do investimento em medidas para controle e redução de perdas no sistema de abastecimento de água. Caso as perdas sejam reduzidas para a meta de 25%, o faturamento potencialmente recuperável ultrapassaria R\$ 15 milhões na bacia do Rio Paraíba.

Além disso, nota-se que quanto maior o índice de perdas na distribuição, maior o acréscimo per capita no faturamento das receitas operacionais diretas de água. Outro ponto relevante é que a região do Baixo Paraíba registra o maior volume de perdas de água anuais na bacia, com cerca de 37,9 milhões de metros cúbicos de água. Com a recuperação desse valor financeiro através da diminuição das perdas, novos investimentos poderiam ser direcionados à infraestrutura e gestão dos recursos hídricos da bacia, promovendo maior eficiência no abastecimento e garantindo sustentabilidade ao sistema.

Figura 8.9 - Síntese da análise da relação entre o índice de perdas na distribuição e a receita operacional direta de água



Fonte: SINISA (2019; 2021; 2022); MDR (2021).

8.3.3 Melhorias da eficiência hídrica na irrigação de cana-de-açúcar

A irrigação desempenha um papel estratégico na viabilização da atividade agrícola, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, como o Nordeste brasileiro, onde a escassez hídrica representa um dos principais obstáculos ao desenvolvimento socioeconômico. Essa limitação compromete diretamente diversos indicadores sociais, incluindo renda, segurança alimentar, condições de saúde e acesso ao saneamento básico, impactando significativamente a qualidade de vida de amplas parcelas da população (Amaral, 2011).

Segundo dados do levantamento da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2023), o estado da Paraíba contabiliza um total de 368.101 hectares de área plantada, dos quais 109.237 hectares são destinados ao cultivo de cana-de-açúcar, configurando-se como a principal cultura em extensão territorial. De acordo com os dados do Atlas Irrigação 2021: Uso da Água na Agricultura Irrigada (ANA, 2021), 45% da área plantada é classificada como cana irrigada.

O volume de água utilizado na irrigação da cana-de-açúcar varia em função do tipo de manejo adotado (ANA, 2021). Em 2019, com base em tecnologias de observação por meio de sensoriamento remoto, foi estimado que aproximadamente 44,4 mil hectares da área irrigada com cana-de-açúcar na Paraíba utilizavam o manejo de salvamento, técnica que consiste na aplicação de água apenas em períodos de estiagem, com o objetivo de suprir déficits hídricos pontuais durante o ciclo da cultura (ANA, 2019).

Diante do atual contexto de mudanças climáticas e da intensificação das atividades agrícolas, projeta-se um aumento significativo na demanda por recursos hídricos destinados à irrigação, com o objetivo de assegurar maior produtividade e estabilidade na produção. Nesse cenário, a adoção de técnicas de irrigação eficientes torna-se fundamental para promover o uso racional da água, contribuindo tanto para a sustentabilidade dos sistemas produtivos quanto para a mitigação dos riscos associados à escassez hídrica.

Entre as alternativas disponíveis, os métodos de irrigação por aspersão e gotejamento se destacam por sua elevada eficiência no uso da água, configurando-se como opções tecnicamente viáveis para o cultivo de cana-de-açúcar na Paraíba. Ressalta-se, contudo, que não existe um sistema de irrigação universalmente ideal. A escolha do método mais adequado deve considerar uma série de fatores, incluindo características socioeconômicas, aspectos ambientais e a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica.

O sistema de pivô central é atualmente o principal método entre as técnicas de irrigação por aspersão. Desenvolvido por Frank Zybach no estado do Colorado (EUA) em 1948 e patentado em 1952, esse sistema representou uma inovação significativa no aproveitamento agrícola de áreas semiáridas nas Grandes Planícies da América do Norte, especialmente no período posterior aos impactos do desastre climático conhecido como Dust Bowl, ocorrido na década de 1930. Desde então, consolidou-se como o sistema de irrigação mais utilizado nos Estados Unidos.

No Brasil, o primeiro pivô central foi instalado em 1979, na bacia do rio Tietê, no município de Brotas (SP), irrigando uma área de 76 hectares. Desde então, o sistema tem se destacado por

apresentar uma série de vantagens, como a distribuição uniforme da água, elevado grau de automação, adaptação a diferentes tipos de solo, capacidade de irrigar grandes extensões e viabilidade para a aplicação de insumos via fertirrigação e defensivos agrícolas (Fontenele *et al.*, 2019).

Estruturalmente, o sistema é composto por torres metálicas sobre rodas, interligadas por tubulações que recebem água sob pressão a partir de um ponto fixo central. Essa água é distribuída ao longo da tubulação por meio de aspersores, simulando uma chuva artificial contínua e homogênea, enquanto o conjunto se movimenta em trajetória circular ou semicircular.

A irrigação por gotejamento, classificada como método de irrigação localizada, destaca-se por sua elevada eficiência hídrica, apresentando perdas mínimas por escoamento superficial e percolação profunda devido à aplicação direcionada de água na zona radicular das plantas, região do solo onde se concentram as raízes responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Essa técnica opera com a liberação de pequenas lâminas de água em alta frequência, permitindo um controle preciso da umidade do solo e reduzindo drasticamente o desperdício, uma vez que a distribuição ocorre de forma localizada e gradual. (Silva *et al.*, 2014)

Na modalidade subsuperficial, em particular, o sistema é amplamente reconhecido como o mais eficiente na agricultura irrigada, pois, além de minimizar perdas por evaporação, comuns em métodos convencionais, otimiza o aproveitamento hídrico ao direcionar a água diretamente às raízes, evitando contato excessivo com a superfície. Associada à fertirrigação, a técnica também potencializa a absorção de nutrientes, já que a água e os fertilizantes são aplicados de forma sincronizada na área de maior absorção vegetal. Dessa forma, a irrigação por gotejamento não apenas promove economia de água, mas também aumenta a produtividade agrícola, equilibrando sustentabilidade e eficácia técnica (Araujo Neto *et al.*, 2015).

Além disso, estudos demonstram que o gotejamento pode alcançar eficiências superiores a 90%, e em condições ideais, como no gotejamento subsuperficial, essa eficiência pode se aproximar de 100% (Dalri *et al.*, 2008). Isso resulta em maior produtividade da água (kg/m^3), fator de extrema importância em regiões de escassez hídrica, como o semiárido nordestino, onde a disponibilidade de recursos hídricos é limitada e a demanda agrícola é crescente. Portanto, esta técnica de irrigação apresenta-se como a opção mais indicada para racionalizar o uso da água na irrigação da cana-de-açúcar, aliando viabilidade técnica, sustentabilidade ambiental e segurança produtiva.

8.3.4 Instrumentos de gestão para monitoramento e controle das outorgas

Olhando para os casos de sucesso na gestão dos recursos hídricos, nos desafios da região da bacia do Rio Paraíba e nas alternativas para reduzir as cargas, incrementar a disponibilidade hídrica e melhorar a eficiência das demandas hídricas, conclui-se que só é possível uma gestão eficiente dos recursos hídricos através de um alto grau de fortalecimento institucional, com aprimoramentos normativos, monitoramento, controle de outorgas e educação ambiental.

O instrumento das outorgas pode ser considerado peça-chave para a relação harmônica entre demandas e disponibilidades hídricas, já que ele tem o papel de conceder ou não o direito do usuário a captar a água. Recentemente o Estado, por meio da AESA, concluiu um estudo com o objetivo de aprimoramento normativo e operacional da outorga.

8.3.4.1 Aprimoramento Normativo e Operacional da Outorga (AESA, 2025)

O Plano de Aprimoramento Normativo e Operacional da Outorga foi concluído em 2025, e teve parte de sua elaboração paralela com o Plano da Bacia do Rio Paraíba. Esse documento teve o intuito de revisar a antiga legislação de outorgas do estado, datada de 1997. Para tanto, o projeto foi subdividido em grandes blocos: i) avaliação diagnóstica; ii) proposta de aprimoramento legal, normativo e operacional da outorga de direito de uso dos recursos hídricos e cenários; iii) elaboração das minutas de resoluções e decretos e notas técnicas; iv) manuais de procedimentos de outorga de direito de uso e licença de obras hídricas.

➤ *Avaliação Diagnóstica*

O documento apresenta os resultados da análise diagnóstica realizada sobre outorgas para o estado da Paraíba. Para a etapa de diagnóstico, fez-se um levantamento e sistematização de informações e documentos de outros estados e órgãos gestores de recursos hídricos. Além disso, foi feita uma análise dos critérios e procedimentos adotados por órgãos gestores de recursos hídricos, em estados cuja condição climática, disponibilidade hídrica e riscos de conflitos são semelhantes à Paraíba.

