



EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Danny Dalberson de Oliveira (DDO) – Coordenador
Leonardo Mitre Alvim de Castro (LMC) – Coordenador Executivo
Aída Pereira Andrezza (APA) – Gestão de Recursos Hídricos
Daniel Thá (DT) – Prognóstico / Cenarização
Christiane Spörl de Castro (CHS) – Meio Físico e Meio Biótico
Flavio de Paula e Silva (FPS) – Águas Subterrâneas
Flora Kaori Abuno (FKA) – Gestão de Recursos Hídricos
Laís Amorim (LA) – Qualidade das Águas
Miguel Fontes de Souza (MFD) – Gestão de Recursos Hídricos

Revisão	Data	Descrição Breve	Ass. do Autor.	Ass.do Superv.	Ass. de Aprov.
2	01/02/2022	Atendimento a comentários			
1	31/12/2021	Atendimento a comentários			
0	08/11/2021	Emissão Inicial			

CONTRATO DE GESTÃO Nº 028/ANA/2020 - SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS E ESTUDO PARA O PLANEJAMENTO DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ÂMBITO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - TRECHO ALTO SÃO FRANCISCO

Prognóstico da Circunscrição Hidrográfica SF2 – Bacia do Rio Pará

Elaborado por:
CHS, DT, APA, LMC, FPS, BSA, FKA, MFD, FAS.

Supervisionado por:
LMC

Aprovado por:
DDO

Revisão	Finalidade	Data
2	3	01/02/2022

Legenda Finalidade: (1) Para informação (2) Para Comentário (3) Para Aprovação



ENGE CORPS ENGENHARIA S.A.
Alameda Tocantins, 125 – 12º andar - Cj. 1202
Contrato: 02/2021

APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte do contrato nº 02/2021 firmado em 03/03/2021 entre a Agência Peixe Vivo (APV) e a ENGEORPS para a elaboração da “Proposta de Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais e a Elaboração de um Planejamento de Enquadramento das Águas Subterrâneas na Bacia do Rio São Francisco, a Montante da Barragem de Três Marias (Alto São Francisco)”, no âmbito do Contrato de Gestão nº 028/ANA/2020. Em 18/03/2021, a APV emitiu a Ordem de Serviço (OS) nº 05/2021, autorizando o início dos estudos.

Conforme preconizado no Termo de Referência (TR), o trabalho terá seu desenvolvimento ao longo de 17 meses, tendo uma estrutura metodológica pautada em oito etapas, sendo que cada uma delas culmina na entrega de um produto, conforme a seguir:

Produto	Título	Descrição do Conteúdo
1	Plano de Trabalho	Linhas gerais do desenvolvimento do estudo e detalhamento do cronograma do projeto
2	Diagnóstico	Levantamento das informações necessárias para se estabelecer o estado da arte do conhecimento acerca do tema de recursos hídricos nas CHs SF2, SF3 e SF4 do Alto São Francisco
3	Prognóstico	Resultados do trabalho de elaboração de cenários futuros que servirão de referência para a realização dos estudos específicos (enquadramento de águas superficiais e programa de monitoramento de águas subterrâneas)
4	Metas do Enquadramento das Águas Superficiais	Proposição para as metas progressivas e alternativas de enquadramento
5	Programa de Efetivação do Enquadramento das Águas Superficiais	Definição das intervenções, com estimativa de custos das ações, propostas de metodologia de acompanhamento de metas progressivas, e recomendações para os setores usuários e comitês de bacia
6	Proposta Conceitual para o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Definições operacionais da rede de monitoramento (pontos, frequências de amostragem e análise, parâmetros), do arranjo institucional, dos custos envolvidos e dos prazos para implantação
7	Relatório Final do Enquadramento dos Corpos d’Água Superficiais	Conclusões do estudo de enquadramento das águas superficiais das sub-bacias do Alto São Francisco
8	Relatório Final do Planejamento de Monitoramento das Águas Subterrâneas	Determinações para a implantação do programa de monitoramento das águas subterrâneas das sub-bacias do Alto São Francisco

SUMÁRIO

	PÁG.
APRESENTAÇÃO.....	I
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. PROGNÓSTICO	5
2.1 PLANEJAMENTO POR CENÁRIOS	5
2.2 MACRODINÂMICAS	10
2.2.1 <i>Planejamentos de referência.....</i>	<i>10</i>
2.2.2 <i>Cenários de crescimento econômico.....</i>	<i>20</i>
2.2.3 <i>Perspectivas demográficas</i>	<i>35</i>
2.3 MICRODINÂMICAS	42
2.3.1 <i>Conceituação e metodologia para as microdinâmicas.....</i>	<i>42</i>
2.3.2 <i>Perspectivas setoriais</i>	<i>44</i>
2.3.3 <i>Projeções de área ocupada pelas atividades</i>	<i>57</i>
2.4 RESULTADOS DOS CENÁRIOS.....	59
3. POTENCIALIDADE, DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE ÁGUA E CONDIÇÕES DE QUANTIDADE DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	60
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	60
3.2 DEMANDAS.....	65
3.3 CONDIÇÕES DE QUANTIDADE.....	91
3.4 POTENCIALIDADE	108
4. CARGAS POLUIDORAS.....	109
5. CONDIÇÕES DE QUALIDADE DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	121

5.1	CENÁRIO ESTAGNAÇÃO.....	127
5.2	CENÁRIO TENDENCIAL.....	134
5.3	CENÁRIO CRESCIMENTO	140
5.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS	146
6.	PROGNÓSTICO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	156
6.1	ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS	156
6.2	DIRETRIZES TÉCNICAS E LEGAIS ORIUNDAS DO DIAGNÓSTICO	162
6.3	RESULTADOS PRELIMINARES DE CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E REDES DE MONITORAMENTO NA ÁREA DE ESTUDO QUE POSSAM CONTRIBUIR PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	167
6.4	MATRIZ PARA PRIORIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS MAIS RELEVANTES PARA O ENQUADRAMENTO	168
6.5	PLANEJAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE ETAPAS, AÇÕES, RESPONSÁVEIS E CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	169
7.	USOS PRETENSOS DE RECURSOS HÍDRICOS.....	173
8.	CONSULTA PÚBLICA	197
8.1	CONVITES E MOBILIZAÇÃO.....	197
8.2	REALIZAÇÃO DO EVENTO.....	209
8.3	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES.....	211
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	211
10.	REFERÊNCIAS	215
ANEXO I – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA		1
ANEXO II – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO PROGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA.....		2

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Composição conceitual dos cenários	9
Figura 2.2 – Projeções econômicas para o Brasil (R\$, milhões)	26
Figura 2.3 – Evolução histórica comparativa em variação percentual de base 100 (2006 = 100).....	29
Figura 2.4 – Ilustração esquemática da metodologia de regionalização	32
Figura 2.5 – Projeções econômicas para a bacia do rio Pará (R\$, milhões)	34
Figura 2.6 – Pirâmide etária brasileira e mineira nos anos 2000 e 2010.....	36
Figura 2.7 – Grupos etários projetados para o estado de Minas Gerais	39
Figura 2.8 – Projeções demográficas para a Bacia do Rio Pará	42
Figura 2.9 – Grau de urbanização para a Bacia do Rio Pará	45
Figura 2.10 – Projeções de rebanhos animais (animais)	52
Figura 2.11 – Projeções de área cultivada agrícola (hectares)	54
Figura 2.12 – Projeções de área de silvicultura (hectares)	55
Figura 2.13 – Projeções do VAB industrial (R\$, mil)	56
Figura 2.14 – Projeções do VAB dos serviços (R\$, mil)	57
Figura 2.15 – Projeções de uso do solo (km ²).....	59
Figura 3.1 – Divisão da CH SF2 em sub-bacias.....	62
Figura 3.2 – Áreas (em km ²) das sub-bacias de cada macro-divisão da CH SF2.....	63
Figura 3.3 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário Tendencial	74

Figura 3.4 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário de Estagnação75

Figura 3.5 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário de Crescimento76

Figura 3.6 – Projeção da Demanda no Cenário Tendencial.....78

Figura 3.7 – Projeção da Demanda no Cenário de Estagnação.78

Figura 3.8 – Projeção da Demanda no Cenário de Crescimento.79

Figura 3.9 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário Tendencial90

Figura 3.10 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário de Estagnação90

Figura 3.11 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário de Crescimento91

Figura 3.12 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência $Q_{7,10}$99

Figura 3.13 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência Q_{95}100

Figura 3.14 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência Q_{mlt}101

Figura 3.15 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência $Q_{7,10}$102

Figura 3.16 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência Q_{95}103

Figura 3.17 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência Q_{mlt}104

Figura 3.18 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência $Q_{7,10}$	105
Figura 3.19 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência Q_{95}	106
Figura 3.20 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência Q_{mlt}	107
Figura 4.1 – Cargas Pontuais lançadas na bacia, em termos de DBO	120
Figura 5.1 – Comparação entre as classes modeladas e faixas de classificação das estações de monitoramento.	123
Figura 5.2 – Classes das águas doces e usos respectivos.	124
Figura 5.3 – Síntese dos cenários simulados.....	126
Figura 5.4 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário de Estagnação.....	128
Figura 5.5 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário de Estagnação	128
Figura 5.6 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário de Estagnação	129
Figura 5.7 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário de Estagnação	129
Figura 5.8 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário de Estagnação, para $Q_{7,10}$	131
Figura 5.9 – Parâmetros que contribuíram predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas.....	132
Figura 5.10 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário Tendencial	134

Figura 5.11 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário Tendencial	135
Figura 5.12 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário Tendencial	135
Figura 5.13 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário Tendencial	136
Figura 5.14 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário Tendencial, para $Q_{7,10}$	137
Figura 5.15 – Parâmetros que contribuíram predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas.....	138
Figura 5.16 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário de Crescimento	140
Figura 5.17 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário de Crescimento.....	141
Figura 5.18 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário de Crescimento.....	141
Figura 5.19 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário de Crescimento.....	142
Figura 5.20 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário de Crescimento, para $Q_{7,10}$	143
Figura 5.21 – Parâmetros que contribuíram predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas.....	144
Figura 7.1 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário Tendencial.....	185
Figura 7.2 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário de Estagnação.	186

Figura 7.3 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário de Crescimento.	187
Figura 7.4 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário Tendencial. .	188
Figura 7.5 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Estagnação.	189
Figura 7.6 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Crescimento.	190
Figura 7.7 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário Tendencial.	191
Figura 7.8 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Estagnação.	192
Figura 7.9 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Crescimento.	193
Figura 8.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo (e-mail).	198
Figura 8.2 – Postagem de Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo no Facebook.	199
Figura 8.3 – Postagem de Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico da CH SF2 no Instagram.	199
Figura 8.4 – Página do Youtube para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento e chamadas para consultas públicas.	200
Figura 8.5 – Exemplo de postagem no Youtube de chamada às Consultas Públicas do Prognóstico.	201

Figura 8.6 – Postagens no Youtube das gravações das consultas públicas já realizadas.....	202
Figura 8.7 – Página do Facebook para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.	203
Figura 8.8 – Postagens no Facebook para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.	204
Figura 8.9 – Página do Instagram para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.	205
Figura 8.10 – Postagens no Instagram para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.	206
Figura 8.11 – Mensagem de convite à consulta pública enviada por WhatsApp.....	207
Figura 8.12 – Link direto para acesso às gravações das consultas públicas já realizadas e download dos relatórios.	208
Figura 8.13 – Captura de tela durante a consulta pública.	209

Lista de Quadros

Quadro 2-1 – Projeções para o PIB da EFD 2020-2031 (variação %)	12
Quadro 2-2 – Incertezas críticas da região fisiográfica do Alto São Francisco	14
Quadro 2-3 – Projeções para a região fisiográfica do Alto São Francisco	17
Quadro 2-4 – Conceituação Econômica dos Cenários.....	25
Quadro 2-5 – Projeções da população do estado de Minas Gerais	38
Quadro 2-6 – Índices mínimos de atendimento de coleta e tratamento	48
Quadro 2-7 – Combinação entre as cenas temporais e os cenários.....	60
Quadro 3-1 – Sub-bacias da CH SF2.....	63
Quadro 3-2 – Disponibilidade Hídrica nas Sub-bacias da CH SF2.	64
Quadro 3-3 – Parâmetros Adotados nas Estimativas de Demandas.	66
Quadro 3-4 – Demandas para a Cena Atual (2020).....	68
Quadro 3-5 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial.	68
Quadro 3-6 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação.	69
Quadro 3-7 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento.	69
Quadro 3-8 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial.....	70
Quadro 3-9 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação.	70

Quadro 3-10 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento.	71
Quadro 3-11 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial.....	71
Quadro 3-12 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Estagnação.	72
Quadro 3-13 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento.	72
Quadro 3-14 – Demandas totais de retirada para a cena atual e os cenários futuros.	73
Quadro 3-15 – Vazões outorgadas e cadastradas como uso insignificante na bacia – Cena Atual (2020) – Águas Subterrâneas.....	80
Quadro 3-16 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial	81
Quadro 3-17 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação.....	82
Quadro 3-18 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento.....	83
Quadro 3-19 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial	84
Quadro 3-20 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação	85
Quadro 3-21 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento.....	86
Quadro 3-22 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial	87

Quadro 3-23 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Estagnação	88
Quadro 3-24 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento	89
Quadro 3-25 – Índices para avaliação da Condição de Comprometimento Hídrico das Sub-Bacias.	92
Quadro 3-26 – Demandas Acumuladas nas Sub-bacias da CH SF2 (m ³ /s).....	95
Quadro 3-27 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q ₉₅	96
Quadro 3-28 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q _{7,10}	97
Quadro 3-29 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q _{mlt}	98
Quadro 4-1 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas.	110
Quadro 4-2 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para a Cena Atual.	114
Quadro 4-3 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário Tendencial.	114
Quadro 4-4 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário de Estagnação.....	115
Quadro 4-5 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário de Crescimento.	115
Quadro 4-6 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário Tendencial.	116
Quadro 4-7 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário de Estagnação.....	116

Quadro 4-8 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário de Crescimento.	117
Quadro 4-9 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário Tendencial.	117
Quadro 4-10 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário de Estagnação.....	118
Quadro 4-11 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário de Crescimento.	118
Quadro 5-1 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro da DBO	125
Quadro 5-2 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro do Nitrogênio Total	126
Quadro 5-3 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro do Fósforo Total	126
Quadro 5-4 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro dos Coliformes Termotolerantes	126
Quadro 5-5 – Matriz do enquadramento atualmente atendido	148
Quadro 6-1 – Planejamento das ações para implementação do Enquadramento das águas subterrâneas na bacia do rio Pará.....	171
Quadro 7-1 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2 – Cena Atual (2020)	175
Quadro 7-2 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial	176
Quadro 7-3 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação	177

Quadro 7-4 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento	178
Quadro 7-5 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial.....	179
Quadro 7-6 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação	180
Quadro 7-7 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento	181
Quadro 7-8 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial.....	182
Quadro 7-9 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) - Cenário de Estagnação	183
Quadro 7-10 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento	184
Quadro 7-11 – Destaque para as variações percentuais entre retiradas para os principais setores usuários.....	196
Quadro 8-1 – Links de acesso aos canais de comunicação do estudo.....	197
Quadro 8-2 – Lista de presença da consulta pública.	209

Lista de Siglas

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APV - Agência Peixe Vivo

BEDA - Bovinos Equivalentes para Demanda de Água

BHSF - Bacia Hidrográfica do rio São Francisco

BTEX - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica

CE - Condutividade Elétrica

CERH-MG - Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais

CH - Circunscrição Hidrográfica

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DGP - Declaração de Carga Poluidora

EFD - Estratégia Federal de Desenvolvimento

ETE - Estação de Tratamento de Esgotos

FGV - Fundação Getúlio Vargas

FJP - Fundação João Pinheiro

GAT - Grupo de Acompanhamento Técnico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

MacroZEE - Macrozoneamento Ecológico-Econômico

NT - Nitrogênio Total

ONU - Organização das Nações Unidas

PAM - Pesquisa Agrícola Municipal

PDRH - Plano Diretor de Recursos Hídricos

PEVS - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura

PIB - Produto Interno Bruto

PMDI - Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI)

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

PRH - Plano de Recursos Hídricos

PT - Fósforo Total

SST - Sólidos Suspensos Totais

VAB - Valor Adicionado Bruto

VMP - Valores Máximos Permitidos

VRQ - Valores de Referência de Qualidade

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Prognóstico da Circunscrição Hidrográfica (CH) SF2, bacia hidrográfica do rio Pará, atendendo ao escopo definido no Termo de Referência que orientou o desenvolvimento dos estudos objeto do contrato previamente mencionado firmado entre a Agência Peixe Vivo (APV) e a ENGEORPS, além do conteúdo da etapa metodológica de Prognóstico validado em conjunto com a contratante e o Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) durante a fase de planejamento dos trabalhos, consolidado no relatório do Plano de Trabalho.

Para a construção deste prognóstico, foi desenvolvido cenário tendencial e cenários alternativos a partir de projeções de crescimento econômico e demográfico, com base na situação diagnosticada na etapa anterior, considerando diferentes horizontes de planejamento e dinâmicas macroeconômicas e micro, ao nível de atividades econômicas. Os cenários dão os contornos para a estimativa de cargas poluidoras e demandas hídricas que embasam o planejamento robusto do enquadramento.

Assim, todas as análises realizadas e apresentadas ao longo do texto visaram atender todas as demandas do termo de referência e da legislação pertinente, tendo sido apresentadas com o nível de profundidade e de acordo com as bases de dados disponíveis e que foram levantadas ao longo do estudo até o momento. Nesse sentido, é relevante lembrar que as atividades de levantamento de dados são continuadas ao longo de todo o período de estudo e, assim, informações relevantes que sejam disponíveis e obtidas em momento futuro do trabalho poderão ser consideradas nas etapas seguintes, de forma a complementar e aperfeiçoar os estudos.

O relatório está estruturado conforme itemização discriminada a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Prognóstico: apresenta o processo de construção dos cenários futuros e horizontes temporais de análise;
- Capítulo 3 – Potencialidade, Disponibilidade e Demanda de Água e Condições de Quantidade: apresenta os resultados de análises de ofertas, demandas e balanço

hídrico para a cena atual e cenários futuros para a bacia hidrográfica e suas sub-bacias de análise;

- Capítulo 4 – Cargas Poluidoras: apresenta as estimativas de cargas poluidoras para a cena atual e cenários futuros;
- Capítulo 5 – Condições de Qualidade dos Corpos Hídricos Superficiais: apresenta as análises e resultados da modelagem de qualidade para todos os cenários construídos e as cenas futuras avaliadas;
- Capítulo 6 – Prognóstico para as Águas Subterrâneas: apresenta as análises previstas no termo de referência para esta etapa de análise de águas subterrâneas;
- Capítulo 7 – Usos Pretensos de Recursos Hídricos: apresenta a análise de projeções de crescimento percentual de demandas para cada setor usuário, com vistas a dar suporte às análises e discussões sobre usos pretensos;
- Capítulo 8 – Consulta Pública;
- Capítulo 9 – Considerações Finais;
- Capítulo 10 – Referências.

2. PROGNÓSTICO

2.1 PLANEJAMENTO POR CENÁRIOS

O enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do rio São Francisco, trecho Alto São Francisco, mais especificamente da bacia do rio Pará, incrementa a implementação dos instrumentos de gestão das águas e, ao lado dos demais instrumentos instituídos pela Lei das Águas, permite aos órgãos de gestão dos recursos hídricos, demais atores interessados e a sociedade em geral caminharem rumo ao aproveitamento sustentável do recurso.

O enquadramento deve fomentar a execução de ações táticas claras e práticas, para fazer com que as classes definidas sejam respeitadas, orientando as ações dos atores, melhorando a qualidade ambiental e seu balanço entre uso e conservação, tendo por consequência a garantia da qualidade ambiental e de vida de todos os atores que se conectam via a água em uma mesma bacia hidrográfica.

O alcance do enquadramento não é apenas amplo em sua abrangência geográfica e no indissociável binômio entre a qualidade e a quantidade de água, mas também temporalmente - é instrumento de planejamento para vinte anos. Desta forma, deve-se apreciar como será o desenrolar das atividades que influenciam a qualidade das águas ao longo desse prazo, antevendo problemas e se preparando para soluções. Nesse mister, torna-se fundamental prospectar os possíveis desenrolares de desenvolvimento da região com vistas a compreender como as atividades humanas poderão ser modificadas no futuro.

O que sublinha a necessidade dessa prospecção é a conformação da água e seus usos (diluição de efluentes e usos consuntivos ou não consuntivos) como um recurso que, embora fundamental, está a reboque das demais decisões dos atores econômicos ou ambientais. Raros são os casos em que o planejamento a nível microeconômico considera a real escassez dos recursos naturais e, de forma autóctone, realiza a correção necessária de rumos¹. No mais das vezes, o

¹ O valor do capital natural e dos serviços ecossistêmicos, embora reconhecido há algum tempo, está sendo incorporado ao conhecimento produtivo há pouco tempo, a ponto em que ainda não está autorregulada por mecanismos de mercado (ou seja, ainda prevalecem as falhas de mercado).

reconhecimento da escassez do recurso e da repercussão de um uso pontual na somatória de usos em uma bacia deve ser imposto por instrumentos de gestão, como o enquadramento e a cobrança.

Eis que a prospecção dos desenrolares socioeconômicos demanda a construção de antevisões possíveis para o futuro. Afinal, o futuro é resultado de construção social multifacetada, onde o constante entrelaçar de dinâmicas econômicas, territoriais, de movimento de pessoas, atendimento a necessidades (presentes e futuras), prioridades de transporte e tantos outros desdobramentos criam expressões locais, implicando em diferentes graus de uso do recurso hídrico, diferentes usos do solo, diferentes cidades-polo, diferentes fluxos de produção e de pessoas.

Nesse sentido, a bacia hidrográfica se torna palco de diversos fluxos, expressando os processos que dominam a vida política, econômica e simbólica (vide Milton Santos, 1997). Há uma constante interação entre as dinâmicas naturais e as dinâmicas socioeconômicas, sejam locais, regionais, nacionais e globais que, juntas, criam uma expressão local.

Uma vez que o ambiente futuro é incerto, complexo e em grande medida imprevisível, uma abordagem por cenários propõe trabalhar perspectivas futuras de maneira ativa, passando da tradicional interpretação de um futuro provável para composições de futuros possíveis que explicitam incertezas e faixas de variação². Almeja-se antever acontecimentos críticos em tempo hábil para intervenções, tornando assim os cenários como ferramenta para embasar o planejamento estratégico e torná-lo robusto.

Os cenários, nesse contexto, são tidos como insumos fundamentais ao planejamento estratégico, como bem definido por Buarque (2003):

“Estudos prospectivos constituem parte importante do processo de planejamento, na medida em que oferecem uma orientação para as tomadas de decisões sobre iniciativas e ações para a construção do futuro almejado pela sociedade e pelas empresas. A própria atividade planejadora tem como pressuposto central o fato

² Cabe lembrar a frase do matemático americano John W. Tukey: "melhor uma resposta aproximada à uma pergunta certa, o que é muitas vezes vago, do que uma resposta exata para a pergunta errada, que sempre pode ser precisa".

de o futuro não estar predeterminado e ser uma construção social, resultante, portanto, das ações e das decisões da sociedade.”

A forma mais usual de se interpretar o futuro é projetá-lo com base nos comportamentos dominantes do passado, replicando as tendências apenas ocorridas. A essa visão retrospectiva devem-se incorporar, minimamente: as modificações mais esperadas; as maiores incertezas presentes; os investimentos estruturantes já anunciados ou muito prováveis; enfim, todas as condicionantes e hipóteses que estão amadurecendo na realidade atual e que afetam o desenrolar da região.

A construção do cenário que replica as tendências é uma importante âncora no pensar o desconhecido. Trata-se do **cenário tendencial**, que como o próprio nome implica, segue a premissa da permanência das condições demográficas, econômicas e políticas prevaletentes. Uma vez que o futuro não necessariamente repete o passado, deve-se também elaborar **cenários alternativos** que demonstrem situações limites de um amplo espectro de possibilidades de desenrolares futuros.

Dessa forma, não se compreendem os cenários como representações de onde queremos chegar, ou de objetivos a serem perseguidos, selecionando-se um cenário em particular. As forças atuantes que levam aos diferentes cenários estão, por definição, fora do controle dos tomadores de decisão. “Escolher” um cenário, portanto, não passa de um “desejo” sem amarra alguma com a realidade.

Ao contrário, almeja-se justamente explicitar e articular a imprevisibilidade para a identificação de onde se é possível chegar. O que emerge como resultado da análise dos cenários não são desejos de um ou de outro estado de mundo futuro, mas sim estratégias de planejamento para se lidar com quaisquer estados de mundo que venham de fato a ocorrer.

Ao fim e ao cabo, portanto, os cenários deverão embasar a tomada de decisões, pois estas serão mais robustas quanto melhor anteverem as diversas facetas dos marcos portadores de futuro e seus impactos sobre a ambiência em questão (Heidjen, 2005). Com base nos cenários possíveis, avaliam-se as condições da qualidade da água, as demandas e disponibilidades hídricas para cada um dos cenários formulados, bem como o balanço entre as disponibilidades e as demandas hídricas. Os conflitos potenciais são assim identificados e podem ser endereçados de forma proativa.

Para tanto, os cenários precisam ser plausíveis - mesmo que improváveis sob as (geralmente míopes) lentes do presente. Pode-se considerar que os cenários exploratórios são limites de uma banda de variação possível, em que os movimentos passados são uma referência para potenciais modificações - embora haja sempre alguma possibilidade de se estar em quaisquer pontos deste espectro no futuro. As dinâmicas que se equilibram na bacia hidrográfica são condicionadas pelas próprias dinâmicas naturais, que podem tanto dificultar ou ainda exacerbar o resultado dessa constante inter-relação.

Ao comentar a importância das dinâmicas para a sociedade em rede, Castells (1999) afirma que *“a nossa sociedade está construída em torno de fluxos: fluxos de capital, fluxos de informação, fluxos de tecnologia, fluxos de interação organizacional, fluxos de imagens, sons e símbolos”*.

Algumas destas dinâmicas são globais e se caracterizam por seus ritmos e programações específicas e que atendem a objetivos exógenos à região em questão (atendem à demanda chinesa por soja, por exemplo). Tais movimentos criam expressões locais, mas são coordenadas em escalas muito mais abrangentes que a da bacia hidrográfica. Não obstante, produzem efeitos tangíveis a nível local - como as áreas irrigadas na bacia atestam. Tendências demográficas, que resultam em profundas modificações territoriais, por exemplo, não detêm sua programação no recorte da bacia; ao contrário, trata-se de uma dinâmica que a ele se sobrepõe.

Outras dinâmicas, regionais e específicas ao local onde se encontram, mantêm suas próprias programações e também respondem e interagem com as globais. Tem-se a centralidade urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte, por exemplo; as características produtivas do solo e outros aspectos-chave que se originam no território. As dinâmicas locais levam indústrias novas a se instalarem, aportam malhas logísticas e modificam topografias naturais. Estas dinâmicas locais podem ser denominadas de microdinâmicas, e espelham características ímpares de desenvolvimento, grande parte delas em resposta às macrodinâmicas (exógenas, porém condicionadas à ambiência local).

A concepção dos cenários se origina na abordagem conceitual descrita e se mecaniza na identificação, quantificação, articulação e tradução dos seguintes elementos³:

- **Macrodinâmicas** – são as dinâmicas externas que interagem sobre a bacia hidrográfica, advindas de âmbito Nacional e até internacional. Essas forçantes perfazem o “pano de fundo” dos cenários, pois é sobre elas que as endógenas se rebatem. Seus elementos fulcrais são os desenrolares da economia (mediante a especificidade dos três grandes setores econômicos) e da demografia (mediante a consideração da população urbana e rural);
- **Microdinâmicas** – são as dinâmicas internas que interagem sobre o território dado suas particularidades locais, pois perpassam o uso do solo, as conexões logísticas, os grandes investimentos, o perfil das atividades econômicas e os ritmos de uso dos recursos típicos do local. Enquanto as macrodinâmicas trabalham com os setores econômicos, as endógenas trazem atividades econômicas.

As tendências dos desdobramentos passados são identificadas em função das dinâmicas macro e micro, compreendendo os ritmos de modificação futuros. É na interface entre estas que os cenários se desenvolvem, fornecendo os dados necessários para a compreensão e articulação das repercussões nos recursos hídricos, como ilustra a Figura 2.1.

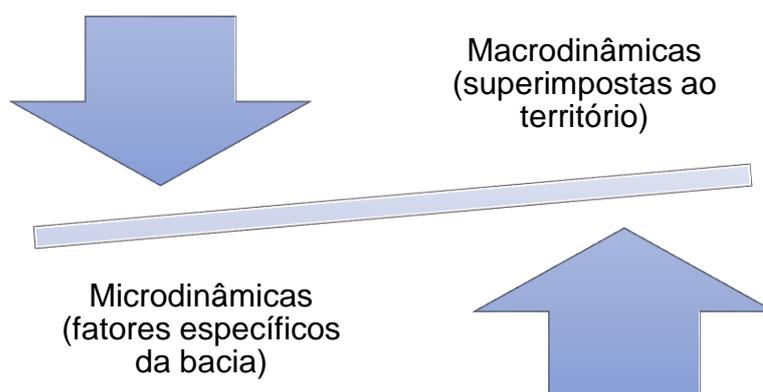


Figura 2.1 – Composição conceitual dos cenários

³ Elaboração própria

Na sequência, cada uma das dinâmicas consideradas é detalhada, compondo o perfil dos cenários. O horizonte temporal de planejamento, de 20 anos, é longo o suficiente para expressar a visão de longo prazo que se almeja, ao mesmo tempo que se mantém coerência de fatos e antevistas com a realidade. Esse horizonte temporal permite realizar três recortes distintos de subsídio ao planejamento - o de curto prazo (primeiros 5 anos, até 2026), o de médio prazo (entre os anos 6 e 10, até 2031) e de longo prazo (do 11º ao 20º ano, até 2041), qualificando as trajetórias antevistas e delas extraindo os pontos principais de atenção para o enquadramento.

2.2 MACRODINÂMICAS

Ao longo do horizonte temporal de planejamento para as ações do enquadramento dos rios da bacia hidrográfica do rio Pará em classes predominantes, as economias brasileira e mineira certamente sofrerão alterações profundas, fruto da demografia, da conjuntura econômica, de estratégias para a recuperação pós pandemia, da formação bruta de capital fixo, do nível tecnológico instalado e a se desenvolver; bem como por conta de fatores como a demanda mundial por *commodities* agrícolas ou minerais; movimentos financeiros internacionais; e movimentos cambiais que alteram os termos de troca. Deverão as forças exógenas do crescimento recente permanecer as mesmas?

A identificação das macrodinâmicas se dá pelos desenrolares da economia e da demografia, sendo importante identificar as diretrizes e contextos do planejamento antevisto em instâncias de decisão superiores às da bacia hidrográfica.

2.2.1 Planejamentos de referência

2.2.1.1 Cenários Nacionais

O Governo Federal instituiu, por meio do Decreto Federal nº 10.531 de 26 de outubro de 2020, a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031 – EFD 2020-2031. Trata-se do estabelecimento de uma visão de longo prazo para a atuação estável e coerente dos órgãos e das entidades da administração pública federal, autárquica e fundacional. Conforme dispõe o Artigo 2º do Decreto supracitado, os “*órgãos e as entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional considerarão, em seus planejamentos e suas ações, os*

cenários macroeconômicos, as diretrizes, os desafios, as orientações, os índices-chave e as metas-alvo estabelecidos”.

A EFD 2020-2031 apresenta cinco eixos temáticos com forte inter-relação, transversalidade e potencial sinérgico. São eles os eixos (i) econômico, (ii) institucional, (iii) infraestrutura, (iv) ambiental e (v) social, que buscam articular, de forma agregada, os setores propulsores do desenvolvimento do país pelo período seguinte de onze anos, conformando as problemáticas que devem ser endereçadas pelo Estado brasileiro.

A EFD estabelece três cenários para o Brasil até 2031, sendo um deles o **cenário de referência**, que pressupõe estabilidade macroeconômica com reformas que viabilizariam o equilíbrio fiscal de longo prazo, permitindo a retomada de uma trajetória de crescimento sustentado. Neste cenário, há apenas melhorias marginais nas reformas microeconômicas; o crescimento econômico seria baseado em ocupação da elevada capacidade ociosa atualmente disponível sendo, portanto, modesto e decrescente, devido ao fim do bônus demográfico. A taxa de investimento aumenta um pouco em relação à atual, que está baixa em função da recente recessão. Esse cenário projeta um crescimento médio anual do PIB de 2,2% que, considerando um crescimento da população de 0,6%, resulta em um crescimento do PIB per capita de 1,6% ao ano.

Já o **cenário transformador** considera um conjunto mais amplo de reformas que impulsionaria o aumento da produtividade geral da economia e da taxa de investimento, sobretudo em infraestrutura, além do avanço mais intenso da escolaridade e, por conseguinte, de ganhos em termos do capital humano e da taxa de participação da população em idade ativa. As reformas requeridas para o equilíbrio fiscal e as reformas estruturais mais profundas promovem uma melhora qualitativa e substancial da economia, que cresce em média à taxa de 3,5%, gerando um crescimento médio anual do PIB per capita de 2,9%.

Por último, como **cenário contrafactual**, especula-se sobre o desequilíbrio fiscal, cujas consequências dramáticas confluíam para o risco de insolvência do Estado. Nesse cenário, a ausência de reformas que permitam conter a elevação dos gastos públicos obrigatórios desencadeia uma trajetória explosiva para as contas públicas,

aumentando a desconfiança dos investidores em relação à sustentabilidade da dívida pública, elevando os prêmios de risco e gerando uma crise de confiança que pode impossibilitar o refinanciamento da dívida. Embora tão plausível como os demais cenários, segundo a EFD, a quantificação do contrafactual é difícil e não foi realizada no referido estudo.

As projeções do PIB da EFD para o período entre 2020 e 2031 estão apresentadas, ano a ano, no Quadro 2-1.

Quadro 2-1 – Projeções para o PIB da EFD 2020-2031 (variação %)

Ano	Cenário Contrafactual	Cenário de Referência	Cenário Transformador
2020	-	-5,00	-5,00
2021	-	3,56	4,74
2022	-	2,60	4,20
2023	-	2,50	4,11
2024	-	2,26	3,89
2025	-	2,10	3,65
2026	-	1,98	3,56
2027	-	1,98	3,06
2028	-	1,94	3,03
2029	-	1,94	3,01
2030	-	1,79	2,80
2031	-	1,58	2,74

Fonte: Adaptado de EFD, 2020

2.2.1.2 Cenários para a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Um importante instrumento de planejamento a nível de bacia hidrográfica é seu Macrozoneamento Ecológico-Econômico. Embora o zoneamento da bacia não tenha sido legalmente prescrito, os estudos de diagnóstico e de prognóstico que foram realizados em seu bojo se constituem peças técnicas de referência⁴.

O diagnóstico atualizado para a bacia hidrográfica do rio São Francisco traz minucioso levantamento de temas socioeconômicos, físico-bióticos e jurídico-institucionais para

⁴ Tais estudos foram coordenados pelo Ministério do Meio Ambiente, órgão que fora o coordenador da Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional - CCZEE (conforme Decreto s/n, de 28 de dezembro de 2001, da Presidência da República, revogado pelo Decreto nº 10.087, de 5 de novembro de 2019).

cada uma das quatro regiões fisiográficas da bacia (Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco). Na sequência são apresentados os principais pontos de relevância para a região fisiográfica de interesse, a do Alto São Francisco.

Nesse sentido, sobressaem-se os efeitos decorrentes das características meteorológicas intrínsecas ao Alto SF, que é uma região com grandes amplitudes térmicas (chegando a 16°C de diferença entre a temperatura máxima e mínima diária) e que possui menor evaporação ao longo do ano, quando comparada com as regiões do Submédio SF e do Baixo SF. O Alto SF também apresenta valores de umidade relativa do ar muito elevados, com máximos de 75-79% entre novembro e fevereiro.

Esta região é ainda das mais propícias à implantação de usinas hidrelétricas, devido ao seu elevado índice pluviométrico e aos menores índices de evaporação, minimizando as perdas por evaporação dos lagos. Essas características também favorecem o setor da agricultura, devido ao maior potencial hídrico oriundo da pluviometria e uma menor necessidade, conseqüentemente, de irrigação.

Na região fisiográfica do Alto SF, uma das atividades mais relevantes a considerar no desenvolvimento, mas também influencia na proteção e conservação ambiental da região, é a atividade de mineração. Os impactos da atividade de mineração são especialmente significativos no que diz respeito à qualidade da água superficial e subterrânea devido à possível deposição inadequada de resíduos sólidos e aos seus efluentes industriais.

Quanto aos impactos da ocorrência de eventos extremos, a região do Alto SF é a que apresenta a maior vulnerabilidade e maior incidência de eventos de cheias, abrangendo aproximadamente 51% do total dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – BHSF com mais de dois eventos críticos entre 2003 e 2015. O Alto SF exhibe municípios com recorrência de eventos de cheia próximos a Belo Horizonte e na região central do estado de Minas Gerais.

Os principais agravantes das enchentes são o grau de urbanização e a ocupação inadequada das áreas de inundação dos rios, um problema derivado não só da falta de conscientização da população, como também da falta de fiscalização e proteção das margens do rio por parte das autoridades competentes. Portanto, essa área

necessita primordialmente de ações de planejamento e gestão do uso e ocupação do solo. Essas medidas não estruturais têm um caráter imprescindível para reduzir os prejuízos econômicos e sociais causados pelos eventos de cheias e inundações.

Os eventos com maiores incertezas críticas no Alto SF, portanto, têm por base a atividade de mineração e os riscos a ela associados, bem como os problemas de definição de direitos de propriedade e os impactos das alterações climáticas que, entre outros, afetam o potencial de fornecimento de serviços ecossistêmicos.

Para além destes eventos, a região do Alto SF conta, ainda, com a incerteza crítica dos impactos da ocorrência de eventos climáticos extremos na região (como precipitações torrenciais, cheias, tempestades, deslizamentos de terra etc.), conflitos entre os usuários da água do SF, cargas potenciais na bacia, a necessidade de adaptar a distribuição regional e os padrões das culturas demandadas e, ademais, os impactos decorrentes da evolução do preço das *commodities*.

O Quadro 2-2 apresenta as incertezas críticas identificadas para a região fisiográfica do Alto São Francisco, segregadas nos eixos temáticos de desenvolvimento econômico, infraestruturas, dimensão ambiental e ambiente institucional. Uma vez que a leitura de tais incertezas foi realizada no âmbito dos cenários para subsidiar o macrozoneamento ecológico-econômico da bacia do rio São Francisco, não se trata de temas exclusivos da gestão de recursos hídricos. Não obstante, o uso das águas acaba sendo caudatário dos desenrolares econômicos, infraestruturais e dos demais ambientes.

Quadro 2-2 – Incertezas críticas da região fisiográfica do Alto São Francisco

Eixo Temático	Incerteza Crítica
Desenvolvimento Econômico	Impactos da evolução dos preços das <i>commodities</i> Necessidade de adaptação aos padrões das culturas demandadas Impactos das alterações climáticas sobre a distribuição regional de culturas Impactos da evolução da demanda de minério
Infraestruturas	Cargas potenciais na bacia
Dimensão Ambiental	Riscos associados à atividade de mineração Impactos das alterações climáticas Desmatamento por expansão de usos do solo não naturais (agropecuária) Existência de planos, programas e projetos visando o desenvolvimento do turismo sustentável na Bacia Hidrográfica Impactos da ocorrência de eventos extremos

Eixo Temático	Incerteza Crítica
Ambiente Institucional	Conflitos institucionais entre os diferentes usuários da água do São Francisco Definição e garantia de direitos de propriedade

Fonte: Adaptado de Nemus, 2017, no âmbito dos estudos de base para o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

O prognóstico de subsídio à implementação do MacroZEE da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Nemus, 2017) foi realizado para o horizonte temporal entre 2016 (data-base dos dados utilizados) até 2040, com um recorte intermediário de 2027 para os resultados obtidos. O estudo desenvolveu três cenários, denominados de A, B e C, sendo que cada qual é pormenorizado ao nível de região fisiográfica. Na sequência se apresenta os conceitos e principais resultados para o Alto São Francisco.

O **Cenário A** apresenta uma perspectiva de evolução positiva dos indicadores econômicos, contudo com uma evolução negativa dos aspectos ligados a fatores ambientais, sociais e institucionais. No que diz respeito ao eixo do desenvolvimento econômico, diversos setores da economia deverão contar com uma evolução positiva, em especial o setor secundário e de serviços. As atividades do setor primário, como agricultura e pecuária, devem apresentar crescimento e ganhos de produtividade, impulsionados pelo avanço da tecnologia e potencial de expansão.

A evolução de atividades produtivas deve gerar alguma pressão para melhorias de infraestrutura, porém vale destacar que a região do Alto SF já se encontra em situação bastante favorável nesse sentido, se comparada às demais regiões fisiográficas na bacia do rio São Francisco. Espera-se também um aumento na renda e consolidação das regiões urbanas, especialmente em torno da capital Belo Horizonte.

No que diz respeito ao desenvolvimento sociodemográfico, as tendências da população e da densidade populacional são de aumento no Alto SF, face ao grau de urbanização e de industrialização da região, e deverão ser acompanhadas por uma evolução das condições de vida no mesmo sentido, sobretudo a longo prazo.

Na dimensão ambiental deve se observar manutenção ou aumento do ritmo de ocupação do solo por atividades produtivas em detrimento de coberturas naturais. Nesse sentido, um dos grandes desafios apresentados é o lançamento de carga *in natura* de detritos originados pelo uso urbano, rural e industrial que, aliado a erosões

causadas pelo desmate de matas ciliares, deve implicar em assoreamento dos leitos dos rios.

O cenário também coloca a região como relativamente frágil a variações climáticas extremas, tais como secas e alagamentos e, por fim, apresenta a possibilidade de aumento dos conflitos por recursos hídricos, escalado principalmente pela falta de ações específicas do estado para solucionar esse tipo de problema. Dadas essas limitações, nesse cenário é menos provável que haja a intensificação de atividades sustentáveis como o ecoturismo (Nemus, 2017).

Já o **Cenário B** considera que se cumprirão, na íntegra, as legislações, esperando-se uma melhora nos fatores sociais e ambientais, podendo condicionar o desenvolvimento econômico face ao cenário A. Com relação ao desenvolvimento econômico, deve ocorrer uma evolução positiva dos diversos setores da economia, menos acentuada do que no cenário A e sem distinguir os setores primário e secundário do setor dos serviços, dado que os dois primeiros estarão mais condicionados pela legislação ambiental. O cumprimento da legislação ambiental possibilitará uma melhoria do controle, da fiscalização e da responsabilização no que diz respeito aos impactos e riscos relacionados com a atividade de mineração, mesmo considerando um aumento das demandas, interna e externa, de minério. Nesse cenário, portanto, esperam-se aumentos de produtividade e renda maiores que no Cenário A.

O Cenário B considera que a malha urbana está já consolidada no Alto São Francisco. Embora ainda seja possível observar aumento de área produtiva, deverá ser em menor escala, respeitando limites impostos pela legislação, o que implica na recuperação de matas ciliares, diminuindo, portanto, o impacto da erosão.

No que diz respeito ao desenvolvimento sociodemográfico, a evolução da população e da densidade populacional continuará a ser positiva no Alto SF, embora não tão acentuada quanto no Cenário A e deverá ser acompanhada por uma evolução das condições de vida no mesmo sentido. Neste cenário não se espera que os conflitos se intensifiquem, dando maior disponibilidade hídrica e ambiente institucional mais seguro, sendo mais fácil implantar medidas sustentáveis (Nemus, 2017).

Por fim, o **Cenário C** incorpora a lógica adotada para o Cenário B, no qual restrições referentes ao quadro de vulnerabilidade ambiental da bacia e aos acordos e compromissos para preservação e conservação dos recursos naturais são impostos, o que gera significativas melhorias nas dimensões ambiental e social.

Essa evolução deverá se traduzir, no que diz respeito ao desenvolvimento econômico, em uma evolução positiva dos setores primário e secundário (embora não tão acentuada quanto nos anteriores cenários) e, por outro lado, em uma evolução positiva mais significativa do setor dos serviços públicos, pela estabilização das áreas agrícolas e da demanda de minério, por um lado e, de outro, pela importância do turismo na região e menores impactos ambientais comparativamente com os outros setores econômicos.

Como no Cenário B, não há pressão sobre a infraestrutura, considerando-se que as áreas urbanas estejam consolidadas. Tal como no Cenário B, a ocupação do solo por atividades produzidas se dará de forma menos expansiva, mas mais intensiva, o que traz como consequência um alívio à pressão sobre os rios e o ambiente como um todo. Nesse cenário os conflitos por recursos hídricos são ainda menos pungentes, dada a implementação plena de um Pacto de Águas e um avanço significativo na organização e participação das instituições públicas e privadas.

No que diz respeito ao desenvolvimento sociodemográfico, a evolução da população e da densidade populacional continuará a ser positiva no Alto SF, embora não tão acentuada quanto nos cenários anteriores, considerando a sua pressão no território, e deverá ser acompanhada por uma evolução das condições de vida no mesmo sentido (Nemus, 2017). O Quadro 2-3 apresenta as projeções para os três cenários em questão dos estudos de Macrozoneamento Ecológico-Econômico para a bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Quadro 2-3 – Projeções para a região fisiográfica do Alto São Francisco

Temas	Referência	Cenário A		Cenário B		Cenário C	
	2016	2027	2040	2027	2040	2027	2040
VAB do Setor Primário (R\$, M)	8,3	27	110	24	84	21	64
VAB do Setor Secundário (R\$, M)	83,3	320	1.565	275	1.159	236	855

Temas	Referência	Cenário A		Cenário B		Cenário C	
	2016	2027	2040	2027	2040	2027	2040
VAB do Setor Terciário (público) (R\$, M)	39,9	132	542	151	707	161	807
VAB do Setor Terciário (privado) (R\$, M)	147	539	2.506	502	2.167	466	1.873
População (habitantes, milhares)	9.363	10.783	12.799	10.264	11.544	10.194	11.311
Densidade populacional (hab/km ²)	37	43	51	41	46	40	45
Áreas de lavouras temporárias (km ²)	13.081	16.846	22.716	15.733	19.699	15.097	18.078
Áreas de lavouras permanentes (km ²)	1.025	1.349	1.867	1.252	1.599	1.234	1.550
Áreas de silvicultura (km ²)	6.810	7.740	13.687	10.165	16.321	7.795	9.145
Áreas naturais (mil km ²)	129,80	126,31	122,31	126,66	123,04	127,35	124,51
Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (Geral)	0,67	0,72	0,79	0,75	0,86	0,77	0,9
Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (Renda)	0,53	0,60	0,63	0,62	0,64	0,63	0,66
Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (Educação)	0,81	0,82	0,89	0,82	0,91	0,84	0,93
Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (Saúde)	0,74	0,77	0,79	0,83	0,92	0,86	0,96

Fonte: Adaptado de Nemus, 2017, no âmbito dos estudos de base para o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Outro importante instrumento de planejamento que traçou cenários prospectivos para a bacia do rio São Francisco é seu o Plano de Recursos Hídricos (CBHSF, 2016). Os cenários lá traçados também se denominam de A, B e C, e se alinham de certa forma com aqueles traçados no âmbito dos estudos de base para o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da BHSF, embora com os extremos A e C invertidos. O horizonte temporal trabalhado abrange as cenas futuras de 2025 e 2035.

O **Cenário A** é postulado como o de menor pressão em termos de demanda por recursos hídricos devido ao menor resultado de desenvolvimento econômico e social, influenciado por diversos aspectos, dos quais destacam-se: (i) moderação dos preços dos bens alimentares, das matérias-primas agrícolas e dos metais, com desaceleração das demandas de água para irrigação, dessedentação animal e indústria; (ii) crescimento moderado da população e da demanda de água para abastecimento humano urbano e rural; (iii) vazão de retirada da transposição moderada e em linha com os acordos estabelecidos. Mesmo com a desaceleração de

atividade, ainda é esperado um aumento de vazão a retirar do São Francisco de 27% para o horizonte de 2025 e de 59% para o horizonte 2035.

O **Cenário B** consiste em um cenário tendencial resultado das dinâmicas instaladas nas sub-bacias e dos setores usuários (agropecuária, indústria e abastecimento humano) dos recursos hídricos, enquanto os Cenários A e C consistem em variações respectivamente mais moderada e menos moderada. Levando em conta elementos correspondentes a riscos ou incertezas previsíveis decorrentes de uma estrutura supostamente estável no horizonte temporal de cenarização, o Cenário B é associado a iniciativas pouco incisivas e menor impacto frente a realidade observada na situação de referência. No Cenário B, se espera um aumento de demanda de retirada de 39% para o horizonte de 2025 e de 82% para o horizonte 2035.

Já o **Cenário C** é postulado como o de maior pressão sobre os recursos hídricos, fruto de um crescimento econômico mais pujante, influenciado pelos seguintes aspectos: (i) retorno, a longo prazo, dos preços dos bens alimentares, das matérias primas agrícolas e dos metais aos máximos históricos dos últimos anos, com aceleração das demandas de água para irrigação, dessedentação animal e indústria; (ii) forte crescimento da população (saldos migratórios positivos e elevados) e da demanda para abastecimento humano; (iii) vazão de retirada da transposição elevada e/ou acima dos acordos estabelecidos. No Cenário C, identifica-se o maior aumento na demanda hídrica para os diversos usos, sendo de 53% para 2025 e de 114% para 2035.

2.2.1.3 Planejamento do Estado de Minas Gerais

O Governo do Estado de Minas Gerais conta com um planejamento denominado de Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI) para o período 2019-2030, instituído pela Lei nº 23.577/2020. O PMDI 2019-2030 é um plano de longo prazo, que consolida um conjunto de grandes escolhas para a construção do futuro do Estado, estabelecendo as principais diretrizes para a atuação do governo estadual.

O PMDI é elaborado desde 2000, constituindo-se um instrumento norteador que segue atualizações constantes para balizar a atuação do Estado. Na última edição foram estabelecidas medidas emergenciais e necessárias à recuperação fiscal, e

aprovados objetivos, metas e diretrizes que visam estabelecer um ambiente favorável ao desenvolvimento sustentável.

Mesmo sendo um instrumento de planejamento de longo prazo, o PMDI 2019-2030 não utiliza de cenários prospectivos. Ao apresentar o histórico de diversos indicadores socioeconômicos, de educação, emprego e tecnologia, no entanto, acaba por revelar a dificuldade de o estado superar a restrição ao investimento necessário para se atingir as metas prescritas.

2.2.2 Cenários de crescimento econômico

Na perspectiva das macrodinâmicas de crescimento econômico, nota-se a pertinência de uso das projeções trazidas pela Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD 2020-2031). Seus cenários para a economia brasileira apresentam as perspectivas de longo prazo (ao menos para os primeiros dez anos) que concedem coerência à leitura das perspectivas nacionais, haja vista o histórico de crescimento recente do país.

Afinal, a conjuntura econômica nacional atravessa notória estagnação, situação que se choca com os limites da restrição fiscal e o aumento dos gastos públicos decorrentes do enfrentamento à Covid-19. Enquanto a média anual de crescimento nacional na década entre 2001 e 2010 foi de 3,6% (com pico de 7,5% em 2010 e queda de 0,6% em 2009), já na década finda em 2020, o crescimento anual médio foi próximo ao nulo (0%). Ou seja, o Brasil de 2020 foi, em termos de riqueza, o mesmo que o fora em 2011.

Certamente, o ano de 2020 foi marcado pela pandemia da Covid-19 que afetou o mundo todo, mas não refresca os resultados pífios de crescimento dos nove anos precedentes. Para fins de comparação, as taxas médias de crescimento do PIB de alguns países Latino-Americanos na mesma década (2011-2020), foram: 3,2% no Peru; 3,0% na Colômbia; 2,3% no Chile; e 1,0% no México.

Geralmente, estagnações assim longas precedem inflexões em tendências. Conforme traz a EFD 2020-2031, a capacidade ociosa da economia nacional se encontra em níveis bastante altos, o que favorece um crescimento rápido de curto prazo (pressuposto tanto do cenário de referência como do cenário transformador). Nos próximos anos, essa utilização de fatores ociosos (humanos e capital) se configura

como um dos principais contribuintes para um maior crescimento. Após esse período inicial, no entanto, é necessário que haja maior investimento em infraestrutura, o que indiretamente contribui para maior uso dos fatores ociosos.

Quando se atinge o pleno emprego, projetado pela EFD para 2026, o estoque de capital de infraestrutura passa a ser a principal alavanca para suportar maiores taxas de crescimento. Caso esse investimento não se concretize, no entanto, o crescimento é cerceado e pode ocorrer (novo) processo inflacionário. Há, na estratégia nacional, orientações para a adoção de um conjunto de políticas apropriadas e coordenadas que permitam destravar investimentos em infraestrutura e em ciência, tecnologia e inovação (que conduzem a maior produtividade dos fatores).

Alguns pilares do crescimento possível advêm da manutenção e reforço à independência e atuação das agências reguladoras, viabilização de parcerias público-privadas e continuidade de processos de privatização. Dessa forma, o governo passa a coordenar o processo de desenvolvimento por meio de mecanismos de intervenção indireta e de planejamento indicativo, além de conceder maior rigor institucional e regulamentar a operação privada de setores estratégicos (saneamento básico, transportes, energia elétrica, telecomunicações, petróleo) com vistas a aumentar o estoque de capital físico.

A EFD apresenta orientações para políticas econômicas de curto prazo que fomentam tal investimento produtivo nos setores estratégicos. Esse é ponto fulcral para o crescimento, pois dentre as mais marcantes restrições ao desenvolvimento do país, está a baixa e ineficiente inversão de capital do setor público. O país investe, com dificuldade, uma média de 18% do seu PIB (formação bruta de capital fixo), resultado que foi, em 2020, de apenas 15%. Esse mesmo percentual se aproxima de 27% nos países de alto crescimento, como Índia e Coreia do Sul.

Parte dessa dificuldade se forma na alta demanda de financiamento do setor público por conta de gastos sem contrapartidas arrecadatórias, o que acaba por exigir taxas de juros que ofuscam a poupança privada e deprimem o investimento. O engessamento (inclusive constitucional) de diversos gastos públicos conforma uma importante restrição que se aproxima de seu limite: pode-se prever que haja uma reactualização de acordos entre os estados federados de forma coordenada e

responsável ou uma forte ruptura que leva ao desequilíbrio fiscal de difícil reversão na próxima década.

O crescimento econômico ao longo da última década e meia foi motivado pela demanda interna em sobreposição à demanda externa, o que inevitavelmente resulta no ajuste atual na conta de capitais. Enquanto o preço das *commodities* agrícolas e minerais se manteve em patamares recordes, o país obteve superávits de exportação mesmo com um câmbio apreciado e uma infraestrutura econômica dificultosa. Resta saber se o ajuste recente no câmbio conseguirá equilibrar a conta de capitais ao motivar o desenvolvimento da indústria interna, mesmo com o retorno das *commodities* a preços altos. Dadas as incertezas da eficiência dos planos de recuperação econômica pós-Covid-19 em países desenvolvidos, ainda não se tem clareza sobre o comportamento de certos termos de troca.

Além das condicionantes internacionais, públicas e monetárias, podem-se elencar algumas restrições internas ao crescimento. Uma delas é a baixa produtividade do trabalhador, sendo que para conquistar maiores ganhos de produtividade, essencial para o crescimento sustentado pós utilização de capacidade ociosa, é necessário elevar os níveis de capital físico por trabalhador.

Parte da elevação da produtividade demanda investimentos em infraestrutura, bem como em inovação, ciência e tecnologia. O histórico de inversões nesses setores, como demonstra o próprio histórico de inovações tecnológicas nacional, no entanto, demonstra que a reversão dessa tendência não é nem simples e nem pequena.

Investimentos viabilizadores do crescimento, afinal, tangenciam fatores produtivos não-infraestruturais, como um ambiente cultural propício à inovação, centros de pesquisa, trocas intensas de conhecimento e informação com o exterior, instituições governamentais flexíveis, recursos humanos formados e informados com excelência. Estes fatores não são originados exclusivamente pelo Governo, mas podem e devem ser por ele facilitados e instigados (a exemplo dos centros de formação, pesquisa e inovação públicos). O nível de desenvolvimento das instituições políticas e das organizações econômicas deve atingir um patamar que favoreça a formação de ciclos de expansão no país a partir de forças a ele endógenas.

Outro fato marcante, que será detalhado no próximo item, é o paulatino arrefecimento do bônus demográfico: a inserção ao mercado de trabalho de um contingente maior de população em idade ativa do que a população fora da idade de trabalho, que os trabalhadores devem sustentar, se encerra em meados de 2020. Segundo as projeções do IBGE, a população em idade ativa em proporção à população total passa de 69,3% em 2020 para 67,5% em 2030 e para 65,8% em 2040 (embora ainda haja um crescimento absoluto desse contingente até meados de 2035, devido ao crescimento absoluto da população).

Atravessa-se, em resumo, um momento de grandes incertezas sobre o grau e a velocidade de rompimento de diversas restrições nacionais que se sobrepõem ao momento de tensão nas contas públicas devido aos gastos com o enfrentamento da pandemia. Em contraponto, nota-se um vasto rol de potencialidades econômicas que, embora dependam em grande parte do alívio das restrições, configuram-se como possibilidades no limiar de serem realizadas.

Uma das importantes alavancas para um novo momento de crescimento é a reversão do decréscimo da indústria, evidenciado por um valor agregado bruto (VAB) do setor secundário 9% menor em 2020 do que em 2011 para o país, sendo que a queda no estado de Minas Gerais é ainda maior, de 11%⁵. As evidências empíricas, baseadas em estatísticas descritivas e regressões econométricas entre 1970 e 2010, revelam que o país enfrenta esse processo de longa data (Nassif et al., 2013).

Outra potencialidade advém do setor de agronegócio, bastante relevante para o estado de Minas Gerais: a demanda externa por alimentos não deverá se refrear, nutrindo-se na modificação de hábitos alimentares mundo afora que incluem maiores doses de proteína animal, o que favorece enormemente ao Brasil e ao estado, com áreas agrícolas de alto rendimento e possibilidade de intensificação de produção via tecnologia. Há, nesse tópico, ampla margem para usos mais inteligentes do fluxo dos serviços ambientais providos pela diversa base de recursos naturais, permitindo alçar

⁵ O valor adicionado bruto - VAB é o valor que cada atividade econômica agrega aos bens e serviços consumidos em seu processo produtivo, ou seja, é a contribuição ao produto interno bruto (PIB) pelas atividades econômicas, obtida pela diferença entre o valor bruto de produção e o consumo intermediário absorvido por essas atividades.

vantagens comparativas para um crescimento mais sustentado, fazendo uso de fluxos em detrimento aos estoques.

Caso as restrições pontuadas acima não sejam rompidas ou aliviadas, entretanto, novos ciclos de crescimento descontinuado, oscilando entre picos e vales (crescimento ciclotímico) serão conformados, certamente marcados pelo baixo dinamismo que caracteriza as duas últimas décadas da economia brasileira. Trata-se, em parte, da possibilidade explorada pelo cenário contrafactual da EFD. Embora este não seja, claramente, um cenário desejado, apresenta-se tão ou até mais provável que os demais. Observa-se a dificuldade em se traduzir estratégias de crescimento em instrumentos táticos efetivos (em tempestividade e magnitude necessários).

Nesse bojo, observa-se que as projeções econômicas trazidas pelo estudo prognóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em quaisquer dos seus três cenários, estão descoladas da realidade atualmente observada. Mesmo em se tratando especificamente da região fisiográfica do Alto São Francisco, que abriga a bacia hidrográfica do rio Pará, que pode apresentar crescimento descolado do restante do País, a perspectiva de se ter taxas anualizadas de 8,7% para o VAB agropecuário, 9,9% para o VAB secundário e 11,1% para o VAB terciário distam em demasia dos pressupostos da EFD.

2.2.2.1 Conformação dos Cenários para o Enquadramento

Pelo arrazoado acima, conclui-se que a adoção de taxas de crescimento para o PIB nacional em linha com a EFD 2020-2031 é a forma mais adequada de se contemplar, neste estudo prognóstico de base para o enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio Pará, os fatores exógenos da dinâmica econômica.

O atual contexto de inflexão conjuntural traz consigo um leque de possibilidades para a economia brasileira, muito embora não compete ao presente estudo se debruçar sobre quais rumos o país tomará. O que se almeja, tão somente, é conhecer tais rumos de forma a preparar uma antevisão dos recursos hídricos em linha com os desenrolares plausíveis, concedendo robustez ao instrumento de enquadramento. Dessa forma, adotam-se os seguintes cenários para a dinâmica econômica, que são

também os cenários que aninharão as microdinâmicas: Estagnação, Tendencial e Crescimento, de acordo com o Quadro 2-4.

Quadro 2-4 – Conceituação Econômica dos Cenários

Cenários		
Estagnação	Tendencial	Crescimento
Alinhamento à Estratégia Federal de Desenvolvimento (EFD 2020-2031)		
Intermediário entre o Contrafactual e o de Referência, com crescimento anual médio do PIB de 1,3% entre 2020 e 2031	Cenário de Referência, com crescimento anual médio do PIB de 2,2% entre 2020 e 2031	Cenário Transformador, com crescimento anual médio do PIB de 3,5% entre 2020 e 2031
Conjuntura Econômica (PIB)		
Não há modificações estruturais, a atividade econômica, que se recupera em ritmo lento, com permanência da estagnação e pressão inflacionária de oferta	Há algum alívio de restrições, a atividade econômica se recupera em ritmo compatível com o crescimento passado, com predominância da utilização de capacidade ociosa, mas pouca força para continuidade	Há maior alívio de restrições, e a atividade econômica se recupera em ritmo mais célere, com a utilização de capacidade ociosa alvancando o aproveitamento de novos investimentos em ativos físicos e não físicos para o crescimento
Setor Primário (Agropecuária)		
Manutenção do foco no mercado de <i>commodities</i> agrícolas para exportação; pouco investimento na geração de produtos de maior valor agregado e pouca inovação	Ênfase no mercado de <i>commodities</i> agrícolas para exportação, porém com mais investimento no mercado interno; alguma inovação na agregação de valor	Demanda interna cresce em paralelo ao mercado de <i>commodities</i> agrícolas para exportação, levando à retomada dos investimentos latentes no setor, com inovação
Setor Secundário (Indústria)		
Permanência da desindustrialização; mesmo com juros mais baixos, os gargalos de infraestrutura e baixo papel da iniciativa privada rendem tímidas perspectivas de futuro	Reversão gradual da desindustrialização, com retomada de capacidades ociosas, alguns nichos industriais se destacando, mas ainda com dificuldade de investimento em inovação	Reversão da desindustrialização, com retomada de capacidades ociosas e novos investimentos e inovações, maior confiança ao setor
Setor Terciário (Comércio e Serviços)		
Crescimento lento da demanda interna, apenas recuperando-se da situação de estagnação atual; inadimplência alta, favorecendo consumo de bens e serviços apenas de primeira necessidade; nos pequenos municípios, setor público continua sendo o dinamizador econômico local	Demanda interna recupera o ritmo de crescimento do passado, com melhora expressiva em relação à situação atual, porém ainda de um mercado com manutenção de juros baixos e início de novo ciclo econômico; nos pequenos municípios, setor público ainda é dinamizador econômico local, mas com retomada tímida do consumo privado	Demanda interna recupera-se de forma acelerada via aumento de renda e investimentos em qualidade de vida e lazer, em um caminho para novas formas de serviços; elevação no grau de inovação; nos pequenos municípios, setor público perde preponderância como dinamizador econômico local

Fonte: Elaboração própria.

Tem-se nessa definição de cenários o delineamento de marcos, âncoras do pensar das bandas de variabilidade que determinarão, por fim, o ritmo de variação futura esperada para a economia e para a população na bacia hidrográfica do rio Pará.

Destacam-se as projeções econômicas para o Brasil, expostas nos gráficos apresentados na Figura 2.2.

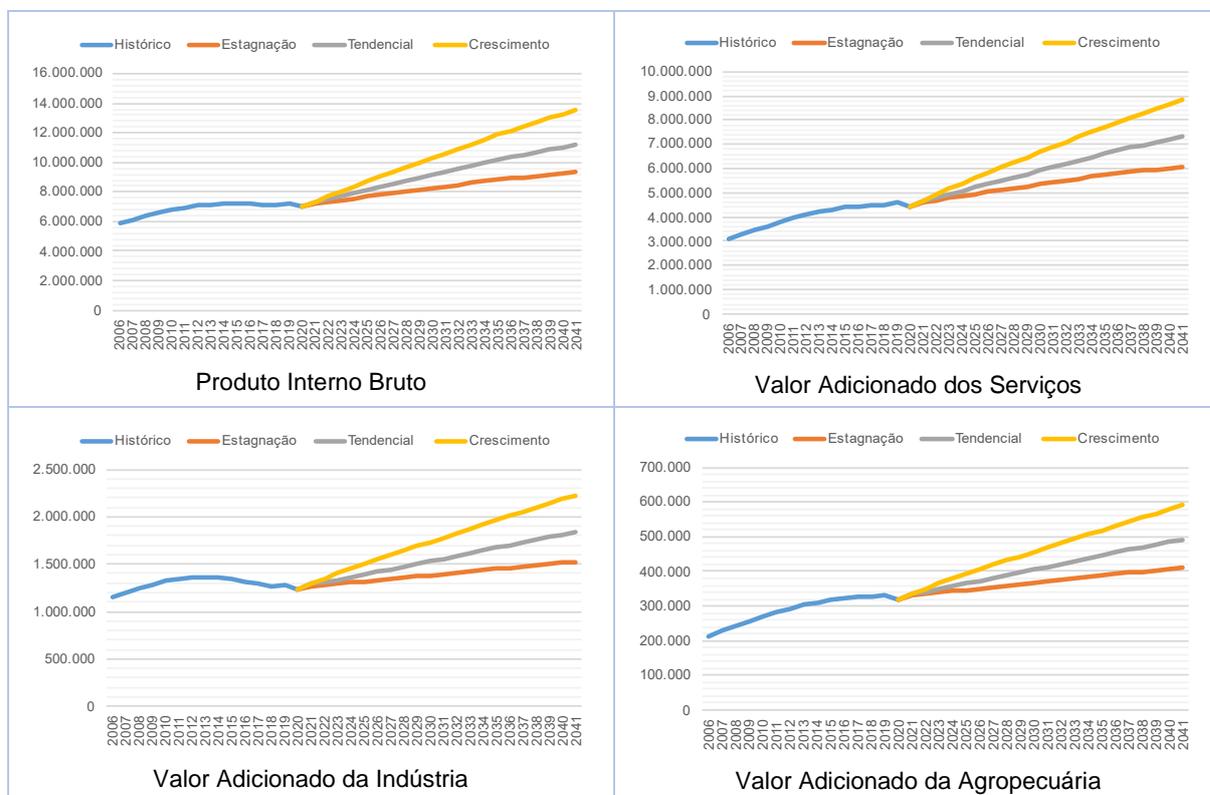


Figura 2.2 – Projeções econômicas para o Brasil (R\$, milhões)

As projeções variam de forma significativa entre os cenários e os agregados econômicos, com maior sustentação do crescimento do setor primário em qualquer situação futura, uma vez que sua dinâmica depende menos das condições internas do país do que os demais setores. O mais sensível é, sem dúvida, a indústria, que pode ter seu produto incrementado em grande monta devido à conformação de cada cenário. Dentre os setores econômicos, os (relativamente) mais estáveis são o de serviços do setor público e do setor agropecuário. Já os setores de serviços privados e indústria apresentam as maiores amplitudes futuras.

É possível observar que as projeções dão conta das tendências futuras, porém, sem capturar a sazonalidade que certamente ocorrerá; padrão bastante evidente para os setores primário e secundário da economia. Uma vez que o setor terciário é responsável por cerca de 63% do PIB, as trajetórias de ambos se assemelham.

Em 2026, intervalo temporal de curto-prazo, tem-se as seguintes diferenças entre os três cenários: o PIB deve variar entre R\$ 7,79 trilhões (Estagnação) e R\$ 9,03 tri (Crescimento), com a tendência sendo de R\$ 8,30 tri. Trata-se de um resultado com grande amplitude, considerando o curto espaço temporal de apenas cinco anos. Eis que o gradiente de variação representa o momento de inflexão no qual a economia nacional se encontra.

A diferença entre o PIB sob Crescimento ou Estagnação em 2026, é continuamente majorada quando se lê os resultados de 2031: a diferença entre esses cenários passa de 16% para 27%, indicando que o crescimento acumulado, que resulta da base de cada um dos períodos anteriores, faz crescer a assimetria de opções de trajetórias futuras. Mesmo com as curvas futuras suavizadas pela consideração de um decrescente grau de influência do passado, as diferentes bases de crescimento que deverão ser conformadas nos próximos cinco anos levam a diferença projetada para o PIB de 2041 em 45%.

Observa-se que qualquer projeção hoje realizada parte de alguma base passada, seja para dar seu nível atual, seja para, na maior parte das vezes, estender sua tendência no futuro. Embora essa técnica de retrovisão seja usual e bastante útil para situações de projeção no curto prazo, para o médio e longo prazos deixam de captar eventuais modificações de padrão de comportamento. Por conta disso, as projeções tendem a se alinhar com o passar do tempo. Em vinte anos, certamente se observarão rompimentos de tendências (geralmente oriundas de inovações tecnológicas cujas consequências não se conseguem plausivelmente capturar no presente)⁶.

2.2.2.2 Regionalização das Macrodinâmicas

Tal como conceituado nos parágrafos introdutórios deste capítulo, a cenarização compreende que a bacia hidrográfica do rio Pará é receptora de dinâmicas a ela exógenas, macrodinâmicas que perfazem o “pano de fundo” dos cenários, pois é sobre elas que as endógenas vêm a se rebater. Seus elementos fulcrais são os

⁶ A velocidade de disseminação tecnológica da indústria aditiva, das repercussões do *bigdata* e dos avanços da biotecnologia são potenciais motivadores de rompimento de tendências. Lembrando que a tecnologia embutida na sonda Spirit, que esteve em Marte de 2004 até 2010, é equivalente a presente hoje nos aparelhos eletrônicos que estão em nossos bolsos.

desenrolares da economia (mediante a especificidade dos três grandes setores econômicos) e da demografia (mediante a consideração da população urbana e rural, conforme descrito em item respectivo na sequência).

As projeções econômicas nacionais, que embutem a variável exógena que se almeja capturar nos cenários, devem ser rebatidas sobre os municípios que compõem a bacia hidrográfica de forma a determinar o ritmo de crescimento específico da área de interesse. Adota-se o município como a menor unidade administrativa que se pode trabalhar com dados econômicos e demográficos, permitindo assim pormenorizar o local de forma mais detalhada possível. É a nível municipal que ocorrem as leituras das microdinâmicas, tema do próximo item que compõe a estrutura metodológica desenvolvida.

Nota-se, inclusive, que o poder público local vem assumindo um papel político e econômico ativo no âmbito regional e nacional, tornando mais complexa a relação cidade/região e sua compreensão na dinâmica territorial. A regulação do território já não ocorre de forma tão marcadamente hierárquica a partir de um núcleo central. Ao contrário, ela conforma um mosaico de malhas, zonas, redes e pontos reveladores da emergência de outros focos de poder, tais como os comitês de bacia hidrográfica, capazes, também, de realizar a integração (ou mesmo a fragmentação) de um território.

A passagem de uma projeção de âmbito nacional para aquela de cada um dos 34 municípios componentes da bacia do rio Pará é realizada pela transferência da projeção exógena para o nível municipal, considerando-se mudanças de ritmos relativos. Denomina-se essa técnica de “regionalização” de projeções *mutatis-mutandi*⁷, e é utilizada tanto para as projeções econômicas como para as populacionais. Seu nome advém do fato de que todas as partes são mutáveis de acordo com a influência de seus agregados maiores. E, de fato, todas as partes se

⁷ Trata-se de método derivado da análise de economia regional conhecida como *shift-share*, em que se faz a decomposição de um agregado em diversas componentes para análises de contribuições relativas. O *shift-share* é utilizado em economia regional e em economia do emprego, desmembrando os componentes, por exemplo, do (i) efeito nacional no crescimento regional, (ii) mudança setorial esperada e (iii) efeito competitivo regional.

alteram de acordo com os graus de influência relativa de seus pares locais e/ou estaduais e/ou regionais e/ou nacional.

A Figura 2.3 permite observar a evolução histórica dos últimos 15 anos para os indicadores de PIB e valor agregado bruto alcançados pelo Brasil (BRA), pela Região Sudeste do país (SE), pelo Estado de Minas Gerais (MG) e pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará (SF2). O PIB e o VAB de serviços brasileiro e mineiro caminham desde 2006 praticamente em tandem. Da mesma forma, se verifica que a economia da Região Sudeste como um todo (não menos por incluir o próprio Estado de Minas Gerais em sua composição) também acompanha a nacional, mas apresentando uma correlação ligeiramente negativa.

A Figura 2.3 apresenta as taxas de evolução histórica comparativa por meio da equalização destas taxas em base 100 (para o ano inicial, de 2006). Uma variação de 100 para 110, por exemplo, significa um aumento de 10 pontos percentuais (pp), assim como uma queda de 100 para 90, uma redução de 10 pp.

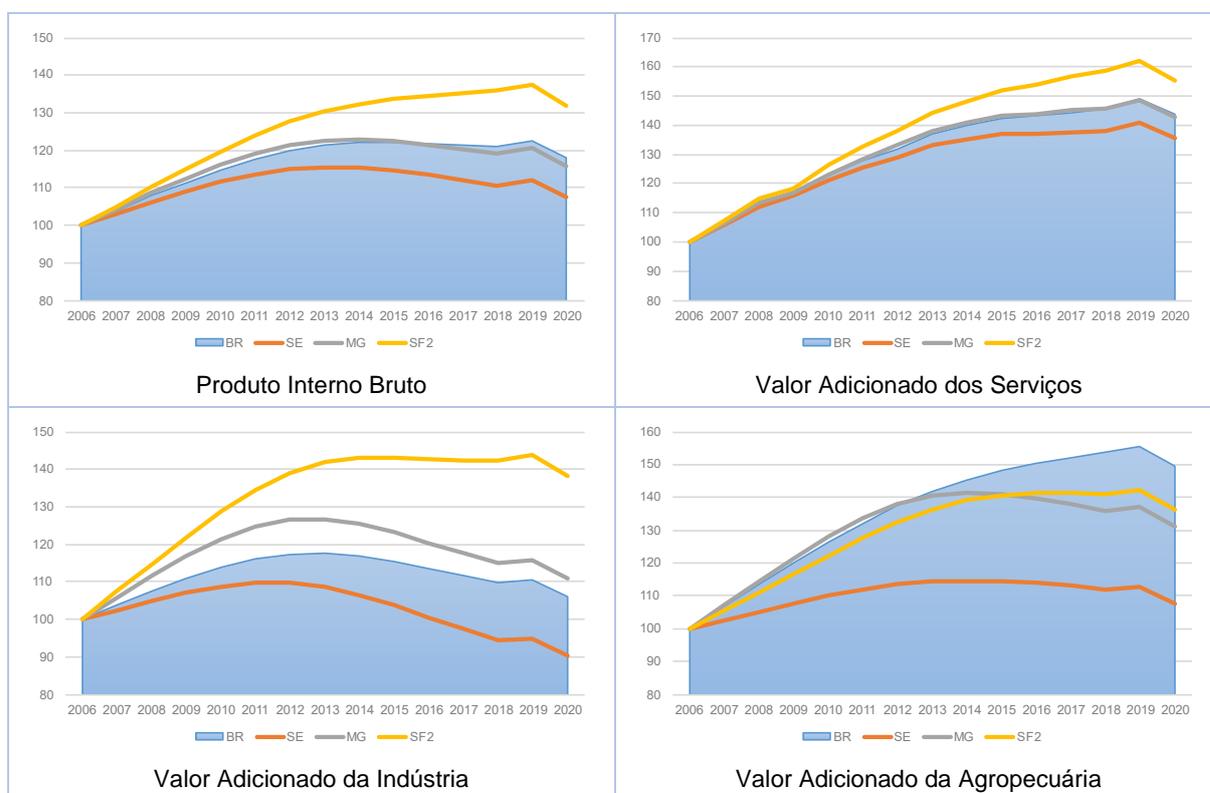


Figura 2.3 – Evolução histórica comparativa em variação percentual de base 100 (2006 = 100)

Na metodologia de escolha, os ritmos e contribuições relativas entre agregados são mais importantes do que as suas próprias magnitudes, uma vez que interessa (em se tratar de macrodinâmica) delinear o contexto de um conjunto interligado, e não de um município de forma isolada do conjunto. O uso da técnica permite alocar aos componentes-objeto das projeções, no caso os municípios, os efeitos das trajetórias dos agregados maiores, perfazendo uma leitura prospectiva dos movimentos ressaltados na Figura 2.3.

Para cada um dos cenários, a projeção do agregado maior é a que se altera, refletindo nos municípios, justamente, as dinâmicas exógenas que a eles se sobrepõem. Em termos matemáticos, tem-se como exemplificação para o PIB de um município i em um dado ano t :

$$PIB_{mun_{it}} = PIB_{regiãointermediária_{it}} \cdot GPR_{mun_{it}}$$

onde: GPR = grau de participação relativa, definido por sua vez como:

$$GPR_{mun_{it}} = GPR_{mun_{it-1}} \cdot \alpha_{mun_{it}}$$

onde: α = variação do grau de participação relativa.

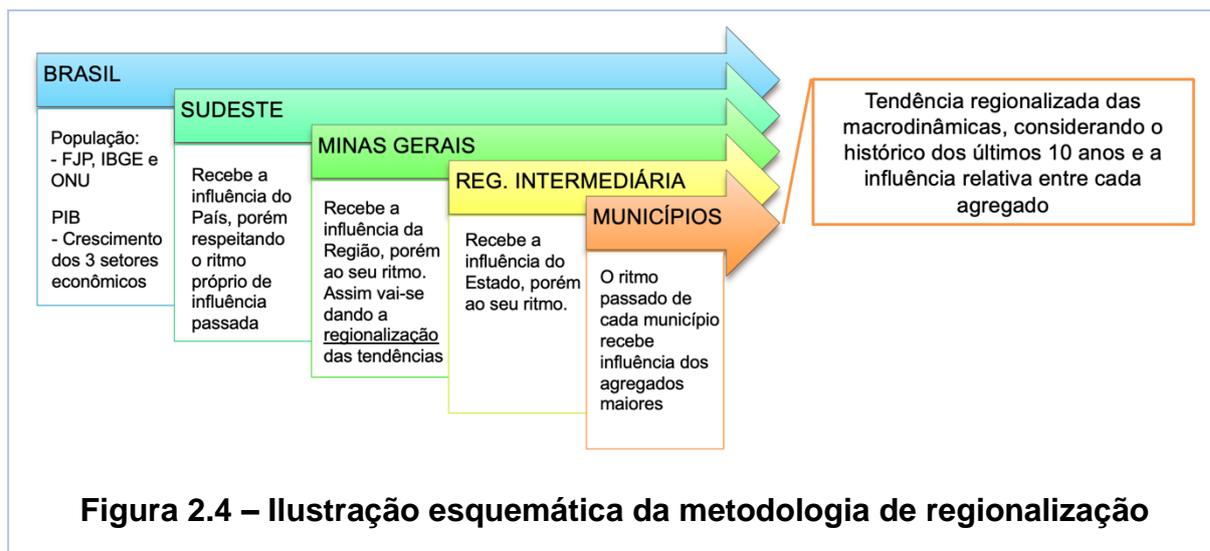
A expressão pode ser traduzida como a alocação da variável desejada por meio do grau de participação relativa (de cada agregado menor em seu maior). Para um maior nível possível de detalhamento, utilizam-se os seguintes agregados, em ordem decrescente: País (Brasil) > Região (Sudeste) > Estado (Minas Gerais) > Região Intermediária (Barbacena para os municípios de Desterro de Entre Rios e Resende Costa; Belo Horizonte para o município de Florestal; e Divinópolis para os demais municípios da Bacia do Rio Pará⁸) > Municípios componentes da bacia do rio Pará (cada qual de acordo com sua Região Intermediária).

⁸ São eles os municípios de Araújos, Bom Despacho, Carmo da Mata, Carmo do Cajuru, Carmópolis de Minas, Cláudio, Conceição do Pará, Divinópolis, Igaratinga, Itaguara, Itapeçerica, Itatiaiuçu, Itaúna, Leandro Ferreira, Maravilhas, Martinho Campos, Nova Serrana, Oliveira, Onça de Pitangui, Papagaios, Pará de Minas, Passa Tempo, Pedra do Indaiá, Perdígão, Piracema, Pitangui, Pompéu, Santo Antônio do Monte, São Francisco de Paula, São Gonçalo do Pará e São Sebastião do Oeste. Alguns destes não têm suas sedes na Bacia do Rio Pará.

Nota-se que a leitura das dinâmicas econômicas é realizada com base na Divisão Regional do Brasil do IBGE (2017), que espelha, no território, elementos tais como a rede urbana, classificação hierárquica dos centros urbanos, detecção dos fluxos de gestão pública, dentre outros. A rede urbana é um dos principais elementos de referência, tornando-se assim o espelho da macrodinâmica econômica. Afinal, é a partir de centros urbanos e de sua rede que a população satisfaz as necessidades, tais como a aquisição de bens de consumo, a busca por trabalho, o atendimento em saúde e educação e até mesmo a prestação de serviços públicos.

Por conta dessa característica, a regionalização é realizada para todo o conjunto de municípios que apresenta alguma interface no recorte da bacia hidrográfica em análise, mesmo aqueles cuja sede está fora dos limites físicos desenhados pela natureza. Essa consideração é também realizada para a regionalização das projeções demográficas.

Na metodologia adotada, é o grau de participação relativa que varia, ano a ano, em função da projeção histórica (coeficiente angular da série de dez anos passados), ponderado pelo grau decrescente de influência do passado no futuro. Significa dizer que cada município crescerá de acordo com seu próprio histórico de longo prazo (auferido pelo histórico dos últimos dez anos) em acordo com a influência recebida pelo ritmo de crescimento passado de sua região intermediária, de seu estado, de sua região e também, claro, pelo maior agregado de todos, o Brasil (cuja variação esperada, em cada cenário, é alterada de acordo com o contexto das macrodinâmicas já descrita acima). A Figura 2.4 ilustra de forma esquematizada a metodologia adotada.



O estabelecimento do grau de participação relativa dos agregados menores nos seus respectivos agregados maiores (leitura dos ritmos relativos futuros), se dá por meio de projeção com base na análise estatística das situações passadas. Uma vez que se trata de regionalização da dinâmica econômica, faz-se uso da Região Intermediária e não da Bacia Hidrográfica como o menor dos compartimentos regionais. Esse recorte geográfico, atualizado pelo IBGE em 2017⁹, considera os processos sociais, políticos e econômicos que ocorreram nos anos mais recentes, expressando as trocas econômicas que se almejam captar.

Utiliza-se, para tanto, dos resultados de valor adicionado de cada um dos três setores econômicos (primário, secundário e terciário) em série histórica de 2006 até 2018¹⁰. Para o setor terciário, utiliza-se ainda os subcomponentes dos serviços públicos e privados. Para os cálculos do PIB, agregam-se os três setores e se atribui a razão média dos impostos realizada nos cinco últimos anos, por agregado. Essa razão de impostos é mantida fixa ao longo da projeção, para fins de simplificação.

Uma vez que a base de dados traz valores a preços correntes, fez-se necessária a correção para preços constantes. Para o PIB, utiliza-se o deflator implícito do produto nacional (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); para a atividade do 1º

⁹ IBGE. Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias. IBGE, 2017.

¹⁰ Série do PIB e VAB a preços correntes do IBGE, advinda das Contas Nacionais. O ano de 2018 é o último com dados a nível municipal.

setor, o Índice de Preços por Atacado-Oferta Global de Produtos Agrícolas (FGV – Fundação Getúlio Vargas); para o 2º setor, o Índice de Preços por Atacado-Oferta Global de Produtos Industriais (FGV); e por fim, para o 3º setor, o Índice de Preços ao Consumidor-Mercado (FGV)¹¹.

Ademais, os agregados econômicos embutem resultados pontuais de cada ano que refletem ciclos conjunturais que não necessariamente se farão repetir no futuro. Como forma de se corrigir resultados oriundos da sazonalidade de curto-prazo, aplica-se o filtro de *Hodrick-Prescott*¹².

Trabalhou-se nesse mister com os dados das respectivas séries históricas como determinantes da tendência de longo prazo das contribuições relativas, pressupondo que a influência do passado é determinante para os resultados futuros. Para tanto, capturou-se a linha tendencial de cada uma das curvas das contribuições relativas passadas como modelador da tendência de comportamento futuro. Um último ajuste diz respeito ao decréscimo da importância relativa do passado ao se aproximar das taxas de crescimento projetadas para o longo prazo.

A identificação dos ritmos passados de um agregado em relação ao outro evita que, nas projeções, um local que nunca havia crescido a taxas mais altas que seu estado, de um repente, o faça. É claro que um município em específico poderá de fato receber um determinado investimento e crescer a ritmo acelerado, ou ainda adensar-se demograficamente com concentração urbana; mas estas especificidades, no entanto, são fruto da avaliação das microdinâmicas (trabalhadas no próximo item).

A Figura 2.5 apresenta os resultados das projeções agregadas para o conjunto de 34 municípios que compõe a bacia hidrográfica do rio Pará. Trata-se de resultado-síntese, uma vez estes são obtidos em nível municipal e subsequentemente acumulados para o nível de bacia.

¹¹ Disponíveis no sistema de séries temporais do Banco Central do Brasil: www.bcb.gov.br

¹² Modelo matemático bastante utilizado em aplicações econométricas para remover o componente cíclico de uma série temporal, obtendo-se uma curva suavizada. Objetiva-se que o resultado seja mais sensível às flutuações de longo prazo em detrimento das de curto prazo. O ajuste da sensibilidade da tendência às flutuações de curto prazo é fruto do multiplicador, λ . Uma vez que se trabalha com séries anuais, utiliza-se $\lambda = 50$.

Ressalta-se que a projeção, incerta por natureza, tem como principal resultado para embasar a tomada de decisões as magnitudes relativas, em detrimento de leituras de precisão pontual. Nota-se, ainda, que os valores entre 2019 e 2020 já são projeções, pois partem dos dados findos em 2018, último ano para a série histórica do Sistema de Contas Nacionais a nível municipal, projetados para 2019 e 2020 com base nos resultados (provisórios) do PIB do Brasil.

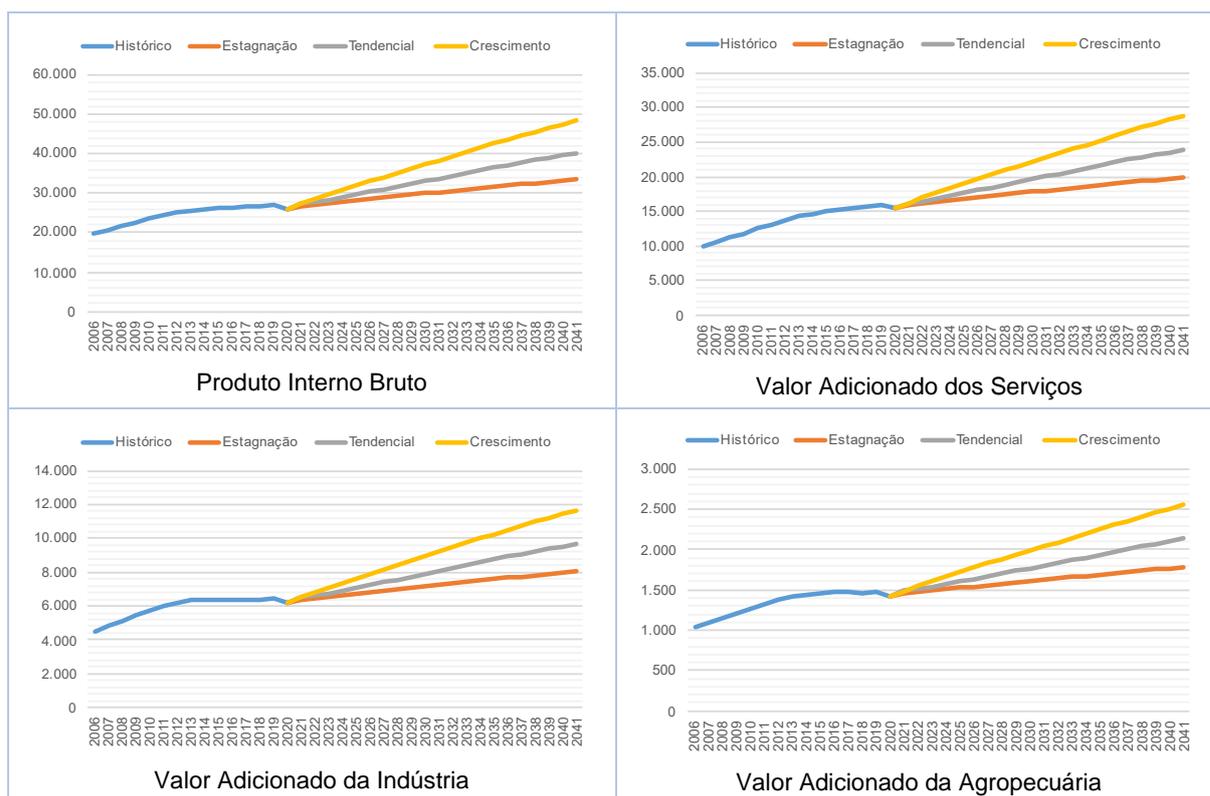


Figura 2.5 – Projeções econômicas para a bacia do rio Pará (R\$, milhões)

Os municípios da bacia do rio Pará apresentaram um PIB de R\$ 26,7 bilhões no ano de 2018 e, seguindo a dinâmica do estado, tiveram tal resultado fortemente impulsionado pelo setor de serviços, que contribuiu com R\$ 15,7 bi. De acordo com as macrodinâmicas econômicas, o PIB pode chegar no primeiro quinquênio em um intervalo de R\$ 29 a 33 bi (cenário Estagnação e Crescimento, respectivamente), sendo que o cenário Tendencial aponta para R\$ 30 bi. No final do período, em 2041, essa diferença entre cenários pode ser de R\$ 33 a 48 bi, refletindo a crescente incerteza de se olhar vinte anos para o futuro.

Por ter seus maiores municípios relativamente próximos da capital estadual, a região possui municípios com dinâmica econômica caracterizada pelos desdobramentos da própria Belo Horizonte, principalmente em termos de serviços e de indústrias instaladas no entorno da cidade.

Com relação à indústria, o estado de Minas Gerais conta com a presença de grandes multinacionais exemplificando por meio da Gerdau, Fiat e Arcelor Mittal. A bacia do rio Pará abriga algumas dessas grandes indústrias, como a Gerdau, por exemplo, e contribui para a dinâmica de fornecedores industriais especializados. O VAB industrial, de acordo com os cenários, pode vir a ser de R\$ 6,8 a 7,9 bi no primeiro quinquênio. Já em 2041, a variação entre os cenários indica um intervalo de R\$ 3,6 bi, ou seja, cerca de 60% do resultado atual (projetado para 2020 em R\$ 6,18 bi).

No que tange ao setor primário, a região é caracterizada pela forte presença de agricultura familiar, com destaque para o cultivo do milho, do feijão de 2ª safra e a cana-de-açúcar. A pecuária na região segue dinâmica semelhante a agricultura, configurada por pequenas propriedades rurais, com a produção principal sendo a bovina e avicultura. O resultado econômico da produção, projetado em R\$ 1,42 bi em 2020, não deve sofrer alterações muito grandes, podendo chegar entre R\$ 1,5 e R\$ 1,7 bi no fim do primeiro quinquênio. Em 2041, antecipa-se o intervalo de R\$ 1,7 a R\$ 2,5 bi.

Projeta-se que Divinópolis, maior município da bacia do rio Pará, continue a ter um papel relevante em sua economia. Não obstante, identificam-se taxas de participação relativa ligeiramente decrescentes, mais intensas no cenário Estagnação e menos no cenário Crescimento. A participação do município, de cerca de 24% do PIB, passa a ser de 23,5% em 2026; de 23,2% em 2031; e de 22,8% em 2041.

2.2.3 Perspectivas demográficas

A demografia é fator fundamental para a análise da situação futura da bacia hidrográfica do rio Pará, pois um dos principais componentes de demanda é o abastecimento humano e, como contrapartida, a geração de efluentes sanitários que interferem diretamente na qualidade (mesmo quando tratados, a depender do porte da população, eficiência do tratamento e capacidade de diluição do corpo receptor).

Diferentemente das dinâmicas econômicas, as demográficas tendem a ser mais estáveis e antecipáveis, muito embora expressem o resultado agregado de diversas decisões e mudanças sociais. No Brasil todo, é notável a queda nas taxas de crescimento demográfico¹³. Em 2011, a taxa de crescimento geográfico nacional era de 0,88, e é projetada pelo IBGE em 0,77 no ano de 2020 (queda de 13%). Esse mesmo dado para Minas Gerais é ainda mais intenso, saindo de 0,70 para 0,59 (queda de 16%).

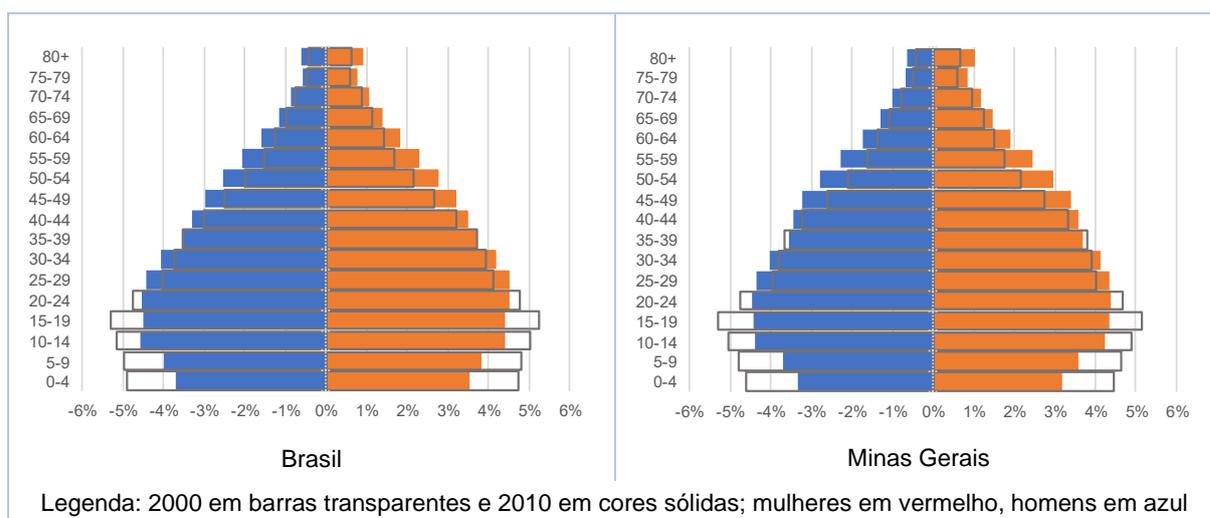


Figura 2.6 – Pirâmide etária brasileira e mineira nos anos 2000 e 2010

Comparando-se os anos de 2000 com 2010 (últimos censos demográficos) na distribuição etária da população de Minas Gerais, nota-se um estreitamento da base da pirâmide etária concomitante ao alargamento do seu centro e também aumento de seu topo. Em 2000, 29,6% da população nacional e 28,4% da estadual tinha menos de 15 anos; já em 2010, essa razão caiu, respectivamente, para 24,1% e 22,4%. Em contrapartida, a proporção da população com mais de 65 anos, que era de 5,8% no país e de 6,2% em Minas Gerais, em 2000, passou a ser de 7,4% e 8,2%, respectivamente, em 2010.

¹³ Embora diferentes regiões do país experimentem níveis distintos de fecundidade, todas compartilharam da tendência de redução de suas taxas. A fecundidade total (número de filhos por mulher) no Brasil era de 2,73 em 1991; já em 1995 havia caído para 2,49; estando apenas cinco anos mais tarde (quando mensurada pelo censo demográfico de 2000) em 2,29. Em 2005 o país já demonstrava fecundidade pouco abaixo da taxa de reposição (1,99), sendo que em 2010, cinco anos depois, a taxa nacional já alcança níveis de países europeus (1,84). Segundo as projeções do IBGE para 2020, a taxa atual deve ser de 1,76.

Esses dados traduzem a modificação estrutural na demografia do país e evidenciam a interação em diversos graus de aspectos como a independência feminina, os graus mais elevados de instrução, uma maior capacidade de planejamento familiar, melhores acessos às formas de controle de natalidade e também uma maior renda. Existe, outrossim, uma miríade de outros aspectos plausíveis que, embora certamente influentes, são menos claros quando de uma análise generalista.

Como próxima fase, os baixos níveis de fecundidade e mortalidade geram crescimento populacional mais lento, com diminuição do peso da população em idade ativa e significativo envelhecimento da estrutura etária. Espera-se, inclusive, que esses dados já venham a estar inscritos na próxima pirâmide etária a ser construída quando da realização do censo demográfico (possivelmente em 2022).

O IBGE realiza projeções populacionais de longo curso para o Brasil, que articulam não apenas a dinâmica intercensitária, mas o desenrolar das passagens de gerações, as quais refletem as modificações no perfil demográfico¹⁴. De acordo com essas projeções, o estado de Minas Gerais deve ver cair ainda mais a proporção de jovens de até 15 anos, passando de 22,4% (em 2010) a compor 18,8% em 2020, 17,9% em 2026, 17,1% em 2031 e 15,0% em 2041. A concentração da população de idade superior a 65 anos, no entanto, deve crescer de forma bastante expressiva, passando de 8,2% do total em 2010 para 11,2% em 2020, 13,8% em 2026, 16,1% em 2031 e 20,3% em 2041.

Tem-se, portanto, o paulatino arrefecimento do fenômeno conhecido como “bônus demográfico”, período que perfaz ambiente favorável ao fomento do desenvolvimento, pois há um aumento da participação da população em idade economicamente ativa, ao passo que aquela em idade não ativa reduz a sua participação, com a redução concomitantemente da pressão por serviços públicos¹⁵.

¹⁴ IBGE, Projeções da população: Brasil e Unidades da Federação - revisão 2018, 2ª ed., 2018.

¹⁵ O fenômeno consiste na redução da fecundidade associada ao crescimento da população em idade ativa, sem ser ainda acompanhada de intenso processo de envelhecimento populacional. O incremento populacional se dá a taxas decrescentes mediante o persistente declínio da taxa de fecundidade concomitante ao aumento considerável da população em idade ativa - refletindo as altas taxas de fecundidade do momento imediatamente anterior.

No caso do estado de Minas, a população mais velha, que volta a demandar serviços públicos e seguridade social, já passa a compor frações crescentes da população, reduzindo os ganhos econômicos dessa transição. Em termos absolutos, estima-se que a população do estado esteja em 21,29 milhões de habitantes, passando a crescer em cerca de 630 mil habitantes até 2026, adicionais 350 mil até 2031 e depois, até 2041, adicionais 184 mil. A população mineira de 2041 terá, no entanto, 626 mil jovens (até 15 anos) a menos do que a atual, concomitante a adição de cerca de 2,2 milhões de sêniores (mais de 65 anos). O Quadro 2-5 apresenta as projeções realizadas pelo IBGE para a população do estado de Minas Gerais por faixa etária, sendo disposta de forma gráfica na Figura 2.7.

Quadro 2-5 – Projeções da população do estado de Minas Gerais

Faixa Etária	Indicador	Censo Demográfico		Projeções do IBGE			
		2000	2010	2020	2026	2031	2041
zero a 14 anos	pop.	5.082.168	4.393.957	3.993.043	3.931.898	3.802.768	3.366.370
	%	28,38%	22,42%	18,75%	17,9%	17,1%	15,0%
15 a 44 anos	pop.	8.870.386	9.542.533	9.884.173	9.477.177	9.051.414	8.196.773
	%	49,54%	48,69%	46,42%	43,2%	40,6%	36,5%
45 a 64 anos	pop.	2.843.604	4.064.551	5.031.272	5.490.601	5.834.024	6.345.002
	%	15,88%	20,74%	23,63%	25,0%	26,2%	28,2%
acima de 65	pop.	1.108.975	1.596.289	2.384.178	3.024.914	3.588.704	4.553.189
	%	6,19%	8,15%	11,20%	13,8%	16,1%	20,3%
TOTAL	pop.	17.905.133	19.597.330	21.292.666	21.924.590	22.276.910	22.461.334

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE - Censos demográficos e projeções populacionais.

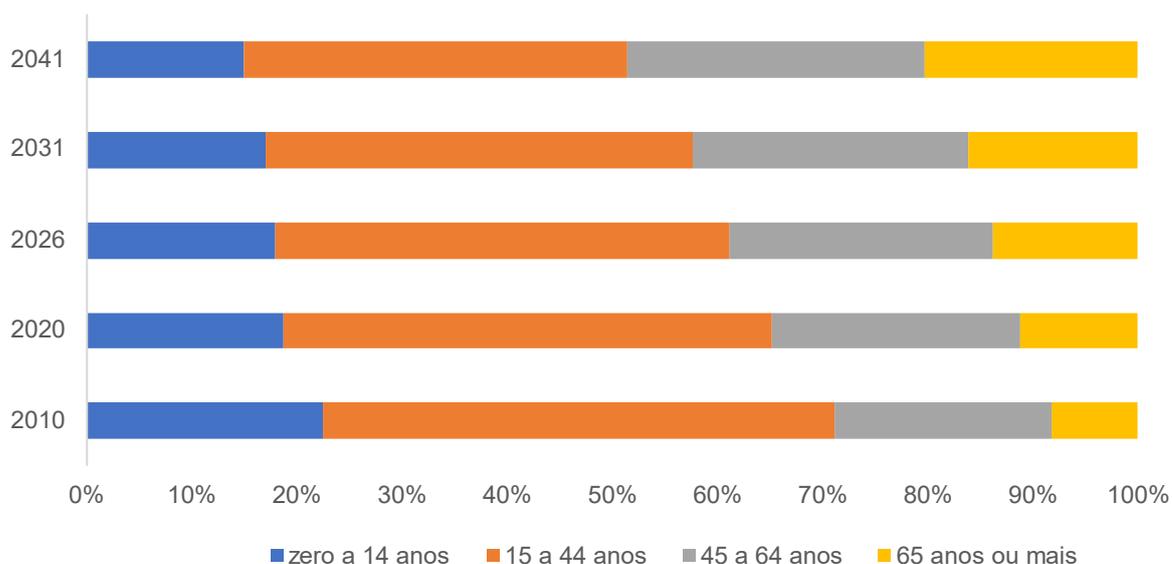


Figura 2.7 – Grupos etários projetados para o estado de Minas Gerais

Ao se assumir que a proporção de mudança na composição etária da população de Minas Gerais possa ser replicada aos municípios componentes da bacia hidrográfica do rio Pará, pode-se antever as diferenças na proporção das faixas etárias também para esse conjunto de interesse, conforme demonstra a Figura 2.7.

2.2.3.1 Cenários Demográficos para o Enquadramento

A Fundação João Pinheiro (FJP) realiza projeções demográficas para Minas Gerais, e o faz para cada município do estado¹⁶. Para os municípios somados da bacia do rio Pará, tem-se por essa projeção uma expectativa de se chegar em 2040 com uma população total de 1,06 milhão de habitantes, cerca de 60 mil pessoas adicionais em relação à estimativa atual de 1 milhão.

Segundo essas projeções, a bacia do rio Pará em 2025 contará com 16 mil habitantes adicionais aos projetados para 2020, ou seja, um acréscimo médio e agregado de cerca de 3 mil pessoas por ano. Já entre os anos de 2025 e 2030, o ritmo de acréscimo populacional aumenta para, na média, 4 mil novos habitantes por ano. Nos dois

¹⁶ Fundação João Pinheiro, FJP. Estatísticas e Informações. Acesso em agosto de 2021. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/estatistica-e-informacoes/>

quinquênios seguintes, 2030 a 2035 e entre 2035 e 2040, a variação média anual passa a ser constante em cerca de 2,5 mil habitantes.

Um segundo conjunto de projeções populacionais pode balizar as perspectivas demográficas da bacia do rio Pará, pois apresenta interface de planejamento com os recursos hídricos e sua gestão. Trata-se das projeções trazidas pelo Atlas de Abastecimento de Água da ANA (2021), cujos resultados diferem, em certa medida, das realizadas pela FJP. O Atlas apresenta uma população em 2040 de 1,07 milhão de habitantes para a bacia, mas difere no ritmo de variação dessa população ao longo dos quase vinte anos.

Segundo o Atlas, a Bacia Hidrográfica contará, em 2025, com 36 mil habitantes adicionais aos projetados para 2020, ou seja, um acréscimo médio e agregado de cerca de 7 mil pessoas por ano. Já entre os anos de 2025 e 2030, o ritmo de acréscimo populacional diminui para, na média, 4 mil novos habitantes por ano. Nos dois quinquênios seguintes, 2030 a 2035 e entre 2035 e 2040, a variação média anual passa a ser de um aumento de 3 mil seguido por uma redução de quase mil habitantes, respectivamente.

Para compatibilização das projeções demográficas com as econômicas, realiza-se a seguinte alocação das projeções: as perspectivas de variação populacional da FJP, de menor crescimento, se associam ao cenário Estagnação; já as projeções do Atlas Água passam a ser representativas do cenário Tendencial, conforme o próprio instrumento federal as define.

A associação das projeções demográficas aos cenários conceituados pela componente econômica ilustra a interação entre essas duas importantes dinâmicas. Uma das manifestações mais diretas dessa inter-relação se dá pelos movimentos de êxodo e adensamento, claramente vinculados ao dinamismo de uma economia e paralelos à própria dinâmica demográfica, pois tratam do movimento das pessoas, e não de suas características demográficas.

Uma região que se adensa pode estar assim o sendo devido à atração de mão de obra, por exemplo. Passa a sofrer, então, maiores demandas por serviços e equipamentos públicos e, como em um repente, passa também a enfrentar problemas

com mobilidade e segurança pública, cocriações do crescimento que não se faziam perceber na situação imediatamente anterior. Essa demanda por mão de obra pode ser tanto oriunda de um grande projeto de investimento como fruto da polarização da população, que tende a se concentrar justamente no entorno de locais já adensados.

Nesse contexto, cabe traçar as perspectivas demográficas para o cenário Crescimento, que devem espelhar um acréscimo maior de pessoas na região de estudo.

Como balizador do cenário Crescimento, faz-se uso das projeções trazidas pela divisão populacional da Organização das Nações Unidas¹⁷. O órgão multilateral realiza estimativas para a população de todas as nações globais, incluindo o Brasil, em perspectivas de baixo, médio e alto crescimento demográfico. Essas estimativas levam em consideração uma diversidade de fatores globais como a abertura comercial, cooperação entre países, guerras e outros fatores exógenos ao país - exatamente o que se almeja ilustrar com a variação dos cenários, refletindo assim distintas possibilidades de crescimento futuro.

Segundo o estudo da ONU, em um contexto de crescimento demográfico acelerado, ter-se-á um Brasil com cerca de 228 milhões em 2026, atingindo o ápice de 240 milhões em 2038. Embutido na antevisão de alto crescimento estão maiores ganhos em longevidade, assim como a ausência de doenças e outros eventos que podem afetar grandes contingentes populacionais abruptamente, tal como a Covid-19 apenas o fez. Caso estas projeções da ONU sejam submetidas à regionalização de forma análoga à realizada para as projeções da dinâmica econômica, podem-se realizar seus rebatimentos para cada um dos municípios componentes da bacia hidrográfica do rio Pará.

O resultado aponta para uma bacia hidrográfica em 2025 com 60 mil habitantes adicionais aos projetados para 2020 (considerando todos os municípios com alguma área na bacia, independente de sua sede fazê-lo), ou seja, um acréscimo médio e agregado de cerca de 12 mil pessoas por ano. Já entre os anos de 2025 e 2030, o

¹⁷ Organização das Nações Unidas, Divisão de População: *World Population Prospects*. Acesso em agosto de 2021. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>

ritmo de acréscimo populacional se reduz para, na média, 8 mil novos habitantes por ano. Nos dois quinquênios seguintes, 2030 a 2035 e entre 2035 e 2040, a variação média anual passa a ser quase nula para o primeiro e de 12 mil habitantes para o segundo período.

A Figura 2.8 apresenta os resultados discutidos, permitindo visualizar os diferentes resultados entre as bases de projeção consultadas.

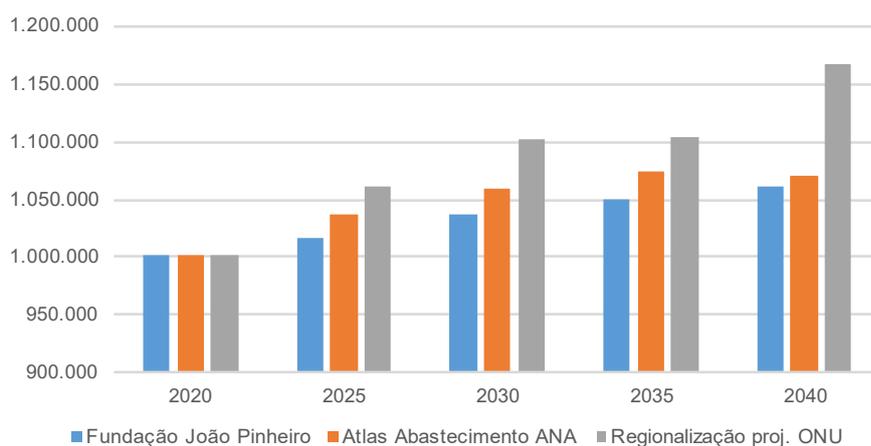


Figura 2.8 – Projeções demográficas para a Bacia do Rio Pará

2.3 MICRODINÂMICAS

2.3.1 Conceituação e metodologia para as microdinâmicas

Uma vez que as macrodinâmicas partem de expectativas de modificação nos grandes agregados brasileiros e se sobrepõem ao território da bacia do rio Pará, desconsideram as especificidades locais. Já no âmbito das microdinâmicas, são justamente estas as especificidades que se deseja capturar. Essas microdinâmicas são trabalhadas diretamente ao nível das atividades econômicas geradoras de cargas poluidoras e também demandantes dos recursos hídricos de forma consuntiva, haja vista serem estes os rebatimentos esperados para o instrumento do enquadramento.