Desse levantamento, foi enfatizada legislações de âmbito nacional, como a Política Nacional de Recursos Hídricos, que disciplina os usos sujeitos à outorga e a Lei nº 9.984/2000 que cria a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA como órgão gestor de recursos hídricos nacional. Também são abordadas as resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que tratam das diretrizes para a definição de vazões mínimas remanescentes, diretrizes para outorgas de lançamentos de efluentes, critérios para outorgas em rios intermitentes e efêmeros, além de apresentar critérios para definição de usos insignificantes.

Dentre as resoluções da ANA, podem ser destacadas algumas que têm relação direta com as outorgas no estado, como é o caso da Resolução 1041/2013 (critérios de balanço hídrico), 1.175/2013 (critérios para usos insignificantes), 641/2014 (regras de restrição de uso para irrigação e aquicultura), 46/2020 (regulamenta o termo de alocação de água) e 1939/2017 (procedimentos eletrônicos para solicitação de outorgas).

Em relação aos demais estados avaliados, foram levantadas e selecionadas as leis que instituem suas políticas estaduais de recursos hídricos, decretos de regulamentação de outorga e resoluções ou outros atos dos respectivos conselhos estaduais ou dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos disciplinando procedimentos ou critérios. Em âmbito estadual, o projeto destaca o estado do Ceará, que possui uma das primeiras leis de recursos hídricos, instituída em 1992 e possui uma legislação que abrange uma série de temas de relevância para a gestão dos recursos escassos disponíveis.

Em relação ao estado da Paraíba, o documento descreveu a Política Estadual de Recursos Hídricos do estado foi instituída pela Lei Estadual nº 6.308/1996, modificada posteriormente pela Lei Estadual nº 8.446/2007. A Política estabelece que qualquer intervenção nos cursos de água ou aquíferos que implique uso de recursos hídricos, a execução de obras ou serviços que alterem o regime, a quantidade ou a sua qualidade, depende da autorização do órgão gestor de recursos hídricos.

Já o Decreto nº 19.260/1997 que regulamenta a outorga, faz um maior detalhamento quanto aos usos de recursos hídricos sujeitos à outorga, sendo eles: captação de recursos hídricos existentes em um corpo d'água para consumo final ou insumo produtivo; lançamento em um corpo d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, e qualquer outro tipo de uso que altere o regime, a quantidade ou a qualidade da água.

De acordo com o Decreto de nº 19.260/1997, as análises de outorga, independente da modalidade, dependem da disponibilidade hídrica, da observância das prioridades de uso, da comprovação de que o uso não cause poluição ou desperdício e da apresentação da licença prévia quando tratar-se de obras ou serviços de oferta hídrica.

Para águas superficiais, são apresentados os seguintes critérios técnicos pelo referido decreto: a vazão mínima natural será zero; o valor de referência será a Q90; a soma dos volumes de água outorgados na bacia não poderá exceder 9/10 da vazão regularizada anual com 90% de garantia e para lagos e lagoas o limite previsto será reduzido em 1/3. Para águas subterrâneas, o decreto estabelece dois critérios a serem considerados: a vazão nominal do poço e a capacidade de recarga do aquífero.

No que se refere aos processos de outorga para fins de diluição de efluentes, a Resolução do CERH/PB nº 08/2010 dispõe que deverão ser adotadas metas progressivas obrigatórias de melhoria da qualidade da água na análise dos processos de outorga para fins de diluição de efluentes em cursos de água de domínio do estado da Paraíba cada vez que a AESA considerar tecnicamente necessário. O normativo dispõe que as metas deverão ter prazo não superior a 10 anos com as etapas de alcance de 50% (etapa 1), 75% (etapa 2) e 100% (etapa3) da redução da DBO do efluente e/ou de outros parâmetros que forem definidos, no prazo máximo total.

As vazões de referência para solicitação de outorgas em outros estados também foram analisadas e comparadas, como por exemplo, a adoção da Q95 pela ANA, a utilização da Q90, Q95 e Q7,10 em outras localidades. Ressalta-se que todos os estados do Nordeste adotam a Q90 como vazão de referência, onde grande parte define 90% desta como vazão outorgável, enquanto no Sudeste a vazão máxima outorgável é de 50% da vazão de referência.

Constatou-se também que a maior parte dos limites de vazão para usos insignificantes das águas superficiais tem valores inferiores a 1,0 L/s, apresentando apenas o Espírito Santo como exceção, com 1,5 L/s. Os valores são os mesmo para os limites de vazão para usos insignificantes subterrâneos, exceto novamente para o Espírito Santo, cujo limite é de 13,0 L/s.

- *Proposta de aprimoramento legal, normativo e operacional da outorga de direito de uso dos recursos hídricos e cenários*

Foram analisados e elencados algumas lacunas e questões que carecem de solução em relação às outorgas no Estado da Paraíba. Em relação a legislação, foi identificado que o sistema de gestão de recursos hídricos do estado apresenta desorganização normativa, com leis e decretos desatualizados ou sem regulamentação clara. Há indefinições quanto às responsabilidades da AESA, confusão entre tipos de licenças, ausência de regras para pequenos barreiros e uso de fontes alternativas. Além disso, as taxas estão defasadas e há prazos curtos para renovação de outorgas, gerando burocracia excessiva.

Da parte técnica, o estudo identificou que o sistema não considera adequadamente fatores como sazonalidade e múltiplas finalidades de uso, e não dispõe de indicadores de desempenho ou ferramentas de análise modernas, como balanços hídricos automatizados. A fiscalização também foi elencada com problemas necessitando de aprimoramentos, além da existência de usuários irregulares e falhas no sistema de fiscalização digital.

Para resolver essas questões e mitigar os problemas, o projeto estabeleceu indicadores que passarão a ter as funções de monitorar o desempenho com a execução das ações propostas, e de verificar seus resultados no sentido de melhorar os processos de outorga para a equipe da AESA, mas também para a disponibilidade hídrica e para os usuários e sociedade da bacia. Assim, foram propostos 10 indicadores para o estado com o intuito de avaliar:

1. O nível de regularização dos usos de águas superficiais em uma bacia;
2. O nível de regularização dos usos de águas subterrâneas em uma bacia;
3. A relação entre a vazão outorgável, correspondente a 90% da Q90reg, e o total outorgado na bacia;
4. A relação entre a vazão outorgável, correspondente à reserva total explorável, e o total outorgado na bacia;
5. A eficiência do processo de tramitação e análise dos pedidos em relação ao dispendido de tempo;
6. Se os processos de solicitação de licenças e outorgas protocolados na AESA têm tido decisões tomadas;
7. O total anual arrecadado com outorgas;
8. O total anual arrecadado com licenças de obras hídricas;
9. O total anual arrecadado com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e,
10. A efetividade das ações de fiscalização em relação à regularização de usos.

As ações propostas para o aprimoramento da gestão de outorgas e licenças de obras hídricas na Paraíba abrangem cinco eixos principais:

Eixo A: propõe-se a definição clara dos objetivos e tipos de atos legais, a atualização e revisão de decretos defasados, a formalização das responsabilidades da AESA nas análises de licenças e a padronização da nomenclatura e prazos desses atos.

Eixo B: trata da revisão e formalização de critérios de outorga e usos insignificantes por bacia hidrográfica, além de diretrizes específicas para estuários, lançamentos de

efluentes e outras intervenções hidráulicas. Também se propõe o estudo de aquíferos do estado.

Eixo C: as ações focam na simplificação documental e na criação de manuais que orientem os usuários no processo de solicitação de outorgas e licenças, bem como na automação do protocolo.

Eixo D: visa padronizar e integrar metodologias e dados técnicos no sistema de outorgas da AESA, automatizar análises, considerar sazonalidade e outorgas preventivas, e melhorar a integração com bases de dados externas.

Eixo E: trata da fiscalização, com propostas para formalização de responsabilidades e procedimentos, integração com órgãos parceiros, normatização da atuação regional e exigência de licenciamento prévio por empresas de perfuração de poços.

Essas ações, segundo o Plano, visam modernizar, desburocratizar e tornar mais eficaz todo o processo de gestão dos recursos hídricos no estado, promovendo maior segurança jurídica, transparência e eficiência técnica.

➤ *Elaboração das minutas de resoluções e decretos e notas técnicas*

O documento propõe diretrizes para o aperfeiçoamento do marco regulatório das outorgas de uso da água na Paraíba.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um ato administrativo da AESA, sendo sujeitos à outorga usos como captação de água para consumo final, extração de aquíferos para consumo final ou insumo de processo produtivo, lançamento de efluentes em corpos d'água domésticos ou industriais, tratados ou não, e outros usos que alterem o regime hidrológico, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo hídrico. Não são concedidas outorgas para lançamentos de resíduos tóxicos ou poluentes nas águas. Usos não sujeitos à outorga serão definidos em resoluções específicas da AESA e do CERH.