Não basta saber, afinal, que o valor agregado bruto agropecuário crescerá em x milhões, mas sim a repercussão possível dessa variação na geração de DBO. Essas microdinâmicas são identificadas e quantificadas ao nível de municípios, e depois espacializadas de acordo com suas localizações específicas para compor os dados de entrada da modelagem de qualidade da água.

As atividades analisadas são: (i) esgotamento sanitário; (ii) criação animal; (iii) agricultura; (iv) silvicultura; (v) indústria e mineração; e (vi) setor terciário. Cada uma das demandas qualitativas e quantitativas é influenciada por desenrolares de atividades específicas dentro da bacia do rio Pará, cuja composição se reflete diretamente nas taxas de utilização do recurso hídrico. Diversas dessas atividades incutem modificações no uso do solo, que também precisa ser projetado para fins da modelagem de cargas.

As perspectivas das microdinâmicas foram identificadas da seguinte forma:

- Levantamento de séries históricas das condicionantes específicas aos municípios da bacia, para delas, identificar as tendências futuras;
- Levantamento de planos, políticas e grandes projetos de investimento para a bacia do rio Pará como forma de balizar os seus graus de influência nos cenários alternativos; e
- Consulta a estudos, relatórios, anuários e outras informações setoriais existentes como forma de balizar os seus graus de influência nos cenários.

Enquanto o cenário Tendencial é definido pela continuidade do histórico das variáveis analisadas, a gradação das modificações das tendências para a composição dos cenários alternativos se dá mediante a interpretação do conjunto de informações obtidas, além, claro, da sobreposição das macrodinâmicas.

Como metodologia de cenarização, identifica-se nas séries históricas os municípios que se destacam como polos de suas regiões intermediárias em suas respectivas atividades (e.g. criação de bovinos, ou ainda plantio de cana-de-açúcar). Para isso, adota-se a combinação de dois critérios que permitem qualificar as projeções de macro para micro com base nos diferenciais de micro para macro.

O primeiro desses critérios é a consideração do porte da atividade ao longo dos últimos dez anos em relação ao valor adicionado bruto agregado dos setores econômicos. Exemplifica-se com o setor de serviços privados (valor agregado da atividade privada do comércio e de serviços excluídos aqueles relativos ao setor público): em um determinado município, tem-se 50% de representatividade deste setor em relação aos demais setores econômicos combinados (valor agregado dos

setores agropecuário, industrial e de serviços). Pela média e desvio padrão dessa série, dentro da região intermediária, tem-se resultados respectivos de 35% e 11%. O município exemplificado, com 50% de participação, pode ser considerado como um polo de serviços na região, haja vista que seu resultado está além de um desvio padrão positivo na série que compara este resultado com o de seus pares (resultado este que seria de 46%). Trata-se de um critério relativo, adotado visto o potencial local.

Este primeiro critério é, então, combinado ao segundo critério, que traz o porte absoluto da atividade em relação ao total gerado na região intermediária: calcula-se a participação do valor adicionado da atividade de cada município em relação aos demais da região. No exemplo dado, tem-se que a participação do setor de serviços privados representa, na média dos últimos cinco anos, 79% do total do valor agregado dos serviços privados de sua região intermediária. A média dessa participação por entre os demais municípios da região é, por exemplo, de 15%, sendo que o desvio padrão é de 18%. Novamente, assim, tem-se a identificação de um município-polo.

Com esta mesma mecânica, identificam-se os municípios que detêm valores superiores a um desvio padrão para cada um dos dois critérios. A identificação de um dos dois critérios é suficiente para sensibilizar as projeções a maior para o determinado município, sendo que a presença simultânea de ambos os critérios identifica os polos de cada atividade.

Dada a existência de planos, políticas ou grandes projetos de investimento que interfiram diretamente em um município, um terceiro critério é adicionado, perfazendo assim o reflexo das expectativas locais no conjunto de projeções ao nível da atividade.

2.3.2 Perspectivas setoriais

2.3.2.1 Esgotamento sanitário

A análise das macrodinâmicas identificou as tendências demográficas para os municípios da bacia do rio Pará com base nas projeções da FJP, Atlas Água e ONU. A partir de então, tem-se a dinâmica de “pano de fundo” para se agregar mais duas importantes camadas: a diferenciação entre a população urbana e rural e os graus de coleta e tratamento de esgotos sanitários de cada uma dessas populações.

A diferenciação entre população urbana e rural é importante para as perspectivas do esgotamento sanitário, uma vez que as formas de atendimento são distintas. As projeções demográficas apontadas pelo Atlas Água, correspondentes ao cenário Tendencial, são segregadas entre estas populações. Conforme se observa na Figura 2.9, este cenário aponta um grau de urbanização menor do que os demais. Para os cenários Crescimento e Estagnação, utilizou-se do ritmo histórico de evolução do grau de urbanização, desvendado pelos censos demográficos e alocado município a município com base na metodologia *mutatis-mutandi*, para a projeção deste ritmo no futuro. As diferenças se amplificam com os anos mais longínquos, e cada cenário traz assim uma conceituação diferente em relação ao ritmo de crescimento populacional, assim associado a um ritmo de urbanização.

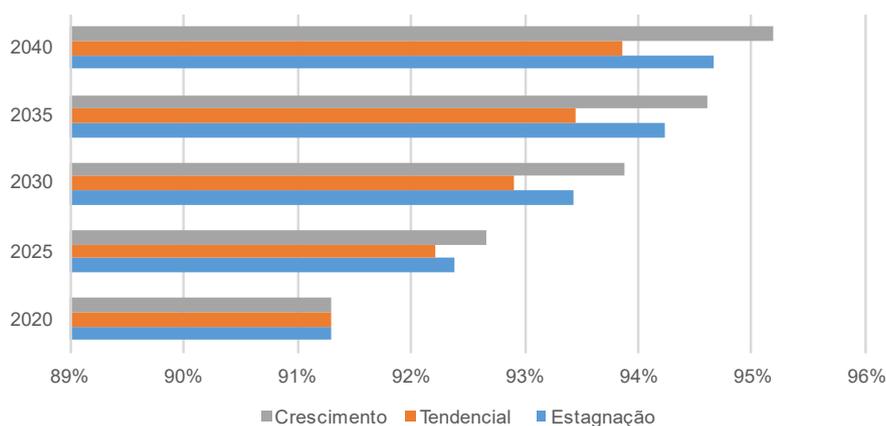


Figura 2.9 – Grau de urbanização para a Bacia do Rio Pará

Realizou-se, complementarmente, a análise da evolução dos índices de coleta e de tratamento de efluentes, uma vez que ambos influenciam - de forma direta - no abatimento das cargas geradas. Para tanto, partiu-se dos dados diagnósticos para os graus de atendimento subdivididos em: coleta com tratamento, fossa séptica/sumidouro, coleta sem tratamento, sem coleta e fossa rudimentar.

Quando os efluentes sanitários são lançados nas redes de esgotamento e transportados, podem: a) ou serem tratados em unidades de tratamento (com capacidade de abatimento de grandes percentuais de carga, que geralmente varia de 60% a 95%); b) ou serem despejados *in natura* nos cursos de água superficiais. Em ambos os casos, tem-se um lançamento de carga pontual, que se altera na quantidade de carga lançada em função da existência do tratamento e de sua eficiência.

Por outro lado, soluções individualizadas como fossas sépticas (caso não sejam concebidas e mantidas de forma adequada) e negras, situadas em áreas com ausência de redes de esgotamento sanitário, podem causar contaminação da água subterrânea e gerar poluição difusa.

São bem conhecidos os benefícios dos serviços do esgotamento sanitário, que gera uma série de externalidades positivas para a saúde pública, o meio ambiente, a qualidade de vida e a geração de renda¹⁸. Em contrapartida, o reconhecimento destes mesmos benefícios indica o quanto se perde pela não universalização do saneamento¹⁹.

Um dos principais motivos para a não universalização é a falta de recursos para investimentos. De acordo com Cunha (2011), o setor de saneamento vem obtendo recursos a partir das próprias tarifas cobradas pelos usuários, que geralmente não são suficientes para fazer frente aos montantes necessários para a expansão dos serviços, especialmente no tangente à custosa implantação inicial das redes de coleta de esgoto.

Segundo estimativas, na média deve-se ter investimentos de 0,83% do PIB para se atingir a universalização (KPMG, 2020). Isso significa quadruplicar o nível atual de investimentos, todos os anos, pelos próximos 13 anos; as inversões necessárias representam praticamente dobrar o nível de investimento ocorrido entre os anos de 1971 e 1980, que foram de cerca de 0,46% do PIB e marcaram a época de sua mais rápida expansão.

No período anterior à Lei do Saneamento (Lei nº 11.445/2007), ocorreram as primeiras experiências com a iniciativa privada, principalmente no âmbito dos municípios de

¹⁸ Segundo Freitas et al., 2018, os benefícios da operação do saneamento ocorridos entre 2004 e 2016 no Brasil superaram os custos em R\$ 201,54 bilhões, indicando um balanço social bastante positivo. Dos benefícios, que alcançaram R\$ 590,73 bilhões em todo o País, R\$ 488,79 bilhões foram estimados como sendo diretos (renda gerada pelo investimento e pelas atividades de saneamento e impostos sobre consumo e produção recolhidos), e outros R\$ 101,94 bilhões devido à redução de perdas associadas às externalidades (computados entre a redução dos custos com a saúde, o aumento da produtividade do trabalho, a renda da valorização imobiliária e a renda do turismo). Já os custos incorridos no período somaram R\$ 389,19 bilhões.

¹⁹ Estes custos foram estimados para o Brasil como sendo da ordem de R\$ 753 bilhões até 2033 (por KPMG, 2020, para ABCON).

população menor que 100 mil habitantes. Já havia, à época, uma expectativa de se atingir a universalização do saneamento até 2020, o que demandaria investimentos anuais de cerca de 0,45% do PIB²⁰. O nível de investimento ocorrido, no entanto, foi inferior à metade do previsto, e caso haja sua manutenção, a universalização do serviço só seria alcançada em 2060.

A publicação do Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab (Brasil, 2014) trouxe nova meta de universalização para o ano de 2033, meta esta que foi instituída legalmente pela atualização do marco legal do saneamento básico (Lei Federal nº 14.026/2020). Este diploma legal versa, no caput de seu Artigo 11-B: “(...) *prestação dos serviços públicos de saneamento básico (...) garantam o atendimento (...) de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033*”.

Com base nesse histórico, portanto, resta aos cenários vislumbrar o desenrolar desse novo período de expansão do setor: certamente ocorrerá melhorias significativas nos índices de coleta e tratamento de esgotos. A incerteza é em relação à velocidade de tal movimento. Antevem-se, portanto, duas vertentes: uma delas sendo a própria contextualização dos cenários, e a outra sendo o grau de planejamento atual dos municípios em relação ao setor.

Primeiramente, o cenário Crescimento apresenta uma situação de maiores níveis de investimento como um todo na economia, certamente espelhados pelo setor de saneamento básico. Neste cenário, devido a sua contextualização, há maiores chances de se atingir as metas prescritas de universalização dos serviços de esgotamento sanitário com coleta e tratamento.

Já no cenário Estagnação, há maior dificuldade em se atingir as metas, uma vez que se preveem menores níveis de investimento e maior estagnação econômica. Os municípios que hoje detêm graus reduzidos de coleta e tratamento de esgotos ainda avançam, pois a direção do movimento é inexorável, mas demoram mais para

²⁰ Essa expectativa era motivada pela Lei nº 9.074/1995 das concessões e permissões da prestação de serviços públicos, Lei nº 11.079/2004 de Parcerias Público-Privadas (PPP) e Lei nº 11.107/2005 dos Consórcios (FGV, 2018).

conseguir aprimorar seus serviços e descumprem, inclusive, a meta prescrita pela Lei Federal nº 14.026/2020. Esse descumprimento, embora claramente indesejável, já ocorreu no passado recente, subsidiando essa construção de perspectiva futura.

No cenário Tendencial, prescreve-se um avanço maior do que no cenário Estagnação, mas ainda aquém do cenário Crescimento, seguindo o contexto de cada perspectiva. A parametrização dos percentuais foi realizada, assim, com base nas expectativas de investimento necessário à universalização dos serviços, que em 2033 deve ser de 90% com coleta e tratamento de esgotos.

Por fim, a identificação dos municípios que contam com planos municipais de saneamento básico (PMSB) permite diferenciar a velocidade com a qual a melhoria no atendimento deve vir a ocorrer em cada município. Nesse sentido, a existência ou a proximidade de completude dos planos municipais é lida como proxy da preparação prévia dos municípios para a expansão dos serviços.

Dessa forma, como exposto no Quadro 2-6, foram prescritos índices mínimos de atendimento à coleta com tratamento em função do cenário e do recorte temporal, bem como em função da existência de plano municipal de saneamento básico - indicativo de que o município que se planejou ou está com seu plano em elaboração está mais preparado para expandir os serviços, inclusive acessando recursos da União para tal.

Quadro 2-6 – Índices mínimos de atendimento de coleta e tratamento

Cenário	Municípios com PMSB			Municípios sem PMSB		
	2026	2031	2041	2026	2031	2041
Estagnação	35%	65%	85%	15%	35%	85%
Tendencial	50%	75%	90%	35%	50%	90%
Crescimento	70%	90%	95%	50%	75%	90%

Fonte: Elaboração própria.

Vale ressaltar que os índices mínimos são assim denominados pois os municípios que já apresentam graus superiores de atendimento são assim mantidos. Ou seja, caso um município já esteja com atendimento de coleta e tratamento de 90% na cena atual, por exemplo, e detenha PMSB válido, esse grau de atendimento se mantém no

cenário Tendencial desde a cena atual, muito embora os demais municípios que não tenham atingido 50% de coleta e tratamento na cena atual venham a fazê-lo em 2026.

Nos cenários, pressupõe-se que quanto mais se avança em universalização dos serviços, mais se tem, em área urbana (atendida com rede geral de coleta), coleta com tratamento em detrimento a apenas coleta (sem tratamento). Nas áreas rurais, pressupõe-se o avanço de soluções adequadas (fossa séptica/sumidouro) em detrimento a situações sem coleta e fossa rudimentar.

Mediante a aplicação do racional exposto, o abatimento das cargas geradas na bacia do rio Pará pela população urbana e rural foi calculado para cada um dos três cenários. Nota-se que o atendimento à população rural pode se dar por meio de soluções alternativas individuais, desde que adequadas e mantidas de forma que abatam as cargas necessárias²¹. Essa situação foi detalhada no documento diagnóstico e sua lógica é replicada no prognóstico.

2.3.2.2 Criação animal

Os rebanhos animais de cada município - em sua quantidade e perfil - são determinantes para a geração de cargas poluidoras deste importante setor usuário na bacia do rio Pará. Afinal, seus municípios concentram um total de 973 mil cabeças de gado de corte e 206 mil vacas de leite - quantitativo total que supera a quantidade de habitantes. Uma vez que a carga poluidora gerada pelos diferentes tipos de animais varia de forma significativa, a consideração do perfil do rebanho se torna importante para a determinação das cargas oriundas dessa atividade - que é a principal ocupante em área da região em tela.

Para avaliar tal perfil, capturou-se junto ao banco de dados do IBGE (Pesquisa Pecuária Municipal), a quantidade histórica de rebanhos de bovinos, bubalinos, equinos, suínos, ovinos, caprinos, galináceos e codornas desde o ano de 2010 até o ano de 2019. Para cada um desses animais, em cada município (incluindo-se aqueles

²¹ O atendimento por métodos alternativos, descentralizados e individuais pode inclusive ser gerido, mantido e cobrado, via tarifas, pelo prestador de serviços de saneamento, abrangendo domicílios em áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais consolidados pertencentes à área de abrangência do prestador; e soluções individuais na ausência de redes públicas.

cuja fração de área se insere na bacia hidrográfica, mas não a sede), realizou-se a identificação da tendência a partir do coeficiente angular de variação dos dados históricos.

Essa tendência é então modificada (intensificada ou ainda refreada) mediante a influência das projeções de cada um dos três cenários da macrodinâmica. Afinal, a consecução de investimentos estruturais deve ter sua temporalidade alongada no cenário Estagnação devido ao quadro econômico. Já no cenário Crescimento, em contrapartida, a realização de tais investimentos deve se dar no curto prazo, refletindo as melhores condições econômicas e retomada da confiança. Adota-se para a criação animal uma composição das taxas de crescimento do VAB de serviços privados (que representa a demanda interna) e do VAB da agropecuária.

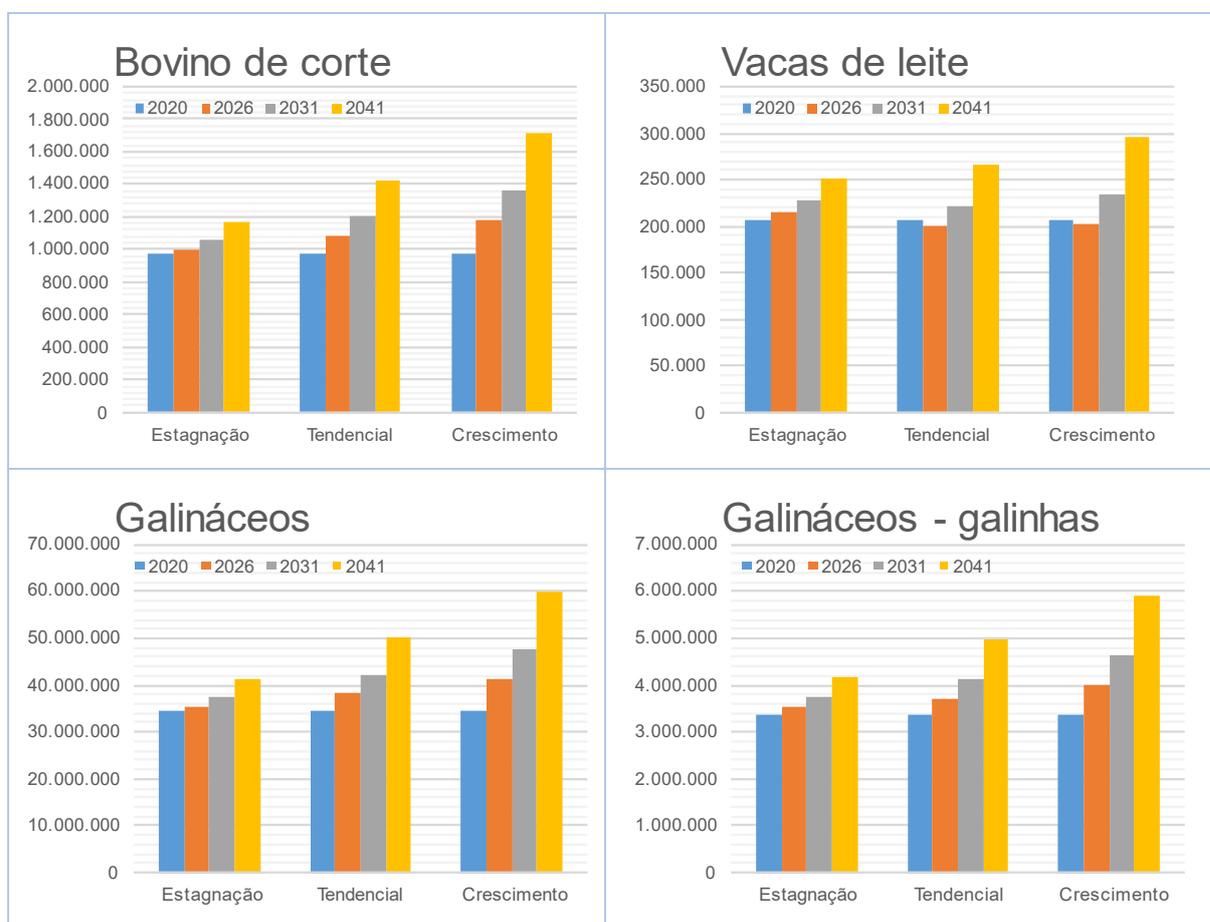
Adotam-se, ainda, dois critérios que identificam os municípios que se destacam como polos de suas regiões imediatas em suas respectivas atividades (exemplo: criação de bovinos), qualificando assim as projeções das macrodinâmicas para as microdinâmicas com os potenciais diferenciais setoriais (conforme descrição no item 2.3.1). O primeiro desses critérios é de natureza relativa, e o segundo de natureza absoluta. A identificação de um dos dois critérios é suficiente para sensibilizar as projeções a maior para o determinado município, sendo que a presença simultânea de ambos os critérios identifica os polos de cada atividade.

Para fins de cálculo da geração de cargas, consideraram-se os mesmos parâmetros por perfil animal utilizados no Diagnóstico, inclusive na diferenciação entre galinhas e vacas ordenhadas. Dois ajustes são então realizados. Um deles é a limitação dos rebanhos ao mínimo de 20% do tamanho atual, para contemplar municípios cujos rebanhos de determinado animal já se encontram em nível tão reduzido que a tendência os faria deixar de serem criados - o que claramente seria uma suposição irreal. Exemplo seria um município com 20 equinos: caso haja tendência de redução desse rebanho, é razoável supor que não se deixe de ter alguns destes animais, mesmo que em número reduzido.

Já o segundo ajuste é quanto à limitação física de suporte dos rebanhos de animais de grande porte (bovinos, bubalinos e equinos) - que não podem ultrapassar a própria

área que o município detém para sua criação, considerando-se em conjunto os demais usos do solo, como as áreas agrícola, urbanas e demais infraestruturas.

Considerou-se ainda um aumento na densidade dos rebanhos (maior lotação animal por área), refletindo a tendência histórica apresentada pelo setor - mediante os dados do Censo Agropecuário do IBGE, realizados para os anos de 1996, 2006 e 2017. A Figura 2.10 apresenta os índices estimados para os três cenários futuros e para as cenas atual, de curto, médio e longo prazos para os rebanhos animais existentes na bacia hidrográfica do rio Pará.



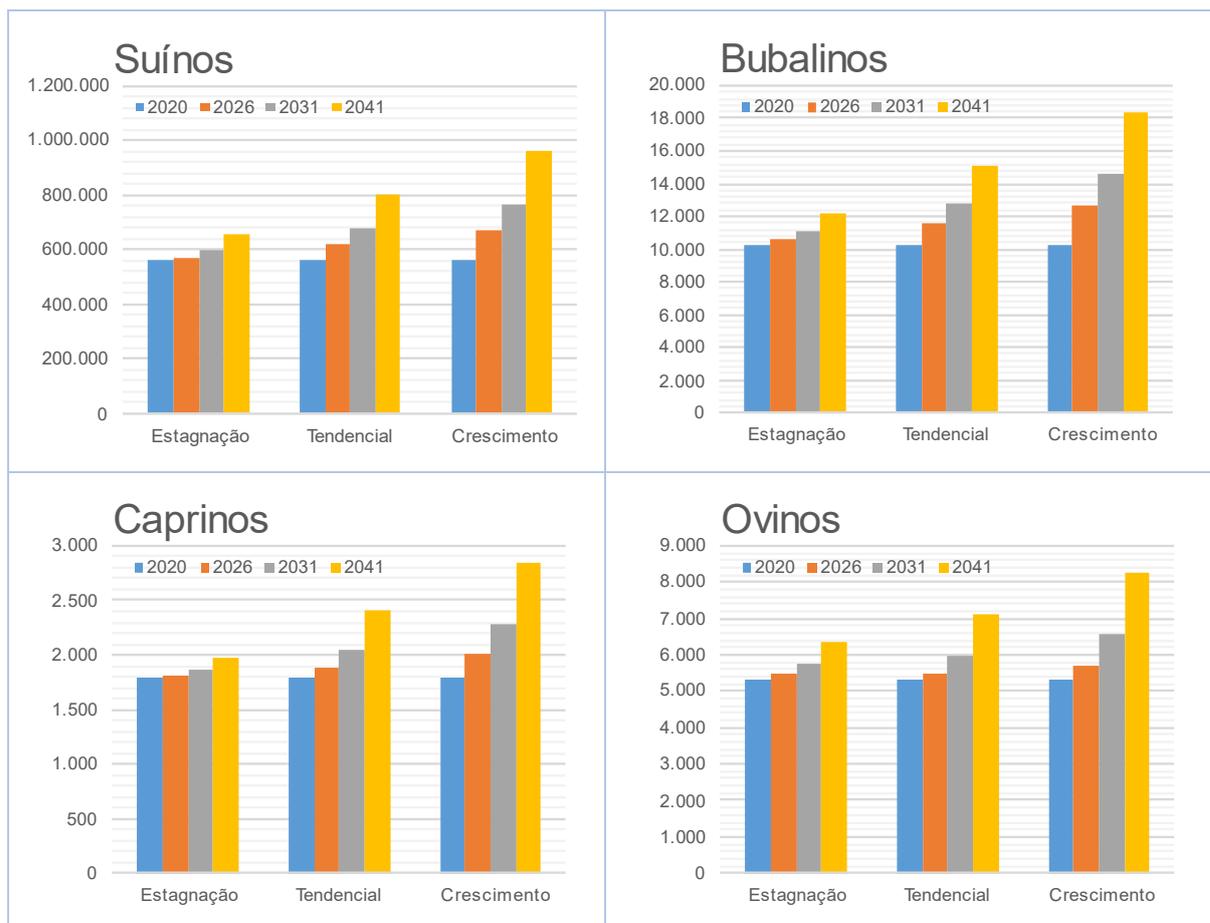


Figura 2.10 – Projeções de rebanhos animais (animais)

2.3.2.3 Agricultura

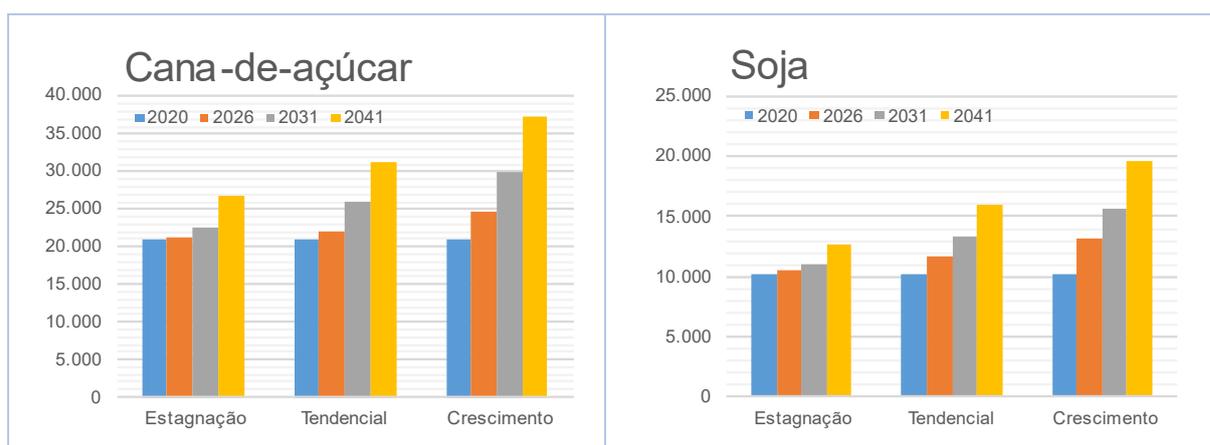
A atividade agrícola ocupa, atualmente, 61 mil hectares na somatória das culturas perenes e temporárias dos municípios que compõe, com ou sem sede inserida, a bacia do rio Pará. Uma vez que a quantidade total de áreas agrícolas de um município é uma função direta da somatória das culturas ali produzidas, a consideração do perfil da agricultura se torna importante para a determinação da variação futura da demanda de terra pela atividade, balizador do porte futuro da agricultura e de sua geração de cargas poluidoras difusas.

Para analisar tal perfil, capturou-se junto ao banco de dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM/IBGE), a área histórica plantada com as culturas de maior importância na Região, quais sejam: cana-de-açúcar, milho, soja, feijão e culturas permanentes, que juntas correspondem a 85% do total de área plantada em 2019. Realizou-se então a projeção da tendência a partir do coeficiente angular de variação dos dados na série

histórica dos últimos dez anos, assim como pela identificação de municípios-polo, conforme descrito no item anterior.

Essa tendência é então modificada (intensificada ou ainda refreada) mediante a influência das projeções de cada um dos três cenários da macrodinâmica. Afinal, a consecução de investimentos estruturais deve ter sua temporalidade delongada no cenário Estagnação devido ao quadro econômico. Já no cenário Crescimento, em contrapartida, a realização de tais investimentos deve se dar no curto prazo, refletindo as melhores condições econômicas e retomada da confiança. Adota-se para a agricultura uma composição das taxas de crescimento do VAB de serviços privados (que representa a demanda interna) e do VAB da agropecuária, tal como para a criação animal.

Foi, ainda, tomado o cuidado de que nenhuma projeção viesse a ultrapassar os limites físicos do município para comportar a atividade agrícola. Para tanto, considerou-se o limitador de ocupação da área do município, sob pressuposto que a agricultura gera maior retorno à terra do que a atividade pecuária e, portanto, tem preferência sobre essa atividade na determinação da prioridade de ocupação. Essa restrição se aplica apenas aos locais onde se verificou que as projeções apresentariam um avanço sobre os limites físicos do município. Os índices resultantes para a bacia são expostos na Figura 2.11 para as culturas avaliadas e cenários futuros prognosticados.



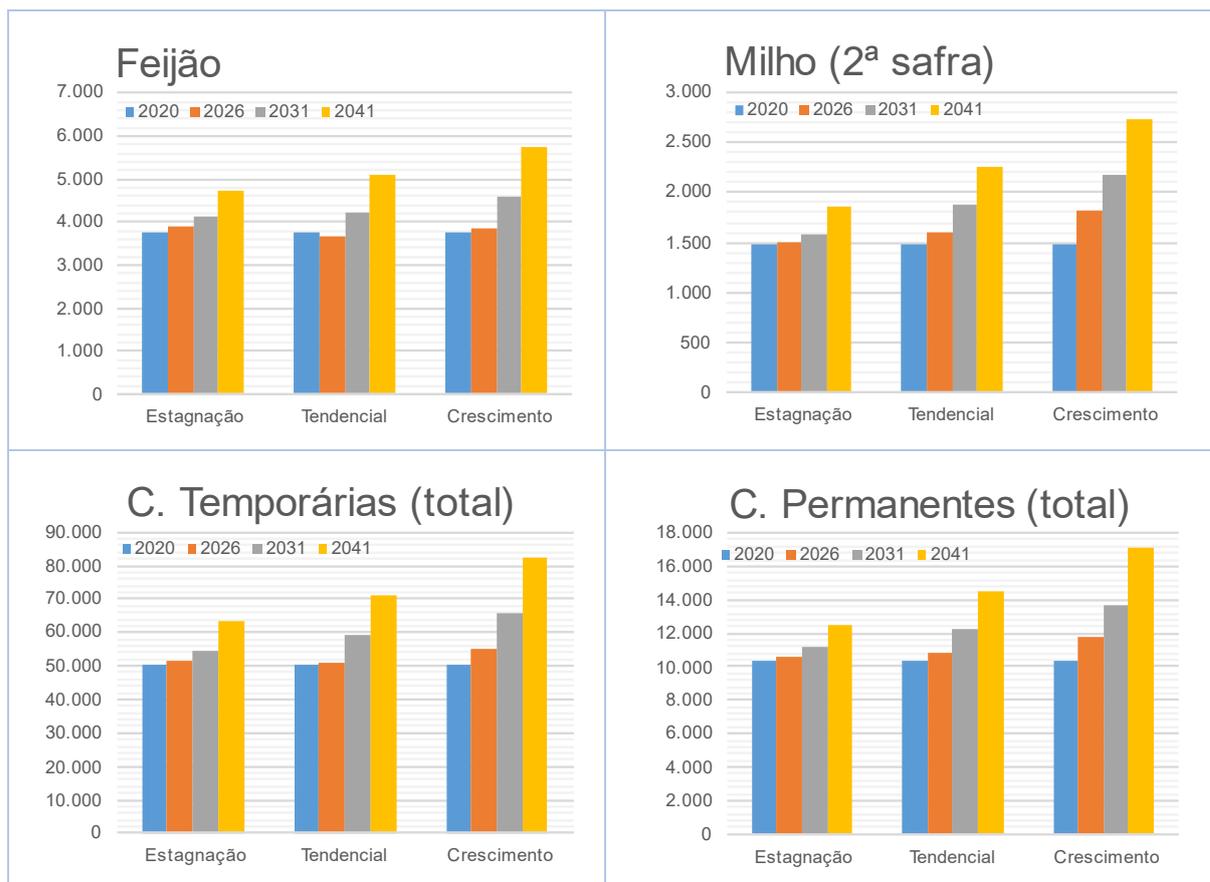


Figura 2.11 – Projeções de área cultivada agrícola (hectares)

2.3.2.4 Silvicultura

A atividade silvícola ocupa, na bacia hidrográfica do rio Pará, um total de 96 mil hectares (somando-se as culturas de eucalipto, pinus e outras menores representativas). Para analisar tal perfil, capturou-se junto ao banco de dados da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS/IBGE), a área histórica cultivada com essências florestais comerciais, realizando-se a projeção com base na mesma metodologia adotada para as demais atividades²², sendo os resultados apresentados na Figura 2.12.

²² A projeção da tendência é dada a partir do coeficiente angular de variação dos dados na série histórica dos últimos dez anos, assim como pela identificação de municípios-polo. Essa tendência é então modificada (intensificada ou ainda refreada) mediante a influência das projeções de cada um dos três cenários da macrodinâmica. Adota-se para a silvicultura uma composição das taxas de crescimento do VAB industrial (que se relaciona com a demanda por papel e celulose) e do VAB da agropecuária.

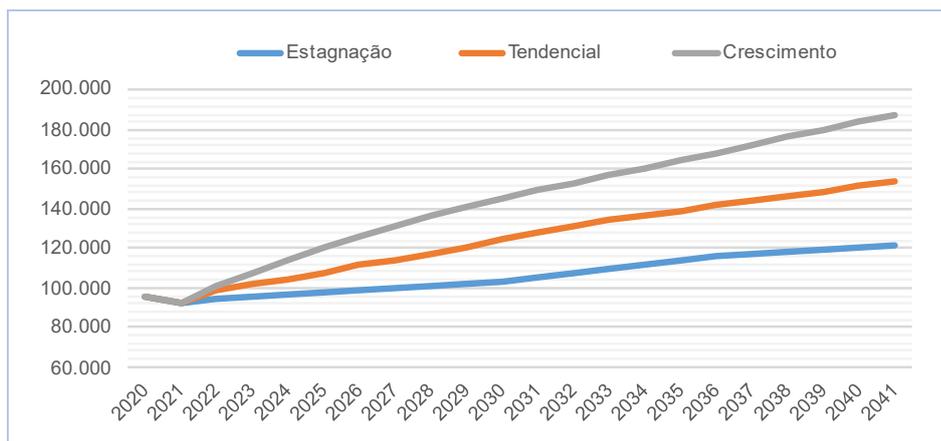


Figura 2.12 – Projeções de área de silvicultura (hectares)

2.3.2.5 Indústria e mineração

O desenvolvimento da indústria e da mineração (que é uma atividade componente do setor secundário) é importante para a estimativa das cargas poluidoras, uma vez que indústrias são fontes pontuais de lançamento. Não obstante, e exatamente por ser de natureza pontual, torna-se bastante difícil antever onde, exatamente, as novas indústrias deverão vir a se instalar. Ao menos pode-se antecipar tal demanda na escala de município, conforme mecânica descrita na sequência.

As projeções nos três cenários para o valor adicionado bruto industrial partem das macrodinâmicas, que capturam as tendências passadas e as balizam frente às perspectivas de desenvolvimento do país e do estado. Os resultados gerados, de forma geral, espelham o contexto do conjunto de municípios componentes da bacia hidrográfica do rio Pará e indicam onde há tendência de se incrementar a produção industrial, bem como indica o porte que essa atividade poderá ter.

Como forma de se contemplar as microdinâmicas, identificaram-se os municípios-polo de acordo com a combinação dos critérios já descritos no item introdutório a este, qualificando, assim, as projeções de macro para micro com os diferenciais de micro para macro. A identificação dos municípios-polo embasa a calibração das variações observadas pelo VAB Industrial, permitindo identificar assim o que pode vir a ocorrer nestes municípios que se destacam. A Figura 2.13 permite observar as modificações antevistas para o VAB agregado dos 34 municípios da bacia.

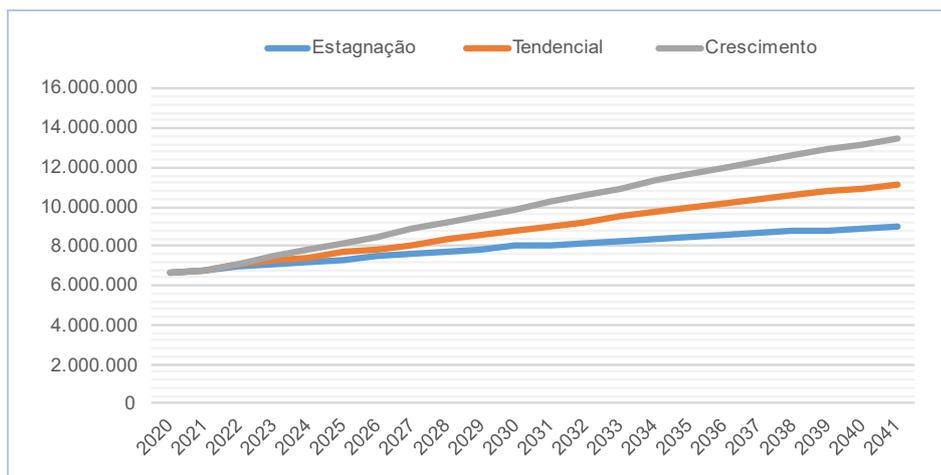


Figura 2.13 – Projeções do VAB industrial (R\$, mil)

2.3.2.6 Setor terciário

De forma análoga à atividade industrial, as projeções nos três cenários para o valor adicionado bruto do setor de serviços partem das macrodinâmicas, nas quais as tendências passadas foram devidamente capturadas e balizadas frente às perspectivas de desenvolvimento do país e do estado. Os resultados gerados, de forma geral, espelham o contexto do conjunto de municípios componentes da bacia hidrográfica do rio Pará e indicam onde há tendência de se incrementar a atividade terciária, bem como indica o porte que essa atividade poderá ter.

Também de forma análoga às atividades industriais, há uma dificuldade intrínseca em se mensurar onde no território ocorrerão descolamentos das tendências e formações de polos de serviços. Não obstante, identifica-se que alguns municípios detêm maior potencial para eventuais modificações de tendência do que outros, principalmente no contexto do cenário Crescimento, onde a liberação de amarras estruturais da economia faz com que haja maiores possibilidades de desenrolares locais. Estes são os municípios que devem se beneficiar de investimentos em infraestrutura de transporte transversal, assim como pelo desencadeamento de atividades mais intensas no setor secundário.

A identificação de tais municípios-polo embasa a calibração das variações observadas pela variável de VAB dos serviços, permitindo identificar assim o que pode vir a ocorrer nestes municípios que se destacam. A Figura 2.14 permite observar as modificações antevistas para o VAB agregado dos 34 municípios da bacia.

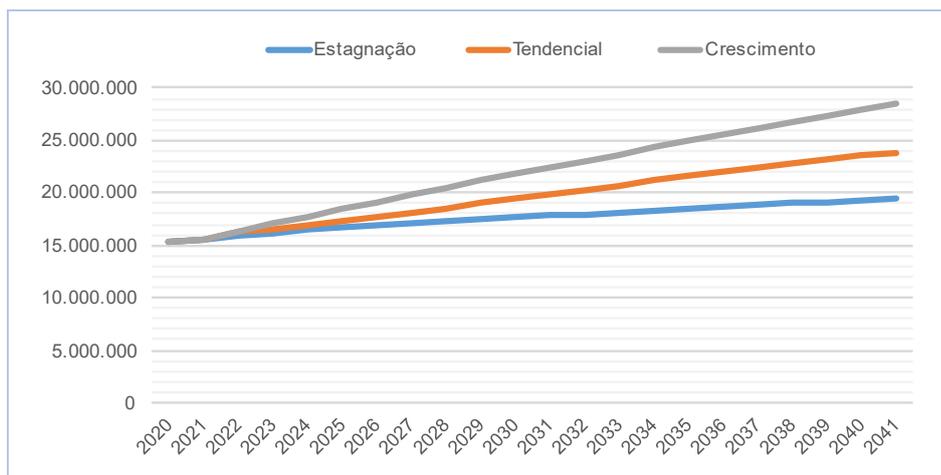


Figura 2.14 – Projeções do VAB dos serviços (R\$, mil)

2.3.3 Projeções de área ocupada pelas atividades

Conforme exposto no Diagnóstico, a unidade territorial de análise para fins de enquadramento não é o município, mas sim a ottobacia. É nela que as repercussões da geração de carga poluidora nos diversos cenários e recortes temporais ocorrerão. Como forma de se retratar as projeções realizadas nas ottobacias, adotou-se ainda outro recorte espacial, resultante da interseção da base de municípios com os ottotrechos.

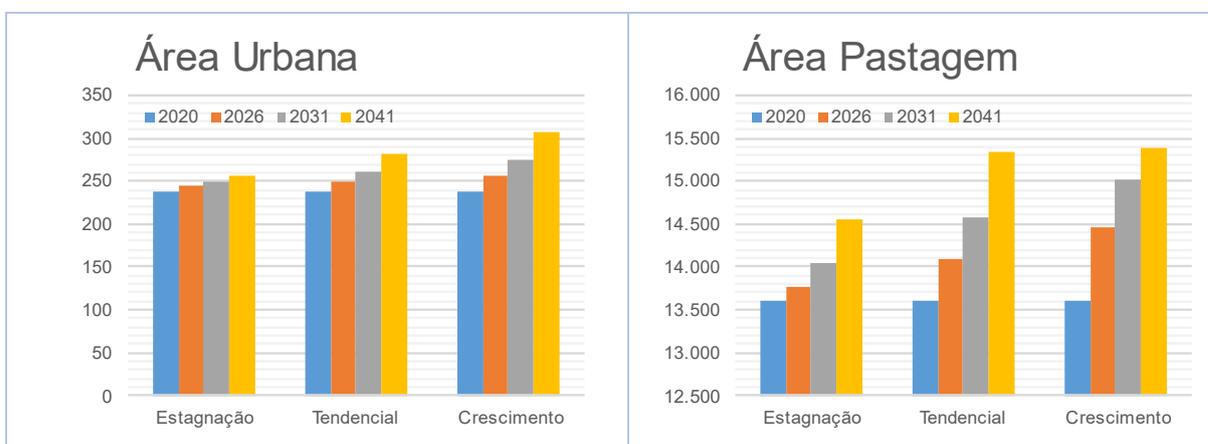
Uma vez que as projeções foram realizadas a nível de município, a interseção destes com as ottobacias permite obter uma base unificada de ponte entre as entradas socioeconômicas e as saídas de cargas poluidoras. Todas as atividades retratadas, afinal, detêm expressão em área, e para cada um dos cenários, pode-se aplicar esse resultante e verificar, assim, suas consequências no uso do solo que é base para o cálculo das cargas poluidoras difusas.

Embora a espacialização das projeções nas ottobacias não crie um novo uso do solo ao nível de feições geográficas, dá origem a um conjunto de leituras integradoras que se formam a partir dos movimentos antevistos. O primeiro passo para a espacialização foi a exclusão de áreas de restrição, como as massas d'água e as Unidades de Conservação e demais áreas legalmente protegidas. O segundo passo foi a determinação de prioridades para a ocupação das áreas cenarizadas de acordo com a lógica do custo de oportunidade da terra, que é mais baixo quando coberta por vegetação nativa e sobe, progressivamente, até chegar no uso urbano.

A adoção desses critérios implica na seguinte ordem de prioridade para a ocupação de áreas com as novas atividades cenarizadas: vegetação nativa / pastagem / agricultura / silvicultura / mineração / urbano. A distribuição das áreas de expansão sob as áreas de cruzamento entre municípios e ottobacias se dá de forma proporcional à sua disponibilidade, e se inicia na ordem inversa da prioridade de ocupação.

Assim, a primeira atividade a ser espacializada é a das áreas urbanas, que precedem os demais usos do solo. A expansão das áreas urbanas se dá de acordo com a premissa de manutenção da densidade populacional atual das cidades e as projeções de crescimento populacional urbano. Essas novas áreas avançam, prioritariamente, nas áreas de vegetação nativa e, caso essas não sejam suficientes para comportar toda a área requerida, avança-se como um segundo critério sobre as áreas de pastagem, e assim sucessivamente. A segunda atividade a ser espacializada é a da mineração, a terceira é a silvicultura, a quarta é a agricultura e, por fim, a pastagem.

A metodologia adotada permite criar a expressão espacial necessária para a modelagem das cargas poluidoras, aqui apresentadas na Figura 2.15 em km² agregados nos 34 municípios da bacia apenas para fins de apresentação.



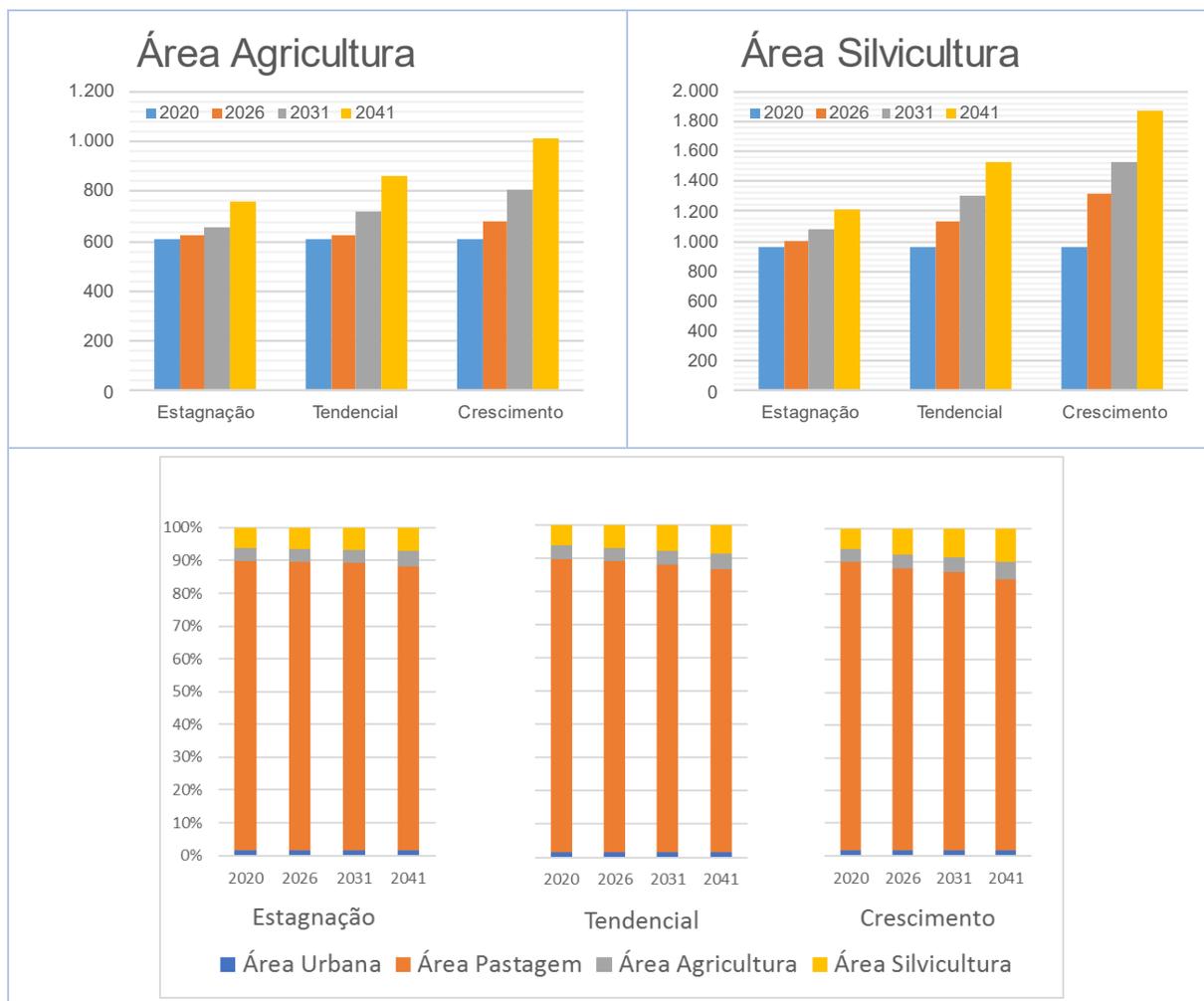


Figura 2.15 – Projeções de uso do solo (km²)

2.4 RESULTADOS DOS CENÁRIOS

Os resultados dos cenários apresentados no presente item se desdobram em diversas informações úteis ao enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do rio São Francisco, trecho Alto São Francisco, mais especificamente da bacia do rio Pará. Afinal, os cenários revelam possíveis desenrolares das atividades que influenciam a qualidade das águas, antevendo problemas e se preparando para soluções.

O alcance do enquadramento é amplo em abrangência geográfica, no indissociável binômio entre a qualidade e a quantidade de água e, também, temporalmente. Como foram elaborados três cenários, a combinação destes com os três recortes distintos

de subsídio ao planejamento (curto, médio e longo prazos) resultam em nove resultados distintos para as águas da bacia do rio Pará. Conforme é ilustrado no Quadro 2-7, além destes resultados, um décimo se apresenta de extrema relevância - a cena atual, que é o ponto de partida já apresentado no diagnóstico.

Quadro 2-7 – Combinação entre as cenas temporais e os cenários

CENAS	Atual	CENÁRIOS		
		Estagnação	Tendencial	Crescimento
		<i>resultados (sem variação entre os cenários)</i>		
	Curto prazo (2026)	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>
	Médio prazo (2031)	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>
	Longo prazo (2041)	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>	<i>resultados</i>

Fonte: Elaboração própria.

3. POTENCIALIDADE, DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE ÁGUA E CONDIÇÕES DE QUANTIDADE DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A análise de disponibilidade hídrica na bacia foi realizada inicialmente na etapa de Diagnóstico, com base nos resultados das análises de monitoramento fluviométrico na bacia hidrográfica do rio Pará. Nesse sentido, foram avaliadas todas as estações fluviométricas com dados disponíveis e que encontram-se em operação, tendo sido estimados os valores para as principais vazões de referência, sendo elas a Q_{mlt} – vazão média de longo termo; $Q_{7,10}$ – vazão média mínima de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno (utilizada como referência para análise de outorgas pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas na bacia hidrográfica do rio Pará); e Q_{95} – vazão de permanência igualada ou superada em 95% do tempo (utilizada como referência para análise de outorgas pela ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico).

Na sequência, para a análise da disponibilidade hídrica na bacia, foi obtido junto à ANA o arquivo *shape* de disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio São Francisco e suas sub-bacias afluentes de 2020, mais especificamente para a bacia do rio Pará, onde são apresentados os valores de vazão disponíveis atualmente, tanto

em termos de Q_{mit} como em termos de Q_{95} , trecho a trecho dos corpos de água, considerando a base ottocodificada de bacias hidrográficas²³. O arquivo apresenta dois valores de Q_{95} :

- Q_{95nat} : vazão com 95% de permanência sem considerar a regularização de vazões por reservatórios;
- $DispQ_{95}$: vazão de referência anual, que corresponde à disponibilidade hídrica efetiva para a gestão, considerando a regularização de vazões proporcionada por reservatórios de grande porte na bacia.

No caso da bacia hidrográfica do rio Pará, como não há reservatórios de regularização de vazões de grande porte, a vazão Q_{95nat} e a $DispQ_{95}$ apresentam os mesmos valores, para todas as suas sub-bacias. Especificamente para a estimativa de vazões $Q_{7,10}$, os valores foram obtidos de acordo com metodologia de regionalização de vazões a partir dos índices relacionando a permanência das vazões e os índices de rendimento de sete dias e com dez anos de período de retorno.

As vazões de referência foram estimadas para as mesmas subdivisões da bacia já expostas no PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Pará e já expostas no Diagnóstico deste estudo, sendo rerepresentadas no mapa da Figura 3.1, no Quadro 3-1 e no esquema da Figura 3.2.

²³ Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (ANA, 2017)



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- ~ Curso d'água
- Massa d'água
- ⬭ CH SF2 - Rio Pará
- ▭ Sub-bacia
- Macro divisões hidrográficas**
- Alto Pará
- Médio Pará
- Baixo Pará

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 3.1 – Divisão da CH SF2 em sub-bacias.

Quadro 3-1 – Sub-bacias da CH SF2

Macro-divisão Hidrológica	Sigla	Sub-bacia	Área (Km ²)
Alto Pará	AP	Alto Rio Pará	1.989,2
TOTAL ALTO PARÁ			1.989,2
Médio Pará	MP	Ribeirão Boa Vista	776,4
		Rio Itapecerica	1.237,5
		Médio Rio Pará	1.659,9
TOTAL MÉDIO PARÁ			3,673,8
Baixo Pará	BP	Ribeirão da Paciência	452,8
		Rio São João	1.172,6
		Rio Lambari	2.085,7
		Rio do Peixe	619,6
		Rio Picão	904,7
		Baixo Rio Pará	1.334,6
TOTAL BAIXO PARÁ			6.570,0

Fonte: Elaboração própria.