Para a emissão da outorga de direito de recursos hídricos foi proposta uma resolução que abrange considerando, para águas superficiais, os critérios técnicos: vazão mínima natural nula, valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90% (Q90reg), e a vazão outorgável será de 90% da Q90reg. Para águas subterrâneas, os critérios são: análise em função da vazão nominal de teste do poço ou da capacidade de recarga do aquífero e a vazão outorgável deve ser estabelecida em função do valor e tempo de uso sustentável a partir do teste de bombeamento. Para o lançamento de efluentes, tem especificidades em casos de rios intermitentes, que segundo a legislação, não é necessário fazer o balanço hídrico, apenas ter uma eficiência pré-definida de tratamento.

➤ *Manuais de procedimentos de outorga de direito de uso e licença de obras hídricas*

O documento apresenta o embasamento legal que dá suporte às atividades da AESA como órgão gestor dos recursos hídricos do estado da Paraíba, de acordo com o que foi proposto nas minutas.

O Art. 12º do Decreto proposto define os usos sujeitos a outorga. São eles: captação de água em um corpo hídrico para consumo final; extração de água de aquífero para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de efluentes domésticos ou

industriais, tratados ou não; e outros usos que podem alterar o regime hidrológico, a quantidade ou a qualidade da água no corpo hídrico.

Segundo o Art. 1º da Resolução proposta, não estão sujeitos a outorga apenas os usos destinados ao abastecimento unifamiliar doméstico disperso em zonas rurais e os lançamentos de águas pluviais, devido a pequena disponibilidade hídrica das bacias do estado da Paraíba.

8.3.4.2 Avaliação sobre o instrumento da outorga no Estado da Paraíba sob a ótica de atuação das demandas

O robusto projeto de modernização e atualização das normativas de outorgas podem auxiliar à AESA a fortalecer o instrumento, ampliar as normativas e trazer a outorga como um dos papéis centrais na gestão dos recursos hídricos. Quando se tem baixa disponibilidade hídrica natural, demandas reprimidas, ou custos altos em transporte e destinação da água, o planejamento e a eficiência são fundamentais para que esse ciclo hidrológico aconteça com garantia de segurança hídrica e desenvolvimento regional.

Do ponto de vista técnico, para o Plano de Bacia, a atualização da normativa não reflete em estratégias diferentes, mesmo por que, a vazão outorgável se manteve em 90% da Q90reg anual. Do ponto de vista institucional, a utilização de indicadores de monitoramento pode dar subsídios ao planejamento estratégico.

Mesmo com o critério de outorga mantido em 90% da Q90reg anual, é preciso falar sobre a ausência de normativas que levem em consideração períodos de estiagem ou a sazonalidade da pluviometria ou do nível dos reservatórios. Essa prática acontece no estado através dos termos de alocação de água, que estão descolados da legislação de outorgas, mas que possuem uma relevância ímpar na dinâmica hídrica da bacia. São feitas alocações periódicas para os principais reservatórios, com as maiores demandas, e ainda com a interface do recebimento da água do PISF.

Uma das alternativas para a atuação sobre as demandas, seria integrar a alocação de água na legislação de outorga, visto que, nesses casos a outorga passa a ser apenas um valor referencial, mas o termo de alocação sim, faz o papel de quantificar e outorgar o direito do uso da água para os usuários. Não há impeditivos que a outorga tenha sazonalidade e seja revista periodicamente, acrescentando ainda, segurança para os usuários e fortalecendo institucionalmente os sistemas para negociações por exemplo da água proveniente do PISF.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 CONTRIBUIÇÕES DA SEGUNDA RODADA DE CONSULTAS PÚBLICAS

Entre os dias 2 e 5 de junho de 2025, foram realizadas consultas públicas nas cidades de Mogeiro, Boqueirão, Campina Grande e Monteiro, como parte do processo de elaboração do Prognóstico do PRH-RPB. Os encontros contaram com a participação de representantes dos diversos setores usuários, federações de atividades produtivas, comunidades locais e órgãos públicos. As discussões promovidas abordaram temas centrais para os desafios e oportunidades da gestão dos recursos hídricos na região. A seguir, apresenta-se uma síntese das contribuições registradas durante os encontros. O relato completo está disponível no Anexo II deste documento.

Durante a consulta pública do dia 02 de junho em Mogeiro, os representantes criticaram a falta de manutenção da barragem de Acauã, relatando infiltrações, rachaduras, falta de energia e risco de colapso. Também pediram a melhoria da estrada de acesso e alertaram para o risco de enchentes causado pelo crescimento de algarobas no leito do rio.

A distribuição da água também foi criticada, mencionando que diversas comunidades ainda dependem de carro-pipa, mesmo com a presença do canal da transposição. Os participantes em Mogeiro reforçaram a necessidade de garantir o acesso equitativo à água para todos os setores, incluindo agricultura familiar, agronegócio e carcinicultura e fizeram propostas de reflorestamento e recuperação das matas ciliares como medidas contra assoreamento e degradação ambiental.

Também foram relatadas dificuldades técnicas enfrentadas por produtores rurais na captação da água de forma segura, sem comprometer a estrutura do canal, além do uso de equipamentos inadequados, e alertado sobre o uso desordenado da água em comunidades sem fiscalização, comprometendo o abastecimento coletivo.

Na consulta pública do dia 03 de junho em Boqueirão, os participantes criticaram a priorização do projeto Acauã-Araçagi, por entender que favorece grandes produtores em detrimento dos pequenos agricultores da região de Boqueirão. Defenderam que o Açude Epitácio Pessoa seja tratado como prioridade e apontaram perdas significativas por evaporação em reservatórios como Camalaú e Poções. Também foi sugerida a criação de uma política de cobrança justa pelo uso da água, para combater o desperdício e promover o uso responsável.

Além disso, compartilharam a experiência de sua visão como moradores locais, com relato de abandono histórico da população rural e críticas a ausência de representantes políticos no encontro, defendendo que a água da transposição chegue às comunidades rurais com qualidade e planejamento, garantindo renda e permanência no campo. Pediram que o plano considere as necessidades das pequenas propriedades e que haja articulação política para assegurar infraestrutura e investimentos.

Na consulta pública do dia 04 de junho em Campina Grande, os participantes destacaram o papel estratégico da transposição do Rio São Francisco para a segurança hídrica regional,

especialmente em Campina Grande e defenderam a adoção de soluções individualizadas para a zona rural, como cisternas.

Também foram mencionadas a existência de um plano de saneamento básico de referência elaborado pela UFCG e a necessidade de integrar os planejamentos de saneamento e recursos hídricos. Propuseram a criação de políticas que incentivem tecnologias de irrigação eficientes, até mesmo para pequenos produtores e houve críticas a burocracia para instalação de cisternas, defendendo a simplificação de processos.

Além disso, foram levantadas preocupações sobre o enquadramento dos corpos hídricos, apontando descompassos entre o uso real da água e a classificação legal, especialmente em áreas ribeirinhas com atividades de pesca. Reforçaram a necessidade de adoção de tecnologias de tratamento mais eficientes e de maior integração entre os órgãos responsáveis pela gestão hídrica, alertando para a realidade de rios perenizados por esgoto doméstico precariamente tratado.

Outros participantes destacaram pontos específicos, como a inclusão da adutora do Alto Capibaribe no Plano e os impactos positivos da transposição na agricultura familiar e no agronegócio da trílice fronteira entre Boqueirão, Cabaceiras e Barra de São Miguel.

Por fim, questionou-se como o Plano prevê o abastecimento de comunidades rurais afastadas e o financiamento dos custos crescentes da transposição, especialmente para regiões sem diluição natural, onde os efluentes dificultam a viabilização de projetos de esgotamento sanitário.

No decorrer da consulta pública em Monteiro no dia 05 de junho, foram manifestadas preocupações com a dependência excessiva da transposição do Rio São Francisco, alertando para o descuido com o próprio Rio Paraíba, inclusive em sua nascente, que apresenta sinais de abandono.

Para a geração de empregos e para evitar o êxodo rural, os participantes defenderam que a água da transposição seja usada também para fortalecer a agricultura local. Reforçaram que pequenos agricultores, por não terem acesso a sistemas modernos de irrigação, acabam excluídos dos benefícios da transposição.

Além disso, moradores apontaram o acúmulo de lixo nas margens do canal da transposição, incluindo resíduos hospitalares, e alertaram para os riscos de contaminação e degradação da qualidade da água, nesse contexto recomendaram ações de educação ambiental e melhor gestão de resíduos.

Representantes da sociedade civil criticaram a priorização do abastecimento urbano em detrimento da zona rural, defendendo a perenização de rios como o Sucuru e do açude do Congo como possíveis estratégias sustentáveis.

Outro ponto levantado foi a ausência de mudanças concretas na realidade dos agricultores familiares, mesmo após anos de perenização do rio. Representantes da agricultura afirmaram que o problema não é a falta de água, mas sim a falta de orientação técnica e apoio para utilizá-la de forma legal e produtivamente. Recomendou-se a criação de equipes técnicas permanentes

para orientar sobre outorgas, irrigação sustentável e boas práticas agrícolas, além de políticas de aquisição da produção local para fortalecer a economia regional.