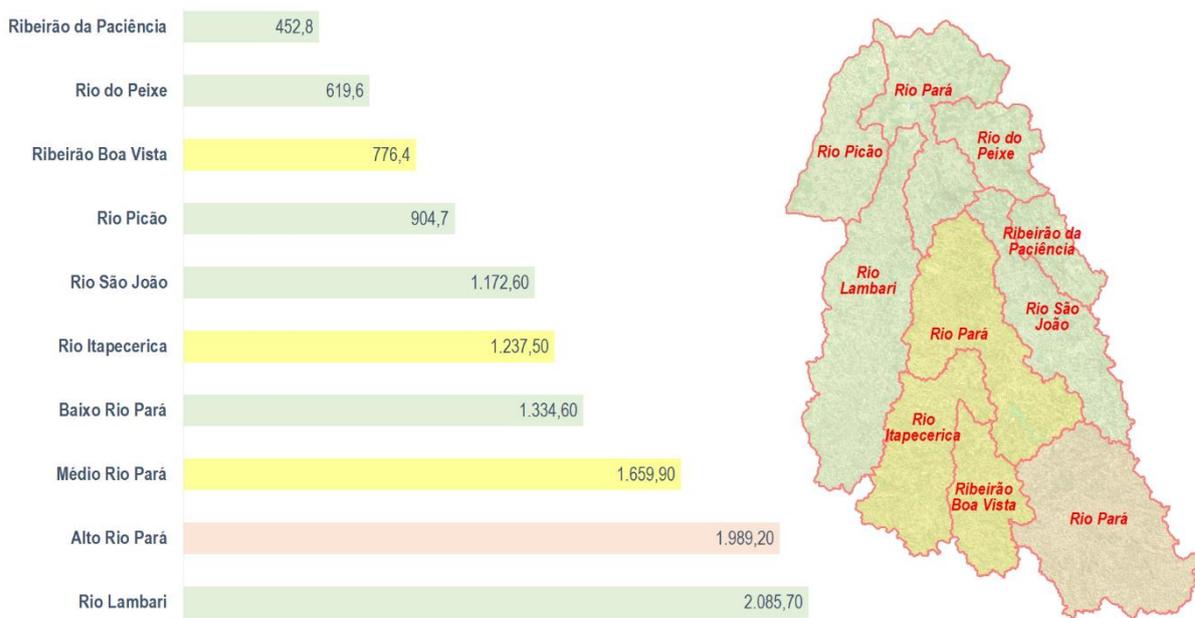


Figura 3.2 – Áreas (em km²) das sub-bacias de cada macro-divisão da CH SF2.

Considerando não haver previsão de nenhum grande projeto de incremento da oferta hídrica na bacia por meio de reservatório de regularização de vazões de grande porte, os valores de vazão disponíveis para os cenários projetados são os mesmos da cena atual, a seguir apresentados no Quadro 3-2 para as sub-bacias em que foi dividida a bacia do rio Pará. É válido destacar que os empreendimentos hidrelétricos em estudo levantados no produto anterior (Diagnóstico) poderiam ter impacto no balanço hídrico

caso sejam projetadas para a múltipla função de regularização de vazão, juntamente ao aproveitamento hidrelétrico. Porém, a maior parte delas encontra-se com o processo de licenciamento arquivado ou com outorga indeferida. O único empreendimento com o processo de licenciamento aprovado e a outorga deferida é a PCH Troia, no Rio Lambari. Porém, não foram identificadas informações detalhadas sobre o projeto, que permitissem avaliar o incremento de vazão que o barramento pudesse vir a trazer.

Quadro 3-2 – Disponibilidade Hídrica nas Sub-bacias da CH SF2.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão Acumulada (m ³ /s)		
		Q _{mlt}	Q _{95nat}	Q _{7,10}
Alto Pará	Alto Rio Pará	25,897	5,962	5,010
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	10,690	2,461	2,068
	Rio Itapecerica	27,730	6,384	5,365
	Médio Rio Pará	77,887	17,930	15,067
Baixo Pará	Rio São João	22,385	5,153	4,330
	Ribeirão da Paciência	6,249	1,439	1,209
	Rio Lambari	28,691	6,605	5,550
	Rio do Peixe	8,224	1,893	1,591
	Rio Picão	12,348	2,843	2,389
	Baixo Rio Pará	168,322	38,750	32,563
Total		168,322	38,750	32,563

Fonte: base de dados disponibilizada pela ANA e regionalização.

De uma forma geral, destaca-se que o Alto Pará apresenta cerca de 15% da vazão média de longo termo da bacia, o Médio Pará apresenta quase 31%, enquanto os restantes 54% são gerados na porção mais baixa da bacia, que corresponde às afluições dos rios São João, Lambari, Peixe e Picão.

Adicionalmente, foi analisado o “Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais”, datado de 2012, o qual apresenta as vazões Q_{mlt}, Q_{7,10} e Q₉₅. A partir dessas vazões de referência, foram calculados os respectivos rendimentos específicos (L/s/km²). Esses resultados foram comparados com os rendimentos específicos calculados a partir das vazões de referência obtidos dos dados da ANA (apresentados no Quadro 3-2). Constatou-se que os rendimentos específicos dos dados da ANA são ligeiramente menores que os

calculados a partir do Estudo de Regionalização, o que pode ser justificado pelo fato do estudo ser anterior às fortes secas que ocorreram na região entre os anos de 2014 e 2018.

Assim, para efeito de cálculo do balanço hídrico, foram utilizadas as vazões de referência obtidas a partir dos dados de disponibilidade hídrica da ANA, sendo mais recente e abrangendo o período de crise hídrica.

3.2 DEMANDAS

A estimativa de demandas de usos consuntivos para os diferentes cenários adotados foi feita considerando-se as premissas de crescimento apresentadas para os diversos setores usuários no Capítulo 2 e já expostas para os três cenários construídos. Dessa forma, o Quadro 3-3 sintetiza os parâmetros utilizados para o cálculo das estimativas de crescimento, para cada finalidade de uso da água.

Para as finalidades de consumo humano (urbano e rural) e dessedentação animal, o fator é de 1,0, o que significa que a variação da demanda hídrica segue a mesma proporção do crescimento da população humana e do rebanho, respectivamente. Tem-se, afinal, um uso cujo perfil de consumo varia de forma direta e linear com base na variação do parâmetro.

Já para os setores industriais, aqui incluindo as finalidades “Indústria de transformação”, “Mineração” e “Geração termelétrica”, foi aplicado um grau de elasticidade de 0,35. Ou seja, para uma variação de 1% no VAB industrial a demanda hídrica dessas finalidades varia 0,35%, considerando que não são todas as tipologias de indústria que fazem uso dos recursos hídricos. Esse parâmetro é adotado com base na proporção típica de volume hídrico desse setor que apresenta captação própria de água.

Por fim, para a finalidade “Agricultura irrigada”, foi adotado o fator 0,9, considerando em função da variação da variação na área de crescimento da agricultura. Assume-se, portanto, que 90% das novas áreas agrícolas serão irrigadas, o que se justifica pelo notável crescimento da irrigação (evidenciado pelo Atlas Irrigação, 2020) e pelas

restrições às modificações no uso do solo, que favorecem os usos mais rentáveis da terra.

Quadro 3-3 – Parâmetros Adotados nas Estimativas de Demandas.

Usos	Parâmetros para evolução (cenários Estagnação e Crescimento em função da variação para o Tendencial)	Relação entre variação do parâmetro para a variação da demanda hídrica
Humana urbana	População urbana	1,00
Humana rural	População rural	1,00
Indústria de transformação	VAB Indústria	0,35
Mineração	VAB Indústria	0,35
Geração termelétrica	VAB Indústria	0,35
Dessedentação animal	Rebanhos ponderados pelo BEDA	1,00
Agricultura irrigada	Área agricultura	0,90
Evaporação em reservatórios	Considerada constante ao longo do horizonte adotado	

Fonte: Elaboração própria.

Com esses parâmetros, calculou-se a demanda por finalidade por município. Para fazer a conversão da demanda por município para a demanda por sub-bacia, calculou-se a porcentagem de área que cada município ocupa em cada sub-bacia e atribuiu-se a demanda proporcional a essa porcentagem de área.

Vale destacar que, como os cenários foram traçados a partir da base de usos consuntivos da ANA (já adotada no produto anterior – Diagnóstico), seguiu-se o mesmo princípio em que as vazões apresentadas não são discriminadas por fonte de uso entre águas superficiais ou subterrâneas.

As informações são sistematizadas do Quadro 3-4 ao Quadro 3-13 para a cena atual e os cenários tendencial, de estagnação e de crescimento para as cenas de 2026, 2031 e 2041, por finalidade de uso. Na análise por setor usuário, destaca-se a estimativa de redução do percentual de uso para demanda urbana que na cena atual corresponde a 30% do total de retiradas, mas na cena de 2041 varia entre 25% e 29% de acordo com os diferentes cenários. Por outro lado, a indústria de transformação pode passar do atual correspondente a 19% da demanda total para cerca de 23% no cenário de crescimento. Princípio semelhante pode ocorrer também com as demandas para dessedentação animal e agricultura irrigada que apresentam

expectativa de aumentar sua relevância percentual em relação ao total de retiradas na bacia.

E, na sequência, no Quadro 3-14 estão apresentadas as demandas totais para todos os cenários. De uma forma geral, observa-se que a demanda total na bacia foi prognosticada para passar de um total de cerca de 5,80m³/s na cena atual para valores variáveis entre 6,61m³/s no cenário Estagnação e 8,35 m³/s no Cenário de Crescimento para a cena de 2041.

Da Figura 3.3 até a Figura 3.5 são apresentadas as demandas espacializadas por ottobacia, em escala de cores, de acordo com as faixas de vazões. Para se obter a demanda por ottobacia, fez-se procedimento análogo à conversão de demandas por municípios para sub-bacias. Assim, calculou-se a porcentagem de cada município pertencente a cada ottobacia e atribui-se a demanda proporcional a essa porcentagem. Vale destacar que as demandas da cena atual, obtidas do Catálogo de Metadados da ANA, apresenta as vazões por ottobacias na versão bho 2013 (versão anterior da Base Hidrográfica Ottocodiicada Multiescalas). Assim, fez-se a conversão das demandas primeiramente da versão 2013 para a versão 2017, para padronização na base atualizada.

Quadro 3-4 – Demandas para a Cena Atual (2020).

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,061	0,017	0,019	0,020	0,000	0,106	0,061	0,000	0,285
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,140	0,007	0,037	0,002	0,000	0,067	0,041	0,000	0,295
	Rio Itapeçerica	0,454	0,011	0,252	0,004	0,029	0,098	0,058	0,000	0,906
	Médio Rio Pará	0,233	0,023	0,278	0,008	0,017	0,131	0,081	0,243	1,013
Baixo Pará	Rio São João	0,334	0,015	0,105	0,060	0,000	0,116	0,224	0,067	0,921
	Ribeirão da Paciência	0,150	0,004	0,090	0,002	0,000	0,000	0,016	0,000	0,262
	Rio Lambari	0,104	0,016	0,067	0,002	0,000	0,202	0,112	0,004	0,506
	Rio do Peixe	0,018	0,004	0,004	0,000	0,000	0,047	0,058	0,000	0,130
	Rio Picão	0,110	0,003	0,033	0,000	0,000	0,097	0,503	0,004	0,751
	Baixo Pará	0,131	0,010	0,206	0,007	0,000	0,088	0,287	0,006	0,734
Total		1,735	0,110	1,092	0,104	0,046	0,951	1,442	0,323	5,804

Quadro 3-5 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,065	0,016	0,023	0,028	0,000	0,125	0,072	0,000	0,329
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,147	0,006	0,045	0,004	0,000	0,078	0,052	0,000	0,331
	Rio Itapeçerica	0,471	0,010	0,312	0,004	0,029	0,127	0,073	0,000	1,027
	Médio Rio Pará	0,248	0,022	0,331	0,009	0,017	0,157	0,100	0,243	1,128
Baixo Pará	Rio São João	0,350	0,014	0,126	0,074	0,000	0,141	0,265	0,067	1,036
	Ribeirão da Paciência	0,157	0,003	0,109	0,002	0,000	0,000	0,017	0,000	0,289
	Rio Lambari	0,111	0,015	0,080	0,002	0,000	0,242	0,132	0,004	0,586
	Rio do Peixe	0,019	0,003	0,004	0,001	0,000	0,054	0,064	0,000	0,145
	Rio Picão	0,115	0,003	0,044	0,000	0,000	0,117	0,587	0,004	0,869
	Baixo Pará	0,137	0,009	0,244	0,008	0,000	0,105	0,332	0,006	0,842
Total		1,819	0,101	1,319	0,133	0,046	1,146	1,694	0,323	6,581

Quadro 3-6 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,062	0,017	0,020	0,024	0,000	0,121	0,084	0,000	0,328
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,146	0,006	0,036	0,003	0,000	0,076	0,055	0,000	0,322
	Rio Itapeçerica	0,465	0,009	0,251	0,004	0,020	0,122	0,090	0,000	0,961
	Médio Rio Pará	0,232	0,022	0,283	0,009	0,014	0,150	0,141	0,243	1,094
Baixo Pará	Rio São João	0,346	0,014	0,106	0,069	0,000	0,135	0,287	0,067	1,024
	Ribeirão da Paciência	0,155	0,004	0,091	0,002	0,000	0,000	0,023	0,000	0,274
	Rio Lambari	0,106	0,014	0,070	0,002	0,000	0,232	0,140	0,004	0,567
	Rio do Peixe	0,019	0,003	0,004	0,000	0,000	0,052	0,071	0,000	0,148
	Rio Picão	0,112	0,002	0,038	0,000	0,000	0,112	0,565	0,004	0,834
	Baixo Pará	0,139	0,008	0,216	0,007	0,000	0,102	0,323	0,006	0,800
	Total	1,783	0,098	1,114	0,120	0,034	1,102	1,779	0,323	6,354

Quadro 3-7 – Demandas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,065	0,017	0,029	0,035	0,000	0,142	0,074	0,000	0,362
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,155	0,006	0,058	0,004	0,000	0,089	0,053	0,000	0,365
	Rio Itapeçerica	0,487	0,009	0,404	0,005	0,042	0,149	0,068	0,000	1,163
	Médio Rio Pará	0,245	0,022	0,403	0,011	0,022	0,182	0,101	0,243	1,228
Baixo Pará	Rio São João	0,360	0,014	0,156	0,082	0,000	0,163	0,273	0,067	1,116
	Ribeirão da Paciência	0,161	0,004	0,136	0,003	0,000	0,000	0,017	0,000	0,320
	Rio Lambari	0,111	0,014	0,094	0,002	0,000	0,282	0,139	0,004	0,645
	Rio do Peixe	0,019	0,003	0,005	0,001	0,000	0,063	0,066	0,000	0,157
	Rio Picão	0,117	0,002	0,051	0,000	0,000	0,135	0,634	0,004	0,945
	Baixo Pará	0,145	0,008	0,284	0,010	0,000	0,121	0,360	0,006	0,934
	Total	1,866	0,098	1,619	0,152	0,064	1,327	1,786	0,323	7,236

Quadro 3-8 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								Total
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,067	0,015	0,027	0,033	0,000	0,138	0,080	0,000	0,359
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,151	0,006	0,051	0,004	0,000	0,086	0,059	0,000	0,356
	Rio Itapeçerica	0,479	0,010	0,361	0,005	0,029	0,147	0,084	0,000	1,114
	Médio Rio Pará	0,254	0,021	0,373	0,011	0,017	0,174	0,114	0,243	1,207
Baixo Pará	Rio São João	0,358	0,013	0,143	0,085	0,000	0,157	0,294	0,067	1,116
	Ribeirão da Paciência	0,161	0,003	0,124	0,003	0,000	0,000	0,018	0,000	0,308
	Rio Lambari	0,114	0,014	0,090	0,002	0,000	0,268	0,146	0,004	0,638
	Rio do Peixe	0,019	0,003	0,005	0,001	0,000	0,059	0,067	0,000	0,154
	Rio Picão	0,117	0,002	0,052	0,000	0,000	0,130	0,640	0,004	0,947
	Baixo Pará	0,140	0,009	0,273	0,010	0,000	0,117	0,360	0,006	0,914
Total		1,859	0,096	1,499	0,153	0,046	1,275	1,862	0,323	7,113

Quadro 3-9 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								Total
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,064	0,016	0,021	0,027	0,000	0,128	0,089	0,000	0,345
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,153	0,005	0,037	0,003	0,000	0,080	0,059	0,000	0,337
	Rio Itapeçerica	0,478	0,007	0,274	0,004	0,018	0,135	0,097	0,000	1,013
	Médio Rio Pará	0,231	0,020	0,306	0,010	0,013	0,160	0,154	0,243	1,136
Baixo Pará	Rio São João	0,361	0,014	0,116	0,078	0,000	0,144	0,307	0,067	1,085
	Ribeirão da Paciência	0,161	0,003	0,099	0,002	0,000	0,000	0,023	0,000	0,289
	Rio Lambari	0,107	0,012	0,076	0,002	0,000	0,247	0,146	0,004	0,593
	Rio do Peixe	0,020	0,002	0,004	0,000	0,000	0,054	0,071	0,000	0,151
	Rio Picão	0,115	0,002	0,043	0,000	0,000	0,119	0,579	0,004	0,863
	Baixo Pará	0,146	0,007	0,233	0,008	0,000	0,107	0,327	0,006	0,834
Total		1,835	0,088	1,209	0,134	0,031	1,174	1,852	0,323	6,648

Quadro 3-10 – Demandas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								Total
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,069	0,016	0,034	0,041	0,000	0,152	0,086	0,000	0,398
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,167	0,005	0,067	0,005	0,000	0,095	0,063	0,000	0,403
	Rio Itapeçerica	0,511	0,007	0,482	0,006	0,044	0,163	0,081	0,000	1,294
	Médio Rio Pará	0,251	0,020	0,462	0,012	0,023	0,195	0,121	0,243	1,327
Baixo Pará	Rio São João	0,380	0,014	0,180	0,095	0,000	0,175	0,318	0,067	1,227
	Ribeirão da Paciência	0,170	0,003	0,156	0,003	0,000	0,000	0,018	0,000	0,350
	Rio Lambari	0,115	0,012	0,107	0,002	0,000	0,299	0,158	0,004	0,697
	Rio do Peixe	0,021	0,002	0,006	0,001	0,000	0,065	0,072	0,000	0,167
	Rio Picão	0,123	0,002	0,063	0,000	0,000	0,145	0,715	0,004	1,053
	Baixo Pará	0,154	0,007	0,320	0,011	0,000	0,130	0,402	0,006	1,030
Total		1,960	0,088	1,876	0,178	0,067	1,421	2,033	0,323	7,947

Quadro 3-11 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								Total
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,067	0,014	0,027	0,034	0,000	0,141	0,083	0,000	0,367
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,152	0,006	0,052	0,004	0,000	0,088	0,061	0,000	0,363
	Rio Itapeçerica	0,481	0,010	0,375	0,005	0,029	0,152	0,086	0,000	1,138
	Médio Rio Pará	0,255	0,021	0,384	0,011	0,017	0,179	0,118	0,243	1,228
Baixo Pará	Rio São João	0,360	0,012	0,147	0,088	0,000	0,161	0,302	0,067	1,138
	Ribeirão da Paciência	0,162	0,003	0,127	0,003	0,000	0,000	0,019	0,000	0,313
	Rio Lambari	0,115	0,014	0,093	0,002	0,000	0,275	0,149	0,004	0,652
	Rio do Peixe	0,020	0,003	0,005	0,001	0,000	0,060	0,068	0,000	0,157
	Rio Picão	0,118	0,002	0,055	0,000	0,000	0,134	0,654	0,004	0,967
	Baixo Pará	0,141	0,009	0,281	0,010	0,000	0,120	0,367	0,006	0,933
Total		1,870	0,095	1,547	0,159	0,046	1,310	1,906	0,323	7,256

Quadro 3-12 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,064	0,015	0,020	0,026	0,000	0,122	0,086	0,000	0,332
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,158	0,004	0,038	0,003	0,000	0,076	0,058	0,000	0,336
	Rio Itapeçerica	0,495	0,006	0,292	0,004	0,020	0,130	0,094	0,000	1,040
	Médio Rio Pará	0,233	0,020	0,313	0,010	0,014	0,152	0,150	0,243	1,134
Baixo Pará	Rio São João	0,370	0,016	0,118	0,079	0,000	0,137	0,293	0,067	1,080
	Ribeirão da Paciência	0,169	0,004	0,102	0,002	0,000	0,000	0,022	0,000	0,298
	Rio Lambari	0,108	0,011	0,076	0,002	0,000	0,235	0,142	0,004	0,577
	Rio do Peixe	0,020	0,003	0,003	0,000	0,000	0,052	0,068	0,000	0,146
	Rio Picão	0,120	0,004	0,040	0,000	0,000	0,113	0,566	0,004	0,848
	Baixo Pará	0,149	0,007	0,229	0,009	0,000	0,102	0,321	0,006	0,822
	Total	1,885	0,089	1,232	0,134	0,034	1,118	1,799	0,323	6,614

Quadro 3-13 – Demandas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/s)								
		Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,075	0,015	0,034	0,043	0,000	0,165	0,093	0,000	0,424
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,180	0,004	0,066	0,005	0,000	0,103	0,067	0,000	0,427
	Rio Itapeçerica	0,544	0,006	0,475	0,006	0,040	0,179	0,087	0,000	1,338
	Médio Rio Pará	0,260	0,020	0,464	0,013	0,022	0,213	0,132	0,243	1,366
Baixo Pará	Rio São João	0,403	0,016	0,182	0,099	0,000	0,191	0,343	0,067	1,302
	Ribeirão da Paciência	0,181	0,004	0,158	0,003	0,000	0,000	0,020	0,000	0,366
	Rio Lambari	0,120	0,011	0,109	0,003	0,000	0,324	0,169	0,004	0,740
	Rio do Peixe	0,022	0,003	0,006	0,001	0,000	0,071	0,077	0,000	0,179
	Rio Picão	0,131	0,004	0,065	0,000	0,000	0,158	0,762	0,004	1,125
	Baixo Pará	0,163	0,007	0,329	0,012	0,000	0,141	0,426	0,006	1,085
	Total	2,080	0,089	1,889	0,186	0,062	1,545	2,177	0,323	8,350

Quadro 3-14 – Demandas totais de retirada para a cena atual e os cenários futuros.

Macro divisão	Sub bacia	Cena Atual (2020)	Cenário Tendencial			Cenário de Estagnação			Cenário de Crescimento		
			Curto Prazo (2026)	Médio Prazo (2031)	Longo Prazo (2041)	Curto Prazo (2026)	Médio Prazo (2031)	Longo Prazo (2041)	Curto Prazo (2026)	Médio Prazo (2031)	Longo Prazo (2041)
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,285	0,329	0,359	0,367	0,328	0,345	0,332	0,362	0,398	0,424
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,295	0,331	0,356	0,363	0,322	0,337	0,336	0,365	0,403	0,427
	Rio Itapecerica	0,906	1,027	1,114	1,138	0,961	1,013	1,040	1,163	1,294	1,338
	Médio Rio Pará	1,013	1,128	1,207	1,228	1,094	1,136	1,134	1,228	1,327	1,366
Baixo Pará	Rio São João	0,921	1,036	1,116	1,138	1,024	1,085	1,080	1,116	1,227	1,302
	Ribeirão da Paciência	0,262	0,289	0,308	0,313	0,274	0,289	0,298	0,320	0,350	0,366
	Rio Lambari	0,506	0,586	0,638	0,652	0,567	0,593	0,577	0,645	0,697	0,740
	Rio do Peixe	0,130	0,145	0,154	0,157	0,148	0,151	0,146	0,157	0,167	0,179
	Rio Picão	0,751	0,869	0,947	0,967	0,834	0,863	0,848	0,945	1,053	1,125
	Baixo Pará	0,734	0,842	0,914	0,933	0,800	0,834	0,822	0,934	1,030	1,085
Total		5,804	6,581	7,113	7,256	6,354	6,648	6,614	7,236	7,947	8,350

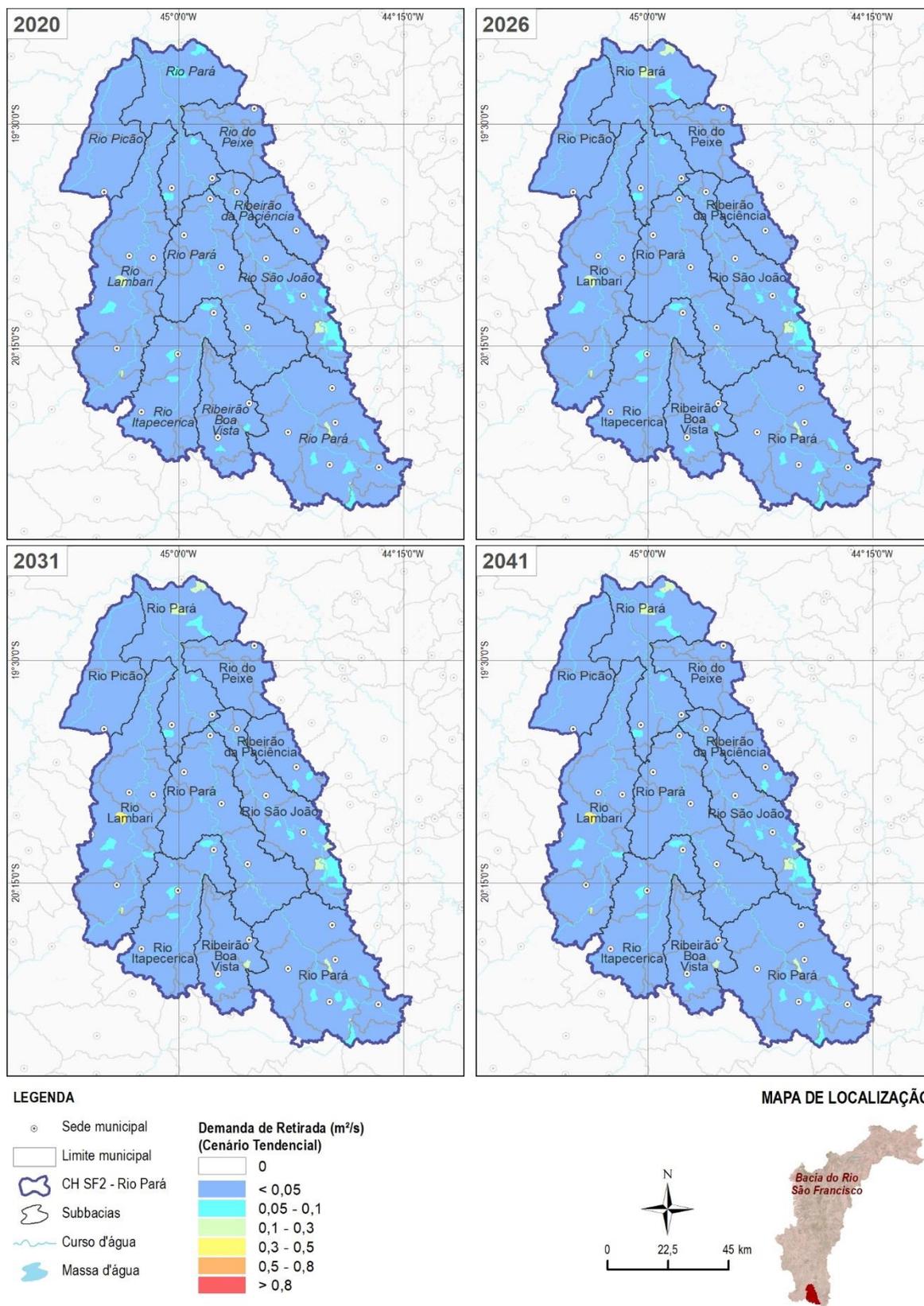


Figura 3.3 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário Tendencial

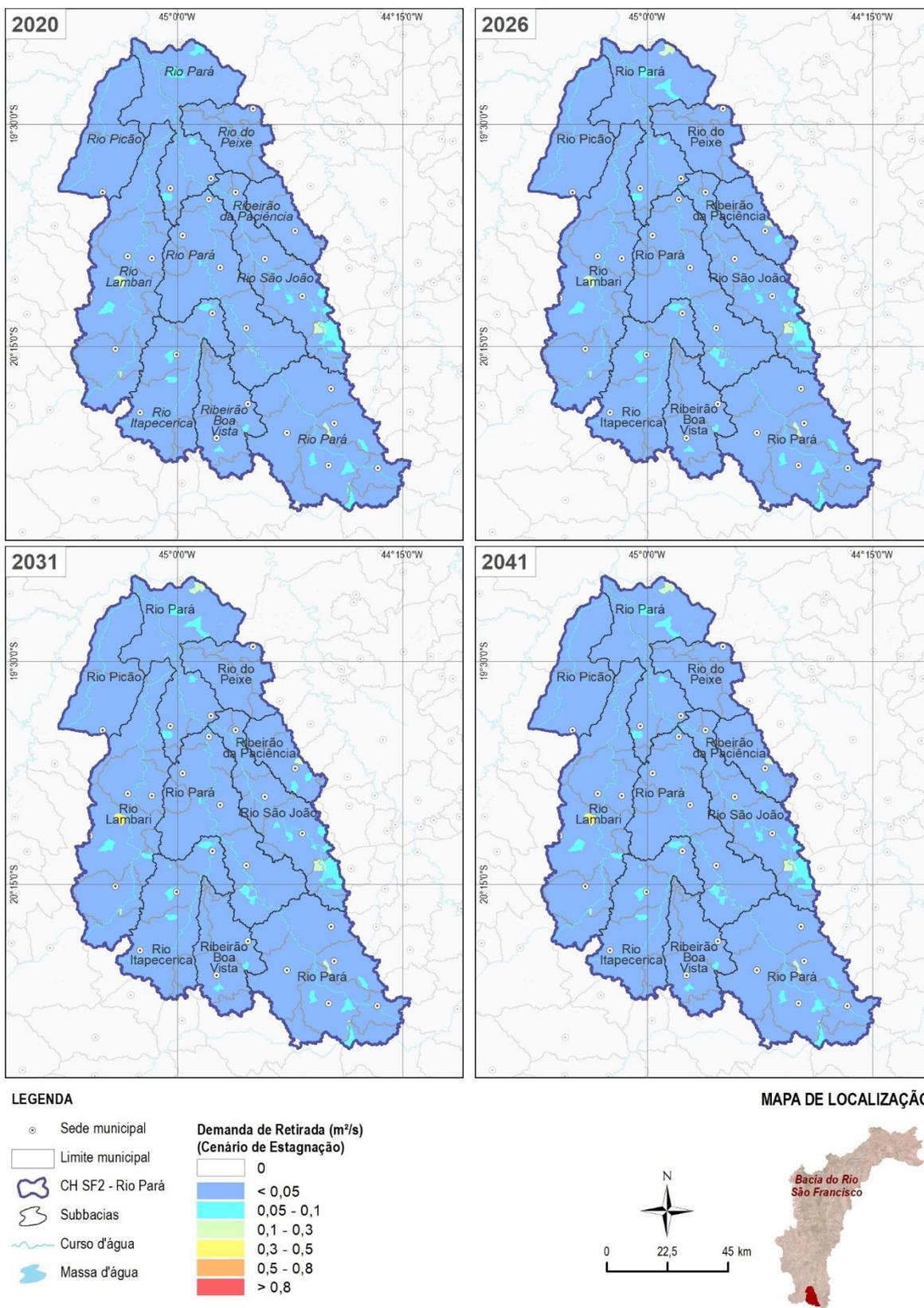


Figura 3.4 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário de Estagnação

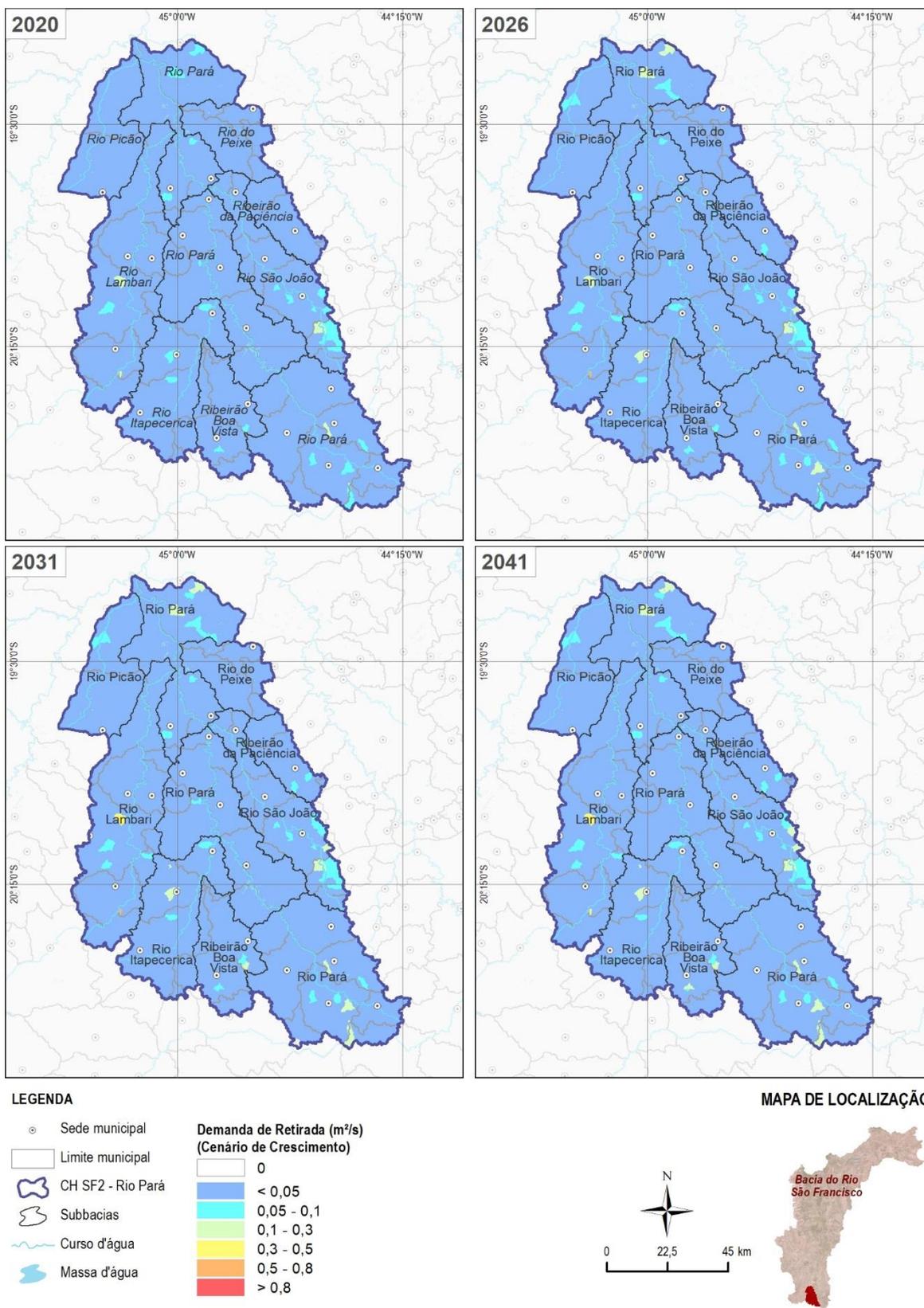


Figura 3.5 – Evolução das Demandas Totais de Retirada – Cenário de Crescimento

Pode-se observar da Figura 3.3 até a Figura 3.5 que não há grandes mudanças na distribuição espacial das demandas, que apresentam algumas regiões com valores superiores ocorrendo, principalmente na sub-bacia do rio São João, nos municípios de Itaúna e Itatiaiuçu. Além dessa região, há outras pontualmente distribuídas nas demais sub-bacias que apresentam intervalos de vazão demandadas acima de 0,1 m³/s, como: regiões do Baixo Rio Pará, no município de Pompéu; sub-bacia do rio Lambari, no município de Santo Antônio do Monte, próximo à divisa com o município de Araújos; na sub-bacia do rio Itapeçerica, no município de Santo Antônio do Monte; na sub-bacia do ribeirão Boa Vista, nos municípios de Carmo da Mata e Cláudio; e no Alto Rio Pará, na região próxima à cabeceira dos seus principais cursos de água.

Na sequência, foram construídas a Figura 3.6, Figura 3.7 e Figura 3.8 apresentando a variação das demandas das diversas finalidades ao longo das cenas projetadas, para os cenários tendencial, de estagnação e de crescimento, respectivamente. Pode-se observar que nos três cenários o crescimento da demanda do setor de agricultura irrigada é bastante significativo, principalmente no cenário de crescimento, naturalmente. Além da irrigação, variações no setor da indústria de transformação e no setor pecuário (dessedentação animal) também são igualmente significativos, como já exposto anteriormente, quando comentado sobre os percentuais representativos de cada setor usuário e sua variação ao longo do tempo.

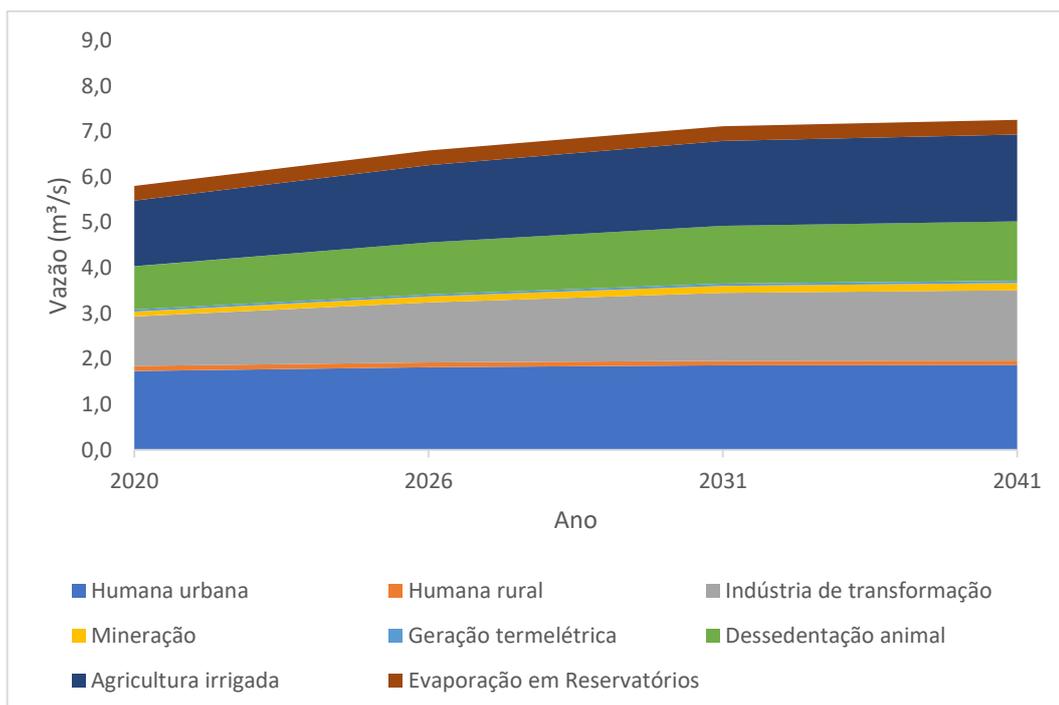


Figura 3.6 – Projeção da Demanda no Cenário Tendencial.

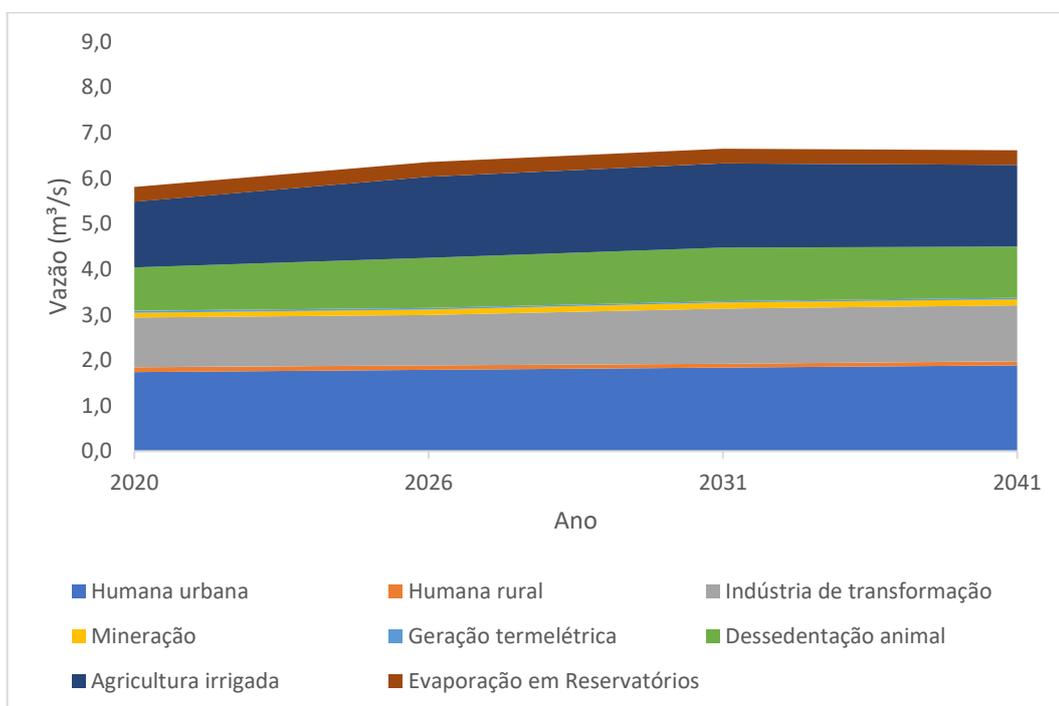


Figura 3.7 – Projeção da Demanda no Cenário de Estagnação.

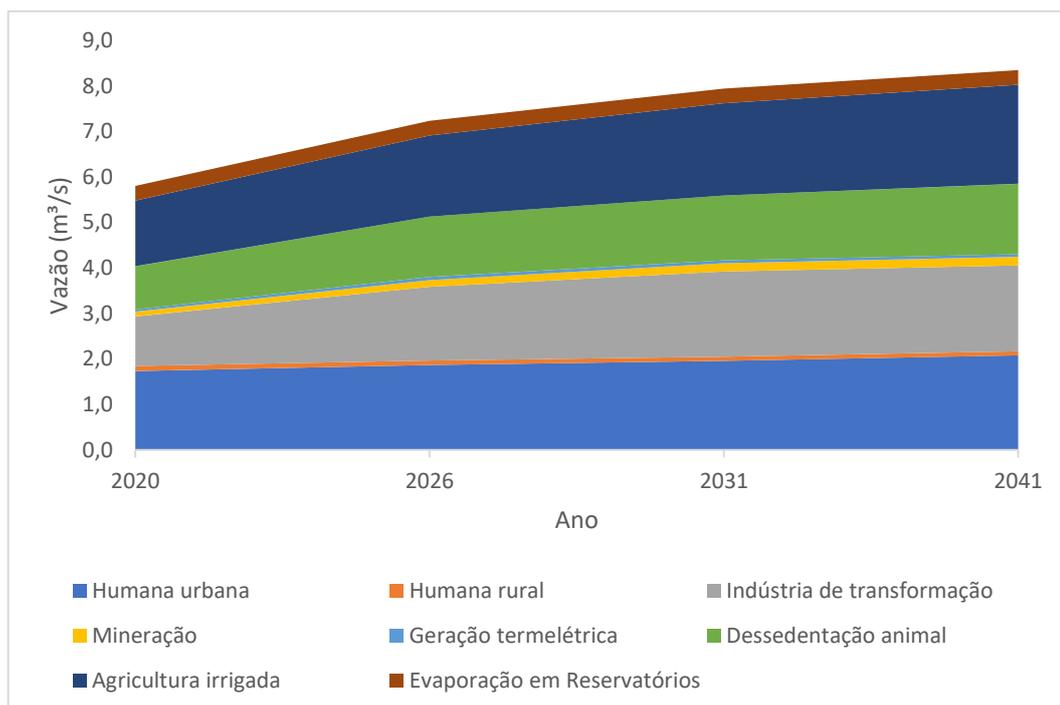


Figura 3.8 – Projeção da Demanda no Cenário de Crescimento.

Adicionalmente à análise das demandas de usos consuntivos, foi feita de forma específica a estimativa de crescimento também das demandas por águas subterrâneas, nesse caso a partir da base de outorgas e cadastros de usos insignificantes do IGAM. Para essa leitura prospectiva, a cenarização pressupõe as mesmas taxas de variação das demandas identificadas para as águas superficiais, porém aplicadas para a base de uso subterrâneo. Afinal, as demandas hídricas são resultantes das atividades humanas, e a forma de obtenção do recurso hídrico necessário para tal é o que diferencia as águas superficiais e subterrâneas, e não o elemento de variação subjacente.

As demandas autorizadas na cena atual (2020) e os resultados da cenarização estão expostos do Quadro 3-15 ao Quadro 3-26.

Quadro 3-15 – Vazões outorgadas e cadastradas como uso insignificante na bacia – Cena Atual (2020) – Águas Subterrâneas

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	79,99	173,56	-	-	-	13,83	267,38
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	124,18	25,20	-	-	14,00	39,23	202,61
	Rio Itapecerica	272,98	70,50	-	-	7,20	131,15	481,83
	Médio Rio Pará	211,73	124,50	-	-	4,00	100,12	440,35
Baixo Pará	Rio São João	537,96	134,20	-	8,00	6,80	436,49	1.123,45
	Ribeirão da Paciência	400,35	12,50	-	-	32,17	96,64	541,66
	Rio Lambari	90,32	4,10	-	-	2,00	215,80	312,22
	Rio do Peixe	55,03	391,90	-	-	-	7,50	454,43
	Rio Picão	115,43	52,20	-	-	1,00	2,75	171,38
	Baixo Rio Pará	228,78	42,40	-	41,00	-	10,50	322,68
Total		2.116,73	1.031,06	-	49,00	67,17	1.054,00	4.317,97

Quadro 3-16 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	80,54	181,32	-	-	-	17,58	279,43
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	129,03	26,44	-	-	16,37	47,60	219,44
	Rio Itapecerica	282,18	73,03	-	-	9,37	162,42	527,00
	Médio Rio Pará	222,50	132,22	-	-	4,80	119,58	479,11
Baixo Pará	Rio São João	558,78	140,25	-	9,44	8,24	526,99	1.243,71
	Ribeirão da Paciência	416,10	13,08	-	-	39,04	116,74	584,96
	Rio Lambari	94,12	4,36	-	-	2,39	257,51	358,39
	Rio do Peixe	56,45	410,76	-	-	-	8,85	476,06
	Rio Picão	119,55	54,46	-	-	1,20	3,58	178,79
	Baixo Rio Pará	237,40	44,34	-	47,48	-	12,44	341,67
Total		2.196,65	1.080,27	-	56,93	81,41	1.273,29	4.688,55

Quadro 3-17 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	79,86	174,16	-	-	-	14,86	268,88
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	128,59	26,38	-	-	15,91	38,25	209,13
	Rio Itapecerica	277,74	72,17	-	-	8,99	130,57	489,48
	Médio Rio Pará	209,60	123,77	-	-	4,59	102,17	440,14
Baixo Pará	Rio São João	555,74	139,05	-	10,24	7,89	450,88	1.163,81
	Ribeirão da Paciência	412,03	12,93	-	-	37,33	97,15	559,45
	Rio Lambari	88,73	4,14	-	-	2,30	226,87	322,04
	Rio do Peixe	53,85	403,27	-	-	-	7,37	464,49
	Rio Picão	116,57	53,27	-	-	1,15	3,13	174,12
	Baixo Rio Pará	236,46	44,69	-	46,17	-	11,03	338,35
Total		2.159,18	1.053,84	-	56,41	78,17	1.082,28	4.429,87

Quadro 3-18 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	82,65	182,21	-	-	-	21,63	286,49
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	135,63	27,90	-	-	18,61	61,33	243,48
	Rio Itapecerica	290,38	75,53	-	-	10,95	209,79	586,65
	Médio Rio Pará	219,73	130,43	-	-	5,58	145,12	500,86
Baixo Pará	Rio São João	576,10	144,41	-	9,74	9,57	639,12	1.378,95
	Ribeirão da Paciência	427,22	13,42	-	-	47,87	145,29	633,80
	Rio Lambari	92,56	4,35	-	-	2,79	302,14	401,84
	Rio do Peixe	55,53	418,14	-	-	-	10,97	484,63
	Rio Picão	121,85	55,75	-	-	1,39	4,23	183,21
	Baixo Rio Pará	246,62	46,74	-	51,45	-	14,49	359,30
Total		2.248,25	1.098,88	-	61,20	96,76	1.554,12	5.059,21

Quadro 3-19 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	80,98	185,71	-	-	-	20,09	286,78
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	131,70	27,13	-	-	17,95	54,07	230,85
	Rio Itapeçerica	286,57	74,26	-	-	10,81	187,84	559,49
	Médio Rio Pará	225,66	134,86	-	-	5,33	134,69	500,55
Baixo Pará	Rio São João	569,70	143,54	-	10,49	9,20	597,56	1.330,49
	Ribeirão da Paciência	423,56	13,36	-	-	43,61	132,45	612,99
	Rio Lambari	95,14	4,46	-	-	2,66	290,46	392,71
	Rio do Peixe	57,21	421,12	-	-	-	9,88	488,21
	Rio Picão	121,59	55,63	-	-	1,34	4,31	182,86
	Baixo Rio Pará	241,26	45,26	-	51,43	-	13,94	351,89
Total		2.233,37	1.105,33	-	61,92	90,90	1.445,30	4.936,82

Quadro 3-20 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	80,06	180,21	-	-	-	15,89	276,16
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	132,23	27,48	-	-	16,68	40,05	216,45
	Rio Itapecerica	283,21	73,96	-	-	9,93	142,65	509,76
	Médio Rio Pará	206,76	122,92	-	-	4,88	110,50	445,05
Baixo Pará	Rio São João	575,52	144,64	-	10,94	8,44	496,37	1.235,91
	Ribeirão da Paciência	425,65	13,43	-	-	39,88	106,65	585,61
	Rio Lambari	87,57	4,16	-	-	2,45	246,78	340,96
	Rio do Peixe	54,57	419,94	-	-	-	7,35	481,85
	Rio Picão	119,54	54,74	-	-	1,23	3,50	179,00
	Baixo Rio Pará	245,71	46,83	-	46,70	-	11,91	351,16
Total		2.210,81	1.088,31	-	57,65	83,49	1.181,66	4.621,91

Quadro 3-21 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	84,47	192,95	-	-	-	25,36	302,77
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	143,95	30,01	-	-	19,96	71,95	265,87
	Rio Itapecerica	302,45	79,08	-	-	12,04	250,39	643,97
	Médio Rio Pará	222,37	133,19	-	-	5,97	166,50	528,03
Baixo Pará	Rio São João	604,33	152,22	-	11,34	10,27	734,19	1.512,34
	Ribeirão da Paciência	446,96	14,12	-	-	48,80	167,06	676,95
	Rio Lambari	93,44	4,48	-	-	2,96	344,68	445,55
	Rio do Peixe	56,95	441,15	-	-	-	12,51	510,61
	Rio Picão	127,60	58,52	-	-	1,50	5,14	192,76
	Baixo Rio Pará	258,76	49,47	-	57,42	-	16,35	382,00
Total		2.341,29	1.155,17	-	68,76	101,51	1.794,12	5.460,85

Quadro 3-22 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	81,11	186,84	-	-	-	20,77	288,73
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	132,39	27,30	-	-	18,37	55,83	233,89
	Rio Itapeçerica	287,70	74,57	-	-	11,21	194,82	568,30
	Médio Rio Pará	226,50	135,54	-	-	5,47	138,76	506,27
Baixo Pará	Rio São João	572,51	144,38	-	10,77	9,46	616,65	1.353,77
	Ribeirão da Paciência	425,53	13,44	-	-	44,84	136,70	620,51
	Rio Lambari	95,41	4,48	-	-	2,73	299,35	401,97
	Rio do Peixe	57,41	423,76	-	-	-	10,16	491,33
	Rio Picão	122,13	55,92	-	-	1,37	4,51	183,94
	Baixo Rio Pará	242,25	45,49	-	52,47	-	14,34	354,55
Total		2.242,94	1.111,72	-	63,24	93,45	1.491,90	5.003,26

Quadro 3-23 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Estagnação

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	78,10	177,80	-	-	-	15,36	271,26
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	135,05	28,33	-	-	15,82	40,89	220,09
	Rio Itapecerica	292,35	76,66	-	-	9,56	151,85	530,41
	Médio Rio Pará	208,02	123,84	-	-	4,64	113,18	449,68
Baixo Pará	Rio São João	596,42	148,74	-	10,46	8,03	504,08	1.267,73
	Ribeirão da Paciência	448,30	14,08	-	-	38,01	109,22	609,61
	Rio Lambari	87,27	4,18	-	-	2,33	246,67	340,45
	Rio do Peixe	55,09	420,69	-	-	-	6,74	482,52
	Rio Picão	126,06	56,99	-	-	1,17	3,30	187,52
	Baixo Rio Pará	250,68	47,78	-	45,85	-	11,71	356,03
Total		2.277,33	1.099,10	-	56,31	79,56	1.202,99	4.715,30

Quadro 3-24 – Demandas por águas subterrâneas estimadas para o horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento

Macro divisão	Sub bacia	Vazão (m³/h)						
		Consumo humano	Abastecimento público	Aquicultura	Irrigação	Dessedentação animal	Indústria e Mineração	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	88,35	207,41	-	-	-	25,95	321,70
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	153,48	32,31	-	-	21,63	70,82	278,24
	Rio Itapecerica	320,84	84,23	-	-	13,19	247,16	665,42
	Médio Rio Pará	229,56	138,01	-	-	6,50	167,19	541,26
Baixo Pará	Rio São João	645,74	161,71	-	12,26	11,17	749,01	1.579,90
	Ribeirão da Paciência	479,47	15,09	-	-	53,10	169,06	716,72
	Rio Lambari	96,01	4,65	-	-	3,21	351,88	455,76
	Rio do Peixe	60,46	468,38	-	-	-	12,59	541,43
	Rio Picão	137,25	62,24	-	-	1,63	5,37	206,49
	Baixo Rio Pará	273,29	52,35	-	60,92	-	16,81	403,37
	Total	2.484,44	1.226,40	-	73,18	110,44	1.815,84	5.710,30

A projeção de crescimento das demandas por águas subterrâneas também pode ser mostrada de forma gráfica da Figura 3.9 até a Figura 3.11 para os cenários construídos até 2041, considerando a base de outorgas e cadastros de usos insignificantes atuais do IGAM. Pode-se observar que há uma variação significativa do setor de indústria e mineração, com crescimento percentual mais representativo.

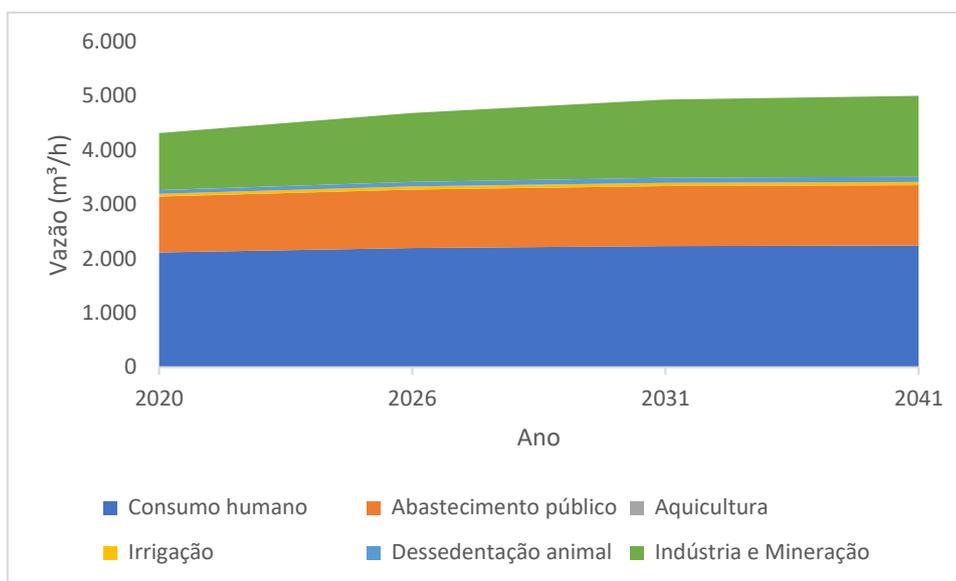


Figura 3.9 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário Tendencial

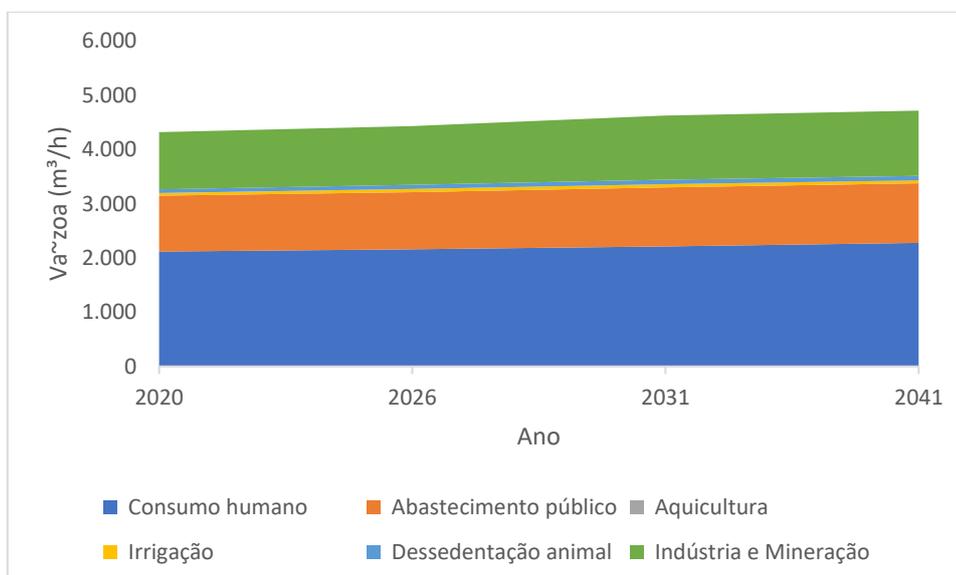


Figura 3.10 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário de Estagnação

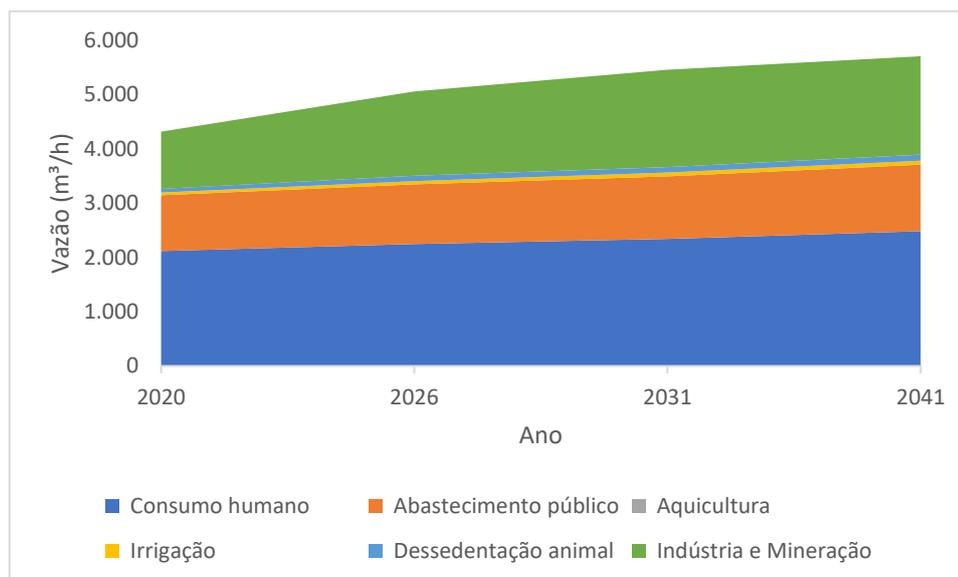


Figura 3.11 – Projeção da Demanda por Águas Subterrâneas no Cenário de Crescimento

3.3 CONDIÇÕES DE QUANTIDADE

De posse das vazões disponíveis, apresentadas no Subitem 3.1, e dos cenários de vazões demandadas, apresentados no Subitem 3.2, é possível realizar o balanço hídrico para a cena atual e para os cenários futuros e verificar a condição possível de ocorrer em termos de comprometimento hídrico. Nesse sentido, inicialmente foram acumuladas as vazões demandadas por sub-bacia de montante para jusante, sendo expostos os resultados sintetizados no Quadro 3-26 para todos os cenários e cenas construídos.

Na sequência, a partir dos valores de ofertas hídricas para cada bacia, foi calculado o índice de comprometimento hídrico de cada sub-bacia por meio da relação direta entre a demanda e a oferta hídrica, dada por meio das vazões de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{mlt} . Nesse sentido, para dar suporte a ações de gestão, foi construído e é exposto a seguir o Quadro 3-25 com os índices e faixas a serem adotados para análise do comprometimento hídrico de cada sub-bacia.

Para a vazão $Q_{7,10}$, as faixas de vazões foram construídas, considerando os critérios de outorga estabelecidos pelo IGAM que, por meio de sua Portaria nº 48/2019

estabelece como limite outorgável para a bacia hidrográfica do rio Pará o valor máximo de 30% da vazão de referência em questão. Assim, é considerada uma situação potencialmente preocupante quando os limites se aproximam desse valor e preocupante com a sua superação. Especificamente para a vazão média de longo termo, os valores percentuais são distintos devido ao valor superior daquela vazão e refletem o potencial de atendimento às demandas por meio de alternativas de implantação de estruturas de regularização de vazões sendo dificultado à medida que são aumentadas as faixas.

Quadro 3-25 – Índices para avaliação da Condição de Comprometimento Hídrico das Sub-Bacias.

<i>Comprometimento Q₉₅ OU Q_{7,10}</i>	<i>Comprometimento Q_{mit}</i>	<i>Condição da bacia e ações de gestão indicadas</i>
< 15%	< 5%	Boa condição de disponibilidade; pouca atividade de gerenciamento é necessária e a água é considerada um bem livre, que pode ser captada por qualquer empreendimento sem maiores consequências;
15,01 a 30%	5,01 a 10%	Situação potencialmente preocupante, devendo ser desenvolvidas ações de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
30,01 a 50%	10,01 a 20%	Situação preocupante; a atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
50,01% a 100%	20,01% a 40%	Situação crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
> 100%	> 40%	Situação muito crítica, em que atividades de gerenciamento e de investimentos e realocação de demandas são necessárias de forma urgente.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados para os índices de comprometimento hídrico são expostos em valores percentuais e apresentados do Quadro 3-27 até o Quadro 3-29, de acordo com a vazão de referência adotada. Na sequência, os mesmos resultados são apresentados de forma espacial nos mapas da Figura 3.12 até a Figura 3.20, considerando os três cenários propostos e a cena atual e as futuras de 2026, 2031 e 2041. Em cada uma das figuras em questão, os mapas são apresentados da seguinte forma:

- Cena atual: superior à esquerda;
- Cena de 2026: superior à direita;
- Cena de 2031: inferior à esquerda;

- Cena de 2041: inferior à direita.

De uma forma geral, é possível analisar os resultados apresentados por meio da observação da faixa em que se encontra cada sub-bacia e as mudanças possíveis ao longo dos anos.

No caso do balanço hídrico considerado vazão de referência Q_{95} , observa-se o potencial de passar para a faixa preocupante na bacia do rio Picão já para o cenário de Estagnação no médio prazo e para os cenários Tendencial e de Crescimento já no horizonte de curto prazo. Especificamente para a bacia hidrográfica do rio São João, apenas no cenário de Crescimento para as cenas de médio e longo prazos são observadas mudanças de faixas, para uma condição preocupante e demandante de ações de gestão prementes.

Tratando das análises considerando a vazão de referência de outorgas do IGAM, $Q_{7,10}$, observa-se uma situação mais crítica, com a bacia do rio Picão já situada em situação preocupante na condição atual e a bacia do rio São João já passando no horizonte de curto prazo para os cenários Tendencial e Crescimento. Além disso, a bacia do rio Itapeçerica e ribeirão da Paciência também têm previsão de passar a tais condições críticas no cenário de Crescimento, exigindo ações de gestão.

De forma complementar às análises, os balanços com a vazão média de longo termo mostram que as demandas podem ser atendidas com ações de incremento das ofertas por meio de barragens de regularização de vazões, o que pode ser estudado para a bacia, em caso de dificuldade para atendimento aos usos existentes.

Cabe destacar que tais ações devem ser consideradas no contexto do plano de ações do PDRH Pará que, como foi executado em 2008, sugere-se sua atualização e indicação dos melhores locais para tais ações de incremento de oferta hídrica, assim como análise mais detalhada em termos de cronograma e recursos, dentre outros aspectos relevantes ao tema.

Das análises realizadas, as sub-bacias citadas nos parágrafos anteriores referem-se à localização dos municípios com as maiores populações da bacia, os maiores PIBs e as maiores quantidades de empresas, conforme apresentado anteriormente no

Diagnóstico (produto anterior). Pode-se citar o município de Divinópolis, na sub-bacia do rio Itapecerica, os municípios de Itaúna e Pará de Minas na sub-bacia do rio São João, o município de Bom Despacho na sub-bacia do rio Picão e o município de Nova Serrana na sub-bacia do Médio Rio Pará. Isto pode justificar as maiores variações previstas nestas sub-bacias no período estudado, uma vez que maiores demandas por recursos hídricos estão associadas a maiores índices de crescimento das populações e das atividades econômicas nesses municípios.

Quadro 3-26 – Demandas Acumuladas nas Sub-bacias da CH SF2 (m³/s).

Macro divisão	Sub bacia	Cena Atual	Cenário Tendencial			Cenário de Estagnação			Cenário de Crescimento		
			2026	2031	2041	2026	2031	2041	2026	2031	2041
Alto Pará	Alto Rio Pará	0,285	0,329	0,359	0,367	0,328	0,345	0,332	0,362	0,398	0,424
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	0,295	0,331	0,356	0,363	0,322	0,337	0,336	0,365	0,403	0,427
	Rio Itapecerica	1,201	1,358	1,470	1,501	1,284	1,350	1,377	1,529	1,697	1,764
	Médio Rio Pará	2,499	2,815	3,036	3,096	2,706	2,832	2,843	3,119	3,421	3,554
Baixo Pará	Rio São João	1,183	1,325	1,424	1,451	1,298	1,374	1,378	1,436	1,578	1,668
	Ribeirão da Paciência	0,262	0,289	0,308	0,313	0,274	0,289	0,298	0,320	0,350	0,366
	Rio Lambari	0,506	0,586	0,638	0,652	0,567	0,593	0,577	0,645	0,697	0,740
	Rio do Peixe	0,130	0,145	0,154	0,157	0,148	0,151	0,146	0,157	0,167	0,179
	Rio Picão	0,751	0,869	0,947	0,967	0,834	0,863	0,848	0,945	1,053	1,125
	Baixo Rio Pará	5,804	6,581	7,113	7,256	6,354	6,648	6,614	7,236	7,947	8,350
Total		5,804	6,581	7,113	7,256	6,354	6,648	6,614	7,236	7,947	8,350

Quadro 3-27 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q₉₅.

Macro divisão	Sub bacia	Cena Atual	Cenário Tendencial			Cenário de Estagnação			Cenário de Crescimento		
			2026	2031	2041	2026	2031	2041	2026	2031	2041
Alto Pará	Alto Rio Pará	4,8%	5,5%	6,0%	6,2%	5,5%	5,8%	5,6%	6,1%	6,7%	7,1%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	12,0%	13,4%	14,5%	14,8%	13,1%	13,7%	13,7%	14,8%	16,4%	17,4%
	Rio Itapecerica	18,8%	21,3%	23,0%	23,5%	20,1%	21,1%	21,6%	24,0%	26,6%	27,6%
	Médio Rio Pará	13,9%	15,7%	16,9%	17,3%	15,1%	15,8%	15,9%	17,4%	19,1%	19,8%
Baixo Pará	Rio São João	23,0%	25,7%	27,6%	28,2%	25,2%	26,7%	26,7%	27,9%	30,6%	32,4%
	Ribeirão da Paciência	18,2%	20,1%	21,4%	21,8%	19,0%	20,1%	20,7%	22,2%	24,3%	25,4%
	Rio Lambari	7,7%	8,9%	9,7%	9,9%	8,6%	9,0%	8,7%	9,8%	10,6%	11,2%
	Rio do Peixe	6,9%	7,7%	8,1%	8,3%	7,8%	8,0%	7,7%	8,3%	8,8%	9,5%
	Rio Picão	26,4%	30,6%	33,3%	34,0%	29,3%	30,4%	29,8%	33,2%	37,0%	39,6%
	Baixo Rio Pará	15,0%	17,0%	18,4%	18,7%	16,4%	17,2%	17,1%	18,7%	20,5%	21,5%
Total		15,0%	17,0%	18,4%	18,7%	16,4%	17,2%	17,1%	18,7%	20,5%	21,5%

Quadro 3-28 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q_{7,10}.

Macro divisão	Sub bacia	Cena Atual	Cenário Tendencial			Cenário de Estagnação			Cenário de Crescimento		
			2026	2031	2041	2026	2031	2041	2026	2031	2041
Alto Pará	Alto Rio Pará	5,7%	6,6%	7,2%	7,3%	6,5%	6,9%	6,6%	7,2%	7,9%	8,5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	14,3%	16,0%	17,2%	17,6%	15,6%	16,3%	16,2%	17,6%	19,5%	20,6%
	Rio Itapecerica	22,4%	25,3%	27,4%	28,0%	23,9%	25,2%	25,7%	28,5%	31,6%	32,9%
	Médio Rio Pará	16,6%	18,7%	20,1%	20,5%	18,0%	18,8%	18,9%	20,7%	22,7%	23,6%
Baixo Pará	Rio São João	27,3%	30,6%	32,9%	33,5%	30,0%	31,7%	31,8%	33,2%	36,4%	38,5%
	Ribeirão da Paciência	21,7%	23,9%	25,5%	25,9%	22,7%	23,9%	24,6%	26,5%	28,9%	30,3%
	Rio Lambari	9,1%	10,6%	11,5%	11,7%	10,2%	10,7%	10,4%	11,6%	12,6%	13,3%
	Rio do Peixe	8,2%	9,1%	9,7%	9,9%	9,3%	9,5%	9,2%	9,9%	10,5%	11,3%
	Rio Picão	31,4%	36,4%	39,6%	40,5%	34,9%	36,1%	35,5%	39,6%	44,1%	47,1%
	Baixo Rio Pará	17,8%	20,2%	21,8%	22,3%	19,5%	20,4%	20,3%	22,2%	24,4%	25,6%
Total		17,8%	20,2%	21,8%	22,3%	19,5%	20,4%	20,3%	22,2%	24,4%	25,6%

Quadro 3-29 – Índice de Comprometimento Hídrico nas Sub-bacias na CH SF2 – Vazão Q_{mlt} .

Macro divisão	Sub bacia	Cena Atual	Cenário Tendencial			Cenário de Estagnação			Cenário de Crescimento		
			2026	2031	2041	2026	2031	2041	2026	2031	2041
Alto Pará	Alto Rio Pará	1,1%	1,3%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	1,5%	1,6%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	2,8%	3,1%	3,3%	3,4%	3,0%	3,2%	3,1%	3,4%	3,8%	4,0%
	Rio Itapecerica	4,3%	4,9%	5,3%	5,4%	4,6%	4,9%	5,0%	5,5%	6,1%	6,4%
	Médio Rio Pará	3,2%	3,6%	3,9%	4,0%	3,5%	3,6%	3,7%	4,0%	4,4%	4,6%
Baixo Pará	Rio São João	5,3%	5,9%	6,4%	6,5%	5,8%	6,1%	6,2%	6,4%	7,0%	7,5%
	Ribeirão da Paciência	4,2%	4,6%	4,9%	5,0%	4,4%	4,6%	4,8%	5,1%	5,6%	5,9%
	Rio Lambari	1,8%	2,0%	2,2%	2,3%	2,0%	2,1%	2,0%	2,2%	2,4%	2,6%
	Rio do Peixe	1,6%	1,8%	1,9%	1,9%	1,8%	1,8%	1,8%	1,9%	2,0%	2,2%
	Rio Picão	6,1%	7,0%	7,7%	7,8%	6,8%	7,0%	6,9%	7,7%	8,5%	9,1%
	Baixo Rio Pará	3,4%	3,9%	4,2%	4,3%	3,8%	3,9%	3,9%	4,3%	4,7%	5,0%
Total		3,4%	3,9%	4,2%	4,3%	3,8%	3,9%	3,9%	4,3%	4,7%	5,0%

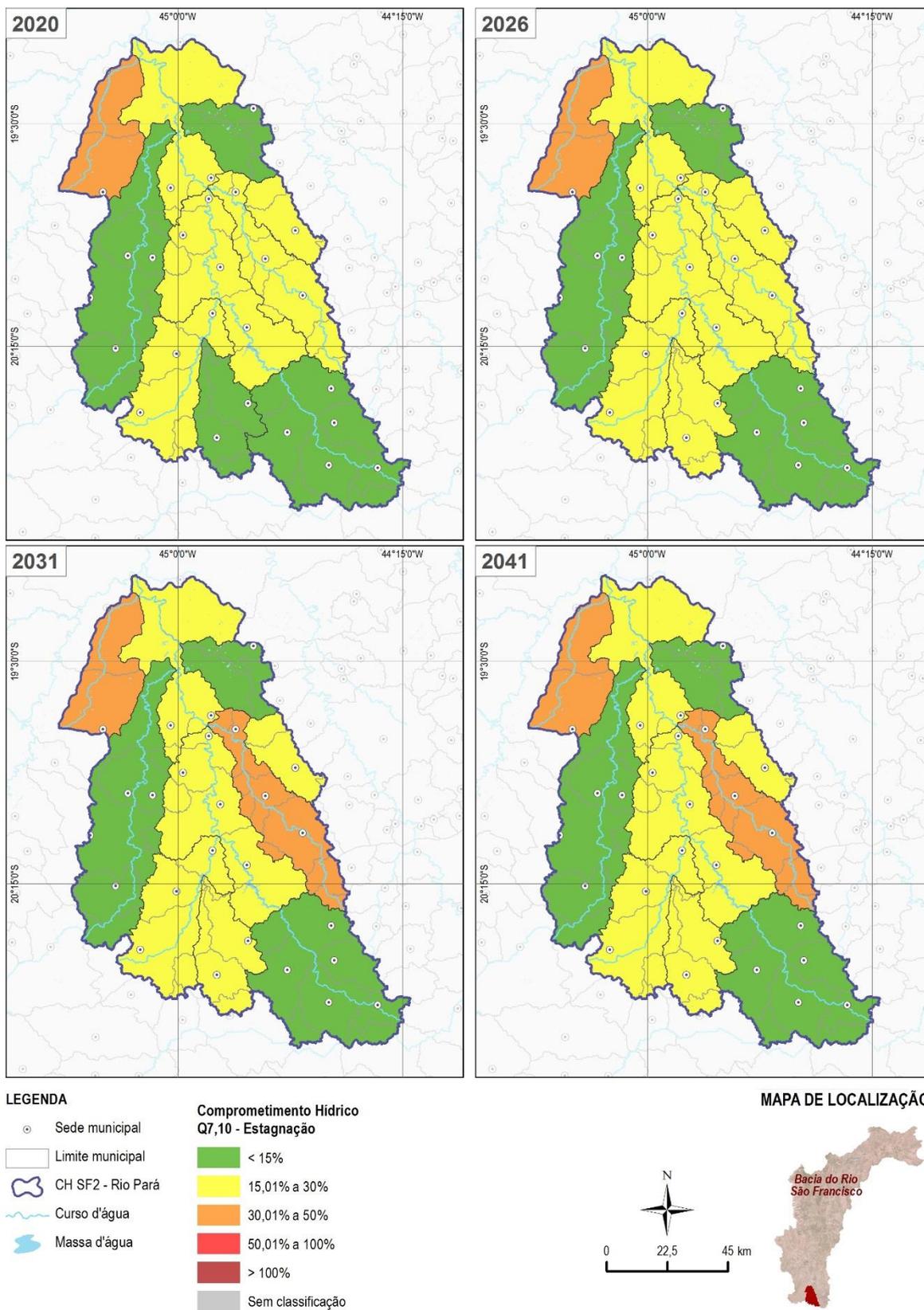


Figura 3.12 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência Q7,10.

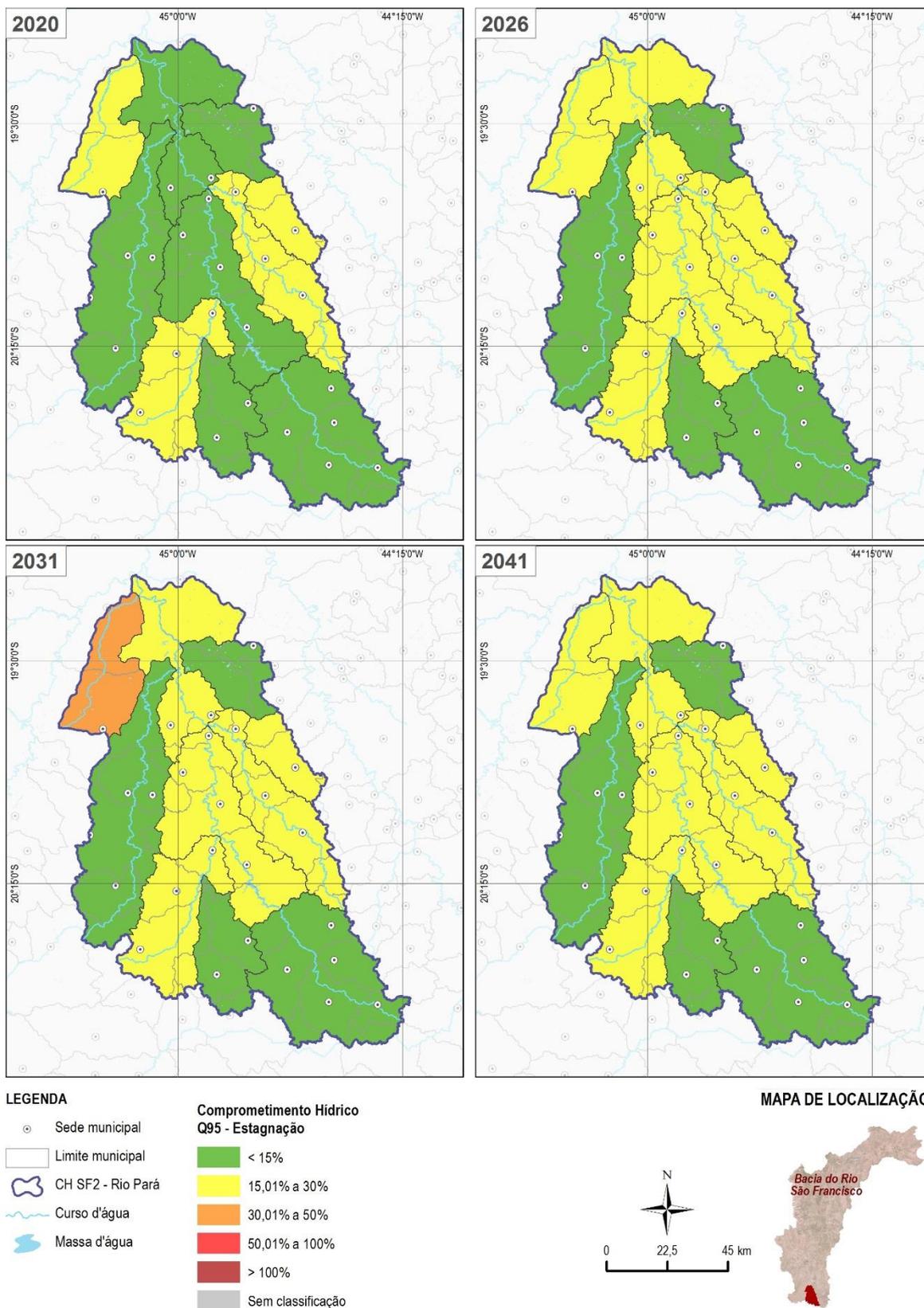


Figura 3.13 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência Q₉₅.

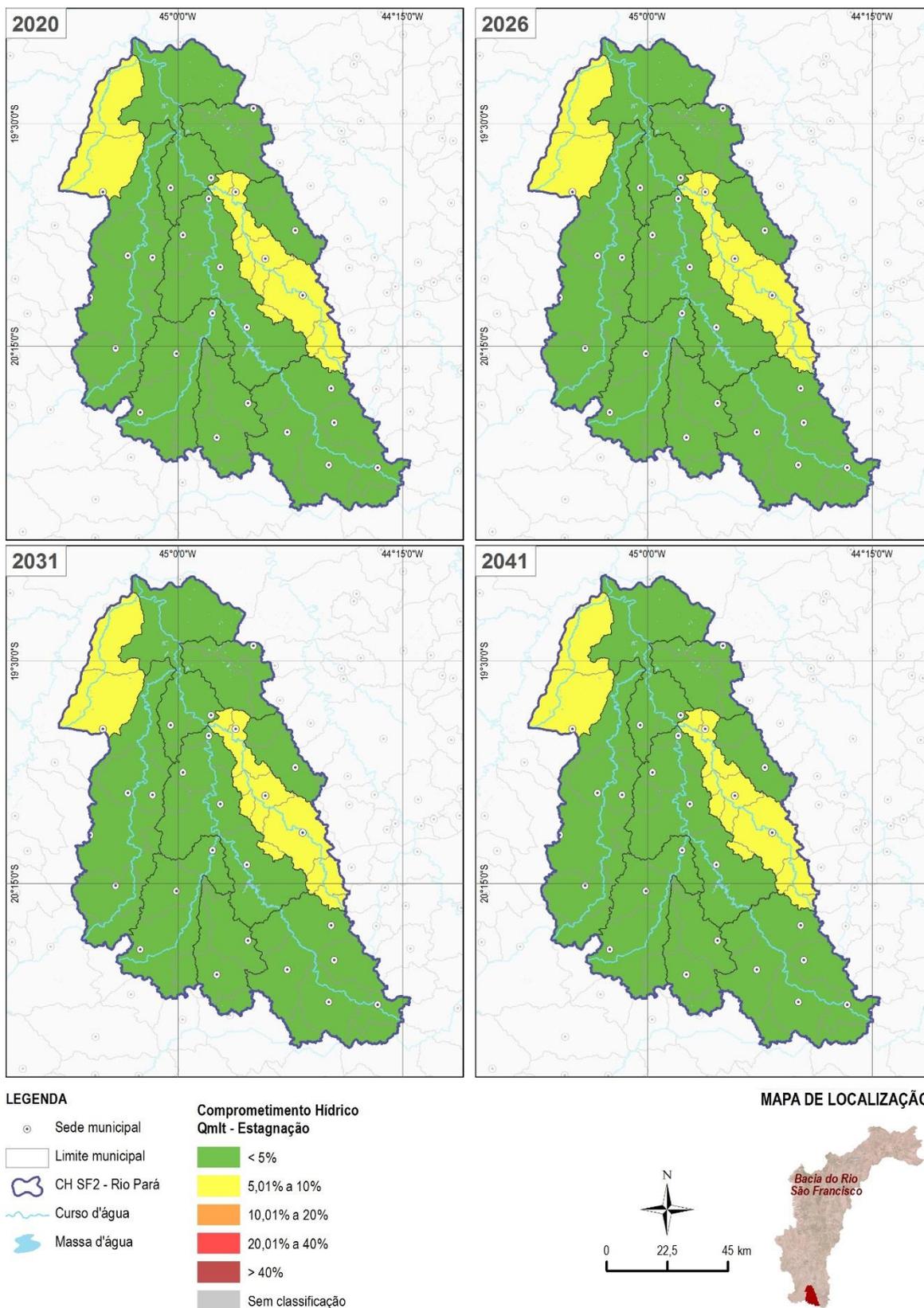


Figura 3.14 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Estagnação e Vazão de Referência Q_{mt}.

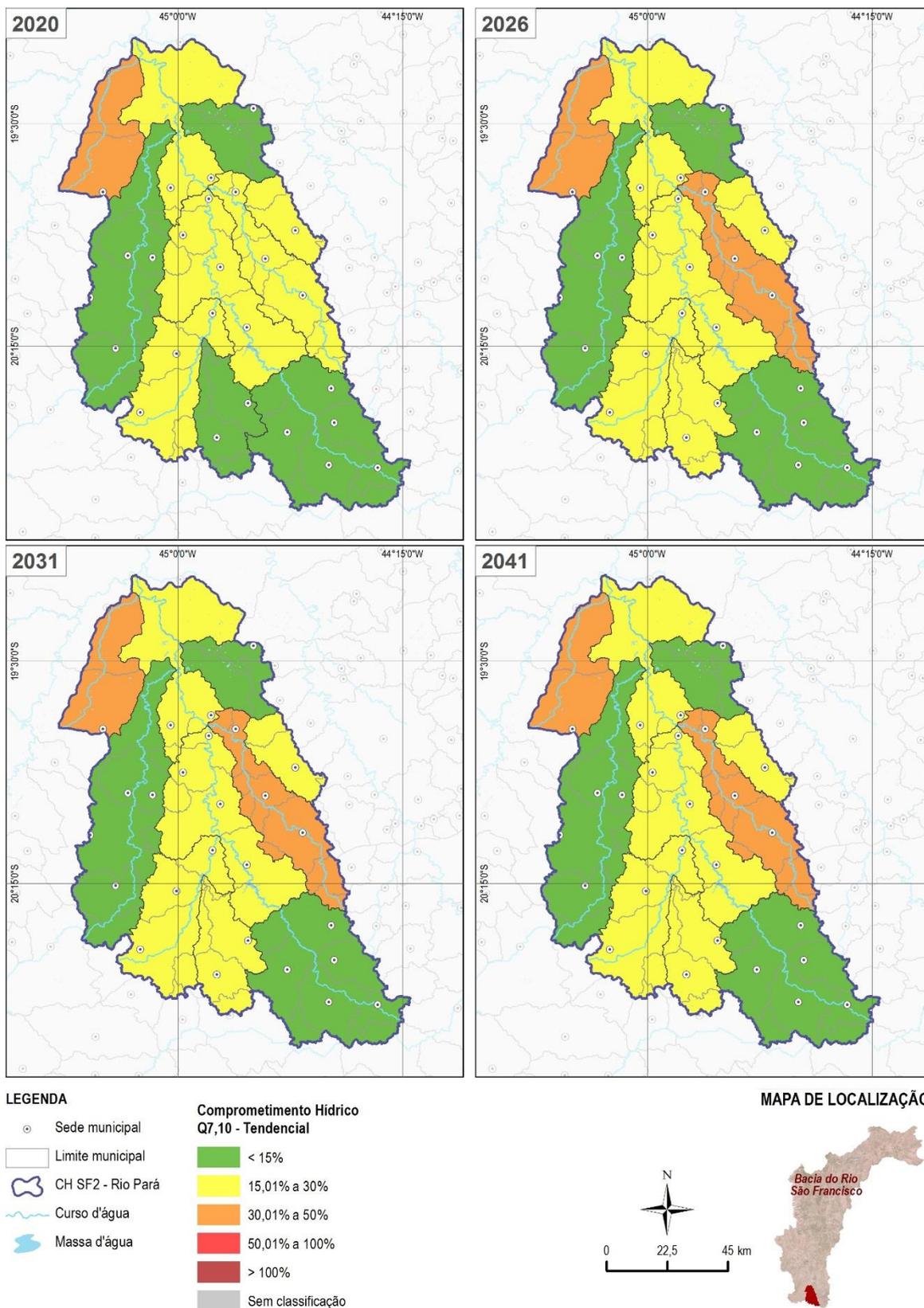


Figura 3.15 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência Q_{7,10}.

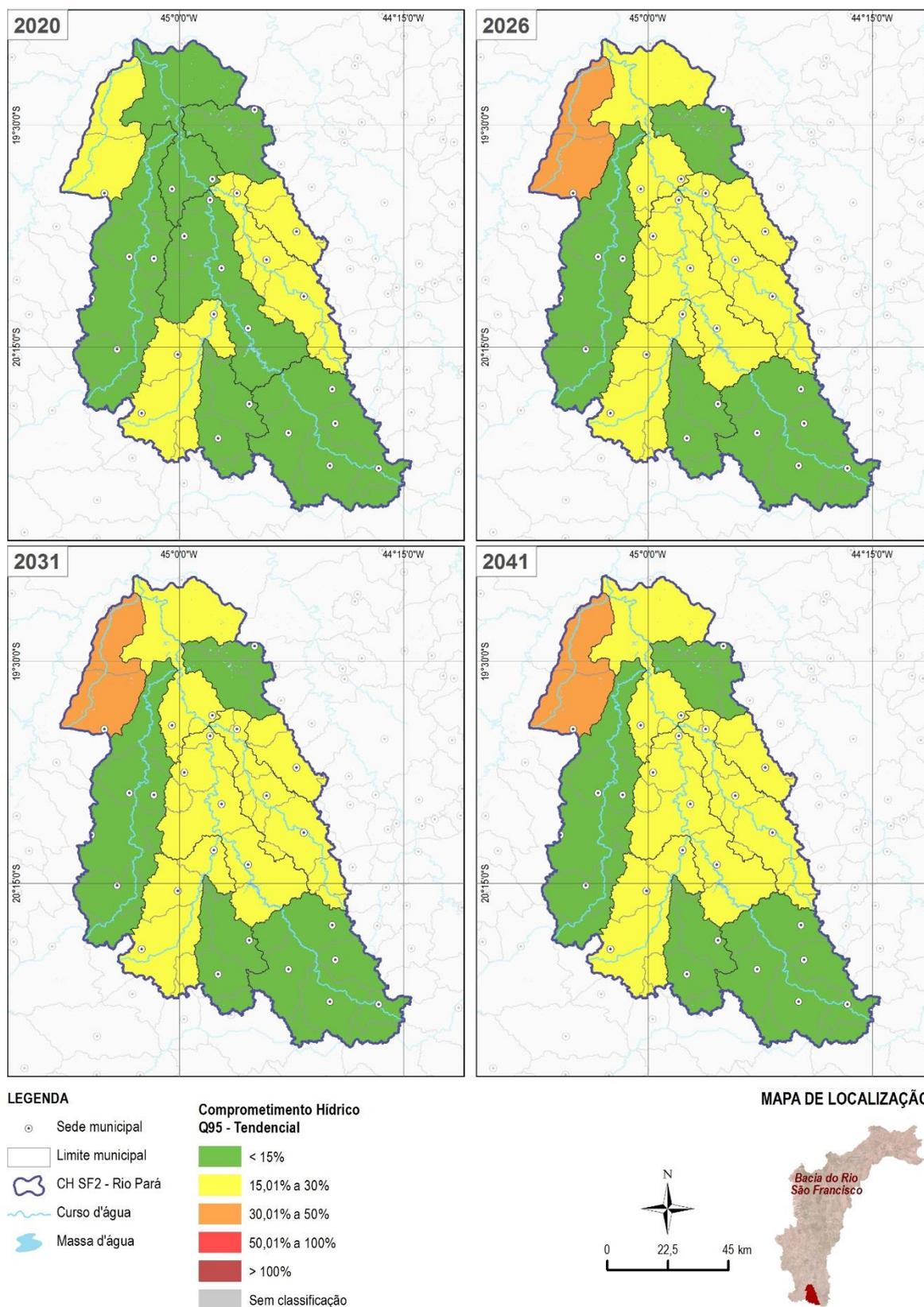


Figura 3.16 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência Q₉₅.

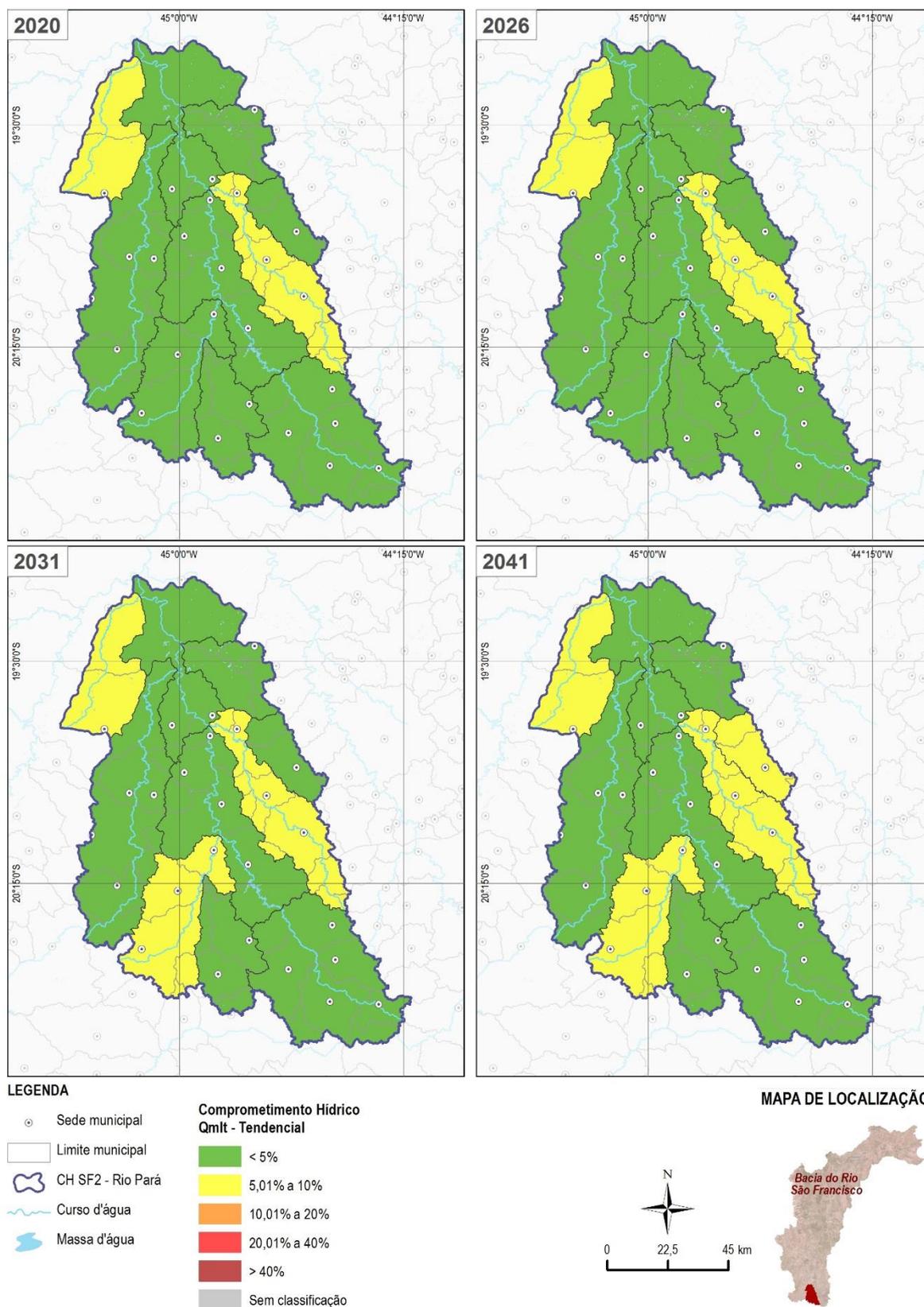


Figura 3.17 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Tendencial e Vazão de Referência Q_{mt}.

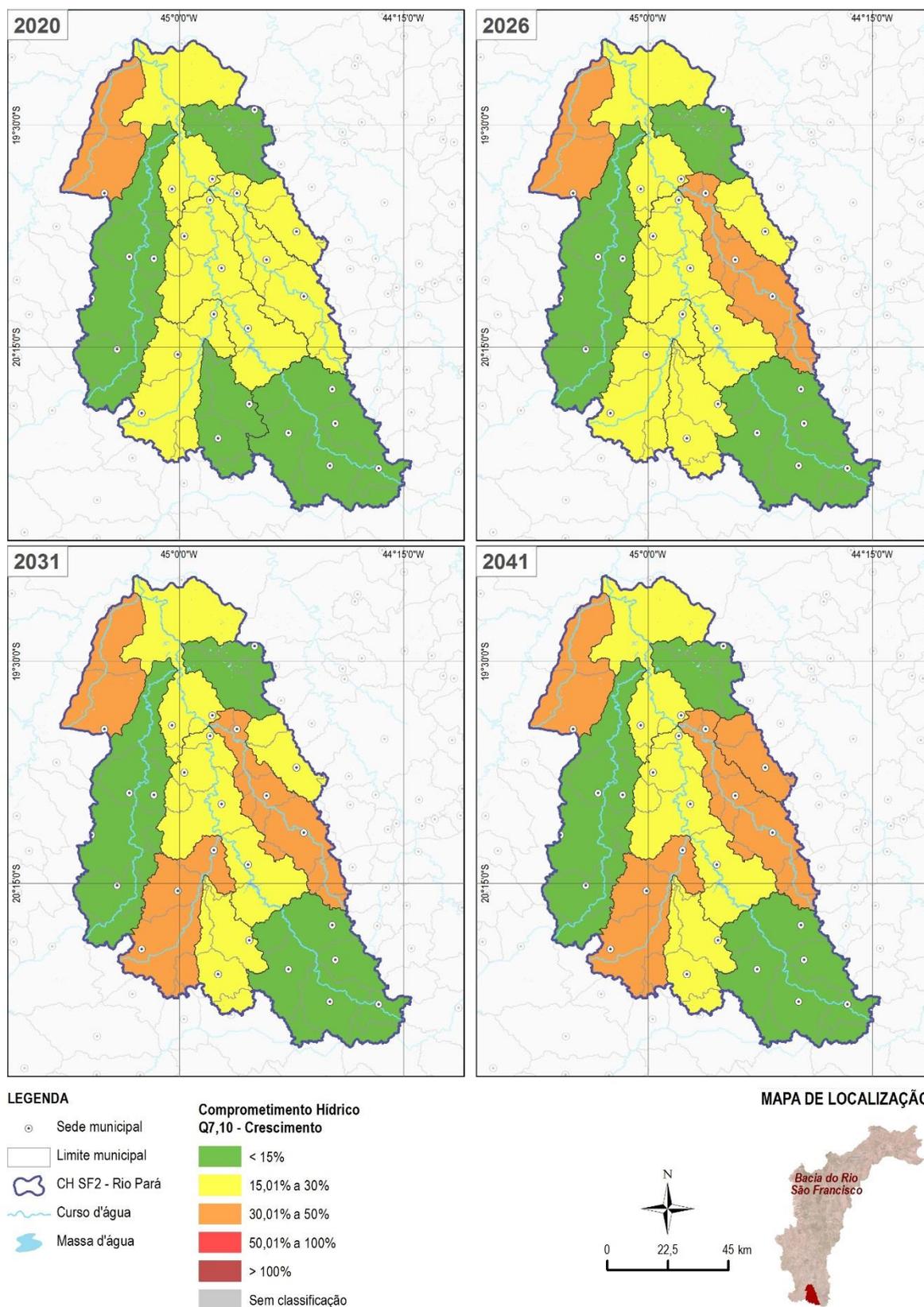


Figura 3.18 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência Q7,10.

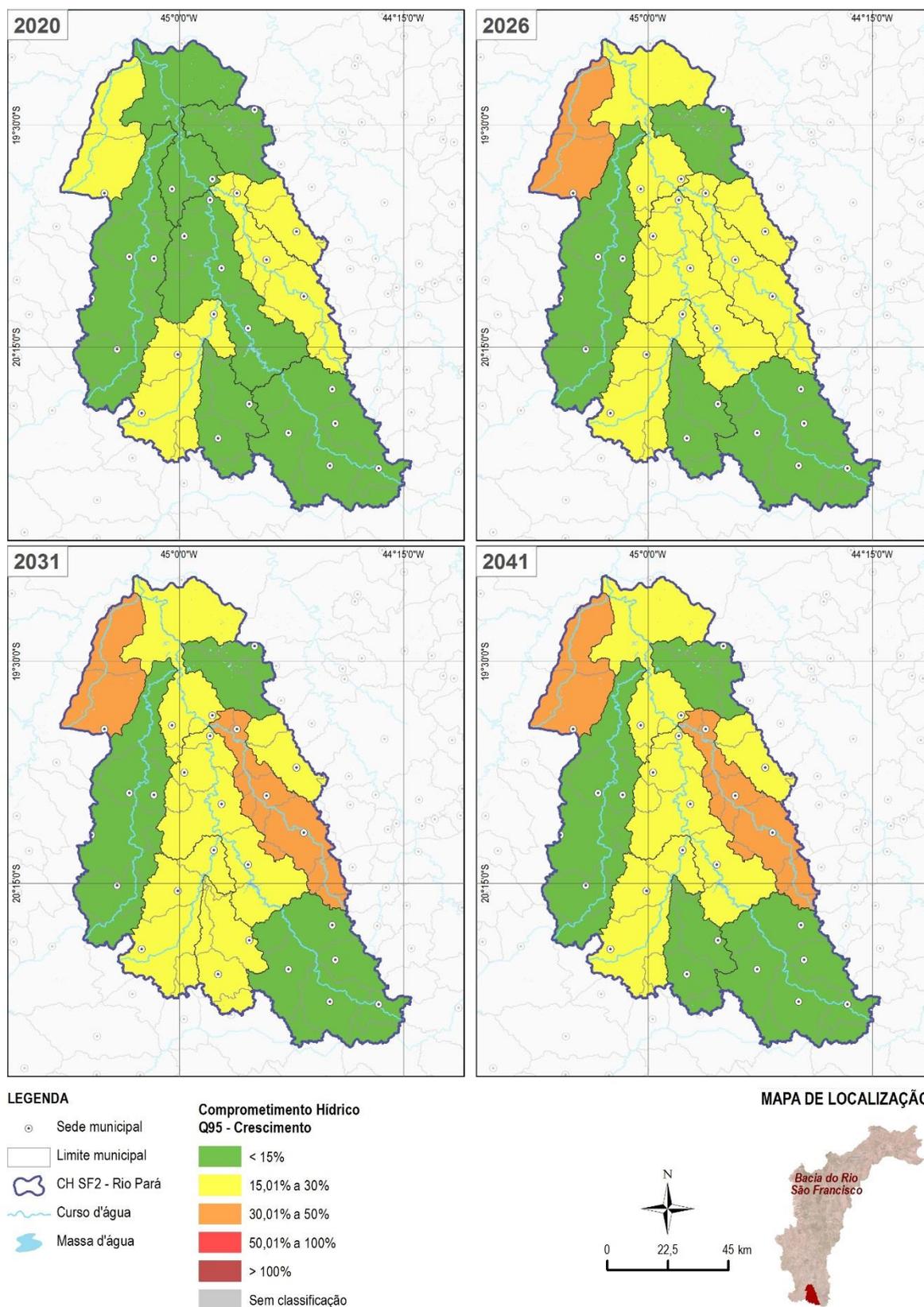


Figura 3.19 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência Q₉₅.

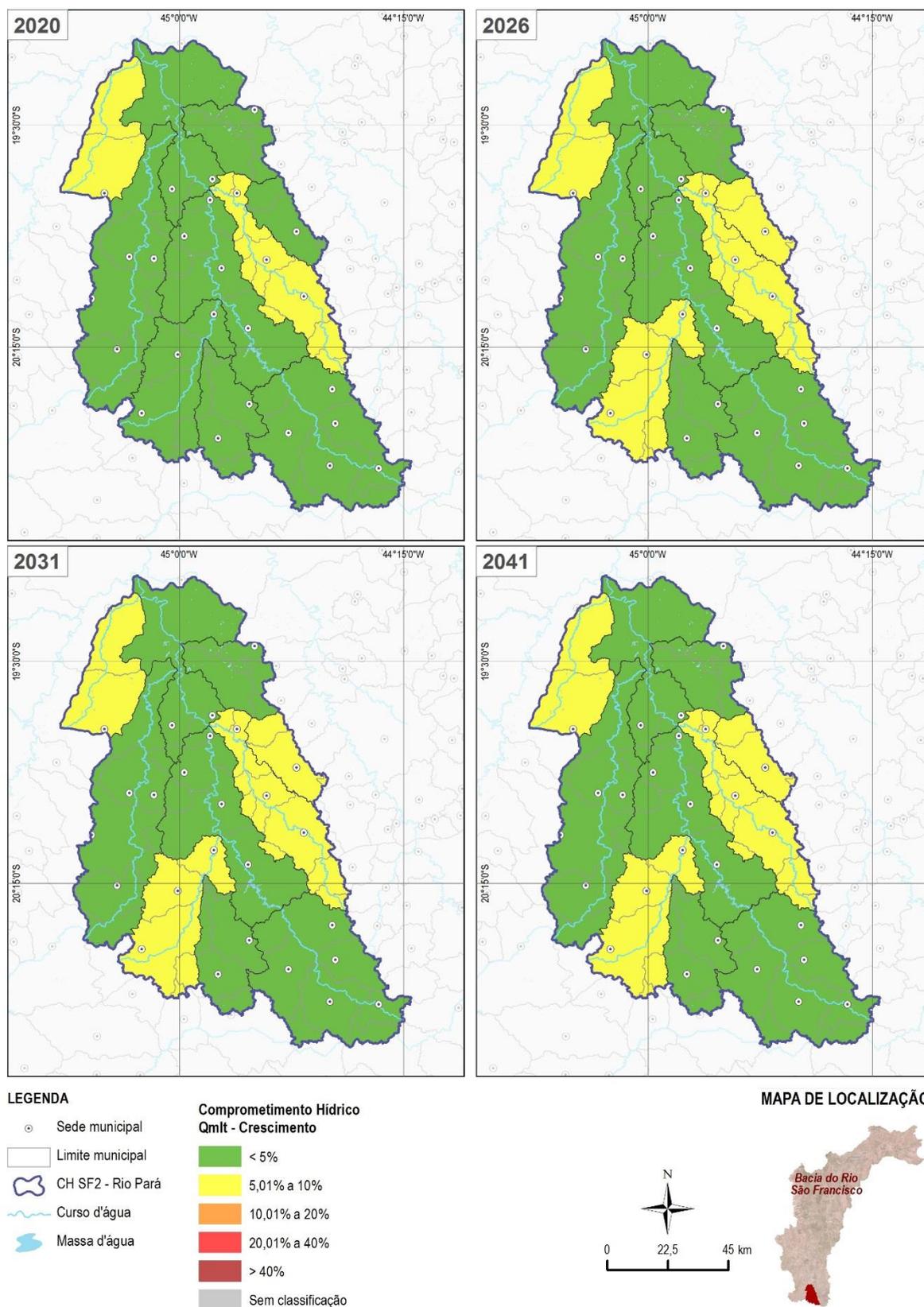


Figura 3.20 – Comprometimento Hídrico para o Cenário Crescimento e Vazão de Referência Q_{mlt}.

3.4 POTENCIALIDADE

A análise de balanço hídrico realizada no subitem anterior mostrou os resultados para a cena atual e para as cenas futuras para os três cenários construídos no contexto deste Prognóstico, considerando as sub-bacias em condição mais preocupante em termos de atendimento aos usos da água. Nesse sentido, podem ser observados alguns aspectos com vistas à avaliação do potencial de incremento dos usos da água na bacia hidrográfica do rio Pará:

- Algumas sub-bacias como o Alto Rio Pará, Rio Lambari e Rio do Peixe mostram seu balanço hídrico em condição ainda confortável, com potencial de incremento de usos. No entanto, o possível aumento de demandas nessas sub-bacias deve ser feito com bastante atenção, uma vez que pode refletir nos resultados das análises de jusante, notadamente do Médio e Baixo Rio Pará, que já se encontram em condição potencialmente preocupante;
- Há um potencial para incremento de demandas na bacia por meio da implementação de estruturas de regularização de vazões que, no entanto, deve ser visto com atenção em função dos riscos que tais estruturas podem causar, bem como avaliações mais aprofundadas relacionadas a aspectos sociais, ambientais, econômicos, dentre outros;
- Para o restante das sub-bacias, o potencial de incremento de demandas passa por ações de otimização dos usos atuais, por meio da melhoria de processos, uso racional ou reúso, por exemplo;
- Há, ainda, o potencial de desenvolvimento de outras ações para melhoria do balanço hídrico, como ações voltadas à diminuição de perdas nos usos da água atuais, incremento ao uso racional, possível aumento do uso de águas subterrâneas, além de melhorias em ações de gestão como o uso do instrumento outorga, cobrança, fiscalização, etc.

Cabe destacar, por fim, que tais análises devem ser aprofundadas no contexto da atualização do PDRH Pará, sendo realizada nesse momento de forma preliminar com vistas a dar suporte ao presente estudo de Enquadramento de Corpos de Água em Classes, com a indicação das sub-bacias com melhor condição de balanço hídrico, o que pode refletir na sua respectiva condição de qualidade.

4. CARGAS POLUIDORAS

O cálculo de cargas poluidoras difusas estimadas para os cenários futuros foi feito de forma análoga ao já exposto no produto anterior (Diagnóstico) e aqui rerepresentado a seguir. Para estimativa das cargas difusas contribuintes aos trechos de cursos de água, foram adotadas cargas unitárias constantes na literatura, conforme Quadro 4-1.

Quadro 4-1 – Parâmetros adotados no cálculo das cargas difusas.

Fonte geradora	DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio	NT - Nitrogênio Total	PT - Fósforo Total	Coliformes Termotolerantes	PO4	SST
População urbana e rural (g/hab.dia) (1)	54	8	2,5	1,58E+10	-	-
Rebanhos Animais (kg/cabeça.ano) (2)	Bovinos*	200	60	-	-	-
	Equinos	200	60	-	-	-
	Ovinos**	25	4,1	-	-	-
	Suínos	32,9	7,3	-	-	-
	Aves	1,6	3,6	-	-	-
Áreas Agrícolas (kg/ha.ano)	0 (4)	116,4 (3)	83,2 (3)	-	-	-
Áreas de Reflorestamento/Vegetação Nativa (kg/ha.dia) (4)	0	0,17	4,57	-	-	-
Áreas de Mineração (kg/acre.ano) (5)	18	2,21	0,281	-	0,131	176

*foram incluídos na classificação "Bovinos" também os bubalinos;

**foram incluídos na classificação "Ovinos" também os caprinos;

Fontes:

(1): VON SPERLING. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS. IN: PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. BELO HORIZONTE. MINAS GERAIS VOL. 3 ED. 2005

(2): SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL (PERH-MS). CAMPO GRANDE, MS: EDITORA UEMS, 2010.

(3): IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES POR UNIDADE DE ÁREA (KG/HA.ANO). SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. RIO DE JANEIRO, 2012.

(4): FCTH - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. MODELAGEM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PINHEIROS. RELATÓRIO FINAL – R1 – TOMO III – MODELAGEM HIDROLÓGICA E DE GERAÇÃO DE CARGAS. SÃO PAULO, 2021.