Em síntese, as consultas públicas demonstraram a complexidade dos desafios enfrentados pela gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Paraíba. As manifestações expressaram não são apenas reivindicações pontuais, mas também visões estratégicas para o futuro da bacia, reiterando que a gestão participativa e o comprometimento institucional são elementos essenciais para assegurar o uso eficiente e sustentável da água.

9.2 ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DOS INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS À BACIA: A ESTRATÉGIA ROBUSTA E O CENÁRIO ESCOLHIDO

Como já definido anteriormente, o objetivo da metodologia de planejamento estratégico com a utilização de cenários é a definição daquilo que os especialistas chamam de uma “estratégia robusta”, aquela que pode ser definida quando se contemplam todas as possibilidades de trajetórias das variáveis articuladas nos diversos cenários imaginados. E, para ser aderente à metodologia proposta, a “estratégia robusta” deve orientar o sistema de gestão dos recursos hídricos do rio Paraíba, fornecendo subsídios para a definição de critérios de aplicação dos instrumentos de gestão previstos na legislação federal e estadual pertinente (Lei Federal nº 9.433/97 e Lei Estadual nº 6.308/96).

Portanto, neste capítulo são discutidas e apresentadas algumas percepções advindas do exercício de prognóstico baseado em cenários e apontadas diretrizes e recomendações que poderiam levar a uma estratégia robusta.

Por outro lado, há também nos processos de planejamento participativo uma carência da seleção de um só cenário, aquele que mais representa as expectativas dos chamados *stakeholders*. No entanto, por mais que os órgãos gestores se esforcem em angariar, compilar, ouvir, registrar e levar em consideração todas as opiniões de todos os setores afetados direta ou indiretamente pelo Plano, a construção de uma visão comum da “bacia que queremos”, abrange escalas de tempo e relações sociais que ultrapassam, em muito, a abrangência de um só plano. Mais realista é a percepção de que essa visão comum vai sendo construída ao longo de muitos processos de planejamento, de muitas interações entre as expectativas da sociedade, as “demandas” e seus ciclos, e a realidade do regime hidrológico do semiárido nordestino.

No caso da bacia do rio Paraíba a seleção de um e somente um cenário, vem necessariamente influenciada pelas situações recentes que alteraram profundamente as perspectivas e expectativas da sociedade local, bem como as dos agentes dos órgãos gestores, contrastando com as situações tendenciais que se observavam até a primeira década deste século. Apesar de serem um fenômeno recorrente, a última seca severa ocorreu entre 2012 e 2017 e foi a mais

longa já registrada no semiárido brasileiro, o que impactou diretamente na disponibilidade hídrica e na agropecuária da região de diversas maneiras:

- O iminente colapso do abastecimento da maior cidade do interior do Nordeste e da Paraíba, Campina Grande, impondo restrições muito profundas no comportamento das demandas, retardando o desenvolvimento econômico da região. O impacto foi inclusive agravado com a tomada de medidas judiciais para impedir a utilização de água para a irrigação, com reflexos num possível “êxodo rural” e projeções populacionais decrescentes para todo o Estado da Paraíba.
- A entrada em operação do PISF, operando de forma emergencial e precária a partir de abril de 2017, foi fundamental para evitar o colapso dos sistemas integrados de abastecimento de água das regiões do Cariri e de Campina Grande. Mas, ao mesmo tempo, gerou novas expectativas de aumento das demandas e água na bacia do rio Paraíba, como a interrupção do racionamento no abastecimento público das cidades, a retomada da irrigação no entorno do reservatório de Boqueirão e a perenização do rio Paraíba a jusante, com estímulo à implantação de agricultura irrigada.
- A utilização das águas do PISF trouxe consequências muito além da contribuição adicional aos balanços hídricos do sistema hídrico do rio Paraíba. Novos procedimentos de planejamento e de outorgas, articulados no nível federal, impuseram um grau de complexidade muito além daquele que vinha sendo operado pelos agentes de gestão de recursos hídricos estaduais até então, o que implica mudanças e novos desafios aos sistemas de gestão.

Os cenários procuraram explicitar essas situações em diversos graus de complexidade e de crescimento das demandas. Com respeito à percepção do nível de risco hidrológico foram articuladas situações hidrológicas “antes da seca” e “período completo”. Já de lado da evolução das demandas, foram simuladas situações distintas de taxas de crescimento e de distribuição populacional na bacia.

Caso fosse eleito como referência o cenário que representa a maior pressão sobre o sistema hídrico do rio Paraíba, seria aquele que contemplasse um crescimento populacional acelerado, notadamente acima das atuais projeções tendenciais, em um ambiente que dá um peso importante para o regime hidrológico mais restritivo, incluindo o período de seca mais recente e também mais crítico. Este cenário também aponta para um aumento da possibilidade de secas mais profundas e extensas, o que faz aumentar a dependência do sistema hídrico do rio Paraíba sobre o PISF, principalmente no Alto e Médio Paraíba.

Conseqüentemente, este cenário também implica o maior desafio para o sistema de gestão dos recursos hídricos da bacia. Esse desafio exigiria não só um desempenho muito eficaz, mas principalmente uma capacidade de articulação institucional que transcende os limites do arsenal de instrumentos de gestão previstos na legislação de recursos hídricos do Estado. Implicaria também numa articulação com a gestão do desenvolvimento urbano e agrícola, no nível estadual, e com os órgãos federais de gestão do PISF.

No entanto, quando se contemplam os demais cenários, nota-se que as situações mais críticas ficam restritas a um número reduzido de UABHs, notadamente as definidas pelos reservatórios de Epitácio Pessoa e Poções no Alto Paraíba e Serra Branca 2 no Taperoá. Também pode ser observado que o grau de criticidade dos balanços hídricos nessas UABHs é significativamente menor do que no cenário de crescimento acelerado, o que é uma decorrência de taxas de crescimento populacional e da irrigação mais próximas das taxas tendenciais consideradas nos demais cenários. Conseqüentemente, nos demais cenários, o grau de dependência do PISF seria menor, o que abre espaço para uma gestão eficaz em nível local/estadual.

A análise conjunta dos cenários permite identificar situações que já são críticas na atualidade, e que mereceriam uma atenção mais profunda e detalhada. Este é o caso nas UABHs de Marés, Riacho Jacuípe, Rio Engenho Novo e Rio Una no Baixo Paraíba. Estas áreas já apresentam demandas muito além da sua disponibilidade natural, principalmente ligadas à irrigação. Embora a situação hidrológica aqui seja muito diferente do Alto Paraíba pela relativa abundância das chuvas, é importante notar que a mitigação dos riscos de superexploração dos recursos hídricos locais é conseguida pela existência de um sistema de canais e de transposições locais para atender uma agroindústria fortemente capitalizada.

Na medida em que a atividade de irrigação vai continuar a se desenvolver com intensidade, a importância estratégica do reservatório de Acauã e do canal Acauã-Araçagi no Médio e Baixo Paraíba fica evidente. Também aqui a complexidade do sistema hídrico deverá exigir um sistema de gestão competente e fortemente articulado com as necessidades locais, principalmente a agricultura irrigada.

9.3 Conclusões estratégicas a partir do prognóstico

9.3.1 Considerações sobre o Marco Regulatório do Açude Epitácio Pessoa

Em 2022 a ANA contemplou três alternativas regulatórias para o sistema hídrico Poções – Epitácio Pessoa, descritas no Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 1/2022/COMAR/SER (Documento nº 02500.003961/2022-84):

- Alternativa 1 - Regulação ordinária: manutenção do procedimento regulatório geral adotado para usos de recursos hídricos superficiais para todo o País, aprimorado pela instituição de regras específicas nesse sistema por meio da Resolução Conjunta ANA/AESA nº 87 de 2018 e suas alterações posteriores.
- Alternativa 2 – Marco regulatório com usos dependentes do PISF: redefinição de regras limites e condições de uso dos recursos hídricos superficiais no sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa.
- Alternativa 3 – Marco regulatório com usos dependentes de vazões naturais e, de forma complementar e opcional, também do PISF: redefinição de regras, limites e condições de uso dos recursos hídricos superficiais no sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa idênticos aos da Alternativa 2, porém possibilitando ao sistema estadual de gestão de recursos hídricos optarem ou não pelo uso de águas do PISF.

O Marco Regulatório recomendou a Alternativa 3 que, além de um conjunto de impactos positivos similares à Alternativa 2, apresentaria uma vantagem sobre esta por permitir uma operação mais flexível, principalmente na alocação de água do reservatório Epitácio Pessoa. Essa alternativa também daria mais autonomia ao Estado da Paraíba para avaliar a cada ano o risco do atendimento das demandas, assim como possibilitar uma operação mais otimizada dos outros reservatórios, em particular o de Acauã.

Por outro lado, a possibilidade de maior autonomia e de otimização do sistema paraibano de recursos hídricos ao considerar o PISF como recurso complementar traz consigo algumas consequências importantes.

A primeira delas, e talvez a mais importante do ponto de vista dos balanços hídricos nos reservatórios e na calha do Rio Paraíba, tem a ver com o fato de que as alocações de água baseadas na disponibilidade natural de água, aquela associada à hidrologia da bacia hidrográfica, obedecem a uma lógica distinta das alocações de água baseadas no PISF. Embora no cálculo do balanço hídrico algébrico convencional essas disponibilidades possam ser somadas e compatibilizadas com as demandas projetadas, elas se referem a arranjos institucionais distintos, um no nível estadual e outro no nível federal, respondendo a critérios de alocação totalmente diferentes. Enquanto no nível local o controle das alocações responde a critérios dentro da esfera do sistema de recursos hídricos estadual, as alocações das águas do PISF respondem a critérios na escala federal. Com isso, o balanço hídrico não pode se fiar simplesmente na soma algébrica das disponibilidades, uma vez que estas são de naturezas diferentes, embora seja tudo “água”.

Uma segunda questão, também importante, tem a ver com o instrumento fundamental dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos, a Outorga. Os balanços hídricos foram calculados, neste plano, com base nos critérios atuais de outorga, que por sua vez se fundamentam em vazões de referência (Q_{90} ou vazões garantidas regularizadas por reservatórios, para rios intermitentes). Mais recentemente, desde a entrada em operação do PISF, tais vazões de referência vêm sendo substituídas por termos de alocação calculados com base na situação dos volumes disponíveis nos principais reservatórios do sistema hídrico do Rio Paraíba. Embora não faça parte do escopo deste plano sugerir novos critérios de outorga – isso vem sendo feito por outro contrato da AESA (2025), no Plano de Aprimoramento Normativo e Operacional da Outorga – é de fundamental importância para a gestão do sistema que se estabeleçam os critérios de outorga de forma clara, transparente e explícita.

Os critérios de outorga representam o posicionamento oficial do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (por conseguinte do Estado) quanto aos riscos de atendimento às demandas que o sistema considera aceitáveis, ou suportáveis. Com base nesse risco é que a sociedade Paraibana, principalmente os grandes consumidores de água como as companhias de saneamento e os empreendimentos de irrigação, se orientam para realizar os seus investimentos, normalmente comprometendo volumosos recursos financeiros, materiais e institucionais. Da mesma forma, os critérios de outorga representam também um posicionamento do Estado quanto ao grau de dependência aceitável do PISF.

A terceira consideração é quanto a consequência da operação dos açudes de Acauã e Epiácio Pessoa em relação as águas da transposição frente a estratégia econômica a ser definida pelo Estado. Isso porque, uma vez que seja definida a opção de manter-se as águas do PISF nos açudes do Alto Paraíba, preconiza-se o desenvolvimento no entorno da calha do rio, favorecendo a fixação da população rural, além de fomentar a economia na porção alta da bacia. Caso contrário, ao liberar vazão defluente em Acauã, o foco será a priorização da agroindústria na região da Mata Paraibana, o que pode incentivar ainda mais o êxodo rural que já vem sendo observado no interior da bacia.

Seja qual for a estratégia tomada pelo Estado em relação a alocação das águas da transposição, para que seja feito um gerenciamento de riscos e não de crise frente a novos eventos de seca, será necessário um aprofundamento da gestão do PISF no estado, como também dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, o que será tratado a seguir.

9.3.2 Articulação dos instrumentos de gestão do PISF e de alocação de água dos reservatórios

A operação eficiente do PISF na Bacia do Rio Paraíba está condicionada à articulação entre os instrumentos de gestão que são aplicados à transposição e aos reservatórios estratégicos da bacia. A outorga federal, o Plano Operativo Anual (POA), o Plano de Gestão Anual (PGA), os termos de alocação e os marcos regulatórios constituem instrumentos concebidos de forma independente, mas com forte correlação entre si, cuja coerência garante o atendimento equilibrado das demandas frente à disponibilidade hídrica natural e ao acréscimo oriundo da transposição do São Francisco.

O prognóstico evidenciou, na análise dos resultados dos balanços hídricos e nas análises de sensibilidade, que a variação de volume nos reservatórios e a da vazão transposta do PISF alteram significativamente a dinâmica da bacia face ao atendimento das demandas atuais e projetadas, principalmente se estas vierem a alcançar os patamares estimados na simulação do cenário de expansão dinâmica.

Instrumentos adaptativos são usualmente utilizados na gestão de territórios com características de escassez hídrica. No entanto, uma gestão exclusivamente adaptativa, ou a variação não formalizada previamente na metodologia dos instrumentos de gestão, como por exemplo, definição de parâmetros arbitrários na concepção dos estados hidrológicos, ou sua variação excessiva entre os anos, pode elevar a percepção de insegurança entre os usuários, que precisam estimar o risco de sofrer restrições hídricas, especialmente em períodos críticos.

A Resolução Conjunta da ANA/AESA nº 126, de 2022, representou um avanço em estabelecer faixas fixas para os estados hidrológicos para o sistema Poções-Camalaú-Epiácio Pessoa, embora os boletins periódicos ainda apresentem gráficos onde as faixas variam de acordo com o volume inicial dos reservatórios.

O instrumento de alocação de água, que vincula os usos do PISF, também apresenta um arranjo territorial da bacia, tornando-se estratégico do ponto de vista da gestão hídrica aliada ao vetor de desenvolvimento da bacia definido pelo estado. A alocação é o instrumento que pode

controlar os riscos da bacia frente a períodos de escassez hídrica, sendo por meio dele que se transmite a decisão de liberar ou reter vazões nos reservatórios, com destaque para Epitácio Pessoa e Acauã. Isto traz implicações diretas sobre o equilíbrio da dinâmica socioeconômica entre as regiões do Alto e do Baixo Paraíba.

As projeções de demandas realizadas nos cenários mostram que o Canal Acauã-Araçagi se apresenta como um vetor estruturante para distribuição da água do reservatório de Acauã para o baixo Paraíba, principalmente por estar em áreas de alta pressão para agricultura irrigada. Grande parte de sua extensão não possui declividade, passando a atuar como um reservatório linear.

O prognóstico evidencia que o fortalecimento da governança hídrica na bacia passa pela integração dos instrumentos de gestão existentes, com a definição de metodologias e critérios claros, com base de dados consistentes e monitoramento constante, tanto hidrológico, quanto de controle das outorgas e demandas.

Os procedimentos normativos dos instrumentos de gestão, a serem melhor definidos na etapa seguinte deste Plano, deverão se orientar pelos resultados das estimativas de projeção de demandas em diferentes cenários e contemplar a sensibilidade da alteração da dinâmica hídrica da bacia de acordo com o volume de água nos reservatórios e da variação de incremento hídrico proveniente do PISF.

Nesse sentido, cabe destacar que a afluição do PISF na Paraíba está sujeita a alterações por intervenções estruturais no sistema de bombeamento, por normativas que redefinam as condições de uso, ou até pelas condições da Bacia do Rio São Francisco. Além do PISF, as condições naturais também passam por processos que levam a mudanças dos regimes hidrológicos, conforme mostra o item 9.3.1, que aponta que os reservatórios podem sofrer significativas alterações da capacidade de regularização por conta da não estacionariedade das vazões afluentes, causadas por mudanças climáticas e intervenções antrópicas. Com base nessas evidências, é necessário que o plano seja revisado periodicamente, em intervalos não superiores a cinco anos, de forma que esses ajustes sempre reflitam à realidade da bacia nos condicionantes operacionais dos reservatórios. A revisão periódica garante que o planejamento esteja aderente à realidade hidrológica e institucional da bacia diminuindo os riscos e a pressão sobre o sistema de gestão do estado.

9.4 Definição do cenário de referência

A definição de um cenário de referência permite o estabelecimento de metas mais realistas e orienta decisões técnicas na etapa de elaboração do Plano de Ações, com o objetivo de garantir uma gestão integrada, equitativa e ambientalmente sustentável, considerando as especificidades regionais e que promova a articulação entre os diversos órgãos responsáveis.

Com base nos estudos realizados nas etapas anteriores e considerando as contribuições obtidas nas reuniões técnicas e nas consultas públicas, foi escolhido um cenário referencial entre os cenários propostos na fase de Prognóstico para embasar as ações do Plano. Esse cenário

representa, além de uma tendência provável, uma escolha dos atores da bacia que contempla os principais desafios do planejamento, permitindo a formulação de estratégias e a definição de ações voltadas à gestão mais eficiente dos recursos hídricos.