(5): HARPER, H. H. STORMWATER CHEMISTRY AND WATER QUALITY: ESTIMATING POLLUTANT LOADINGS AND EVALUATION OF BEST MANAGEMENT PRACTICES FOR WATER QUALITY IMPROVEMENTS. ENVIRONMENTAL RESEARCH&DESIGN, INC., 1998.

Para a população rural, considerou-se um abatimento de DBO, N e P de 30% (coeficiente de redução de 0,7), promovida por sistemas individuais de tratamento dos esgotos, tendo em vista que, normalmente, a população faz uso de fossas sépticas sem tratamento complementar. Caso fossem implantados conjuntos de tanque séptico e sumidouro, a faixa de remoção de DBO seria de 50% a 80% e de nitrato e de fosfato de 30% a 70% (ABNT, 1997)²⁴.

No caso das contribuições por tipo de animal, foi admitida uma pré-depuração das cargas originadas da atividade pecuária devido à necessidade de escoamento superficial para que essas cargas alcancem os cursos de água. Dessa forma, para os rebanhos não-confinados utilizou-se um coeficiente de redução de carga de 90%, enquanto para os rebanhos confinados esse número foi de 50% associado a um sistema de tratamento de eficiência mínima de 60%.

Para as áreas agrícolas, o raciocínio foi semelhante, adotando-se um coeficiente de redução de 90% da carga bruta, assumindo-se que as culturas assimilam a maior parcela dos nutrientes aplicados no solo por meio de fertilizantes (SEMA, 2010, op. cit). As cargas unitárias apresentadas por áreas de reflorestamento/vegetação nativa já consideram o fluxo de nutrientes exportados por área de drenagem, por isso, não é necessário aplicar coeficientes de redução para obtenção das cargas remanescentes.

A variação do uso do solo, conforme exposto no Capítulo 2, foi desenvolvida por município no contexto da construção dos cenários de Prognóstico, sendo que para o cálculo de cargas poluidoras foi necessário fazer a conversão dessa variação para ottobacias. Assim, foram feitos alguns processos iterativos variando as áreas de cada uso do solo em cada ottobacia de modo que a somatória dos mesmos usos de todas as ottobacias pertencentes a um mesmo município resultassem na variação de área desse uso para esse município. No caso das ottobacias que incidem em mais de um município, foi considerado que ela pertencia ao município onde se encontra a sua maior porção, o que não afetou os resultados, considerando análise realizada e que

²⁴ ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969/1997: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

verificou que eram pequenos os índices em municípios distintos e que o mais relevante trata da relação da bacia hidrográfica em que se situa cada ottobacia.

Com relação às cargas pontuais de ETEs – Estações de Tratamento de Esgotos, foram adotados os índices de tratamento e as ETEs constantes nos Relatórios de Esgotamento Sanitário Municipal do Atlas Esgotos (ANA, 2017). Vale destacar que, de forma análoga ao exposto no produto anterior (Diagnóstico), não foram consideradas remoções de nitrogênio, fósforo e coliformes termotolerantes²⁵ nas ETEs, de modo que toda a carga de nutrientes e de coliformes termotolerantes produzida é lançada aos corpos de água. Para as cargas advindas das futuras ETEs, apesar de não se ter a localização exata dessas ETEs, tem-se no Atlas Esgotos o manancial de lançamento de cada uma delas (à exceção de algumas, onde consta “Não disponível na base hidrográfica utilizada). Assim, as cargas advindas dessas novas ETEs foram contabilizadas nas ottobacias imediatamente a jusante das áreas urbanas, no manancial citado no Atlas Esgotos. Com relação à parcela de esgoto não tratado, suas cargas foram alocadas conforme os estudos “Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Pará” (FEAM, 2012) e “Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba”²⁶ (FEAM, 2018). Para os municípios onde não havia a localização dos pontos de lançamento de esgoto bruto, as cargas foram alocadas na ottobacia a jusante da mancha urbana de cada município.

Com relação às cargas pontuais advindas de empreendimentos, uma vez que não é possível prever a localização e tipologia dos empreendimentos futuros, sua estimativa foi feita da seguinte maneira: adotou-se o índice de crescimento do setor industrial por meio do VAB, aplicando-se um fator de elasticidade de 30% (considerando haver

²⁵ Coliformes termotolerantes são um subgrupo do grupo coliforme (Coliformes totais). Dentro dos coliformes termotolerantes, o principal representante é a *Escherichia coli* (coliformes fecais), única espécie do subgrupo cuja origem é exclusivamente fecal (FUNASA, 2013). Para efeito de classificação dos corpos d’água em classes de enquadramento, são considerados valores limite para coliformes termotolerantes e *E. coli* (Resolução CONAMA nº357/2005 e Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH nº 01/2008. Nos dados disponíveis do monitoramento da qualidade das águas, os coliformes termotolerantes foram monitorados até o ano de 2012, sendo substituído pelo *E. coli* após esse ano.

²⁶ Para municípios pertencentes às duas bacias, foram consideradas as informações do estudo da bacia do rio Paraopeba, por ser mais recente.

diversas tipologias de indústrias e sendo que parte delas não utiliza água e, conseqüentemente, não gera efluentes líquidos em seus processos produtivos). Este parâmetro foi multiplicado pela geração média de carga poluidora (obtida pela média simples das cargas atuais constantes na DCP – Declaração de Carga Poluidora, lançadas em corpos d'água). Assim, obteve-se a geração de carga por município. Uma vez que não é conhecida a localização das cargas dos empreendimentos futuros, a carga calculada por município foi distribuída em todas as ottobacias cujo uso do solo é classificado como “Área Urbana”.

Por fim, as cargas difusas e pontuais calculadas para cada ottobacia foram transformadas em cargas por sub-bacia, de forma análoga ao produto anterior (Diagnóstico).

O Quadro 4-2 mostra as estimativas de cargas para a cena atual. Na sequência, os resultados das estimativas de cargas poluidoras (difusas e pontuais) para as diferentes cenas e cenários são apresentados do Quadro 4-3 ao Quadro 4-11, sendo essas as informações utilizadas nas modelagens cujos resultados serão expostos no próximo capítulo.

Quadro 4-2 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para a Cena Atual.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	24.905,30	504,68	25.409,99	7.610,29	106,87	7.717,16	1.499,91	33,40	1.533,31	5,0E+14	2,4E+17	2,4E+17	10,44	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	11.558,95	314,74	11.873,69	3.943,84	99,06	4.042,91	700,54	30,96	731,50	2,4E+14	2,0E+17	2,0E+17	-	-
	Rio Itapeçerica	19.762,82	4.644,28	24.407,10	16.891,32	738,36	17.629,68	1.230,63	230,74	1.461,37	1,4E+14	1,5E+18	1,5E+18	14,15	0,01
	Médio Rio Pará	25.583,62	1.713,72	27.297,33	14.977,33	368,07	15.345,39	1.567,91	115,02	1.682,93	4,1E+14	8,0E+17	8,0E+17	28,14	0,02
Baixo Pará	Rio São João	20.431,17	1.610,48	22.041,65	13.401,11	270,90	13.672,01	1.265,34	84,66	1.350,00	3,4E+14	5,4E+17	5,4E+17	22,68	0,02
	Ribeirão da Paciência	11.767,22	786,82	12.554,04	10.471,22	177,48	10.648,70	754,76	55,46	810,23	5,6E+14	3,5E+17	3,5E+17	10,88	0,01
	Rio Lambari	32.202,19	540,53	32.742,72	16.654,63	136,83	16.791,46	1.959,46	42,76	2.002,22	3,5E+14	2,7E+17	2,7E+17	-	-
	Rio do Peixe	9.505,46	72,95	9.578,41	7.226,73	40,03	7.266,75	588,15	12,51	600,66	2,7E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	12.097,77	251,99	12.349,75	4.921,72	103,36	5.025,08	729,39	32,30	761,69	4,9E+14	2,0E+17	2,0E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	14.407,45	453,42	14.860,87	7.550,15	67,63	7.617,78	861,48	21,13	882,61	1,3E+15	1,3E+17	1,3E+17	-	-
Total		182.221,94	10.893,60	193.115,55	103.648,33	2.108,60	105.756,93	11.157,59	658,94	11.816,52	4,6E+15	4,3E+18	4,3E+18	86,29	0,06

Quadro 4-3 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário Tendencial.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	26.703,51	446,83	27.150,34	8.122,77	123,15	8.245,92	1.610,10	38,49	1.648,58	3,1E+14	2,4E+17	2,4E+17	11,16	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	11.308,71	299,02	11.607,74	3.849,56	101,49	3.951,05	684,64	31,72	716,36	1,4E+14	2,0E+17	2,0E+17	-	-
	Rio Itapeçerica	19.975,69	2.569,40	22.545,09	17.608,62	459,38	18.068,00	1.211,35	143,56	1.354,91	7,7E+13	9,1E+17	9,1E+17	14,38	0,01
	Médio Rio Pará	27.460,34	1.700,29	29.160,62	16.364,66	723,35	17.088,01	1.662,24	226,05	1.888,29	2,4E+14	1,4E+18	1,4E+18	29,41	0,02
Baixo Pará	Rio São João	21.727,74	1.278,43	23.006,17	14.272,52	333,50	14.606,03	1.324,48	104,22	1.428,70	1,7E+14	6,6E+17	6,6E+17	26,84	0,02
	Ribeirão da Paciência	12.546,40	794,68	13.341,08	11.144,86	178,03	11.322,89	783,57	55,64	839,21	2,1E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,26	0,01
	Rio Lambari	31.885,14	483,85	32.368,98	16.916,22	141,35	17.057,56	1.920,54	44,17	1.964,71	2,2E+14	2,8E+17	2,8E+17	-	-
	Rio do Peixe	10.368,58	80,64	10.449,22	8.049,63	40,03	8.089,65	628,09	12,51	640,59	1,4E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	9.953,75	251,63	10.205,38	4.092,95	104,12	4.197,07	595,69	32,54	628,23	2,8E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	14.732,87	406,78	15.139,65	7.980,34	119,90	8.100,23	871,55	37,47	909,02	7,2E+14	2,4E+17	2,4E+17	-	-
Total		186.662,74	8.311,53	194.974,27	108.402,13	2.324,30	110.726,43	11.292,25	726,34	12.018,59	2,5E+15	4,6E+18	4,6E+18	93,05	0,07

Quadro 4-4 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	25.148,72	478,50	25.627,22	7.690,13	118,55	7.808,68	1.514,96	37,05	1.552,00	3,9E+14	2,3E+17	2,3E+17	10,82	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	10.630,42	330,37	10.960,79	3.616,27	102,24	3.718,51	643,00	31,95	674,95	1,4E+14	2,0E+17	2,0E+17	-	-
	Rio Itapecerica	18.707,76	3.219,44	21.927,20	16.387,56	545,34	16.932,91	1.133,97	170,42	1.304,39	7,7E+13	1,1E+18	1,1E+18	14,19	0,01
	Médio Rio Pará	25.798,98	1.756,02	27.555,00	15.218,18	615,30	15.833,48	1.560,17	192,28	1.752,46	2,4E+14	1,2E+18	1,2E+18	28,97	0,02
Baixo Pará	Rio São João	20.514,44	1.402,00	21.916,44	13.662,53	316,62	13.979,14	1.249,53	98,94	1.348,48	1,9E+14	6,3E+17	6,3E+17	26,34	0,02
	Ribeirão da Paciência	12.017,19	795,79	12.812,98	10.738,43	177,85	10.916,28	749,40	55,58	804,97	3,4E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,08	0,01
	Rio Lambari	30.127,31	539,04	30.666,35	15.756,38	140,96	15.897,34	1.813,50	44,05	1.857,55	2,2E+14	2,8E+17	2,8E+17	-	-
	Rio do Peixe	9.821,24	80,50	9.901,74	7.517,46	40,03	7.557,48	594,66	12,51	607,17	1,3E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	9.263,63	255,36	9.518,99	3.773,54	103,79	3.877,33	553,62	32,43	586,05	3,0E+14	2,0E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	13.970,81	446,09	14.416,89	7.467,89	107,56	7.575,44	825,72	33,61	859,33	5,4E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
Total		176.000,49	9.303,11	185.303,60	101.828,37	2.268,23	104.096,60	10.638,53	708,82	11.347,35	2,6E+15	4,5E+18	4,5E+18	91,40	0,07

Quadro 4-5 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Curto Prazo (2026) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	28.836,19	385,80	29.221,98	8.781,00	121,69	8.902,69	1.743,59	38,03	1.781,62	3,3E+14	2,4E+17	2,4E+17	11,69	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	12.452,60	296,33	12.748,93	4.317,43	105,43	4.422,85	756,60	32,95	789,55	1,5E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Rio Itapecerica	22.846,73	1.734,81	24.581,53	21.658,25	351,88	22.010,12	1.389,44	109,96	1.499,40	6,1E+13	6,9E+17	7,0E+17	14,67	0,01
	Médio Rio Pará	30.722,16	1.625,25	32.347,42	19.656,24	852,87	20.509,11	1.865,37	266,52	2.131,89	2,3E+14	1,7E+18	1,7E+18	30,04	0,02
Baixo Pará	Rio São João	24.551,79	1.146,67	25.698,46	17.366,86	365,43	17.732,29	1.502,35	114,20	1.616,55	1,7E+14	7,2E+17	7,2E+17	27,61	0,02
	Ribeirão da Paciência	14.904,08	793,15	15.697,23	14.073,88	178,28	14.252,16	935,66	55,71	991,38	2,2E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,53	0,01
	Rio Lambari	35.733,72	439,64	36.173,37	20.943,65	143,20	21.086,85	2.157,92	44,75	2.202,67	2,1E+14	2,8E+17	2,8E+17	-	-
	Rio do Peixe	11.779,28	80,84	11.860,13	10.076,83	40,03	10.116,86	716,24	12,51	728,75	1,0E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	11.214,27	246,26	11.460,53	4.828,54	104,53	4.933,07	673,29	32,67	705,96	3,4E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	16.335,81	398,40	16.734,21	9.618,71	148,50	9.767,21	969,20	46,41	1.015,61	5,9E+14	2,9E+17	2,9E+17	-	-
Total		209.376,63	7.147,16	216.523,79	131.321,38	2.411,84	133.733,23	12.709,67	753,70	13.463,37	2,4E+15	4,8E+18	4,8E+18	95,53	0,07

Quadro 4-6 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário Tendencial.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	29.046,03	392,61	29.438,64	8.826,39	126,27	8.952,66	1.753,54	39,46	1.793,00	3,2E+14	2,6E+17	2,6E+17	11,83	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	12.424,84	282,95	12.707,79	4.224,52	103,14	4.327,66	752,89	32,23	785,12	1,4E+14	2,0E+17	2,0E+17	-	-
	Rio Itapecerica	21.741,31	947,55	22.688,86	19.115,85	244,51	19.360,36	1.319,28	76,41	1.395,69	8,3E+13	4,8E+17	4,8E+17	14,50	0,01
	Médio Rio Pará	29.817,94	1.671,68	31.489,61	17.770,87	959,36	18.730,24	1.806,79	299,80	2.106,60	2,4E+14	2,2E+18	2,2E+18	30,43	0,02
Baixo Pará	Rio São João	23.533,53	1.054,81	24.588,34	15.471,44	365,41	15.836,84	1.435,93	114,19	1.550,12	1,7E+14	7,2E+17	7,2E+17	29,37	0,02
	Ribeirão da Paciência	13.731,82	791,89	14.523,72	12.216,18	178,32	12.394,49	858,35	55,72	914,07	1,8E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,54	0,01
	Rio Lambari	36.281,41	426,15	36.707,56	19.249,77	144,37	19.394,14	2.186,56	45,12	2.231,68	2,4E+14	2,9E+17	2,9E+17	-	-
	Rio do Peixe	11.370,17	80,77	11.450,94	8.856,76	40,03	8.896,79	689,57	12,51	702,08	1,4E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	11.244,83	241,07	11.485,90	4.621,23	104,50	4.725,73	673,56	32,66	706,22	2,5E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	16.109,62	370,26	16.479,88	8.789,06	152,05	8.941,12	953,25	47,52	1.000,77	7,8E+14	3,0E+17	3,0E+17	-	-
Total		205.301,48	6.259,74	211.561,23	119.142,07	2.417,96	121.560,03	12.429,74	755,61	13.185,35	2,5E+15	5,1E+18	5,1E+18	97,66	0,07

Quadro 4-7 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	26.440,22	417,53	26.857,75	8.080,37	121,13	8.201,50	1.594,21	37,85	1.632,06	3,7E+14	2,4E+17	2,4E+17	11,02	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	11.150,36	313,23	11.463,60	3.789,18	105,02	3.894,20	674,86	32,82	707,68	1,2E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Rio Itapecerica	19.424,26	1.491,79	20.916,05	17.018,17	319,27	17.337,44	1.177,88	99,77	1.277,65	6,8E+13	6,3E+17	6,3E+17	14,15	0,01
	Médio Rio Pará	26.768,83	1.691,43	28.460,26	15.797,18	861,70	16.658,88	1.619,83	269,28	1.889,11	2,2E+14	1,7E+18	1,7E+18	29,38	0,02
Baixo Pará	Rio São João	21.465,53	1.156,23	22.621,76	14.329,64	358,80	14.688,44	1.308,31	112,13	1.420,43	1,7E+14	7,1E+17	7,1E+17	28,19	0,02
	Ribeirão da Paciência	12.607,84	792,75	13.400,59	11.273,66	178,15	11.451,82	786,61	55,67	842,28	2,9E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,17	0,01
	Rio Lambari	32.552,15	466,35	33.018,50	16.999,85	143,00	17.142,85	1.960,44	44,69	2.005,13	2,0E+14	2,8E+17	2,8E+17	-	-
	Rio do Peixe	10.356,90	80,42	10.437,32	7.954,70	40,03	7.994,72	627,64	12,51	640,15	1,1E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	9.852,19	243,63	10.095,81	4.012,49	104,19	4.116,68	589,15	32,56	621,71	2,8E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	14.627,42	413,15	15.040,57	7.865,80	149,44	8.015,23	865,08	46,70	911,78	4,6E+14	3,0E+17	3,0E+17	-	-
Total		185.245,70	7.066,51	192.312,21	107.121,02	2.380,74	109.501,76	11.204,00	743,98	11.947,98	2,3E+15	4,7E+18	4,7E+18	93,91	0,07

Quadro 4-8 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Médio Prazo (2031) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	31.974,16	324,08	32.298,23	9.690,82	126,27	9.817,09	1.931,34	39,46	1.970,80	3,4E+14	2,5E+17	2,5E+17	13,03	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	13.843,86	276,35	14.120,21	4.716,78	109,98	4.826,75	839,66	34,37	874,03	1,3E+14	2,2E+17	2,2E+17	-	-
	Rio Itapecerica	24.291,10	314,73	24.605,82	21.310,47	155,56	21.466,03	1.475,30	48,61	1.523,91	5,7E+13	3,1E+17	3,1E+17	15,01	0,01
	Médio Rio Pará	33.073,88	1.536,99	34.610,87	19.808,41	1.093,41	20.901,82	2.006,25	341,69	2.347,95	2,4E+14	2,2E+18	2,2E+18	31,60	0,02
Baixo Pará	Rio São João	26.040,61	981,67	27.022,28	16.978,32	402,82	17.381,14	1.590,13	125,88	1.716,01	1,7E+14	8,0E+17	8,0E+17	31,04	0,02
	Ribeirão da Paciência	15.235,24	791,48	16.026,72	13.530,93	178,64	13.709,57	953,28	55,82	1.009,11	2,0E+14	3,5E+17	3,5E+17	12,03	0,01
	Rio Lambari	40.885,07	363,63	41.248,70	21.765,34	146,16	21.911,50	2.465,58	45,67	2.511,25	2,1E+14	2,9E+17	2,9E+17	-	-
	Rio do Peixe	12.488,89	81,15	12.570,04	9.807,37	40,03	9.847,40	758,12	12,51	770,63	8,8E+13	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	12.981,50	239,47	13.220,98	5.358,85	105,15	5.464,00	778,58	32,86	811,44	3,6E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	17.582,11	374,88	17.957,00	9.747,99	184,61	9.932,60	1.040,88	57,69	1.098,57	5,4E+14	3,6E+17	3,7E+17	-	-
Total		228.396,43	5.284,42	233.680,85	132.715,28	2.542,62	135.257,90	13.839,12	794,57	14.633,69	2,3E+15	5,0E+18	5,0E+18	102,70	0,08

Quadro 4-9 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário Tendencial.

acro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	33.454,60	308,45	33.763,06	10.162,06	129,26	10.291,32	2.021,75	40,39	2.062,14	3,3E+14	2,6E+17	2,6E+17	12,98	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	14.347,83	243,95	14.591,77	4.889,03	105,32	4.994,34	870,28	32,91	903,19	1,5E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Rio Itapecerica	25.355,05	251,06	25.606,10	22.143,69	136,98	22.280,67	1.539,87	42,81	1.582,68	9,2E+13	2,7E+17	2,7E+17	14,97	0,01
	Médio Rio Pará	33.609,64	1.359,63	34.969,26	20.043,56	1.080,20	21.123,76	2.039,22	337,56	2.376,78	2,4E+14	2,1E+18	2,1E+18	32,51	0,02
Baixo Pará	Rio São João	27.145,65	950,92	28.096,57	17.871,92	383,78	18.255,70	1.658,54	119,93	1.778,47	1,6E+14	7,6E+17	7,6E+17	33,43	0,02
	Ribeirão da Paciência	15.966,38	791,67	16.758,06	14.213,38	178,58	14.391,96	999,17	55,81	1.054,98	1,4E+14	3,5E+17	3,5E+17	12,19	0,01
	Rio Lambari	44.538,68	331,95	44.870,63	23.510,90	147,10	23.658,01	2.685,87	45,97	2.731,84	2,5E+14	2,9E+17	2,9E+17	-	-
	Rio do Peixe	12.938,23	81,15	13.019,38	10.069,45	40,03	10.109,47	785,76	12,51	798,27	1,5E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	13.760,92	240,29	14.001,21	5.655,39	105,09	5.760,48	825,40	32,84	858,24	1,7E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	18.099,72	334,56	18.434,28	10.011,66	169,22	10.180,88	1.071,72	52,88	1.124,60	8,3E+14	3,3E+17	3,4E+17	-	-
Total		239.216,68	4.893,63	244.110,31	138.571,03	2.475,56	141.046,59	14.497,57	773,61	15.271,19	2,5E+15	4,9E+18	4,9E+18	106,08	0,08

Quadro 4-10 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário de Estagnação.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	28.810,78	305,95	29.116,72	8.798,13	119,82	8.917,95	1.739,63	37,44	1.777,07	3,4E+14	2,4E+17	2,4E+17	11,14	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	12.256,57	260,97	12.517,54	4.162,34	108,73	4.271,08	742,56	33,98	776,54	9,2E+13	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Rio Itapecerica	21.222,90	494,38	21.717,28	18.559,45	182,20	18.741,65	1.288,02	56,94	1.344,95	5,5E+13	3,6E+17	3,6E+17	14,27	0,01
	Médio Rio Pará	29.111,09	1.459,02	30.570,11	17.179,30	1.036,04	18.215,35	1.763,67	323,76	2.087,43	2,0E+14	2,0E+18	2,0E+18	29,87	0,02
Baixo Pará	Rio São João	23.362,84	1.003,56	24.366,40	15.621,36	388,04	16.009,40	1.425,33	121,26	1.546,60	1,7E+14	7,7E+17	7,7E+17	30,74	0,02
	Ribeirão da Paciência	13.806,48	791,99	14.598,48	12.358,01	178,61	12.536,62	862,07	55,82	917,89	2,3E+14	3,5E+17	3,5E+17	11,44	0,01
	Rio Lambari	36.960,16	344,90	37.305,06	19.290,26	144,13	19.434,39	2.227,17	45,04	2.272,21	1,7E+14	2,8E+17	2,8E+17	-	-
	Rio do Peixe	11.357,54	80,29	11.437,83	8.741,36	40,03	8.781,39	689,13	12,51	701,64	1,1E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	11.115,20	242,08	11.357,27	4.522,93	105,21	4.628,13	665,29	32,88	698,17	2,8E+14	2,1E+17	2,1E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	16.005,08	368,57	16.373,65	8.654,28	177,50	8.831,78	946,89	55,47	1.002,36	4,1E+14	3,5E+17	3,5E+17	-	-
Total		204.008,64	5.351,71	209.360,35	117.887,43	2.480,31	120.367,74	12.349,75	775,10	13.124,85	2,1E+15	4,9E+18	4,9E+18	97,46	0,07

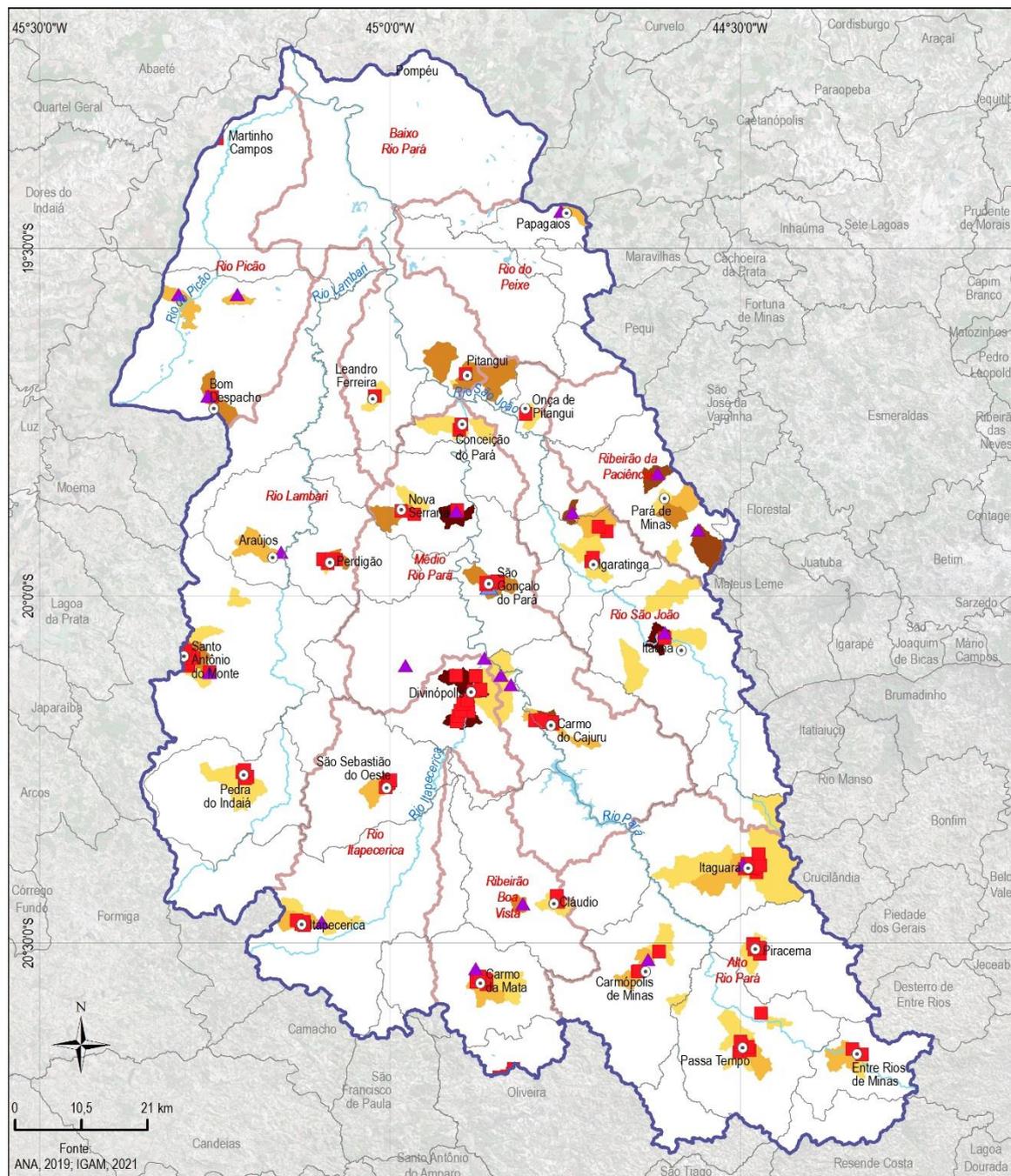
Quadro 4-11 – Cargas Poluidoras Difusas e Pontuais para o Horizonte de Longo Prazo (2041) – Cenário de Crescimento.

Macro divisão	Sub bacia	DBO (ton/ano)			Ntotal (ton/ano)			Ptotal (ton/ano)			Coliformes Termotolerantes (CT/ano)			SST (ton/ano)	Ortho-P (ton/ano)
		Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Pontuais	Total	Difusas	Difusas
Alto Pará	Alto Rio Pará	39.459,74	305,68	39.765,42	11.965,12	133,23	12.098,35	2.385,24	41,64	2.426,87	3,5E+14	2,6E+17	2,6E+17	15,28	0,01
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	17.183,24	266,98	17.450,23	5.861,78	114,35	5.976,13	1.043,00	35,74	1.078,73	1,1E+14	2,3E+17	2,3E+17	-	-
	Rio Itapecerica	30.241,36	216,18	30.457,54	26.521,27	116,73	26.638,00	1.838,11	36,48	1.874,59	5,6E+13	2,3E+17	2,3E+17	15,86	0,01
	Médio Rio Pará	39.552,05	1.446,01	40.998,07	23.656,12	1.200,22	24.856,34	2.401,22	375,07	2.776,29	2,5E+14	2,4E+18	2,4E+18	34,66	0,03
Baixo Pará	Rio São João	31.120,03	969,61	32.089,64	20.383,61	429,59	20.813,19	1.902,15	134,25	2.036,39	1,9E+14	8,5E+17	8,5E+17	36,83	0,03
	Ribeirão da Paciência	17.769,99	792,50	18.562,49	15.739,00	178,99	15.917,98	1.112,76	55,93	1.168,69	1,4E+14	3,5E+17	3,5E+17	13,07	0,01
	Rio Lambari	53.252,78	336,95	53.589,74	28.302,34	150,88	28.453,22	3.213,61	47,15	3.260,76	2,1E+14	3,0E+17	3,0E+17	-	-
	Rio do Peixe	14.706,71	81,82	14.788,53	11.540,22	40,03	11.580,24	893,57	12,51	906,08	1,0E+14	7,9E+16	7,9E+16	-	-
	Rio Picão	16.995,74	243,67	17.239,41	7.018,33	109,96	7.128,29	1.020,91	34,36	1.055,28	3,7E+14	2,2E+17	2,2E+17	-	-
	Baixo Rio Pará	20.110,00	383,05	20.493,05	11.313,72	205,14	11.518,86	1.191,00	64,10	1.255,10	4,2E+14	4,1E+17	4,1E+17	-	-
Total		280.391,64	5.042,46	285.434,11	162.301,50	2.679,11	164.980,61	17.001,57	837,22	17.838,79	2,2E+15	5,3E+18	5,3E+18	115,70	0,09

Pode-se observar dos quadros anteriores que os parâmetros DBO, nitrogênio e fósforo, de uma forma geral, crescem ao longo do tempo, mais acentuadamente no cenário de crescimento e em menor velocidade nos outros dois cenários. Observando-se apenas as cargas pontuais, vê-se uma diminuição da carga de DBO ao longo do tempo, em velocidades variadas de acordo com o cenário: o cenário de estagnação apresenta a menor variação e o de crescimento, a maior. A tendência de diminuição das cargas poluidoras está associada, principalmente, ao saneamento, na qual foram adotadas as previsões de aumento de coleta e tratamento dos esgotos municipais (de acordo com o Atlas Esgotos). A diminuição das cargas poluidoras é mais acentuada após o ano de 2031, uma vez que os índices de coleta e tratamento previstos para 2035 atingem 90 % ou mais em todos os municípios da bacia.

Com relação às cargas de SST (Sólidos Suspensos Totais), zinco, ortofosfato e chumbo, crescem ao longo do tempo, uma vez que estas são advindas da mineração, agricultura e ações que levam ao revolvimento do solo e a isto foi atribuído crescimento ao longo do tempo, seja no cenário Tendencial ou nos de Estagnação ou Crescimento.

A Figura 4.1 apresenta a distribuição espacial das cargas pontuais, em termos de DBO, na bacia. Nesta figura, pode-se notar onde se concentram as cargas pontuais, sendo elas coincidentes com as sedes municipais, ETEs e outros lançamentos pontuais.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
 - Sub-bacia
 - CH SF2 - Rio Pará
- | Cargas de DBO (Ton/ano) |
|-------------------------|
| Sem carga |
| 0,01 - 50 |
| 50 - 100 |
| 100 - 250 |
| 250 - 500 |
| > 500 |
- ▲ ETE
 - Lançamento de esgoto não tratado

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 4.1 – Cargas Pontuais lançadas na bacia, em termos de DBO

5. CONDIÇÕES DE QUALIDADE DOS CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

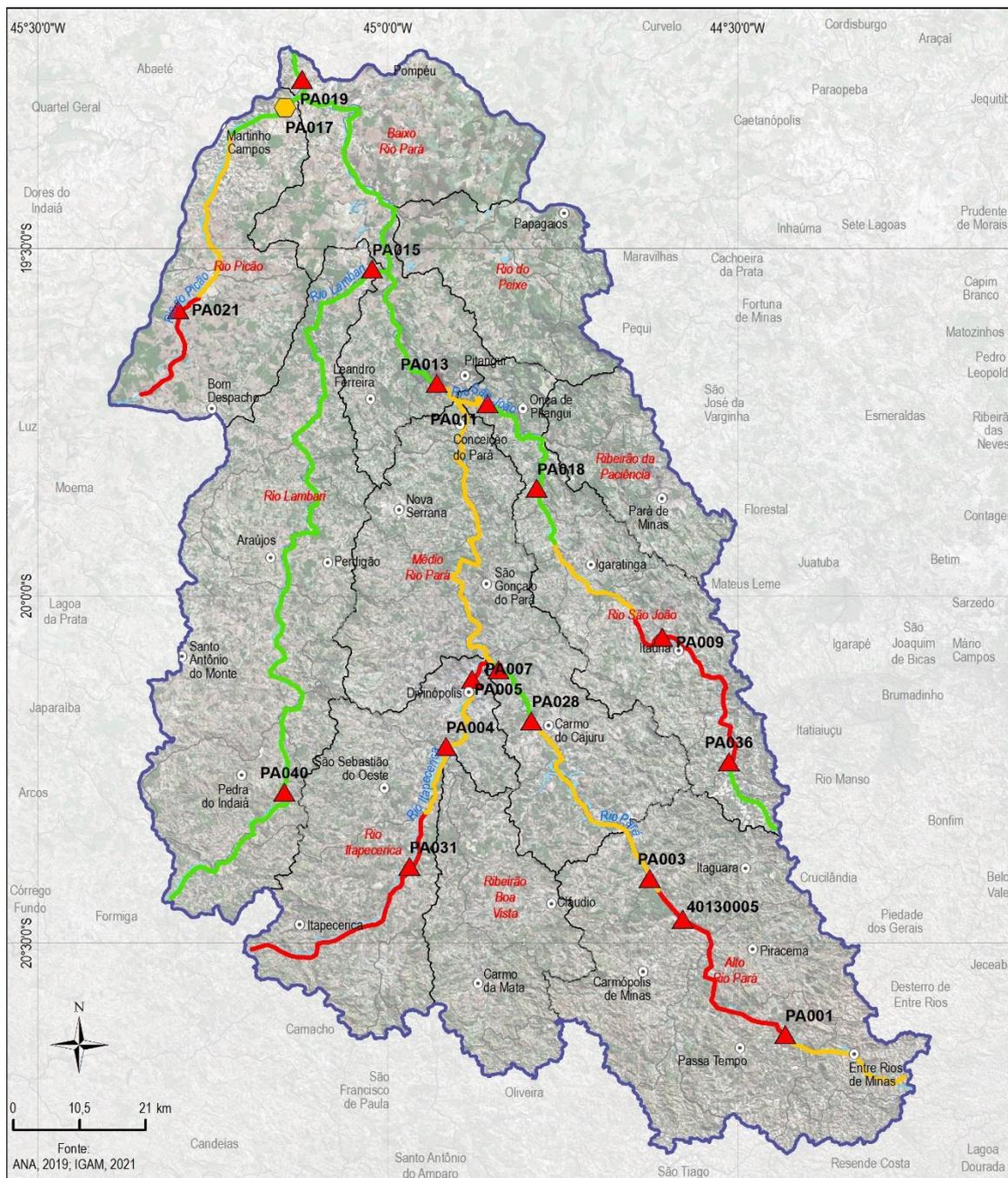
Para investigar o comportamento da qualidade da água dos rios da bacia hidrográfica do rio Pará, foi aplicada a ferramenta de modelagem hidrológica e de qualidade da água apresentada no relatório de Diagnóstico, como já exposto na etapa anterior. Naquele documento, foi descrito o processo de calibração e validação do modelo hidrológico e hidrodinâmico e a calibração do modelo de qualidade da água. Para calibração do modelo, foram utilizados os dados de monitoramento de 2019 e 2020, conforme apresentado no Diagnóstico.

Com a ferramenta calibrada, foram simulados os cenários futuros da bacia hidrográfica do rio Pará, considerando a vazão de referência $Q_{7,10}$ para avaliar o comportamento das variáveis de qualidade da água em diferentes trechos da bacia e suas variações em diferentes cenários de vazão. Essas simulações produziram estimativas para as condições de qualidade das águas em cada uma das sub-bacias da bacia em análise. É válido lembrar aqui que os parâmetros adotados para o processo de modelagem foram DBO, NT, PT e coliformes termotolerantes. Eles foram escolhidos devido ao fato de terem sido os mais relevantes para acompanhamento da condição de qualidade da água da bacia em função das interferências existentes dos usos da água e do solo na bacia.

Para dar suporte à modelagem futura, foi fundamental a fase de calibração do modelo de qualidade, já realizada na etapa anterior de estudos e cujos resultados são apresentados de forma sintética na Figura 5.1, mostrando as classes modeladas de cada trecho e a comparação com a pior condição de qualidade identificada nos pontos de monitoramento de acordo com o histórico de dados, mostrando coerência nos resultados do modelo. Identifica-se, ainda, a condição mostrando os principais parâmetros em termos de indicadores da pior condição de qualidade sendo coliformes termotolerantes e fósforo total.

Vale destacar que a ferramenta de modelagem hidrológica e de qualidade da água é útil, tanto ao planejamento geral como recurso hídrico, quanto especificamente para o instrumento de enquadramento. Como se sabe, apresenta bases técnico-científicas, mas dentro de certas premissas e limitações, além de considerar referências de legislações e normas, dados disponíveis (monitoramento), entre outros aspectos. É

balizadora, em uma bacia ou trecho/sub-bacia, para dar subsídio à construção de futuros possíveis em diferentes situações (cenas, cenários etc.), mas, como toda ferramenta de simulação, trata de uma aproximação, voltada à aplicação em esfera de planejamento muito válida e necessária para subsidiar estudos como o de enquadramento. Importante lembrar, ainda, que o processo de modelagem tem caráter dinâmico, com contínuos ajustes, correções e aprimoramentos da ferramenta a cada etapa do estudo.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ~ Curso d'água
 - Massa d'água
 - ⊂ Sub-bacia
 - ⊂ CH SF2 - Rio Pará
- Enquadramento dos Corpos d'Água**
- Classe 2
 - Classe 3
 - Classe 4
- Faixa de Classificação das Estações de Monitoramento**
- Classe 3
 - Classe 4
- Parâmetro de maior contribuição para piora das classes**
- △ Coliformes Termotolerantes
 - ◇ Coliformes Termotolerantes e PT

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.1 – Comparação entre as classes modeladas e faixas de classificação das estações de monitoramento.

Nesta etapa de Prognóstico, a ferramenta foi aplicada para investigar a classe dos trechos da bacia hidrográfica a partir da classificação de corpos d'água estabelecidos na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 17 de março de 2015 e Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH-MG n.º 1, de 05 de maio de 2008.

Nos documentos legais em questão, os corpos hídricos de águas doces podem ser classificados em Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, sendo que, quanto melhor classe, mais nobres são os usos possíveis para essas águas. Ao contrário, quando pior a classe, seus usos se tornam gradativamente mais restritos. A Figura 5.2 apresenta as classes das águas doces e usos respectivos.

É necessário destacar que não são estabelecidos parâmetros para Nitrogênio Total, no entanto, para a análise neste relatório são utilizados os limites de classe estabelecidos para o Nitrogênio Amoniacal, tendo sido escolhido uma vez que essa parcela está associada a despejos de efluentes domésticos.

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 5.2 – Classes das águas doces e usos respectivos.

A partir das condições de qualidade em cada uma das respectivas classes, o resultado das simulações dos cenários futuros apresentou a classificação dos trechos dos rios caso o cenário se concretize. As simulações foram baseadas nos cenários construídos para a bacia hidrográfica, como já exposto e detalhado no Capítulo 2, indicados a seguir:

- Estagnação;
- Tendencial;
- Crescimento.

Da mesma forma, foram consideradas as cenas de curto, médio e longo prazos, respectivamente para os horizontes de 2026 (5 anos), 2031 (10 anos) e 2041 (20 anos). Os cenários e as respectivas cenas alteraram as condições de contorno da modelagem, uma vez que cada um deles prevê uma taxa de desenvolvimento diferente, modificando o número de habitantes, rebanhos, economias ligadas à rede de saneamento e crescimento demográfico dos municípios.

Essas alterações delimitaram novas entradas de cargas aportantes a cada trecho de rio, sendo elas pontuais ou difusas. O Quadro 5-1, Quadro 5-2,

Quadro 5-3 e o

Quadro 5-4 exemplificam as taxas médias de carga afluente em relação à cena atual, observando-se que para os parâmetros de DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio e NT – Nitrogênio Total, as alterações de uso do solo propostas provocaram um aumento de 1 a 20% e de 5% a 26%, respectivamente, para todas as sub-bacias. Para o PT – Fósforo Total e os Coliformes Termotolerantes, as variações foram, respectivamente, de 2% a 22% e de 8% a 14%.

Quadro 5-1 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro da DBO

Bacia	DBO Estagnação	DBO Tendencial	DBO Crescimento
SF2	1%	10%	20%

Quadro 5-2 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro do Nitrogênio Total

Bacia	NT Estagnação	NT Tendencial	NT Crescimento
SF2	5%	14%	26%

Quadro 5-3 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro do Fósforo Total

Bacia	PT Estagnação	PT Tendencial	PT Crescimento
SF2	2%	12%	22%

Quadro 5-4 – Resumo das taxas médias de variação de carga em relação ao cenário atual para o parâmetro dos Coliformes Termotolerantes

Bacia	CF Estagnação	CF Tendencial	CF Crescimento
SF2	8%	11%	14%

De maneira geral, as cargas de DBO aumentaram do cenário de estagnação para o de crescimento, assim como as de Nitrogênio Total e suas parcelas, o Fósforo e os Coliformes Termotolerantes.

O efeito dessas condições de contorno nos padrões de qualidade dos cursos de água foi verificado por meio da execução das simulações de qualidade da água, proporcionando a classificação dos trechos de rios para os anos de 2026, 2031 e 2041. A Figura 5.3 sintetiza os cenários simulados.

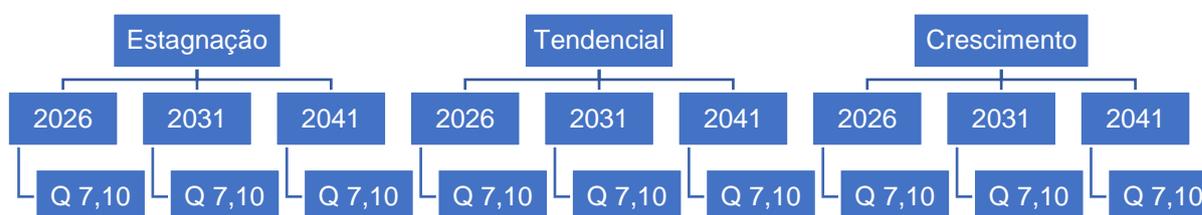


Figura 5.3 – Síntese dos cenários simulados.

5.1 CENÁRIO ESTAGNAÇÃO

Para o cenário Estagnação são apresentados, a seguir, os resultados das análises a partir das alterações proporcionadas em termos de carga afluyente para cada cenário, divididas em carga difusa (eixo y principal) e pontual (eixo y secundário).

Três parâmetros foram utilizados a fim de mostrar os resultados, sendo indicadores de matéria orgânica (DBO) e nutrientes (NT e PT). Analisando as cargas afluentes advindas da cenarização fica demonstrado que em termos de matéria orgânica e nutrientes a poluição difusa é a principal forma de contribuição de cargas da SF2.

Para o parâmetro indicador de matéria orgânica (DBO) nota-se que a poluição pontual, advinda de ETEs e despejos pontuais representa atualmente 6,0 % da carga total de DBO afluyente, enquanto para o Nitrogênio Total e suas parcelas (Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Amoniacal) e para o Fósforo Total, 1,1% e 2,9%, respectivamente, são as relações entre a carga pontual e a difusa. No caso dos coliformes termotolerantes, a proporção das cargas pontuais em relação ao total é de 99,5%.

As alterações socioeconômicas propostas por esse cenário provocaram um pequeno aumento nas cargas difusas afluentes aos trechos de rio da SF2, em termos de DBO e NT (para o horizonte de longo prazo: 8% e 12%, respectivamente). Em termos de PT e Coliformes Termotolerantes, prevê-se aumento de 10% e 12%, respectivamente, no horizonte de longo prazo (2041). Os gráficos da Figura 5.4, da Figura 5.5, da Figura 5.6 e da Figura 5.7 mostram a variação de carga proporcionada pelo cenário de Estagnação.

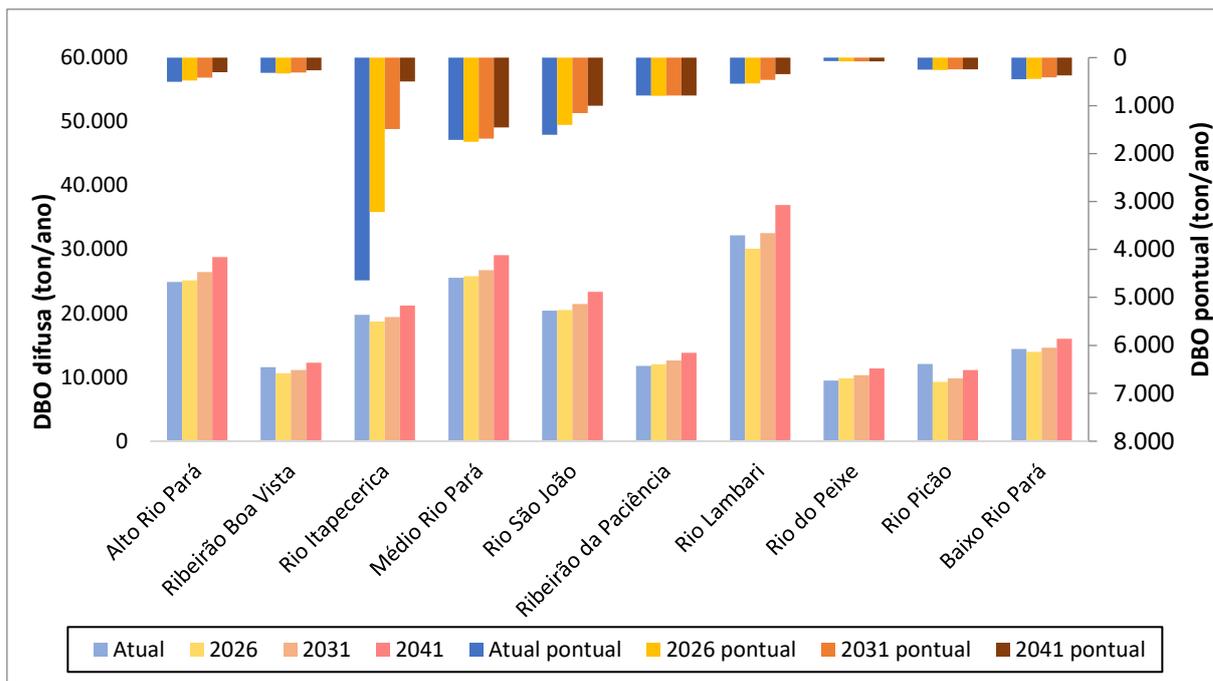


Figura 5.4 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário de Estagnação

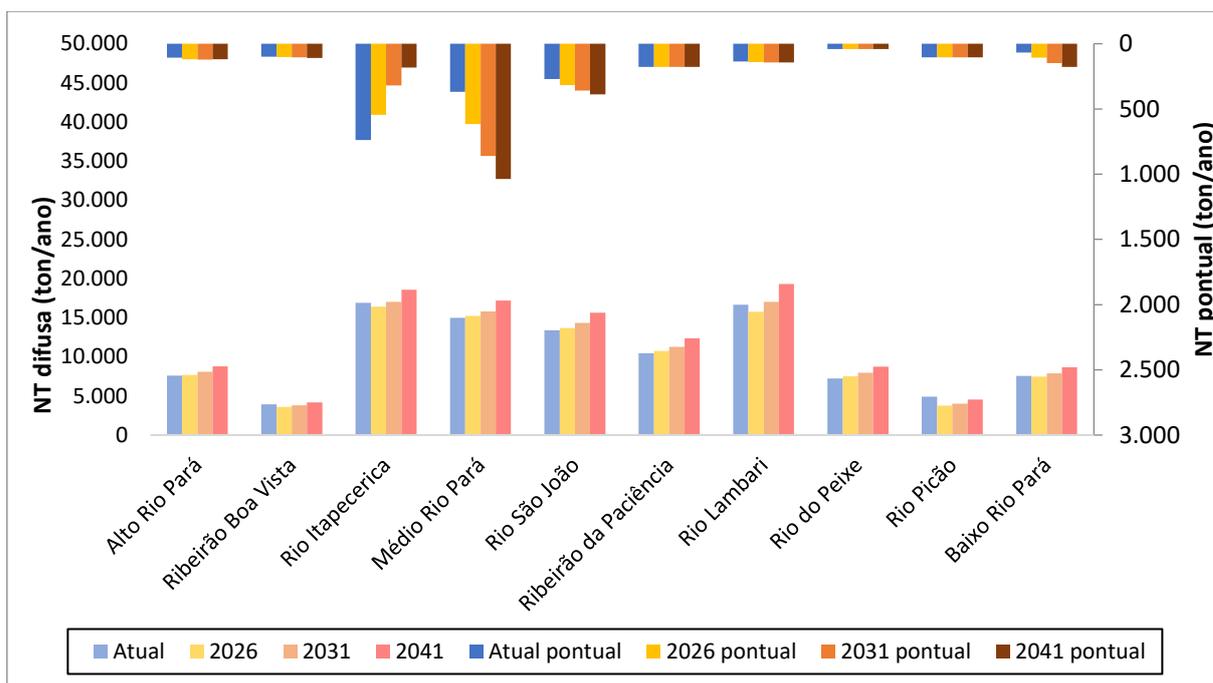


Figura 5.5 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário de Estagnação

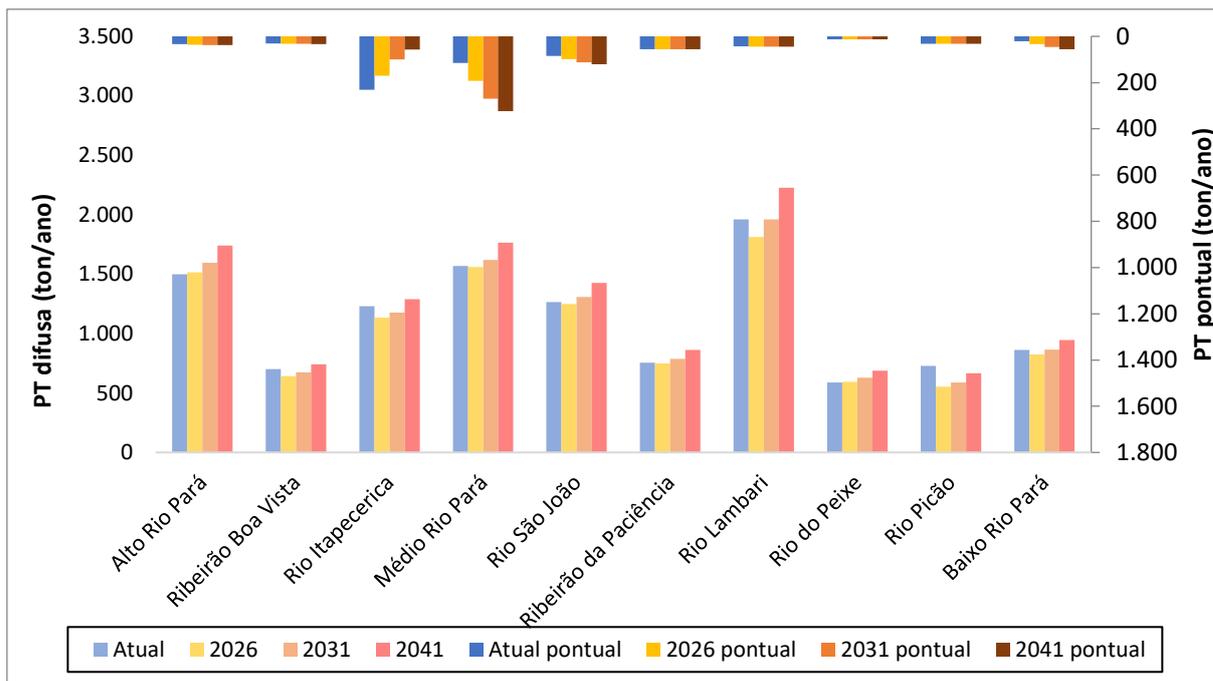


Figura 5.6 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário de Estagnação

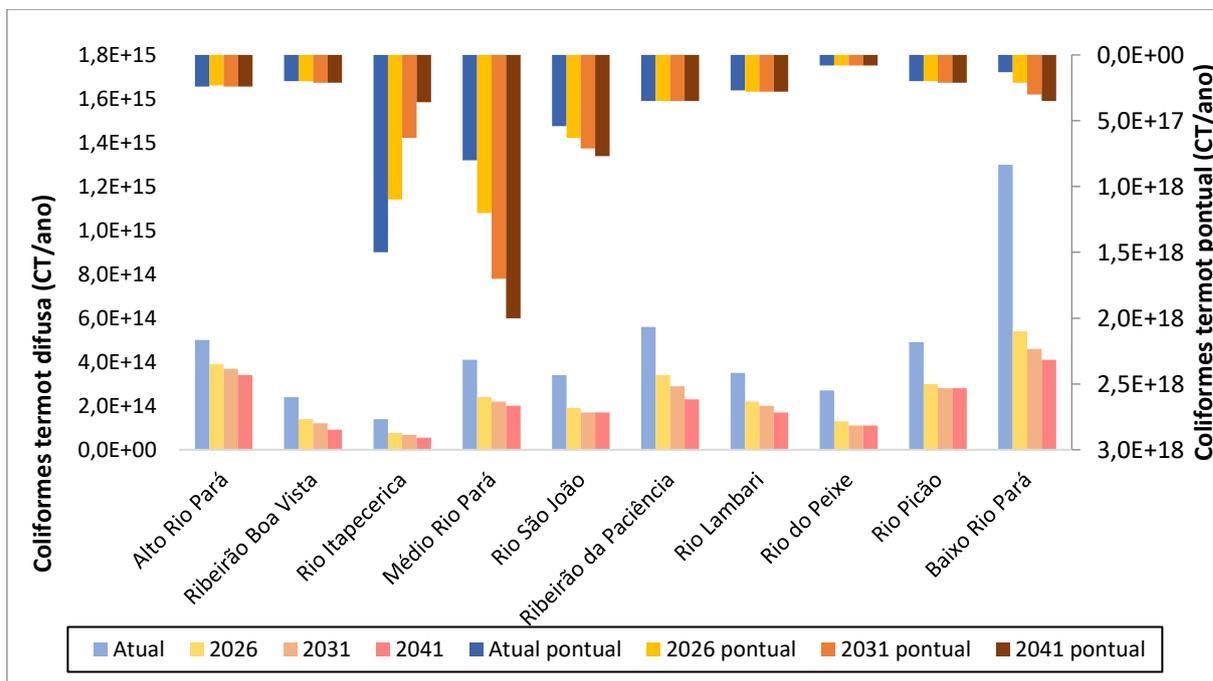


Figura 5.7 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário de Estagnação

A partir da cenarização, foram aplicados os novos resultados das cargas difusas e pontuais para simulação no modelo de qualidade, sendo os resultados apresentados

na Figura 5.8 em termos de classes atendidas e na Figura 5.9 em termos de parâmetros que contribuem para a piora da classe de enquadramento atendida, para a vazão de referência $Q_{7,10}$, sendo a situação mais crítica para a bacia.