9.4.1 Cenário escolhido

O Cenário de Expansão Dinâmica foi escolhido como referência para o PRH-RPB por representar a alternativa mais desafiadora do ponto de vista técnico, econômico, social e ambiental, porém a mais desejável para a bacia. Esse cenário projeta um crescimento populacional acelerado, com redistribuição demográfica ao longo da bacia hidrográfica, incluindo um movimento de retorno da população urbana para áreas rurais. Adicionalmente, com um possível regime hidrológico mais restritivo, caracterizado pelo aumento da probabilidade de secas extensas e profundas, espera-se intensificação da dependência do PISF, especialmente nas regiões do Médio e do Alto Paraíba.

A partir da análise das demandas atuais na etapa do diagnóstico e das projeções das demandas apresentadas na etapa do prognóstico, observa-se uma elevação acentuada na demanda por água de aproximadamente 70%, com destaque para o açude Acauã, onde se concentram os maiores índices de crescimento das projeções de demandas em decorrência a implantação de novos canais e da intensificação da agricultura na bacia. Como resultado, há o aumento da pressão sobre o sistema hídrico, exigindo um desempenho mais eficiente e uma maior vazão.

Outro aspecto relevante é a gestão dos açudes, como os reservatórios Epitácio Pessoa e Camalaú, que já demonstraram situações críticas nos demais cenários. A experiência com eventos de seca passados reforça a importância de uma gestão mais eficiente e contínua, aumentando a resiliência do sistema para enfrentar novos períodos críticos e, conseqüentemente, a segurança hídrica da bacia.

Principalmente em períodos de seca, questões como o uso do PISF para encher reservatórios precisam ser avaliadas diante da elevada evaporação da região, a fim de diminuir as perdas de água, além da pactuação necessária entre a Paraíba e os demais estados que são dependentes das águas da transposição. Nesse contexto, os desafios impostos pelo Cenário de Expansão Dinâmica exigem uma forte articulação institucional, que ganha ainda mais complexidade com as águas do PISF, já que a regulação das águas da transposição é realizada na esfera federal, enquanto a negociação da distribuição das águas do PISF se dá em nível estadual, e que será mais acirrada durante o acontecimento de secas. O mesmo pode ser inferido quanto ao uso interno da bacia, na elaboração de estratégias de distribuição que conciliem os interesses do desenvolvimento urbano e agrícola, e na garantia da segurança hídrica mesmo em períodos de estiagem prolongada.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.Z. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007. 4ª edição, 2007.
- AESA. Agência Executiva de Gestão da Água. Cadastro de outorgas. Abril/2024. Não publicado.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Decreto nº 14, de setembro de 2024. Regulamenta a cobrança pelo uso da água bruta de domínio do Estado da Paraíba, prevista na Lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/assets/uploads/2024/09/DECRETO_14.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Litorâneas da Paraíba. 2023. Disponível em: <<https://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/plano-das-bacias-litoraneas/>>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Boletim de monitoramento por sensoriamento remoto e geoprocessamento. João Pessoa, 2024. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2024/11/AESA_GEMOH_BOLETIM-DE-MONITORAMENTO-DO-PISF_09-09-2024_.pdf>. Acesso em: 14 de abr. 2025.
- AGUIAR, S. R. Projeto executivo de um sistema de wetland construído para tratamento de esgoto doméstico. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/212047/TCC.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2025
- AMARAL, F. C. S. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 218p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/911741/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-terras-para-irrigacao-enfoque-na-regiao-semiarida>>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- AMARAL, K. D. S. Sistemas de dessalinização do semiárido do Rio Grande do Norte: percepção social e avaliação da qualidade da água para atividades agropecuárias. 2021. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46673/1/Sistemasdessalinizacaoemiarido_Amaral_2021.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento. Resolução no 1133, de 19 de setembro de 2016. Documento nº 00000.053042/2016-19. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/files/uploads/2011/12/images_arquivos_legislacaoambiental_federal_Resolucao_ANA_1133_2016.pdf>. Acesso em: 11 jul 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano Brasília: 2021. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>>. Acesso em: 02 abr. 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicao de Bacias Hidrograficas-Resumo Executivo_livro.pdf>.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2ed. Brasília: 2021. Disponível em <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO 2017 5k). 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/f7b1fc91-f5bc-4d0d-9f4f-f4e5061e5d8f>>. Acesso em: 7 dez. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento básico. Coordenação de Marcos Regulatórios (COMAR). Superintendência de Regulação (SRE). Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 1/2022/COMAR/SRE. Brasília, DF: ANA, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/governanca-regulatoria/analise-de-impacto-regulatorio-air/Res.126.2022AIR.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Evaporação líquida de reservatórios artificiais no Brasil. Brasília: 2021. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c5b45a6e-69df-4a26-9dd9-846160b10e2a>>. Acesso em: 13 mar. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: 2024. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/31604c98-5bbe-4dc9-845d-998815607b33/attachments/Mudancas_Climaticas_25012024.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Levantamento da Cana-de-Açúcar Irrigada e Fertirrigada no Brasil. Brasília: 2019. <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/cana_2019.pdf/view> Acesso em: 11 abr. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Nota Técnica nº 10/2015 – COMAR/SRE. Metodologia da ANA para alocação de água em açudes isolados. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/alocacao-de-agua/NT102015COMARSREMetodologiadanaaaraalocacaodeaguaemacudesisolados.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. 2018. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/25340e2e-22df-435f-ab38-c3aff85afe9f>>. Acesso em: 06 mar. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório de Análise de Impacto Regulatório Nº 1/2022/COMAR/SER. Documento nº 02500.003961/2022-84. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/marcos-regulatorios/AIR_N1_2022_COMAR_SREMRPessoa.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução 2015

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução ANA Nº 1939, de 30 de outubro de 2017. Dispõe o processamento eletrônico de outorgas preventivas e de direito de uso de recursos hídricos. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2017/1939>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução ANA Nº 30, de 23 de abril de 2018. Autoriza a redução da vazão mínima defluente dos reservatórios de Sobradinho e Xingó. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2018/30>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 46, de 27 de agosto de 2020. Dispõe sobre os Termos de Alocação de Água em reservatórios sob domínio da União. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/00462020_Ato_Normativo_26102020_20201028082814.pdf. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução Nº 19, de 25 de março de 2019. Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no Rio São Francisco, até 30 de abril de 2019, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2019/19>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução Nº 2.081, de 04 de dezembro de 2017. Dispõe sobre as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio São Francisco, que compreende os reservatórios de Três Marias, Sobradinho, Itaparica (Luiz Gonzaga), Moxotó, Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó. Disponível em: <<https://cdn.agenciapeixevivo.org.br/arquivos/uploads/2018/01/2081-2017-1.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 1.175, de 16 de setembro de 2013. Dispõe sobre critérios para definição de derivações, captações e lançamentos de efluentes insignificantes, bem como serviços e outras interferências em corpos d'água de domínio da União não sujeitos a outorga. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 set. 2013. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/1175-2013.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 641, de 14 de abril de 2014. Estabelece regras de restrição de uso de recursos hídricos para irrigação e aquicultura em períodos críticos de escassez. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2014/641>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 46, de 26 de outubro de 2020. Estabelece critérios e diretrizes para a celebração de Termo de Alocação de Água. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 out. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/00462020_Ato_Normativo_26102020_20201028082814.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 1.939, de 30 de outubro de 2017. Dispõe sobre o processamento eletrônico de outorgas preventivas e de direito de uso de recursos hídricos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 out. 2017. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/legislacao/Resolucoes-ANA/2017/Resolucao-ANA-1939.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 603, de 28 de outubro de 2015. Define os critérios a serem adotados para a obrigatoriedade de monitoramento e envio da Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos em corpos d'água de domínio da União. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 out. 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2015/603>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução nº 1.041, de 19 de agosto de 2013. Estabelece critérios gerais para análise de balanço hídrico em pedidos de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos. Brasília, DF: ANA, 2013. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/1041-2013.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Resolução Conjunta nº 126, de 26 de julho de 2022. Estabelece o marco regulatório do Sistema Hídrico Poções–Camalaú–Boqueirão. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/marcos-regulatorios/Resolucao126ANAAESAMREPITACIOPESSOA.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Resolução Conjunta nº 118, de 21 de junho de 2022. Estabelece o marco regulatório do Sistema Hídrico Sumé. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/marcos-regulatorios/RESOLUOCONJUNTAANA_AESAN118_2022.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Resolução Conjunta nº 87, de 12 de dezembro de 2018. Estabelece regras transitórias para a operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco no Estado da Paraíba.

Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2018/87>>. Acesso em: 04 jul. 2025.

ANTUNES, L. Os 10 maiores períodos de seca no Brasil. Redação Super Interessante, 2014. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/coluna/superlistas/os-10-maiores-periodos-de-seca-no-brasil>>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ARAUJO NETO, R. A. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar. Revista Ciência Agrícola, v. 13, n.1, p.15-18. Rio Largo. 2015. Disponível em: <<https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/1318/2329>>. Acesso em: 17 abr. 2025.