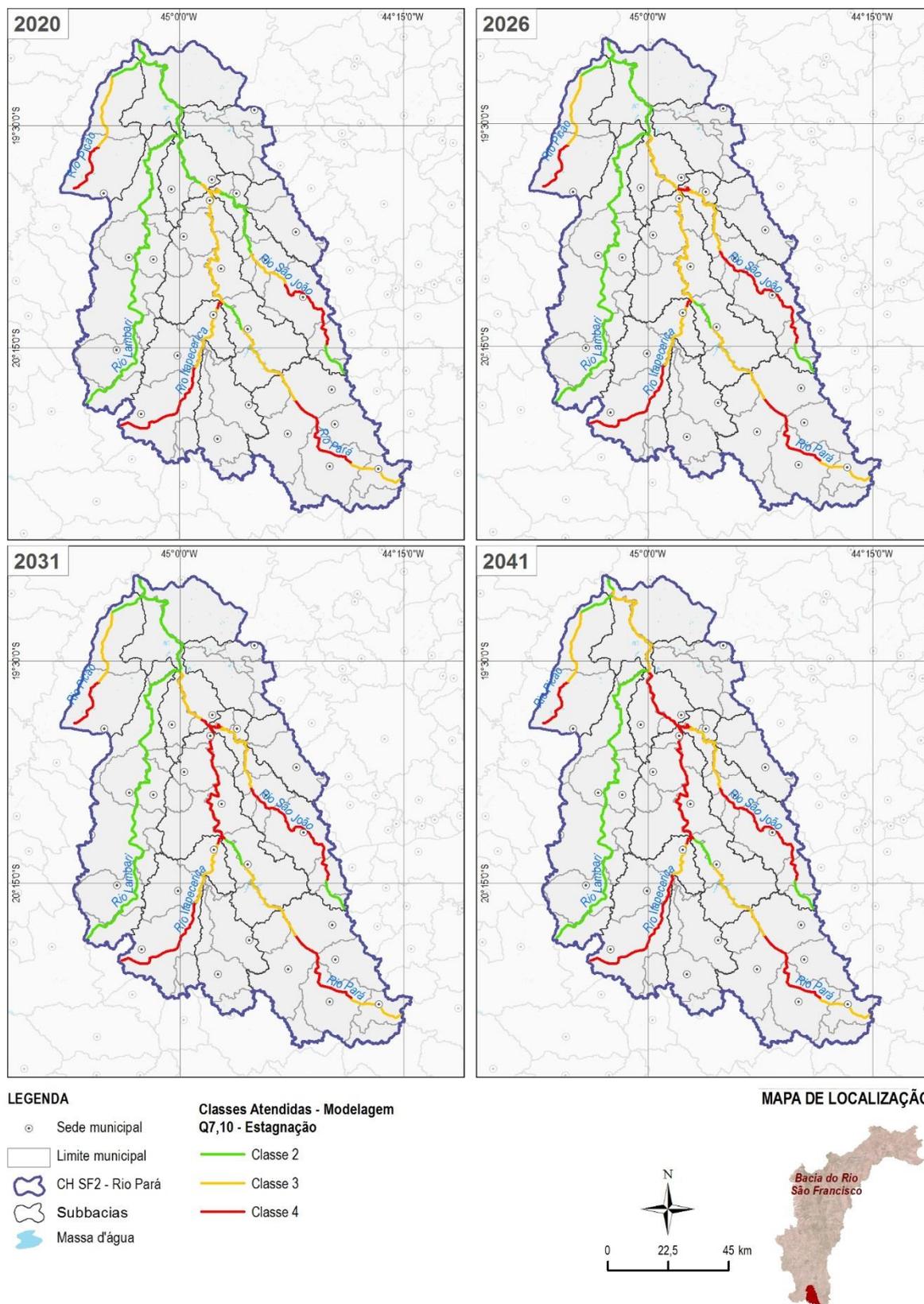
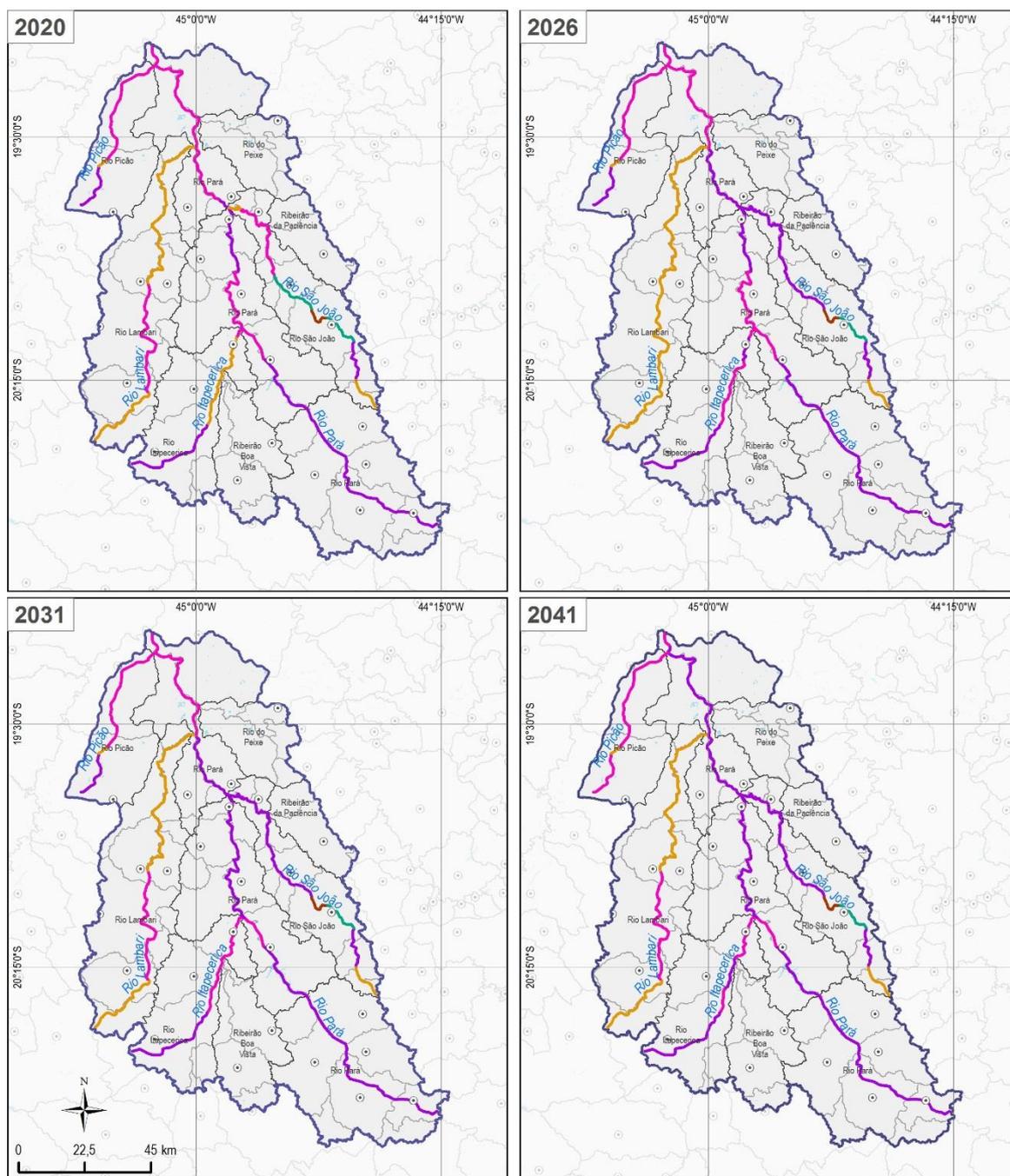


Figura 5.8 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário de Estagnação, para Q7,10.



LEGENDA	
○ Sede municipal	Parâmetros que contribuem predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas
□ Limite municipal	Colif. Termo.
⬭ CH SF2 - Rio Pará	PT
⬭ Subbacias	Colif. Termo. e DBO
⬭ Massa d'água	Colif. Termo. e PT
	Colif. Termo., PT e DBO



Figura 5.9 – Parâmetros que contribuiriam predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas.

De uma forma geral, os resultados da modelagem mostram que nesse cenário, a maior parte dos trechos de rios modelados atendem às classes 3 e 4. A partir do cálculo das cargas nota-se que as principais contribuições de carga estão na bacia hidrográfica do rio Itapecerica, Médio Pará, bacia hidrográfica do rio São João e Ribeirão da Paciência.

As maiores entradas de carga associadas com as condições de vazão de cada curso de água promovem resultados nas condições de qualidade da água simulados, dependendo da capacidade de cada trecho de assimilação e depuração destas cargas. Essa condição fica evidente na análise dos resultados apresentados nas figuras para os três parâmetros em que os locais em que há entradas de carga associadas a rios com caudais menores apresentam valores de concentrações de constituintes mais altos, como é o caso do trecho do rio São João e da foz rio Itapecerica.

As concentrações mais elevadas de poluentes nestes trechos estão associadas aos despejos dos municípios de Itaúna, no caso do rio São João, e de Divinópolis, para a foz do rio Itapecerica. No caso do trecho do rio São João, apresenta classes 3 e 4 a jusante do município de Itaúna. O trecho da foz do rio Itapecerica próximo ao município de Divinópolis apresenta classe 4.

Observa-se uma piora nas condições de qualidade principalmente no trecho do Médio rio Pará, a jusante da confluência com o rio Itapecerica, o qual passa de classe 3 na cena atual para classe na cena de 2031; no rio São João, a jusante do município de Itaúna, cujo trecho atendendo à classe 2 na cena atual, passa a atender classe 3 já na cena de 2026 e o trecho ora classe 3, passa a tender apenas classe 4; e no rio Itapecerica, em seu trecho médio e baixo onde na cena atual atendia à classe 3, passando a atender apenas classe 4 na cena de 2041. Pela Figura 5.9, nota-se que os principais parâmetros responsáveis pela piora da classe de enquadramento são os coliformes termotolerantes e o fósforo

5.2 CENÁRIO TENDENCIAL

Para o cenário Tendencial são apresentados, a seguir, os resultados das análises a partir das alterações proporcionadas em termos de carga afluyente para cada ano, divididas em carga difusa (eixo y principal) e pontual (eixo y secundário). Assim como no cenário anterior a maior contribuição se dá de forma difusa.

As alterações socioeconômicas propostas por esse cenário provocaram um aumento notável para todos os parâmetros (10% para DBO, 14% para NT, 12% para PT e 11% para Coliformes Termotolerantes, na média das três cenas) nas cargas afluentes aos trechos de rio da SF2. Os gráficos da Figura 5.10, Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 exemplificam as mudanças de carga proporcionadas pelo cenário tendencial.

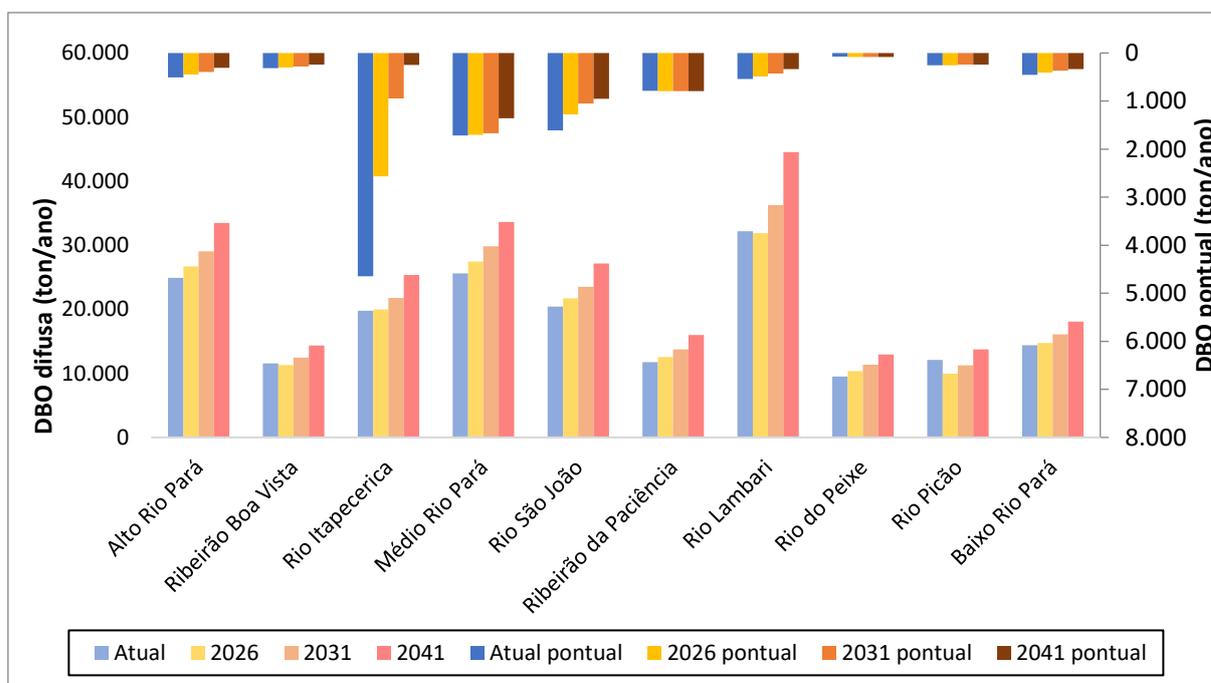


Figura 5.10 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário Tendencial

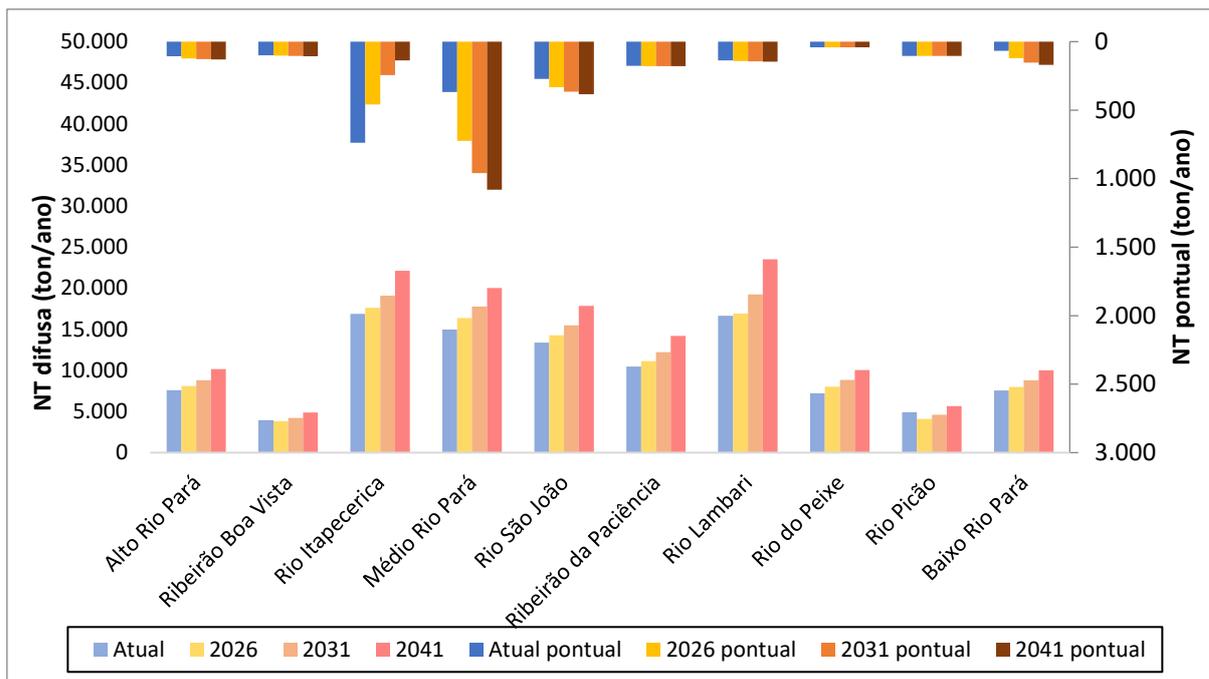


Figura 5.11 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário Tendencial

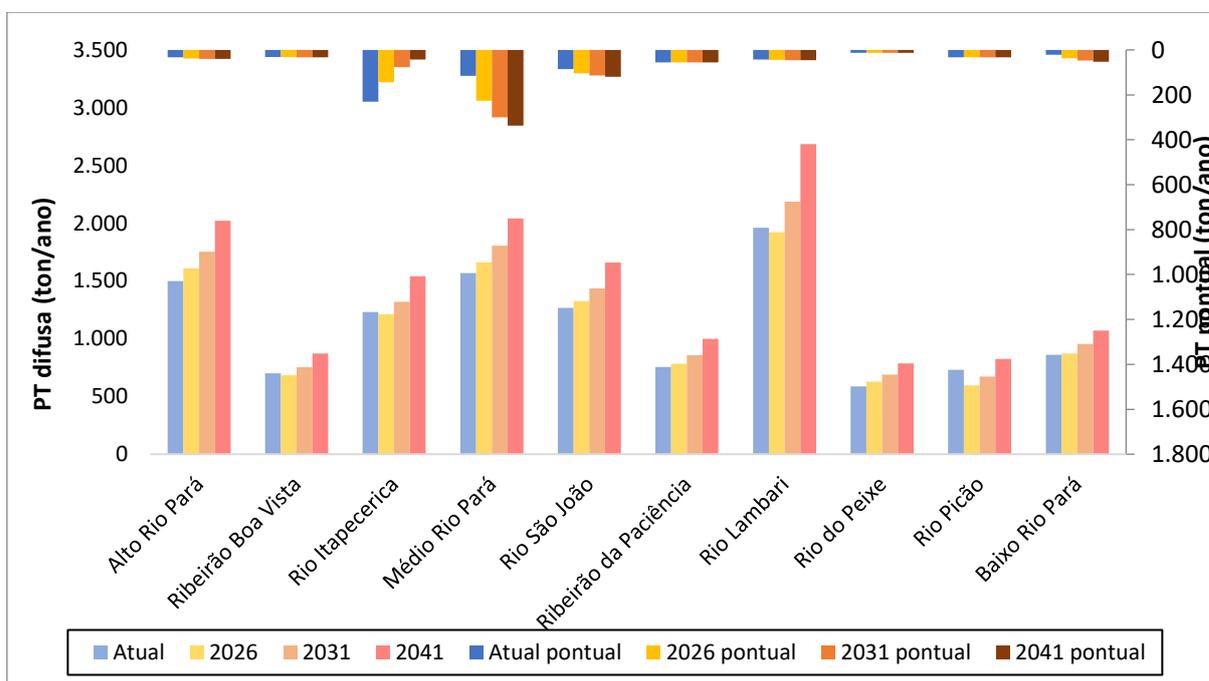


Figura 5.12 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário Tendencial

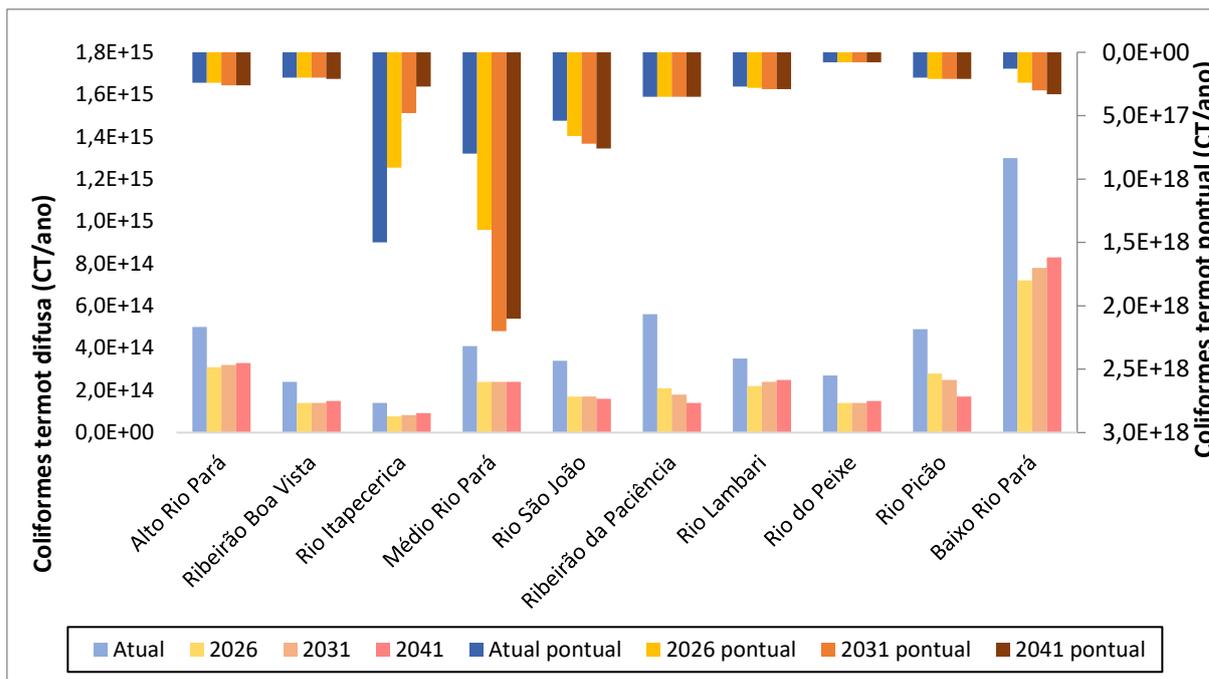


Figura 5.13 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário Tendencial

Com base nos resultados do processo de cenarização para as cargas difusas e pontuais, as informações foram aplicadas para simulação no modelo de qualidade, sendo os resultados apresentados na Figura 5.14 considerando a pior condição de qualidade de cada trecho e na Figura 5.15 mostrando os principais parâmetros responsáveis pela pior condição de qualidade de cada trecho de rio.

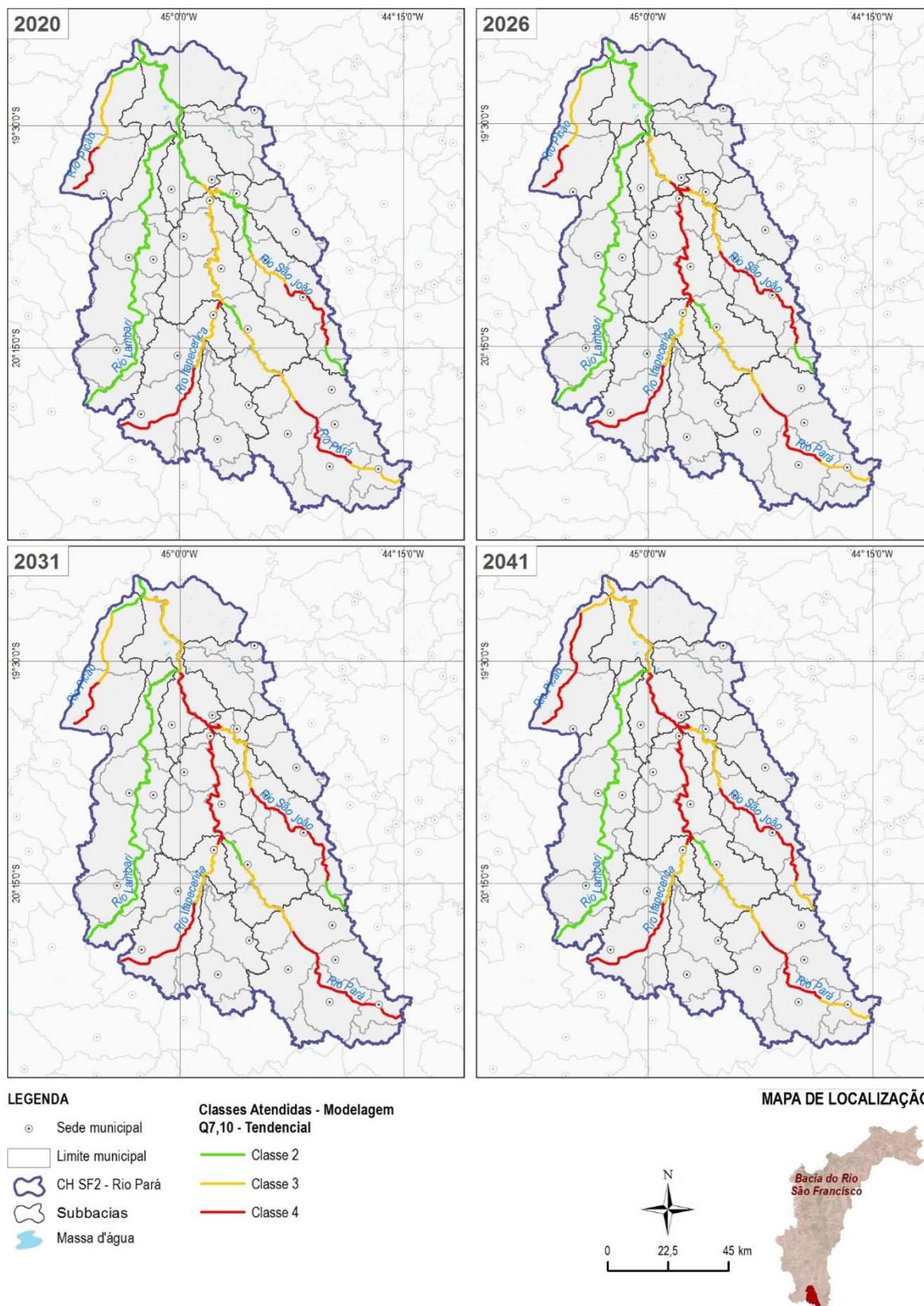
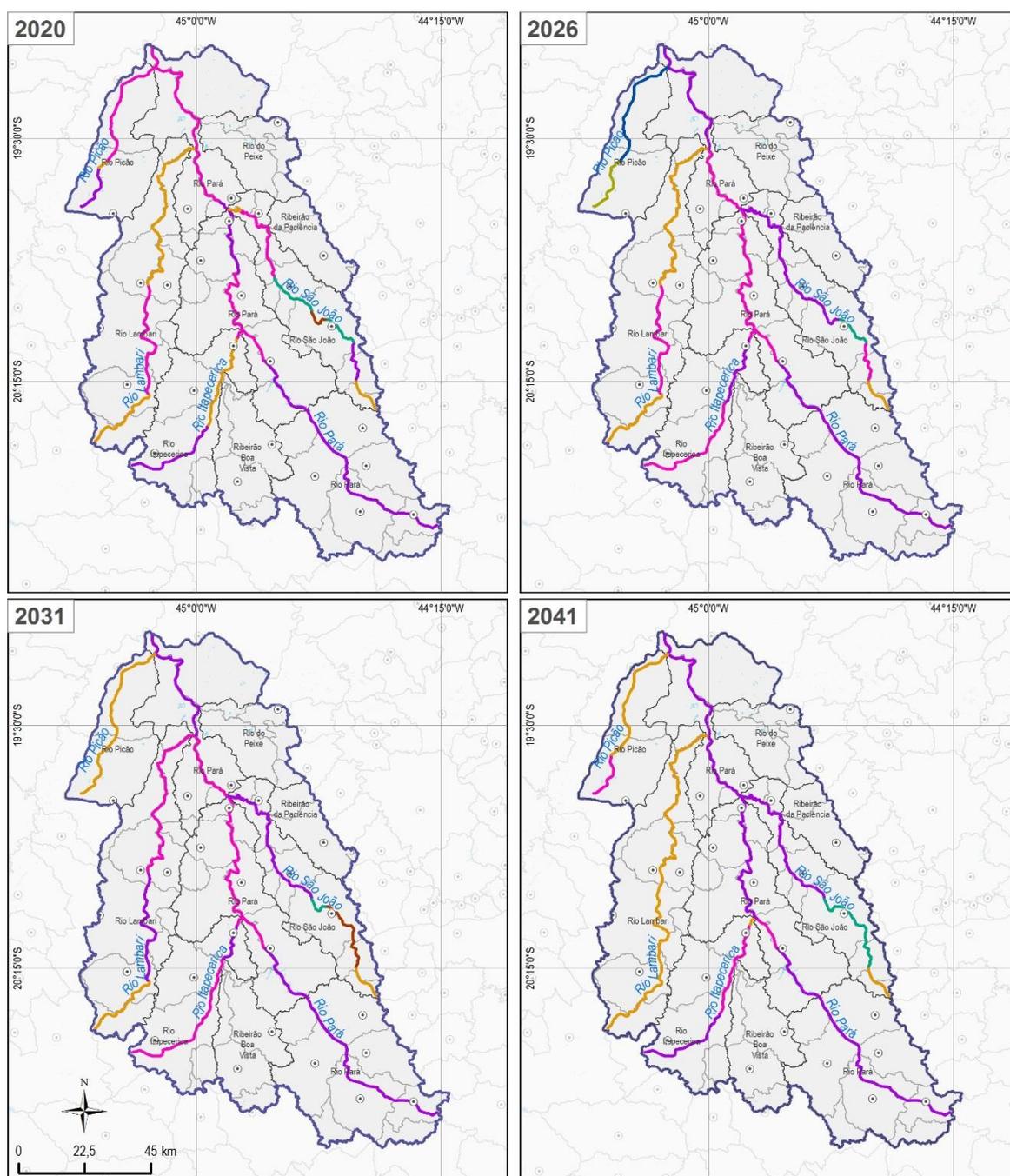


Figura 5.14 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário Tendencial, para Q7,10.



- LEGENDA**
- Sede municipal
 - Limite municipal
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Subbacias
 - Massa d'água
- Parâmetros que contribuem predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas**
- Colif. Termo.
 - NT
 - PT
 - Colif. Termo. e DBO
 - Colif. Termo. e PT
 - NT e PT
 - Colif. Termo., PT e DBO

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 5.15 – Parâmetros que contribuíram predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas

A partir dos resultados obtidos na modelagem desse cenário Tendencial para os três parâmetros e cujos resultados são apresentados na Figura 5.14 e Figura 5.15, verifica-se que, para a cena de 2026, com vazão $Q_{7,10}$, a maioria dos trechos atende as classes 3 e 4.

Assim, o lançamento das cargas nos cursos de água com menores caudais mostra valores de concentrações de constituintes mais altos, como é o caso do trecho do rio São João e o rio Picão. As concentrações mais elevadas de poluentes nesses trechos estão associadas aos despejos dos municípios de Itaúna, no caso do rio São João, e de Bom Despacho e Martinho Campos para o rio Picão.

Inicialmente para a cena atual o trecho do rio São João a jusante de Itaúna atende os padrões das classes 3 e, mais próximo à confluência com o rio Pará, classe 2. Em 2026, esses mesmos trechos passam para classes 4 e 3, respectivamente, sendo o principal parâmetro responsável pela piora na classe de enquadramento os coliformes termotolerantes, para ambos os trechos. Os principais parâmetros responsáveis pela piora variam conforme as cenas, mas destacam-se os coliformes termotolerantes.

O rio Picão, em seu trecho médio, atende aos padrões da classe 3, na cena atual em seu trecho baixo, classe 2. Para o ano de 2041, com o crescimento previsto para as cidades da bacia, passa a atender as classes 4 e 3, respectivamente para os trechos médio e baixo. Os principais parâmetros responsáveis pela piora da classe de enquadramento são, notadamente, nitrogênio e fósforo.

O trecho médio do rio Pará, ora classe 3 na cena atual, passa a atender, já na cena de 2026, à classe 4, tendo como principais parâmetros responsáveis os coliformes termotolerantes e o fósforo.

5.3 CENÁRIO CRESCIMENTO

Para o cenário de Crescimento são apresentados, a seguir, os resultados das análises a partir das alterações proporcionadas em termos de carga afluente para cada ano, divididas em carga difusa (eixo y principal) e pontual (eixo y secundário). As alterações socioeconômicas propostas por esse cenário provocaram um aumento de ~20% para DBO, ~26% para NT, ~22% para PT e ~14% para Coliformes Termotolerantes na média dos três anos para as cargas afluentes. Os gráficos da Figura 5.16, Figura 5.17, Figura 5.18 e Figura 5.19 apresentam o aumento de carga proporcionado pelo cenário de Crescimento.

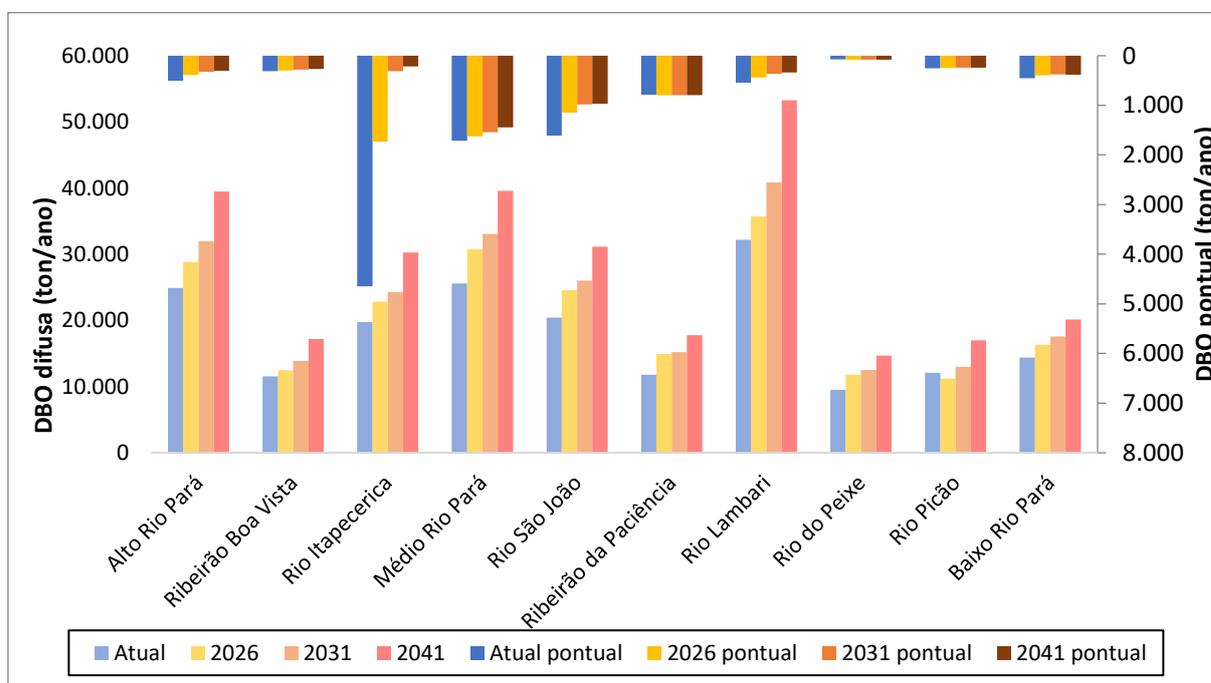


Figura 5.16 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de DBO decorridas do cenário de Crescimento

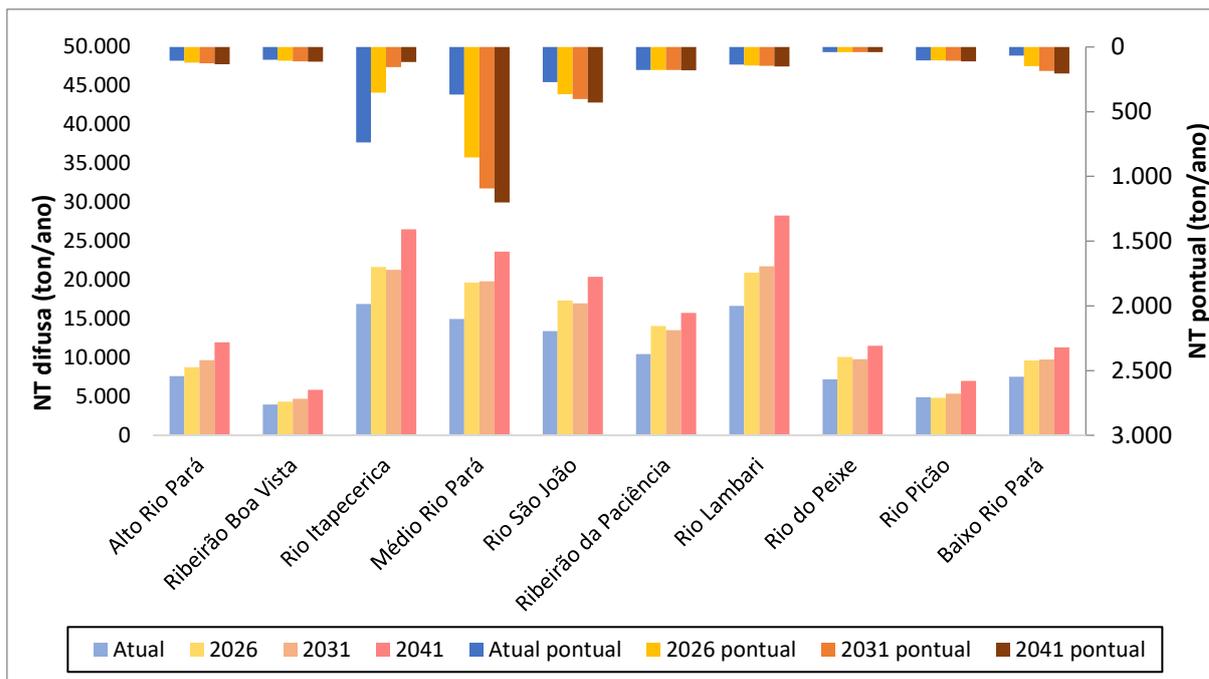


Figura 5.17 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Nitrogênio Total decorridas do cenário de Crescimento

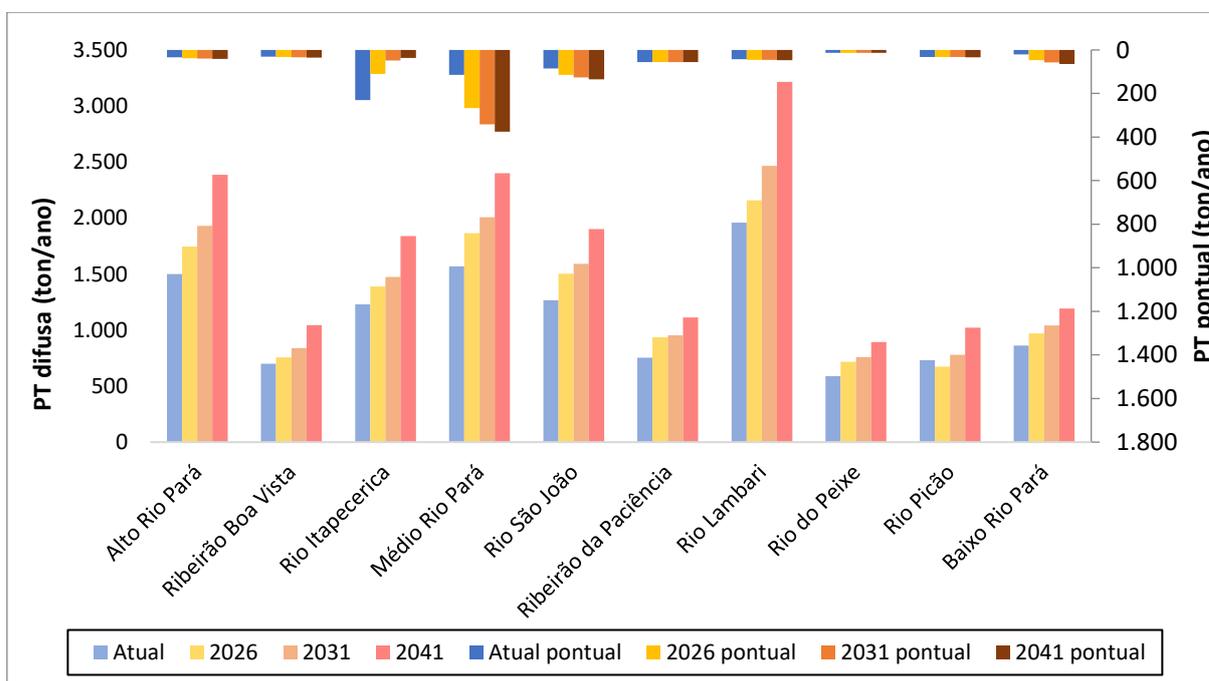


Figura 5.18 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Fósforo Total decorridas do cenário de Crescimento

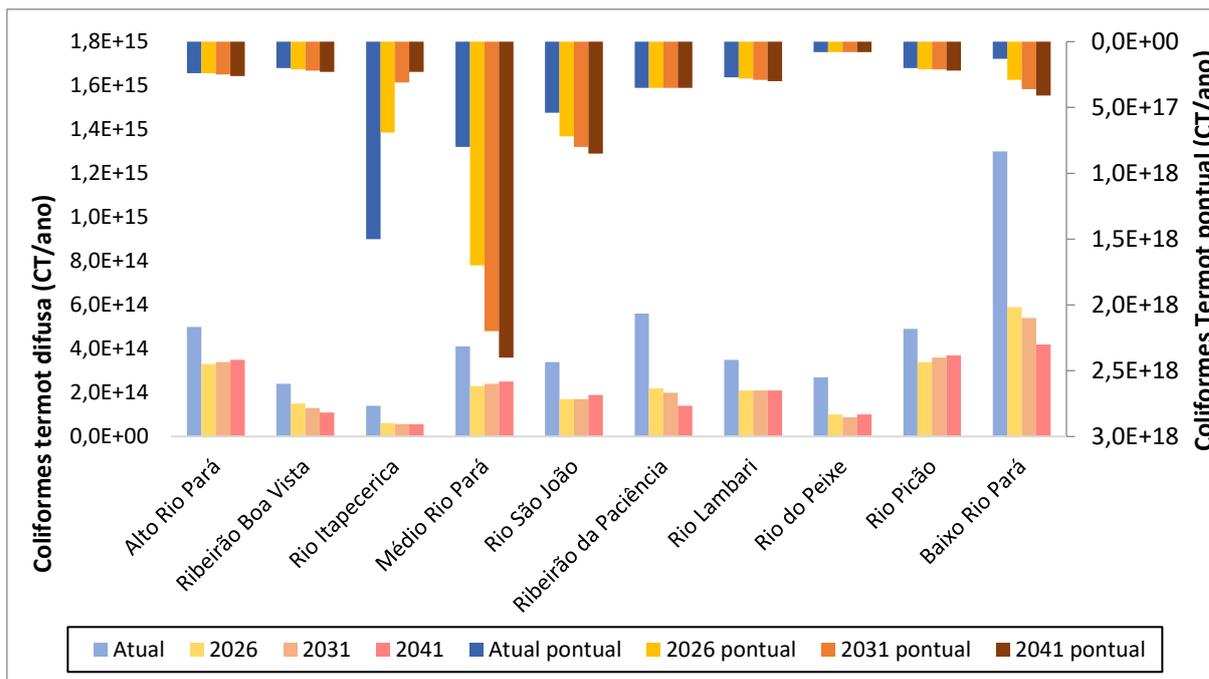


Figura 5.19 – Resumo de cargas afluentes pontuais e difusas de Coliformes Termotolerantes decorridas do cenário de Crescimento

Na sequência, esses resultados de projeções de carga foram aplicados no modelo de qualidade das águas, sendo os resultados são apresentados da mesma forma que os cenários anteriores, na Figura 5.20 mostrando a pior condição de qualidade de cada trecho e na Figura 5.21 os parâmetros responsáveis por essa pior condição de qualidade.

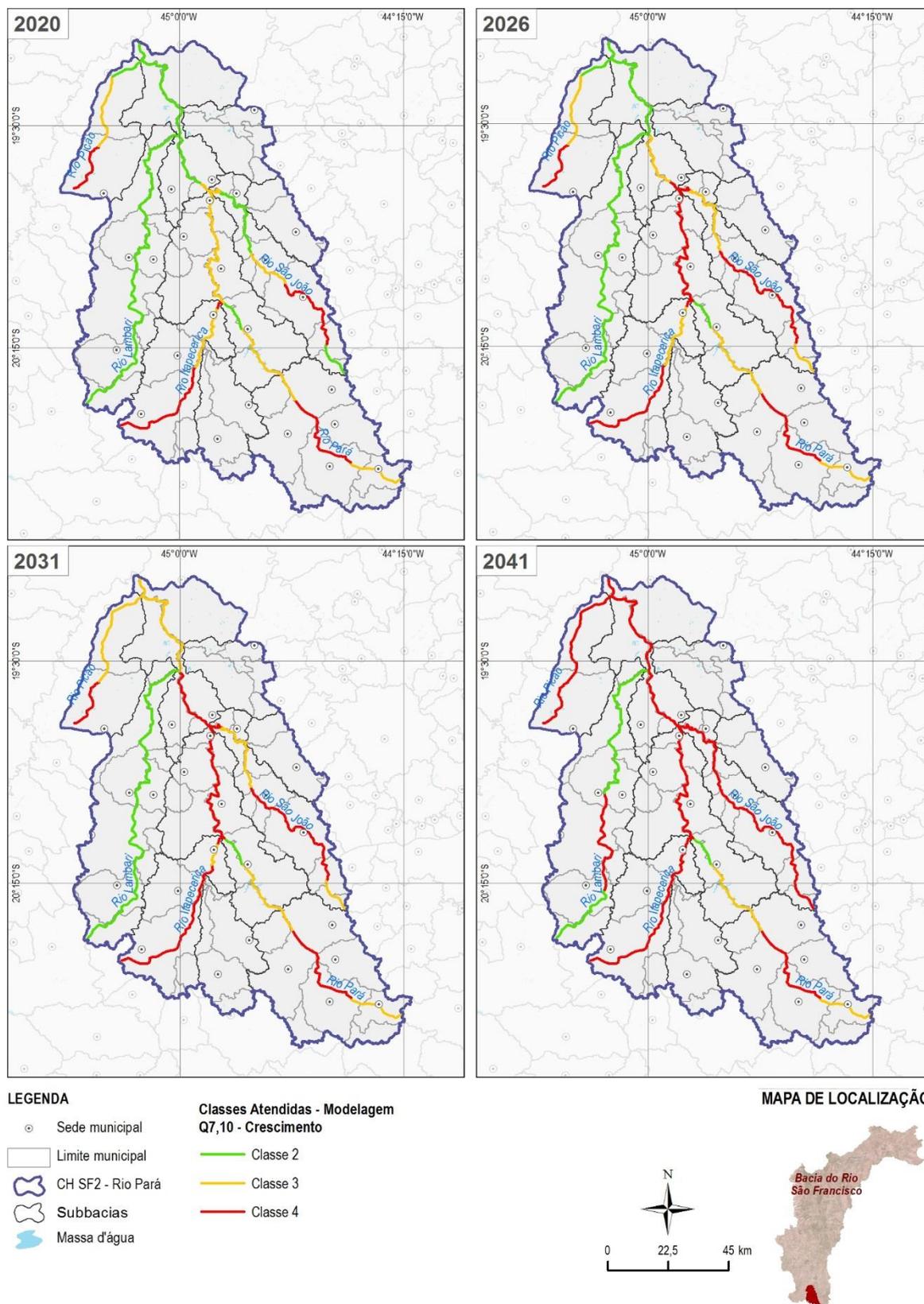
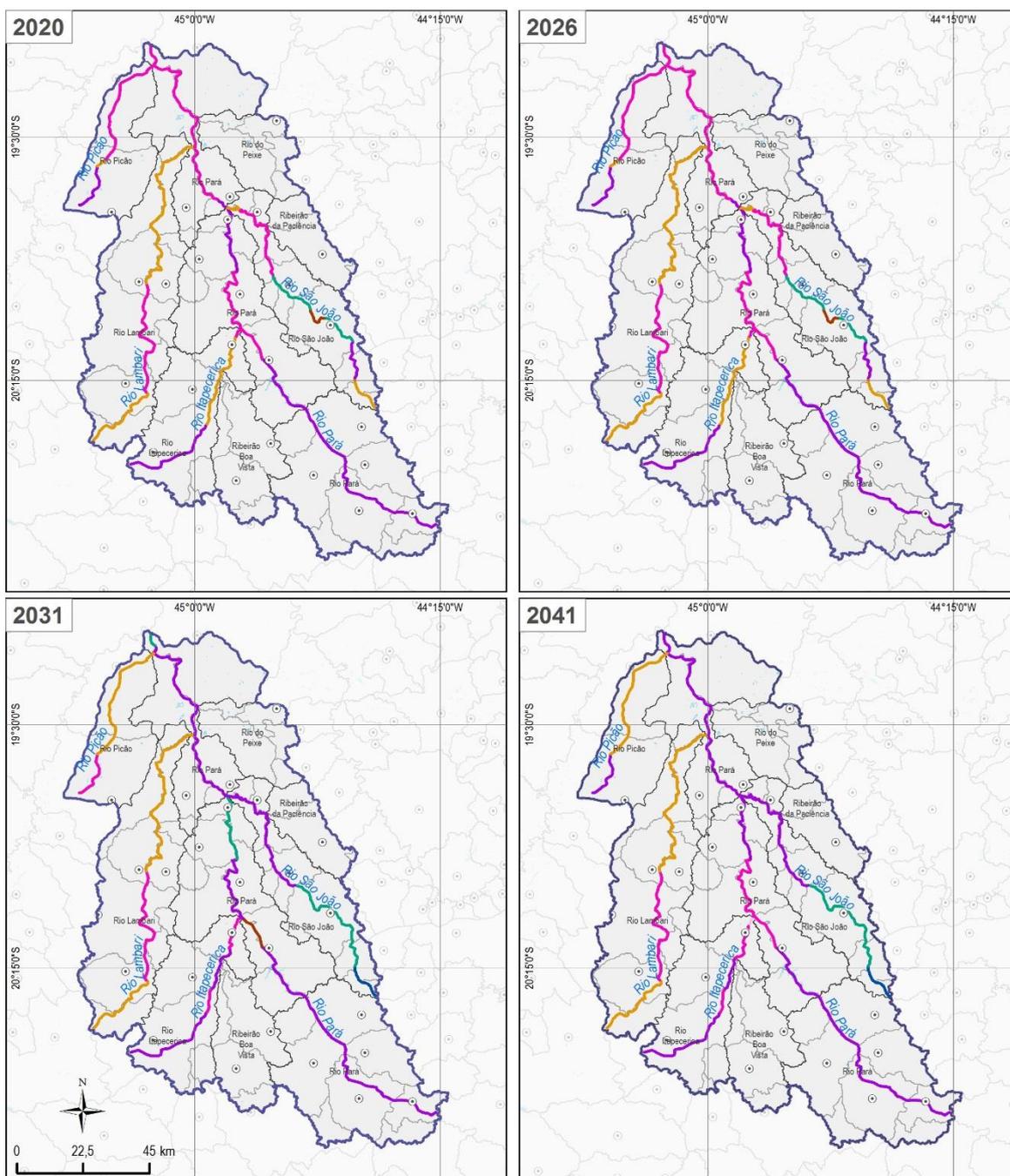


Figura 5.20 – Classes de enquadramento atendidas pelos rios modelados, no Cenário de Crescimento, para Q7,10.



LEGENDA

○ Sede municipal	● Parâmetros que contribuem predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas
□ Limite municipal	— Colif. Termo.
⬭ CH SF2 - Rio Pará	— NT
⬭ Subbacias	— PT
⬭ Massa d'água	— Colif. Termo. e PT
	— Colif. Termo. e DBO
	— Colif. Termo., NT e PT
	— Colif. Termo., PT e DBO



Figura 5.21 – Parâmetros que contribuíram predominantemente para a piora das classes de enquadramento atendidas

A partir da aplicação do modelo e análise dos resultados, pode ser verificado que para as três cenas modeladas, com vazão $Q_{7,10}$, a maioria dos trechos atende à classe 4 neste cenário. De uma forma geral, observa-se que os principais responsáveis pela piora na classe de enquadramento da maioria dos trechos são os coliformes termotolerantes e o fósforo.

As maiores influências do lançamento das cargas pontuais e difusas também são apresentadas nos locais de altas entradas de cargas associados a rios com caudais menores, como é o caso do trecho de cabeceira do rio Itapecerica, do rio São João e do rio Lambari.

As concentrações mais elevadas de poluentes nestes pontos estão associadas aos despejos dos municípios de Itapecerica (rio Itapecerica), Itaúna (rio São João) e Santo Antônio do Monte (rio Lambari). Os despejos do município de Itapecerica elevam os valores das cargas poluentes, de modo que este trecho do rio atende aos parâmetros da classe 4 já na cena atual, ampliando a extensão de trecho atendendo a esta classe, de modo que na cena de 2041, todo o rio Itapecerica apresenta classe 4. Os principais parâmetros responsáveis pela piora nas classes de enquadramento são os coliformes termotolerantes e o fósforo.

No caso do rio São João, na cena atual, apenas os trechos a montante e a jusante do município de Itaúna apresentam classe 4. Porém, já a partir da cena de 2026 esses trechos de prolongam e, na cena de 2041, todo o rio São João apresenta classe 4, sendo os principais parâmetros responsáveis os coliformes termotolerantes, o fósforo e a DBO.

O trecho do rio Lambari próximo ao município de Santo Antônio do Monte, ora apresentando classe 2, passa a atender apenas classe 4, na cena de 2041, cujos principais parâmetros responsáveis pela piora são os coliformes termotolerantes e o fósforo.

Ainda, observa-se piora significativa no rio Pará, em seus trechos médio e baixo, que apresentavam classes 3 e 2, respectivamente, na cena atual e passam a atender classe 4 em todo o trecho. O mesmo ocorre para o rio Picão, o qual apresentava classes 4, 3 e 2, respectivamente, em seus trechos alto, médio e baixo, passando a

atender classe 4 em toda a sua extensão, até a confluência com o rio Pará. Os ambos os rios, os principais responsáveis pela piora na classe de enquadramento são também os coliformes termotolerantes e o fósforo.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Os impactos do aumento de cargas afluentes aos cursos d'água decorrentes das alterações de uso do solo propostas pela cenarização puderam ser avaliados em detalhes nos subitens anteriores. Esses valores se comportam de maneira análoga para todos os rios simulados, uma vez que nota-se variações médias para os cenários de 1% a 20% para as cargas de matéria orgânica (DBO), 5% a 26% para Nitrogênio Total e suas parcelas, 2% a 22% para Fósforo Total e 8% a 14% para Coliformes Termotolerantes.