BANCO DO BRASIL. Resenha Regional de Assessoramento Econômico do Banco do Brasil. 2025. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/docs/portal/utg/ResenhaRegional.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

BANCO MUNDIAL. Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. Washington, DC: World Bank Group, 2017. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/657531504204943236/pdf/Water-management-in-Israel-key-innovations-and-lessons-learned-for-water-scarce-countries.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2025.

BARBOSA, H. A.; BURITI, C. de O. Avaliação da resposta de longo prazo da vazão à seca repentina na Bacia do Rio São Francisco nas últimas três décadas (1991-2020). *Water*, Basel, v. 16, n. 16, p. 2271, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16162271>. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/16/16/2271>>. Acesso em: 17 abr. 2025.

BBC. British Broadcasting Corporation. Produção Agropecuária. 500 mil mortos: a tragédia esquecida que dizimou brasileiros durante 3 anos no século 19. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/resources/idt-5ef8617a-d045-4f5e-932d-d41d9292ee51>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Brasília, 2004. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ProjetoRioSaoFrancisco/ArquivosPDF/documentostecnicos/RIMAJULHO2004.pdf>>. Acesso em: 14 de abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria Nº 490, de 22 de março de 2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-490-de-22-de-marco-de-2021-309988760>>. Acesso em: 01 abr. 2025

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/relatorios-dos-conteudos-tecnicos-de-apoio-a-elaboracao-do-pnrh-2022-2040/relatorio>>. Acesso em: 06 mar. 2025.

BRITO, S. S. B, CUNHA, A.P.M.A., CASTRO, C.C., ALVALÁ, R.C.S., MARENGO, J.A., CARVALHO, M. Frequency, duration, and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*. doi:10.1002/joc.5225. v. 41, p. 487, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319154366_Frequency_duration_and_severity_of_drought_in_the_Semiarid_Northeast_Brazil_region>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRITO, Y. M. A. de; BRITO, H. C. de; RUFINO, I. A. A.; BRAGA, C. F. C.. Panorama da seca pluriannual 2012–2018 no semiárido brasileiro: impactos hidrológicos, agrícolas e medidas de convivência. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [S. l.], v. 58, 2021. DOI: 10.5380/dma.v58i0.74667. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/74667>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. SISTEMA ADUTOR TRANSPARAÍBA RAMAL CARIRI – Síntese da Solução Técnica. Relatório Técnico. Junho/2020. 2020. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/arquivos/ramal-cariri/anexos-ramal-cariri-1.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Avaliação de Imapctos Ambientais e Sociais: Plano de Gestão Socioambiental – Sistema Adutor Transparaíba – Ramal Curimataú. 2022. Disponível em: <<https://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/PGSA—Plano-de-Gestão-Socioambiental-Ramal-Curimataú—Trecho-01.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CASTRO, César Nunes de. Semiárido, escassez hídrica e articulação de políticas públicas. Rio de Janeiro: Ipea, 2025. 48 p., il. (Texto para Discussão, n. 3086). DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3086-Sport>. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16862/1/TD_3086_web.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CASTRO, César Nunes de; CEREZINI, Monise Terra. Transposição do São Francisco: território, potenciais impactos e políticas públicas complementares. Brasília, DF: Ipea, 2023. 373 p., il. color. ISBN: 978-65-5635-056-1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-056-1>. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/12368>>. Acesso em: 17 fev 2025.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/MCTI. Análise das Secas no Brasil: Diagnóstico e Projeções Futuras. Nota Técnica nº 679/2024/SEI–CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Governo Federal, Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cemaden-analisa-secas-recentes-no-brasil-e-apresenta-diagnostico-e-projecoes-como-subsidio-para-a-cop-16/NotaTcnicaHistoricodeSecasnoBrasileProjecoes_2024_CEMADEN_202411.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Nota Técnica Nº 679/2024/SEI-CEMADEN – Análise das Secas no Brasil: Diagnóstico e Projeções Futuras. 2024. Disponível em: <[https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cemaden-analisa-secas-recentes-no-brasil-e-apresenta-diagnostico-e-projecoes-como-subsidio-para-a-cop-16#:~:text=A%20Nota%20T%C3%A9cnica%20\(N%C2%BA%20679,de%20Combate%20%C3%A0%20Desertificac%C3%A7%C3%A3o%20e](https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cemaden-analisa-secas-recentes-no-brasil-e-apresenta-diagnostico-e-projecoes-como-subsidio-para-a-cop-16#:~:text=A%20Nota%20T%C3%A9cnica%20(N%C2%BA%20679,de%20Combate%20%C3%A0%20Desertificac%C3%A7%C3%A3o%20e)>. Acesso em: 13 mar. 2025.

CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B. Não-estacionareidade é inevitável! Causas das recentes mudanças de vazão no Brasil. *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro). Novembro, 2019. Foz do Iguaçu, Paraná. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5136>>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Chesf avalia vazão do São Francisco. Chesf, 2016. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=102>. Acesso em: 22 abr 2025.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Chesf informa vazão de Sobradinho. Chesf, 2018. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=261>. Acesso em: 22 abr 2025.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Redução de vazão no São Francisco. Chesf, 2016. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=114>. Acesso em: 22 abr 2025.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Sobradinho garante segurança hídrica do NE. Chesf, 2016. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=130>. Acesso em: 22 abr 2025.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Vazão é reduzida visando à segurança hídrica. Chesf, 2017. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/_layouts/15/Chesf_Noticias_Farm/Noticia.aspx?IDNoticia=186>. Acesso em: 22 abr 2025.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Indústria busca alternativas para enfrentar crise hídrica no Nordeste. 2015. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/industria-busca-alternativas-para-enfrentar-crise-hidrica-no-nordeste/>>. Acesso em: 22 jan. 2025.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH Nº 145, de 12 de dezembro de 2012. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20145.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2005_Res_CONAMA_357.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Sistema Aquífero Urucuia: Monitoramento, Estudos e Bacia-Escola. Brasília, 2021. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/22574/1/relatorio_SAU_2021.pdf>. Acesso em: 30 jun 2025.

DALRI, A. B. *et al.* Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. Revista Irriga, v. 13, n. 1, p. 1-11. Botucatu. 2008. Disponível em: <<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3340/2101>>. Acesso em: 17 abr. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Barragem Subterrânea: Transformando vidas no semiárido brasileiro. 2021. Disponível em: <<https://www.senar-al.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Folder-Barragem-subterranea-2021.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dejetos bovinos para produção de biogás e biofertilizante por biodigestão anaeróbica. Embrapa, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025416/dejetos-bovinos-para-producao-de-biogas-e-biofertilizante-por-biodigestao-anaerobica>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FADANELLI, L. E. A.; FILHO, A. G. A.; WIECHETECK, G. K.; DOLL, M. M. R. Considerations on design and implementation parameters of domestic wastewater treatment by subsurface flow constructed wetlands. Revista Eng Sanit Ambient, v. 24, n. 4, jul./ago. 2019. Disponível em: <scielo.br/j/esa/a/Pf9rGSSYsk6skw3LCmJSRZf/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 23 abr. 2025.

FAEPA. Federação da Agricultura e Pecuária da Paraíba. Agropecuária na Paraíba. S. d. Disponível em: <<https://faepapb.com.br/agropecuaria/>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

FAO. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. Rome: FAO, 2015. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bcdecec7-f45f-4dc5-beb1-97022d29fab4/content>>. Acesso em: 24 abr. 2025

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; NETO, J. M. M.; ALVES, A. S.. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. *Ver. Ambient. Água* 12 (2), 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambiagua.2004>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/XBxTBcCv84tbDPD6rKpTxfS/>>. Acesso em: 24 abr. 2025.

FONTENELLE T. H. *et al.* Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil. Embrapa Milho e Sorgo. Brasília: 2019 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1121226/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil>> Acesso em: 11 abr. 2025.

FRANCISCO, P. R. M.. Climatologia do estado da Paraíba. Campina Grande: EDUFCG, 2017. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/573985/2/Climatologia%20do%20Estado%20da%20Paraiba.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GONÇALVES, P. C.. O mandacaru não floresceu: a ciência positivista a serviço do combate à seca de 1877 - 1879. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/rScTkwHxRWxn9mFzY8FgqRq/>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

GOVERNO DA PARAÍBA. 1996. Lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996. Política Estadual de Recursos Hídricos. João Pessoa, PB.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pb>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 16 abr. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeções da População: Brasil e Unidades da Federação: Estimativas e Projeções: Revisão 2024. Notas Metodológicas 01/2024. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102111.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Regionais. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html>>. Acesso em: 04 dez. 2024.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <https://nada.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/18acacacfd63204b29c6d820a430b8e4.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Projeção Populacional das Bacias Hidrográficas do Curu, Sertão dos Cratêus e Serra da Ibiapaba até a década 2050. Nota técnica nº74 - Novembro/2021. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Gestão. Fortaleza – Ceará: IPECE, 2021. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2021/11/NT_74.pdf>. Acesso em: 19 fev 2025.

LOBÃO, G. S. O.. Percepção da segurança hídrica em municípios paraibanos: uma abordagem multimétodos. 2024. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2024. Disponível em: <<https://bdtd.ufcg.edu.br/jspui/bitstream/riufcg/41137/1/GEOVANNA%20SANTOS%20OLIVEIRA%20LOB%C3%83O%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20%28PPGECA%29%202025.pdf>>. Acesso em: 14 de abr. 2025

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Brasil. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 24 nov. 2024.

MARENCO J. A.; ALVES L. M.; ALVALA, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L.. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region, *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2017) (*Annals of the Brazilian Academy of Sciences*), <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/MTyRKxxGcdwCvVhGNJNTrbG/?lang=en>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MARENCO, J; CUNHA, A. P. e ALVES, L. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Estudos de Inserção Regional - Projeto de Transposição de águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). Relatório Geral, Tomo II, 457p. Brasília, Abril de 2000.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Estudos de Inserção Regional - Projeto de Transposição de águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). Relatório Geral, Tomo II, 457p. Brasília, Abril de 2000.

NARCIZO, F. L.; FIRMO, H. T. A EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO RIO SÃO FRANCISCO EM TEMPOS DE SECAS SEVERAS. Sustentare – Periódico da Universidade Vale do Rio Verde, ed. Especial, p. 30, 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/5215/10951366>>. Acesso em: 22 abr 2025.

NASCIMENTO, J. C.; MELO, M. G. M. A.; OLIVEIRA, L. M. M.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L. R.. Evaporação em pequenos reservatórios, com diferentes coberturas, na região do Semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 16, n. 6, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/259928>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

Nº 1.940, de 30 de outubro de 2017. Dispõe sobre critérios para definição de derivações, captações e lançamentos de efluentes insignificantes, bem como serviços e outras interferências em corpos d'água de domínio da União não sujeitos a outorga. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-ANA/2017/Resolucao-ANA-1940.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

OLIVEIRA, P. A; CURTI, R. C.; SANTOS, V. S.; ABRANTES, G. G. A.. Técnicas modernas para a redução da evaporação em reservatórios de água em regiões semiáridas. Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente (RIMA), v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.52664/rima.v1.n1.2019.e1>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PARAÍBA. Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/assets/uploads/2024/09/DECRETO_14.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. Lei nº 6.308, de 02 de julho de 1996. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/pb/lei-no-6-308-96_pb.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. Lei nº 8.446, de 28 de dezembro de 2007. Dá nova redação e acrescenta dispositivos à Lei nº 6.308, de 02 de junho de 1996, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, e determina outras providências. Disponível em: <<https://transparencia.pb.gov.br/conselhos-estaduais/conselho-estadual-de-recursos-hidricos/legislacao/lei-estadual-no-8-446-07-nova-redacao-a-lei-6-308-96-1.pdf/view>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba. 2022. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/plano-estadual/atualizacao-perh/>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba. 2014. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/arquivos/pers-pb-plano-estadual-residuos-solidos-pb-2014.pdf/view>>. Acesso em: 06 mar. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. João Azevêdo inspeciona obras do sistema adutor Transparaíba que atenderá municípios do Curimataú paraibano. 2022. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/joao-azevedo-inspeciona-obras-do-sistema-adutor-transparaiba-que-atendera-municipios-do-curimatau-paraibano>>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PARAÍBA. Governo do Estado. Resolução nº 08, de 01 de março de 2010. Estabelece critérios de metas progressivas obrigatórias de melhoria de qualidade de água para fins de outorga para diluição de efluentes em cursos de água de domínio do Estado da Paraíba. Disponível em: <<https://transparencia.pb.gov.br/conselhos-estaduais/conselho-estadual-de-recursos-hidricos/legislacao/resolucao-cerh-no-08-2010-estabelece.pdf/view>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PERJESSY, J. R. Modelos Sustentáveis Para O Tratamento De Efluentes Sob Abordagem Da Gestão Ambiental. Dissertação (Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/server/api/core/bitstreams/d6dc1a50-c819-449e-9d7b-8d78df969328/content>>. Acesso em: 23 abr. 2025.

PERONDI, T.; WOLFF, D. B.; DECEZARO, S. T.; ARAÚJO, R. K. de. Wetlands construídos para o tratamento de esgoto doméstico: uma análise comparativa do custo do ciclo de vida. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 175- 189, abr./jun. 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/HGrCnXyRwQZN3QGsbkskR8Tv/?format=pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2025.

QASIM, S. R. *Wasterwater Treatment Plants – Planning, design, and operation*. CRC Press LLC, 1999. Second Edition.

SABEI, Thayze Rochele; BASSETTI, Fátima de Jesus. Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 11, p. 487-503, 2013. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/4334/e06f6831cf94e62f96131601e20f3c4e3bb5.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

SABESP. 2023. PDAAES-RMBS - Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana da Baixada Santista.

SEIRH. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos da Paraíba. *Elaboração dos Estudos para Definição dos Aproveitamentos das Águas Aduzidas pelo Canal das Vertentes Paraibanas*. Paraíba, 2024.

SEPLAG-PB. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão. *Produto Interno Bruto dos Municípios do Estado da Paraíba. Boletim Informativo 2022*. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-planejamento-orcamento-e-gestao/arquivos/pib-municipios/produto-interno-bruto-dos-municipios-do-estado-da-paraiba_resultados-2020.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2025.

SILVA, M. DE A. *et al.* Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 241–249. Botucatu - São Paulo: 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/d4FFvbhpmkJ4X9YNPyQR3hw/#:~:text=Este%20trabalho%20foi%20realizado%20com%20o%20objetivo%20de,de%20Ja%C3%BA%2C%20SP%2C%20em%20um%20Latossolo%20Vermelho%20eutr%C3%B3fico.>>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

SINGAPURA. *Innovation in Water: Issue 12*. Singapore's National Water Agency, 2022a. Disponível em: <https://www.pub.gov.sg/-/media/Images/Feature/Home/Resources/Publications/PUBInnovationMagazineIssue12_11042022.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SINGAPURA. *Sustainability Report*. Singapore's National Water Agency, 2022b. Disponível em: <https://www.pub.gov.sg/-/media/PUB/PDF/PUB_Sustainability_Report.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2025

SINISA. Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico. Painel de Informações - Municípios: informações e indicadores municipais consolidados. Ministério das Cidades. 2019; 2021 e 2022. Disponível em: <<https://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

SMIDERLE, Juliana Jerônimo; CAPODEFERRO, Morganna Werneck; PARENTE, Ana Tereza Marques. Comparação entre as políticas públicas de incentivo ao reúso da água residuária no Brasil e no cenário internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – CBESA, 31., 2021, Curitiba. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2021. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/357539148>>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SOUZA, L.; SATIRO, A.; MARTINS, B.; PRADO, C. Tratamento De Água Negra Domiciliar Através De Bananeiras Por Tanque De Evapotranspiração. Atas de Saúde Ambiental, São Paulo, v.6, jan./dez. 2018. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/10/tratamento-agua-negra-bananeiras.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2025.

TARGINO, I., CARVALHO, R. G., FARIAS, W. S.. Desempenho da Economia Paraibana no Início do Século XXI. BNB Conjuntura Econômica – Edição Especial 2019. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/etene/conjuntura-economica/edicao-especial-15-anos>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

TCU. Tribunal de Contas da União. Gestão, Operação e Manutenção do Projeto de Integração do Rio São Francisco - PISF. TC 007.643/2023-3. Relatório de Levantamento. Secretaria de Controle Externo de Infraestrutura, Unidade de Auditoria Especializada em Infraestrutura Urbana e Hídrica (AudUrbana). 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/orcamento/OR2024/Fiscobras2023/anexo/SINTETICOS/Sintético_2023_48.pdf#:~:text=instrumento%20de%20o%20utorga%20,9>. Acesso em: 11 jul 2025.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. From Water Stressed to Water Secure: Lessons from Israel's Water Reuse Approach. Washington, DC: EPA, 2023. Disponível em: <<https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-03/From%20Water%20Stressed%20to%20Water%20Secure%20-%20Lessons%20from%20Israel%27s%20Water%20Reuse%20Approach.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2025.

UNITES STATES Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. Washington, D.C.: EPA, 2012. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ZANI, M. A. Entre sinais e incertezas: a espera pelas chuvas em 7 anos de seca no Cariri Paraibano. Novos Cadernos NAEA, [S.l.], v. 26, n. 1, abr. 2023. ISSN 2179-7536. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/11107>>. Acesso em: 27 maio 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v26i1.11107>.



GOVERNO DA PARAÍBA

SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA E DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF - AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL



PSH-PB
PROJETO DE SEGURANÇA HÍDRICA DA PARAÍBA



AESA