A Figura 5.8, a Figura 5.14 e a Figura 5.20 apresentaram os resultados da simulação para os três cenários. De uma forma geral, podem ser destacadas algumas piores na condição de qualidade, mais acentuadas no cenário de Crescimento, obviamente relacionadas às maiores cargas lançadas, sejam elas difusas ou pontuais. As diferenças em questão podem ser ressaltadas, principalmente, nas bacias do rio São João, ribeirão da Paciência e rio Itapeçerica, e são devidas às cargas de municípios como Itaúna, Pará de Minas ou Divinópolis, os principais da bacia.

Na sequência, Figura 5.9, a Figura 5.15 e a Figura 5.21 mostraram os principais parâmetros responsáveis pela piora nas classes de enquadramento dos trechos modelados. Dessas figuras, observa-se que para a maior parte dos trechos, os principais “vilões” são os coliformes termotolerantes e o fósforo.

O Quadro 5-5 mostra um resumo dos trechos modelados, juntamente com as informações de usos demandados preponderantes em cada trecho, a existência ou não de UCs, as classes necessárias para atender aos usos preponderantes mais restritivos, as classes atualmente atendidas e os parâmetros responsáveis pela violação de classe, quando ocorre violação.

Dele, observa-se novamente, que os principais parâmetros responsáveis pela violação das classes de enquadramento conforme usos dos trechos de rios, são os

coliformes termotolerantes e o fósforo. Observa-se, também, que dois trechos, na parte alta do rio Pará merecem atenção por passarem dentro de unidade de conservação, sendo que em ambos não é observada a classe especial.

Quadro 5-5 – Matriz do enquadramento atualmente atendido

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
Rio Pará	1	para_cabeceira	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Mineração; Dessedentação animal	Consumo humano urbano	2	3	Início (nascente) no município de Desterro de Entre Rios até ponto a montante da sede do município de Passa Tempo	Coliformes termotolerantes
	2	alto_para2	Sim	Preservação no equilíbrio natural das comunidades aquáticas, Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Consumo humano rural; Mineração; Dessedentação animal	Preservação no equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Classe Especial	4	Início no município de Passa Tempo até a divisa dos municípios de Itaguara e Carmópolis de Minas	Coliformes termotolerantes, PT, NT e DBO
	3	alto_para3	Sim	Preservação no equilíbrio natural das comunidades aquáticas, Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal	Consumo humano urbano; Consumo humano rural; Dessedentação animal	Preservação no equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Classe Especial	3	Municípios de Itaguara e Carmópolis de Minas (divisa)	Coliformes termotolerantes, PT, NT e DBO
	4	alto_para4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Consumo humano rural; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano rural	1	3	Municípios de Cláudio e Itaguara (divisa)	Coliformes termotolerantes e PT

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	5	alto_para5	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	3	Início nos município de Cláudio e Itaguara (divisa) até município de Carmo do Cajuru	Coliformes termotolerantes
	6	alto_para6	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Municípios de Carmo do Cajuru e Divinópolis (divisa)	-
	7	alto_para7	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Municípios de Carmo do Cajuru e Divinópolis, a montante da confluência com o rio Itapeçerica (divisa)	-
	8	medio_para1	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	3	Municípios de São Gonçalo do Pará e Divinópolis (divisa)	Coliformes termotolerantes e PT
	9	medio_para2	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Geração Termoelétrica, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Mineração; Geração Termoelétrica; Dessedentação Animal	Consumo humano urbano	2	3	Início no município de São Gonçalo do Pará até município de Conceição do Pará, até a confluência com o rio São João	Coliformes termotolerantes

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	10	medio_para3	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Mineração	Consumo humano urbano	2	3	Municípios de Conceição do Pará e Pitangui, a jusante da confluência com o rio São João	Coliformes termotolerantes
	11	medio_para4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Municípios de Pitangui e Leandro Ferreira (divisa), a montante da confluência com o rio Lambari	-
	12	baixo_para1	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Início nos municípios de Pitangui e Leandro Ferreira (divisa) até município de Pompéu, a jusante da confluência com o rio Lambari	-
	13	baixo_para2	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Municípios de Pompéu e Martinho Campos (divisa), a montante da confluência com o rio Picão	-
	14	baixo_para3	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Municípios de Pompéu e Martinho Campos (divisa), a jusante da confluência com o rio Picão	-
	15	foz	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal	Dessedentação animal	3	2	Municípios de Pompéu e Martinho Campos (divisa)	-

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
Rio Itapecerica	1	itapecerica_cabeceira	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Mineração; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Itapecerica	Coliformes termotolerantes
	2	itapecerica_2	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	4	Município de Itapecerica	Coliformes termotolerantes e PT
	3	itapecerica_3	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	3	Município de São Sebastião do Oeste	Coliformes termotolerantes e PT
	4	itapecerica_4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Geração Termoelétrica, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação	Consumo humano urbano	2	3	Município de Divinópolis	PT
	5	itapecerica_5	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Geração Termoelétrica, Dessedentação animal	Consumo humano urbano; Indústria de transformação	Consumo humano urbano	2	3	Município de Divinópolis	PT

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	6	itapecerica_6	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Geração Termoelétrica, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Irrigação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Divinópolis	Coliformes termotolerantes e PT
Rio São João	1	sao_joao_cabeceira	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Mineração; Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Início no município de Itaguara até município de Itatiaiuçu	-
	2	sao_joao2	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Mineração; Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	4	Início no município de Itatiaiuçu até município de Itaúna	Coliformes termotolerantes e DBO
	3	sao_joao3	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Itaúna	Coliformes termotolerantes e DBO
	4	sao_joao4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Itaúna	Coliformes termotolerantes e DBO
	5	sao_joao5	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Itaúna	Coliformes termotolerantes, PT e DBO

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	6	sao_joao6	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	3	Município de Itaúna	Coliformes termotolerantes e DBO
	7	sao_joao7	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	3	Município de Igaratinga	Coliformes termotolerantes e DBO
	8	sao_joao8	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Início no município de Igaratinga até município de Conceição do Pará	-
	9	sao_joao9	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Mineração; Dessedentação animal	Consumo humano urbano	1	3	Município de Conceição do Pará	PT
Rio Lambari	1	lambari_cabeceira	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Consumo humano rural; Indústria de transformação; Irrigação	Consumo humano rural	1	2	Início no município de Itapeçerica até município de Pedra do Indaiá	PT
	2	lambari1	Não	Consumo humano rural, Irrigação	Consumo humano rural; Irrigação	Consumo humano rural	2	2	Município de Pedra do Indaiá	-

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	3	lambari2	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Início no município de Pera do Indaiá até município de Araújo	-
	4	lambari3	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	2	Início no município de Araújo até municípios de Leandro Ferreira e Martinho Campos (divisa)	-
	5	lambari4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Município de Leandro Ferreira e Martinho Campos (divisa), trecho logo a montante da confluência com o rio Pará	-
Rio Picão	1	picao1	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Indústria de transformação; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Bom Despacho	Coliformes termotolerantes e PT
	2	picao2	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Consumo humano urbano; Dessedentação animal; Irrigação	Consumo humano urbano	2	4	Município de Bom Despacho	Coliformes termotolerantes e PT

Curso d'Água	Trechos	Nome Trecho	UC de Proteção Integral	Usos atuais	Usos preponderantes (somam 90% ou mais)	Usos preponderantes mais restritivos	Classe Necessária	Classe Atualmente Atendida	Trecho - Referência	Parâmetros responsáveis pela violação (critério 2)
	3	picao3	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	3	Início no município de Bom Despacho até município de Martinho Campos	Coliformes termotolerantes e PT
	4	picao4	Não	Consumo humano urbano, Consumo humano rural, Indústria de transformação, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Município de Martinho Campos	-
	5	picao5	Não	Consumo humano rural, Mineração, Dessedentação animal, Irrigação	Dessedentação animal; Irrigação	Irrigação	2	2	Município de Martinho Campos, trecho logo a montante da confluência com o rio Pará	-

Fonte: Elaboração própria.

6. PROGNÓSTICO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O Prognóstico para as águas subterrâneas teve seu desenvolvimento realizado no contexto do mesmo processo de cenarização do desenvolvimento da bacia hidrográfica do rio Pará, exposto no Capítulo 2 deste documento. A partir de então, foram construídos cenários de crescimento de demandas de águas subterrâneas e que foram apresentados no terceiro capítulo, especificamente no que se refere ao subitem de demandas. Na sequência, são apresentados alguns aspectos relacionados ao Prognóstico, de acordo com especificidades previstas no contexto dos termos de referência de elaboração deste estudo.

6.1 ASPECTOS INSTITUCIONAIS E LEGAIS

As águas subterrâneas são disciplinadas por extenso repertório de leis, decretos, normas, portarias, resoluções e deliberações sancionadas nos níveis federal, estaduais e municipais.

Um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme estabelecido pela Lei Federal nº 9.433/1997, é o Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes, cuja proposta conceitual de Planejamento do Enquadramento para as Águas Subterrâneas da região da Bacia do Alto São Francisco vem sendo estudada no decorrer deste estudo, com o objetivo de proposição e futura implantação de um programa de monitoramento das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Pará. Destacam-se, entre outros, importantes instrumentos de gestão que integram a Política Nacional de Recursos Hídricos, juntamente com o enquadramento, como os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, o Sistema de Informações de Recursos Hídricos, a Outorga de Direito de Uso e a Cobrança pelo Uso.

O Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes, visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes.

Os procedimentos para o enquadramento dos corpos de água subterrâneos foram definidos, em nível federal, pela Resolução nº 91/2008, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, que definiu a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão integrada de recursos hídricos envolve questões complexas, ainda não devidamente equacionadas, quando se trata dos reservatórios subterrâneos, como por exemplo:

- Os divisores das bacias hidrográficas são estabelecidos pela topografia do terreno, enquanto os divisores hidrogeológicos são determinados pelas linhas de fluxo subterrâneo e, necessariamente, não são coincidentes. Esta condição implica na transferência de água subterrânea entre bacias contíguas, independentemente dos divisores topográficos (ANA, 2017);
- A natureza do fluxo subterrâneo exhibe condições de escoamento local, intermediário e regional. As condições intermediária e regional condicionam o escoamento da água subterrânea para bacias distantes (Paula e Silva & Chang, 2018);
- As outorgas para exploração de águas subterrâneas de uma determinada bacia podem afetar as reservas hídricas em bacias adjacentes ou fronteiriças, dependendo das características e condições de fluxo dos aquíferos.

É relevante, ainda, ressaltar as complexidades hidrogeológicas associadas aos diferentes tipos de aquíferos (poroso, fissural, cárstico) e seus relacionamentos estratigráficos e estruturais no contexto hidrogeológico da bacia hidrográfica, como por exemplo: existência de mais de um aquífero em profundidade; dobramentos e falhamentos dando origem a intrincado arranjo entre as diferentes unidades aquíferas, incluindo justaposição, omissão e recorrência de aquíferos; aquíferos com intercalações de porções com porosidades e permeabilidades variáveis no espaço e em profundidade, entre outras. Tais complexidades não são traduzidas pelos mapas geológicos, daí a necessidade de melhorar o entendimento hidrogeológico da bacia com auxílio de dados geofísicos (de superfície e de subsuperfície), perfis descritivos de poços, testes de bombeamento com caracterização de parâmetros hidrodinâmicos, etc.

Embora os limites dos divisores hidrogeológicos não coincidam com os limites topográficos definidos para as bacias hidrográficas, o entendimento atual é de que essa forma de recorte geográfico por bacia, permite a adoção de instrumentos de controle visando a preservação ambiental e sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

No âmbito estadual, a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, aprovada pela Lei nº 13.199/1999, objetivou-se assegurar o controle dos usos atuais e futuros, o uso da água em quantidade, qualidade e regime satisfatórios. A política estadual reconheceu o direito de todos ao acesso dos recursos hídricos, priorizando o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas e os recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico. Para as águas subterrâneas estaduais, indica recursos financeiros e institucionais para, entre outros, programas permanentes de recuperação das disponibilidades hídricas, de proteção da qualidade e da superexploração, e das áreas de recarga e descarga dos aquíferos. Adotou também, como instrumento para a consecução da política estadual, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes e de acordo com as legislações ambientais federal e estadual. As agências de bacia ficaram encarregadas de propor aos CBHs – Comitês de Bacia Hidrográfica o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para posterior encaminhamento ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH, assim como os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos.

Ainda no plano estadual, o Decreto Estadual nº 41.578/2001 determinou que o enquadramento deve ser efetuado considerando as diretrizes básicas, objetivos e metas de qualidade estabelecidas nos Planos Estadual e Diretores de Recursos Hídricos, observada a legislação aplicável.

Dentre outros instrumentos legais que estabelecem diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos destacam-se a Resolução CNRH nº 202/2018, que trata das diretrizes para a gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; a Resolução CNRH nº 92/2008, que trata dos critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas; a Resolução CONAMA nº 420/2009, que trata dos critérios e valores orientadores de

qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas; a Resolução CNRH nº 153/2013, que trata dos critérios e diretrizes para implantação de recarga artificial de aquíferos; e a Resolução CNRH nº 107/2010, que trata das diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas; a Deliberação Normativa Conjunta COPAM - CERH nº 02/2010, que institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas e estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas; e a Deliberação Normativa Copam nº 166/2011, que altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos.

Tendo em vista a necessidade de promover a proteção da qualidade natural, a prevenção e o controle da poluição, em consonância com a legislação de recursos hídricos vigente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA aprovou a Resolução 396/2008, que fixou as diretrizes ambientais para a classificação e enquadramento das águas subterrâneas.

O enquadramento compreende o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo. A classe de qualidade compreende o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuro, e a classificação define a qualificação das águas subterrâneas em função de padrões de qualidade que possibilite o seu enquadramento. A condição de qualidade, por sua vez, representa a qualidade apresentada pelas águas subterrâneas, num determinado momento, frente aos requisitos de qualidade dos usos.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 classifica as águas subterrâneas em seis classes com base na qualidade hidrogeoquímica natural, possíveis alterações promovidas por

atividades antrópicas e exigência ou não de tratamento para os usos preponderantes. De acordo com a referida resolução, as águas subterrâneas foram categorizadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

As classes de água foram estabelecidas com base na qualidade natural, Valores de Referência de Qualidade – VRQ determinados pelos órgãos competentes e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, conforme Resolução CONAMA n° 396/2008. Os Valores de Referência de Qualidade – VRQ exprimem a

concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea; os Valores Máximos Permitidos – VMP definem as concentrações máximas permitidas de um dado parâmetro para cada uso da água subterrânea.

Os parâmetros selecionados para subsidiar as propostas de enquadramento das águas subterrâneas, segundo a Resolução CONAMA n° 396/2008, devem levar em conta os usos preponderantes, as características hidrogeoquímicas, as fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelos órgãos competentes. Dentre os parâmetros selecionados, devem ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, Nitrato e Coliformes Termotolerantes.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH n° 91/2008 estabelece que a proposta de enquadramento deverá ser desenvolvida de forma integrada, em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante a sua elaboração, devendo conter as etapas de diagnóstico, prognóstico, de propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e programa de efetivação. Sua elaboração deve atender aos aspectos técnicos descritos na resolução, que são os mesmos descritos na Resolução CONAMA n° 396/2008.

As diretrizes e critérios aprovados pela Resolução CNRH n° 107/2010, determinam que à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA cabe o planejamento e coordenação, e ao CPRM – Serviço Geológico do Brasil a implantação, operação e manutenção da Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas. A seleção dos pontos de monitoramento deve considerar, entre outros, o uso e ocupação do solo; a demanda de água subterrânea; a hidrogeoquímica; os aquíferos estratégicos; a proximidade com estações hidrometeorológicas; e a quantidade e distribuição espacial dos poços de monitoramento e de produção existentes para integração na rede. Os parâmetros de qualidade de água devem ser selecionados a partir da Resolução CONAMA n° 396/2008.

Desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, o Projeto Águas de Minas é responsável, desde 2005, pelo monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, cujo objetivo principal é a análise qualitativa dos recursos hídricos

subterrâneos em seus aspectos de variação espacial e temporal. A avaliação das condições de qualidade propiciadas pelo monitoramento fornece subsídios para ações de prevenção e controle da poluição, como o estabelecimento de background (valores de fundo naturais) e o enquadramento para as águas subterrâneas. O monitoramento abrange 74 parâmetros físico-químicos e biológicos das águas subterrâneas e é feito, principalmente, em poços tubulares de produção e, subordinadamente, em poços rasos e nascentes da região Norte do estado, bacia do rio das Velhas e Aquífero Guarani. De toda forma, é importante salientar que não há, ainda, monitoramento de qualidade das águas subterrâneas na bacia do Pará feito pelo IGAM.

Na esfera federal, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM coordena e opera uma rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas, cujo objetivo do monitoramento contínuo é identificar impactos causados nas disponibilidades dos aquíferos em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos. Essa rede não possui, atualmente, poços de monitoramento na Bacia do Rio Pará.

6.2 DIRETRIZES TÉCNICAS E LEGAIS ORIUNDAS DO DIAGNÓSTICO

O enquadramento de águas subterrâneas, conforme já citado, é um dos instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos que visa a proteção da qualidade dessas águas para os diversos usos, em especial o abastecimento humano, uma vez que poluídas ou contaminadas sua remediação é lenta e onerosa. Nesse sentido, as diretrizes ambientais definidas pelos órgãos gestores de recursos hídricos recomendam a implementação de áreas de proteção de aquíferos e perímetros de proteção de poços de abastecimento. Havendo necessidade de restringir o uso ou extração de água subterrânea, em caráter excepcional e temporário, devido à qualidade natural alterada ou à superexploração, podem ser implementadas áreas de restrição e controle do uso da água subterrânea.

Conforme as diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA nº 396/2008, a classificação das águas subterrâneas para fins de enquadramento deve ser feita com base nas características hidroquímicas naturais dos aquíferos e na alteração da

qualidade provocada por atividades antrópicas, geradoras de fontes pontuais e difusas de poluição.

Em geral, a qualidade das águas subterrâneas é adequada para os usos mais restritivos, necessitando apenas de simples cloração e eventualmente fluoretação, para atendimento às portarias de potabilidade vigentes (Portaria GM/MS nº 888; Portaria de Consolidação nº 5/2017). Essas águas são enquadradas na Classe Especial e Classe 1 (Resolução CONAMA nº 396/2008).

Pontualmente, as águas subterrâneas podem apresentar, em condições naturais, elementos nocivos ou com teores acima dos estabelecidos nas portarias de potabilidade, necessitando tratamento mais rigoroso para adequação aos usos mais restritivos. Neste caso, essas águas são enquadradas nas classes 2 e 3 (Resolução CONAMA nº 396/2008).

Quando alteradas por contaminantes que impeçam seu uso nas classes mais restritivas, as águas subterrâneas são rebaixadas para as classes 4 e 5, que atendem usos menos restritivos ou sem requisitos de qualidade.

A seguir, são apresentadas algumas diretrizes emanadas das análises realizadas na etapa de Diagnóstico, cujo objetivo é orientar os órgãos gestores, ambientais e agências de bacia no desenvolvimento do planejamento do enquadramento das águas subterrâneas.

Diretriz 1 – Elaboração de estudos hidrogeológicos

As propostas de enquadramento dos recursos hídricos subterrâneos devem ser desenvolvidas, preferivelmente, durante a elaboração dos Planos Diretores de Bacia e devem: abordar as conexões entre águas superficiais e subterrâneas; a localização dos usos e interferências que alterem a quantidade ou qualidade dos recursos hídricos; a identificação, localização e quantificação de fontes poluentes; as disponibilidades, demandas, potencialidades e qualidade natural das águas subterrâneas; o mapeamento de áreas vulneráveis; e a identificação de áreas contaminadas e superexploradas, dentre outras. Basicamente, essas são as mesmas condições requeridas pela Resolução CONAMA nº 396/2008. No entanto, a análise

de 34 planos de recursos hídricos de bacias mineiras, elaborados do período de 2002 a 2020, constatou que foram desenvolvidas atividades visando, unicamente, ao enquadramento dos recursos hídricos superficiais. Justifica-se tal fato, em parte, porque alguns planos foram desenvolvidos previamente à Resolução CONAMA nº 396/2008, aprovada apenas em 2008; e em parte pelos conhecidos problemas relacionados à escassez e à qualidade ruim dos dados hidrogeológicos disponíveis.

As demandas relacionadas à etapa de Diagnóstico, envolvidas na elaboração de proposta de enquadramento das águas subterrâneas e inseridas nas premissas dos planos diretores de recursos hídricos, requerem informações técnicas que, normalmente, fazem parte de estudos hidrogeológicos detalhados, como aqueles executados, por exemplo, pela ANA. Essas demandas têm sido tratadas com parcimônia nos planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas, deixando de atender integralmente às diretrizes ambientais dispostas na Resolução CONAMA nº 396/2008. Considerando que a etapa de Diagnóstico tem o propósito de apenas reunir e analisar informações existentes disponibilizadas pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as lacunas de conhecimento sobre os aquíferos da bacia devem ser preenchidas mediante a elaboração de estudos hidrogeológicos detalhados, que constituem a base das informações para o planejamento do monitoramento qualitativo, incluindo a seleção dos aquíferos e a definição dos locais de coleta de amostras. Esses estudos, quando possível, devem incluir: mapeamentos e estudos geológicos e estruturais atualizados, em escala compatível, disponibilizados pelos órgãos executores, públicos ou privados; estudos geofísicos de superfície e de subsuperfície; sensoriamento remoto e outras técnicas disponíveis; definição de áreas de recarga e descarga da bacia, etc.

Diretriz 2 – Cadastro de usuários e outorgas

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. No estado de Minas Gerais, o IGAM é responsável pela análise das outorgas. A base de dados de outorgas de recursos hídricos subterrâneos reúne, dentre outras, informações sobre dados construtivos e localização geográfica da captação, vazão

requerida, finalidade do uso e informações básicas sobre a qualidade da água. A qualidade das informações constantes do cadastro é fundamental para que se alcance, além dos propósitos definidos na gestão desses recursos, aqueles necessários para o enquadramento das águas subterrâneas. Tão importante quanto, é a abrangência das informações de outorga que deve alcançar a grande maioria dos usuários, de modo que os números sejam, de fato, representativos das interferências nos reservatórios subterrâneos. Para tanto, há necessidade de concentração de esforços por parte dos órgãos gestores de recursos hídricos e ambientais para atingir esse objetivo.

A espacialização dos pontos de captação de águas subterrâneas na bacia e as correspondentes vazões outorgadas constituem importantes informações utilizadas na análise da intensidade de exploração dos aquíferos que, comparadas com as disponibilidades subterrâneas, permitem identificar áreas nas quais a extração de água é ou pode se tornar crítica. O reconhecimento de áreas em processo de superexploração constitui um dos principais critérios para implementação de poços de avaliação da quantidade e da qualidade das águas subterrâneas sendo, portanto, uma ferramenta imprescindível para o planejamento da rede de monitoramento, além de permitir a identificação e delimitação de áreas de restrição.

Os dados dos poços cadastrados no sistema de outorga estadual reúnem informações sobre as características construtivas e hidrodinâmicas das captações, muito úteis na hora da seleção dos pontos de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas. As características construtivas registram, dentre outras, a profundidade dos poços, perfil geológico, entradas de água, aquífero explotado, existência de cimentação de proteção, laje e características do equipamento de bombeamento instalado; as características hidrodinâmicas registram as profundidades do nível de água estático e dinâmico, e a vazão de produção – que pode ser diferente da vazão outorgada. Nesse sentido, os usuários a serem outorgados devem apresentar relatórios de perfuração de poços com qualidade técnica e completos quanto às informações mínimas exigidas, os quais deverão ser consistidos pelos órgãos gestores, previamente à inserção no sistema de cadastro estadual.

Considerando a possibilidade de que poços inseridos nessa base venham a ser integrados ao monitoramento de qualidade, essas informações auxiliarão na seleção das captações que cumprirem os critérios técnicos e operacionais exigidos para composição da rede.

Diretriz 3 – Aquisição de dados hidroquímicos

Não foram relatadas informações sobre a qualidade das águas subterrâneas no Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, comprovando a escassez ou inexistência de dados hidroquímicos da bacia, tampouco foram disponibilizadas pelos órgãos gestores ou pelas concessionárias de abastecimento público de água que se utilizam de poços. Até o presente momento, o IGAM não dispõe de poços de monitoramento nessa bacia; o mesmo acontece com o CPRM, responsável pelo planejamento, coordenação e operação da rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas em nível federal.

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas presentes nos aquíferos é determinante para o conhecimento de sua qualidade natural e para o estabelecimento dos padrões de referência para o enquadramento em classes. Por outro lado, a dinâmica de circulação das águas subterrâneas e sua interação com as águas de precipitação atmosférica que circulam na superfície do terreno possibilitam carrear substâncias poluentes que, por infiltração, alcançam os reservatórios subterrâneos, daí a necessidade de monitoramento contínuo dos parâmetros hidroquímicos.

Previamente à definição e implementação de uma rede de monitoramento das condições de qualidade dos aquíferos distribuídos na bacia, há necessidade de obtenção de parâmetros hidroquímicos que permitam uma caracterização adequada dessas águas. Esses parâmetros poderiam ser obtidos por meio da coleta e análise de amostras de água extraídas de captações de abastecimento público existentes, administradas pela COPASA e prefeituras municipais. A vantagem de utilização de poços públicos em operação é que se evita a instalação de poços de dedicação exclusiva, o que representa grande economia na instalação de uma rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.

Diretriz 4 – Cadastro de fontes potenciais de contaminação

Problemas comuns ainda existentes nos cadastros disponibilizados pelos órgãos ambientais referem-se à ausência de coordenadas de localização em bases georreferenciadas e de classificação qualitativa do potencial contaminante, informações que impedem uma análise mais efetiva por meio da utilização de ferramentas de geoprocessamento. A localização da fonte e a classificação sistemática em termos qualitativos, fundamentada na probabilidade de gerar uma carga poluente no subsolo, juntamente com o mapa de vulnerabilidade dos aquíferos, é essencial para avaliar os riscos de contaminação da água subterrânea e adotar medidas de controle e fiscalização. Além disso, as informações de empreendimentos potencialmente poluentes não estão sistematizadas em base única e, geralmente, carecem de atualização.

As principais fontes potenciais de contaminação dos aquíferos compreendem: empreendimentos industriais, comerciais, de serviços e minerários; locais com disposição de resíduos sólidos, como aterros sanitários, lixões e aterros controlados; postos e locais de armazenamento de combustíveis e derivados; feições lineares de transporte – rodovias, ferrovias, dutos; saneamento *in situ*; fertilizantes e agroquímicos utilizados na agricultura; empreendimentos pecuaristas; e cemitérios, dentre outros.

6.3 RESULTADOS PRELIMINARES DE CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E REDES DE MONITORAMENTO NA ÁREA DE ESTUDO QUE POSSAM CONTRIBUIR PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme apontado na diretriz nº 3, exposta no subitem anterior, não foram relatadas informações sobre a qualidade das águas subterrâneas no PDRH Pará e tampouco foram disponibilizadas pelos órgãos gestores ou pelas concessionárias de abastecimento público de água que se utilizam de poços. Também foi observado que o IGAM e a CPRM não dispõem de poços de monitoramento da qualidade nessa bacia. A insuficiência ou inexistência de dados hidroquímicos não possibilitam a caracterização e a definição dos padrões de referência das águas subterrâneas dos aquíferos e, conseqüentemente, de uma classificação preliminar. Neste caso, há necessidade de realizar campanhas para levantamentos hidroquímicos a partir de

base de dados cadastrais de captações destinadas, principalmente, para abastecimento público.

6.4 MATRIZ PARA PRIORIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS MAIS RELEVANTES PARA O ENQUADRAMENTO

A priorização dos aquíferos mais relevantes, com vistas ao enquadramento, deve ser determinada com base em critérios técnicos objetivos, a partir de informações hidrogeológicas disponíveis e do conhecimento existente. Nesse sentido, são discutidos a seguir alguns critérios técnicos de relevância maior ou menor que podem auxiliar na definição dos aquíferos prioritários para o enquadramento.

Os termos de referência deste projeto indicaram os usos preponderantes, o escoamento de base e a densidade de poços existentes como critérios de priorização dos aquíferos.

O uso preponderante das águas subterrâneas para a finalidade de consumo humano na bacia hidrográfica do rio Pará corresponde a 84% das vazões consumidas, segundo cadastro do IGAM, incluindo vazões outorgadas e usos definidos como insignificantes. Trata-se do uso mais restritivo em termos de qualidade de água.

Deve-se atentar que a classificação das águas subterrâneas, conforme descrito no capítulo III da Resolução CONAMA nº 396/2008, depende de suas características hidroquímicas naturais e das alterações de qualidade decorrentes de atividades antrópicas. Por outro lado, o enquadramento depende do uso preponderante mais restritivo, ou seja, a qualidade da água deve ser adequada para atender aos usos previstos a partir daquele aquífero ou conjunto de aquíferos.

O escoamento de base representa a parcela de água subterrânea que é descarregada para os rios, mantendo a perenidade dos cursos superficiais durante o período de estiagem. O escoamento de base é usualmente estimado pela contribuição específica Q_{95} (L/s/km²) e pela área do aquífero (km²) e serve de parâmetro para estimativa das reservas hídricas ativas dos aquíferos. Como a contribuição específica para toda a bacia do rio Pará foi calculada em 3,2 L/s/km² (Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017) na etapa de Diagnóstico, conclui-se que quanto maior a extensão

do aquífero, maior o escoamento de base estimado. Assim, observa-se que esse critério prioriza os aquíferos de maior extensão na bacia, como o Aquífero Cristalino, em detrimento daqueles que são mais intensamente explorados.

Embora a densidade de poços também seja um critério importante para avaliação da priorização dos aquíferos com vistas ao enquadramento, o maior impacto sobre as reservas hídricas dos aquíferos é provocado pela quantidade de água extraída (vazão) pelo conjunto de poços em operação, outorgados ou apenas cadastrados como de uso insignificante. Nesse sentido, aquíferos com grande concentração de poços, que extraem importantes volumes de água, são considerados prioritários para o enquadramento. Esse critério, que é baseado na intensidade de exploração ou no estresse hídrico (balanço entre disponibilidade e exploração), é o critério de maior peso para priorização dos aquíferos.

Outros critérios complementares, como o uso e ocupação do solo, considerando o potencial de contaminação associado em razão das atividades antrópicas existentes, e a vulnerabilidade natural dos aquíferos (face à suscetibilidade de contaminação) podem ser utilizados na priorização dos aquíferos. Tais questões serão exploradas na próxima etapa deste estudo, quando da proposição de questões relacionadas à rede de monitoramento de águas subterrâneas.

6.5 PLANEJAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE ETAPAS, AÇÕES, RESPONSÁVEIS E CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O Diagnóstico revelou que o enquadramento das águas subterrâneas não foi abordado no PDRH Pará e que os parâmetros de qualidade das águas dos aquíferos, levantados ou disponibilizados nessa etapa mostraram-se insuficientes e incompletos para uma caracterização hidroquímica adequada aos propósitos do enquadramento. Além disso, a escassez e incompletude das informações dos poços outorgados na bacia impedem uma seleção, mesmo que preliminar, das captações mais apropriadas com vistas à inserção na rede de monitoramento de qualidade.

Assim, as ações aqui definidas e direcionadas à implementação do plano de enquadramento das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Pará contemplam um conjunto de atividades essenciais (Quadro 6-1), agrupadas em etapas consecutivas, cuja finalidade primordial é atender às seguintes metas:

- Coletar e analisar amostras de água visando à caracterização hidroquímica dos aquíferos ou de parte deles;
- Avaliar e analisar espacialmente os dados por meio de ferramentas de SIG;
- Selecionar poços que irão compor a rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas;
- Caracterizar os Valores de Referência de Qualidade (VRQs) da água contida nos aquíferos;
- Classificar as águas subterrâneas em função dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada uso preponderante;
- Priorizar os sistemas aquíferos e apresentação de proposta de enquadramento das águas subterrâneas.

Nesta etapa inicial, as coletas de amostras de água dos aquíferos podem ser feitas em poços de abastecimento público, administradas pela COPASA, prefeituras municipais e outras concessionárias, cujas captações apresentem as condições técnicas requeridas para inserção na rede de monitoramento. O monitoramento feito em poços de abastecimento público, em operação, é um processo simples que compreende a coleta periódica de amostras de água extraídas diretamente da torneira instalada no cavalete e envio ao laboratório para análises. O monitoramento da qualidade exige cumprir os procedimentos de coleta e preservação das amostras de água, que deve ser feito por técnicos de laboratórios credenciados ou certificados. A vantagem de utilização de poços públicos em operação é que se evita, a princípio, a instalação de poços de dedicação exclusiva, o que representa grande economia na implementação de uma rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.

Uma vez atingidas as metas programadas, será possível elaborar um plano de efetivação do enquadramento das águas subterrâneas, com definição:

- Da configuração da rede de monitoramento de qualidade;

- Do número e localização dos poços por aquífero;
- Dos parâmetros físico-químicos e frequência do monitoramento hidroquímico;
- Procedimentos de coleta e preservação de amostras de água para análises;
- Análise e divulgação dos resultados do monitoramento;
- Custos de implementação e operação da rede.

Nesta etapa subsequente, podem ser planejadas captações de dedicação exclusiva, preenchendo lacunas ou complementando informações necessárias para o monitoramento e enquadramentos das águas subterrâneas da bacia. Também, a qualquer momento, o órgão gestor pode revisar, acrescentar ou excluir parâmetros hidroquímicos, em função da constatação de outros indicadores representativos da qualidade da água.

O Quadro 6-1 apresenta a proposta de ações e planejamento preliminar para implementação do enquadramento das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Pará. Deve-se atentar que as responsabilidades pelas ações devem ser definidas quando da formalização do plano executivo, considerando, minimamente, a participação do IGAM e do CBH.

Quadro 6-1 – Planejamento das ações para implementação do Enquadramento das águas subterrâneas na bacia do rio Pará

Etapa	Identificação	Planejamento	Ações
1	Seleção dos pontos preliminares de monitoramento	Levantamento de dados cadastrais de poços utilizados principalmente em abastecimento público	Levantamento dos dados cadastrais junto à COPASA e prefeituras municipais que se utilizam de poços
			Análise dos dados hidrodinâmicos
			Análise de dados geológicos e construtivos
			Verificação da existência dos elementos de proteção sanitária
2	Checagem "in loco" das condições dos poços	Visita às instalações dos poços selecionados preliminarmente para checagem das condições do poço	Obtenção de autorização para visita ao local
			Verificação das condições de segurança contra vandalismo
			Verificação da existência de laje de proteção
			Verificação da existência de tubos auxiliares de nível
			Verificação da existência de torneira para coleta de amostras "in natura"
Aprovação/reprovação da captação			
3	Coleta de amostras de água nos pontos	Planejamento e coleta de amostras diretamente na	Medições de pH, temperatura, CE, Eh, cor e turbidez "in loco"
			Coleta para análises microbiológicas

Etapa	Identificação	Planejamento	Ações
	selecionados preliminarmente	torneira do cavalete do poço para envio ao laboratório (ver Guia nacional de coleta e preservação de amostras. CETESB, 2011)	Coleta para análises hidroquímicas (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de agrotóxicos, em zonas rurais (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de BTEX e fenóis
			Coleta para análise de metais pesados (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
4	Análise dos resultados hidroquímicos preliminares: primeira campanha	Avaliação dos resultados com vistas à caracterização hidroquímica	Classificação hidroquímica (Stiff e Piper)
			Avaliação de possível correlação/similaridade por análise de "cluster"
			Análise estatística descritiva
			Zoneamento hidroquímico
			Análise da qualidade da água (metais pesados, fenóis, BTEX, agroquímicos, microbiológicos)
5	Seleção dos poços para coleta de amostras: 2a campanha	Coleta de amostras diretamente na torneira do cavalete do poço para envio ao laboratório.	Nova coleta e análise em caso de resultados duvidosos
			Medições de pH, temperatura, CE, Eh, cor e turbidez "in loco"
			Coleta para análises microbiológicas
			Coleta para análises hidroquímicas (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de agrotóxicos, em zonas rurais (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de BTEX e fenóis
6	Análise dos resultados hidroquímicos preliminares: segunda campanha	Avaliação dos resultados com vistas à caracterização hidroquímica	Coleta para análise de metais pesados (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Classificação hidroquímica (Stiff e Piper)
			Avaliação de possível correlação/similaridade por análise de "cluster"
			Análise estatística descritiva
			Zoneamento hidroquímico
			Análise da qualidade da água (metais pesados, fenóis, BTEX, agroquímicos, microbiológicas)
7	Validação dos poços para inserção na rede	Avaliação dos resultados com vistas à seleção dos poços para inserção na rede de monitoramento	Nova coleta e análise em caso de resultados duvidosos
			Avaliação dos resultados com vistas à seleção dos poços para inserção na rede de monitoramento
8	Proposição de novos pontos para inserção na rede	Complementação de novos pontos para inserção na rede a partir dos resultados obtidos preliminarmente	Estudos locais de poços de abastecimento para complementação da rede de monitoramento. Avaliação da possibilidade de inserção de poços privados na rede, após solicitação formal aos proprietários, desde que sejam observadas as condições requeridas (sanitárias e técnicas)
9	Coleta de amostras de água nos novos pontos selecionados: 1a fase	Coleta de amostras diretamente na torneira do cavalete do poço para envio ao laboratório	Medições de pH, temperatura, CE, Eh, cor e turbidez "in loco"
			Coleta para análises microbiológicas
			Coleta para análises hidroquímicas (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de agrotóxicos, em zonas rurais (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)

Etapa	Identificação	Planejamento	Ações
			Coleta para análise de BTEX e fenóis
			Coleta para análise de metais pesados (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
10	Coleta de amostras de água nos novos pontos selecionados: 2ª campanha	Coleta de amostras diretamente na torneira do cavalete do poço para envio ao laboratório	Medições de pH, temperatura, CE, Eh, cor e turbidez "in loco"
			Coleta para análises microbiológicas
			Coleta para análises hidroquímicas (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de agrotóxicos, em zonas rurais (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Coleta para análise de BTEX e fenóis
			Coleta para análise de metais pesados (parâmetros a serem definidos pelo IGAM)
			Classificação hidroquímica (Stiff e Piper)
11	Análise dos resultados hidroquímicos com o total de poços	Avaliação dos resultados com vistas à caracterização hidroquímica	Avaliação de possível correlação/similaridade por análise de "cluster"
			Análise estatística descritiva
			Zoneamento hidroquímico
			Análise da qualidade da água (metais pesados, fenóis, BTEX, agroquímicos, microbiológicas)
12	Determinação dos VRQs	Determinação dos VRQs dos parâmetros de qualidade dos aquíferos	Determinação dos VRQs dos parâmetros de qualidade dos aquíferos com base em análises estatísticas
13	Classificação das águas subterrâneas	Classificação das águas subterrâneas em função dos padrões de qualidade	Classificação das águas subterrâneas em função dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada uso preponderante
14	Proposta de enquadramento	Proposta de enquadramento e priorização dos aquíferos	Estabelecimento da meta ou da classe da água a ser, obrigatoriamente, alcançada ou mantida em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes
			Priorização dos aquíferos com vistas à implementação do monitoramento
			Plano de monitoramento

Fonte: elaboração própria

7. USOS PRETENSOS DE RECURSOS HÍDRICOS

A análise dos usos preponderantes mais restritivos foi realizada segundo dois critérios, de forma análoga à feita no produto anterior (Diagnóstico), a seguir apresentados:

- Critério 1: conjunto dos usos preponderantes que somam 90% da vazão ou mais;

- Critério 2: Principal uso mais restritivo, segundo Resolução CONAMA nº 357/2005²⁷.

A partir desses critérios, foram realizadas as análises e seus resultados são apresentados de forma espacial em três mapas para cada um dos três cenários apresentando: i) o conjunto dos usos preponderantes que somam 90% da vazão ou mais; ii) o uso mais restritivo dentro do conjunto de usos que somam 90% ou mais (ou seja, o uso mais restritivo dentro do conjunto de usos do item i)); iii) o principal uso (de maior vazão) mais restritivo.

Do Quadro 7-1 ao Quadro 7-10 são apresentadas as porcentagens de vazão de cada setor usuário, para cada uma das sub-bacias da CH SF2, considerando a cena atual e para os três cenários de cada horizonte. Na sequência, os resultados são apresentados de forma espacializada da Figura 7.1 até a Figura 7.9, mostrando os três tipos de mapas citados no parágrafo anterior, para os três cenários projetados de crescimento e para as três cenas futuras propostas. Essas informações são relevantes para dar suporte à definição dos usos pretendidos da bacia, considerando variação entre os três cenários e para as cenas futuras da bacia.

²⁷ Conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, os usos da água estão na seguinte ordem, do mais restritivo ao menos restritivo: 1 – Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; 2 – Proteção das comunidades aquáticas; 3 – Recreação de contato primário; 4 – Aquicultura; 5 – Abastecimento para consumo humano; 6 – Recreação de contato secundário; 7 – Pesca; 8 – Irrigação; 9 – Dessedentação de animais; 10 – Navegação; 11 – Harmonia Paisagística.

Quadro 7-1 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2 – Cena Atual (2020)

Macro Divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	22%	6%	7%	7%	0%	37%	21%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	47%	2%	13%	1%	0%	23%	14%	0%	5%
	Rio Itapecerica	50%	1%	28%	0%	3%	11%	6%	0%	16%
	Médio Rio Pará	23%	2%	27%	1%	2%	13%	8%	24%	17%
Baixo Pará	Rio São João	36%	2%	11%	7%	0%	13%	24%	7%	16%
	Ribeirão da Paciência	57%	2%	34%	1%	0%	0%	6%	0%	5%
	Rio Lambari	21%	3%	13%	0%	0%	40%	22%	1%	9%
	Rio do Peixe	14%	3%	3%	0%	0%	36%	45%	0%	2%
	Rio Picão	15%	0%	4%	0%	0%	13%	67%	1%	13%
	Baixo Pará	18%	1%	28%	1%	0%	12%	39%	1%	13%
Total		30%	2%	19%	2%	1%	16%	25%	6%	100%

Quadro 7-2 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário Tendencial

Macro Divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	20%	5%	7%	9%	0%	38%	22%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	44%	2%	13%	1%	0%	24%	16%	0%	5%
	Rio Itapecerica	46%	1%	30%	0%	3%	12%	7%	0%	16%
	Médio Rio Pará	22%	2%	29%	1%	2%	14%	9%	22%	17%
Baixo Pará	Rio São João	34%	1%	12%	7%	0%	14%	26%	6%	16%
	Ribeirão da Paciência	54%	1%	38%	1%	0%	0%	6%	0%	4%
	Rio Lambari	19%	3%	14%	0%	0%	41%	23%	1%	9%
	Rio do Peixe	13%	2%	3%	0%	0%	37%	44%	0%	2%
	Rio Picão	13%	0%	5%	0%	0%	13%	68%	1%	13%
	Baixo Pará	16%	1%	29%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		28%	2%	20%	2%	1%	17%	26%	5%	100%

Quadro 7-3 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Estagnação

Macro Divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	19%	5%	6%	7%	0%	37%	26%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	45%	2%	11%	1%	0%	24%	17%	0%	5%
	Rio Itapecerica	48%	1%	26%	0%	2%	13%	9%	0%	15%
	Médio Rio Pará	21%	2%	26%	1%	1%	14%	13%	22%	17%
Baixo Pará	Rio São João	34%	1%	10%	7%	0%	13%	28%	7%	16%
	Ribeirão da Paciência	57%	1%	33%	1%	0%	0%	8%	0%	4%
	Rio Lambari	19%	2%	12%	0%	0%	41%	25%	1%	9%
	Rio do Peixe	13%	2%	2%	0%	0%	35%	48%	0%	2%
	Rio Picão	13%	0%	5%	0%	0%	13%	68%	1%	13%
	Baixo Pará	17%	1%	27%	1%	0%	13%	40%	1%	13%
Total		28%	2%	18%	2%	1%	17%	28%	5%	100%

Quadro 7-4 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de curto prazo (2026) – Cenário de Crescimento

Macro Divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	18%	5%	8%	10%	0%	39%	20%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	42%	2%	16%	1%	0%	24%	15%	0%	5%
	Rio Itapecerica	42%	1%	35%	0%	4%	13%	6%	0%	16%
	Médio Rio Pará	20%	2%	33%	1%	2%	15%	8%	20%	17%
Baixo Pará	Rio São João	32%	1%	14%	7%	0%	15%	24%	6%	15%
	Ribeirão da Paciência	50%	1%	42%	1%	0%	0%	5%	0%	4%
	Rio Lambari	17%	2%	15%	0%	0%	44%	22%	1%	9%
	Rio do Peixe	12%	2%	3%	0%	0%	40%	42%	0%	2%
	Rio Picão	12%	0%	5%	0%	0%	14%	67%	0%	13%
	Baixo Pará	16%	1%	30%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		26%	1%	22%	2%	1%	18%	25%	4%	100%

Quadro 7-5 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário Tendencial

Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	19%	4%	7%	9%	0%	38%	22%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	42%	2%	14%	1%	0%	24%	17%	0%	5%
	Rio Itapecerica	43%	1%	32%	0%	3%	13%	7%	0%	16%
	Médio Rio Pará	21%	2%	31%	1%	1%	14%	9%	20%	17%
Baixo Pará	Rio São João	32%	1%	13%	8%	0%	14%	26%	6%	16%
	Ribeirão da Paciência	52%	1%	40%	1%	0%	0%	6%	0%	4%
	Rio Lambari	18%	2%	14%	0%	0%	42%	23%	1%	9%
	Rio do Peixe	13%	2%	3%	0%	0%	38%	44%	0%	2%
	Rio Picão	12%	0%	6%	0%	0%	14%	68%	0%	13%
	Baixo Pará	15%	1%	30%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		26%	1%	21%	2%	1%	18%	26%	5%	100%

Quadro 7-6 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Estagnação

Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	19%	4%	6%	8%	0%	37%	26%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	45%	1%	11%	1%	0%	24%	17%	0%	5%
	Rio Itapecerica	47%	1%	27%	0%	2%	13%	10%	0%	15%
	Médio Rio Pará	20%	2%	27%	1%	1%	14%	14%	21%	17%
Baixo Pará	Rio São João	33%	1%	11%	7%	0%	13%	28%	6%	16%
	Ribeirão da Paciência	56%	1%	34%	1%	0%	0%	8%	0%	4%
	Rio Lambari	18%	2%	13%	0%	0%	42%	25%	1%	9%
	Rio do Peixe	13%	2%	2%	0%	0%	36%	47%	0%	2%
	Rio Picão	13%	0%	5%	0%	0%	14%	67%	1%	13%
	Baixo Pará	17%	1%	28%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		28%	1%	18%	2%	0%	18%	28%	5%	100%

Quadro 7-7 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de médio prazo (2031) – Cenário de Crescimento

Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	17%	4%	8%	10%	0%	38%	22%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	42%	1%	17%	1%	0%	24%	16%	0%	5%
	Rio Itapecerica	39%	1%	37%	0%	3%	13%	6%	0%	16%
	Médio Rio Pará	19%	2%	35%	1%	2%	15%	9%	18%	17%
Baixo Pará	Rio São João	31%	1%	15%	8%	0%	14%	26%	5%	15%
	Ribeirão da Paciência	48%	1%	44%	1%	0%	0%	5%	0%	4%
	Rio Lambari	17%	2%	15%	0%	0%	43%	23%	1%	9%
	Rio do Peixe	12%	1%	4%	1%	0%	39%	43%	0%	2%
	Rio Picão	12%	0%	6%	0%	0%	14%	68%	0%	13%
	Baixo Pará	15%	1%	31%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		25%	1%	24%	2%	1%	18%	26%	4%	100%

Quadro 7-8 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) – Cenário Tendencial

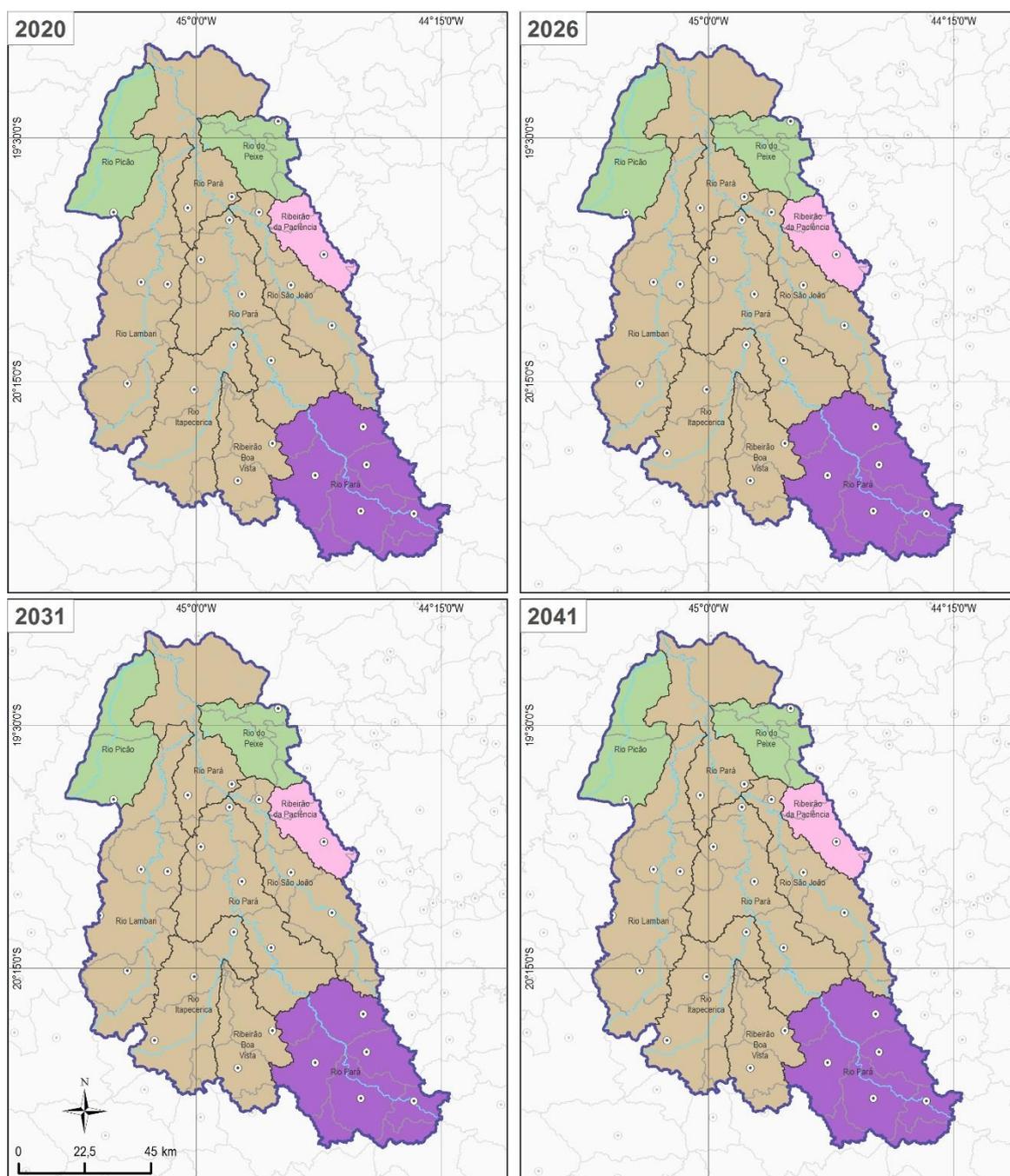
Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	18%	4%	7%	9%	0%	38%	23%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	42%	2%	14%	1%	0%	24%	17%	0%	5%
	Rio Itapecerica	42%	1%	33%	0%	3%	13%	8%	0%	16%
	Médio Rio Pará	21%	2%	31%	1%	1%	15%	10%	20%	17%
Baixo Pará	Rio São João	32%	1%	13%	8%	0%	14%	27%	6%	16%
	Ribeirão da Paciência	52%	1%	41%	1%	0%	0%	6%	0%	4%
	Rio Lambari	18%	2%	14%	0%	0%	42%	23%	1%	9%
	Rio do Peixe	12%	2%	3%	0%	0%	38%	43%	0%	2%
	Rio Picão	12%	0%	6%	0%	0%	14%	68%	0%	13%
	Baixo Pará	15%	1%	30%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		26%	1%	21%	2%	1%	18%	26%	4%	100%

Quadro 7-9 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) - Cenário de Estagnação

Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	19%	4%	6%	8%	0%	37%	26%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	47%	1%	11%	1%	0%	22%	17%	0%	5%
	Rio Itapecerica	48%	1%	28%	0%	2%	12%	9%	0%	16%
	Médio Rio Pará	21%	2%	28%	1%	1%	13%	13%	21%	17%
Baixo Pará	Rio São João	34%	2%	11%	7%	0%	13%	27%	6%	16%
	Ribeirão da Paciência	57%	1%	34%	1%	0%	0%	7%	0%	5%
	Rio Lambari	19%	2%	13%	0%	0%	41%	25%	1%	9%
	Rio do Peixe	13%	2%	2%	0%	0%	35%	47%	0%	2%
	Rio Picão	14%	0%	5%	0%	0%	13%	67%	1%	13%
	Baixo Pará	18%	1%	28%	1%	0%	12%	39%	1%	12%
Total		28%	1%	19%	2%	1%	17%	27%	5%	100%

Quadro 7-10 – Porcentagem de retirada por setor usuário e por sub-bacia da CH SF2, no horizonte de longo prazo (2041) – Cenário de Crescimento

Macro divisão	Sub bacia	Humana urbana	Humana rural	Indústria de transformação	Mineração	Geração termelétrica	Dessedentação animal	Agricultura irrigada	Evaporação em Reservatórios	Total
Alto Pará	Alto Rio Pará	18%	3%	8%	10%	0%	39%	22%	0%	5%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	42%	1%	16%	1%	0%	24%	16%	0%	5%
	Rio Itapecerica	41%	0%	36%	0%	3%	13%	7%	0%	16%
	Médio Rio Pará	19%	1%	34%	1%	2%	16%	10%	18%	16%
Baixo Pará	Rio São João	31%	1%	14%	8%	0%	15%	26%	5%	16%
	Ribeirão da Paciência	50%	1%	43%	1%	0%	0%	5%	0%	4%
	Rio Lambari	16%	1%	15%	0%	0%	44%	23%	1%	9%
	Rio do Peixe	12%	1%	3%	0%	0%	40%	43%	0%	2%
	Rio Picão	12%	0%	6%	0%	0%	14%	68%	0%	13%
	Baixo Pará	15%	1%	30%	1%	0%	13%	39%	1%	13%
Total		25%	1%	23%	2%	1%	18%	26%	4%	100%



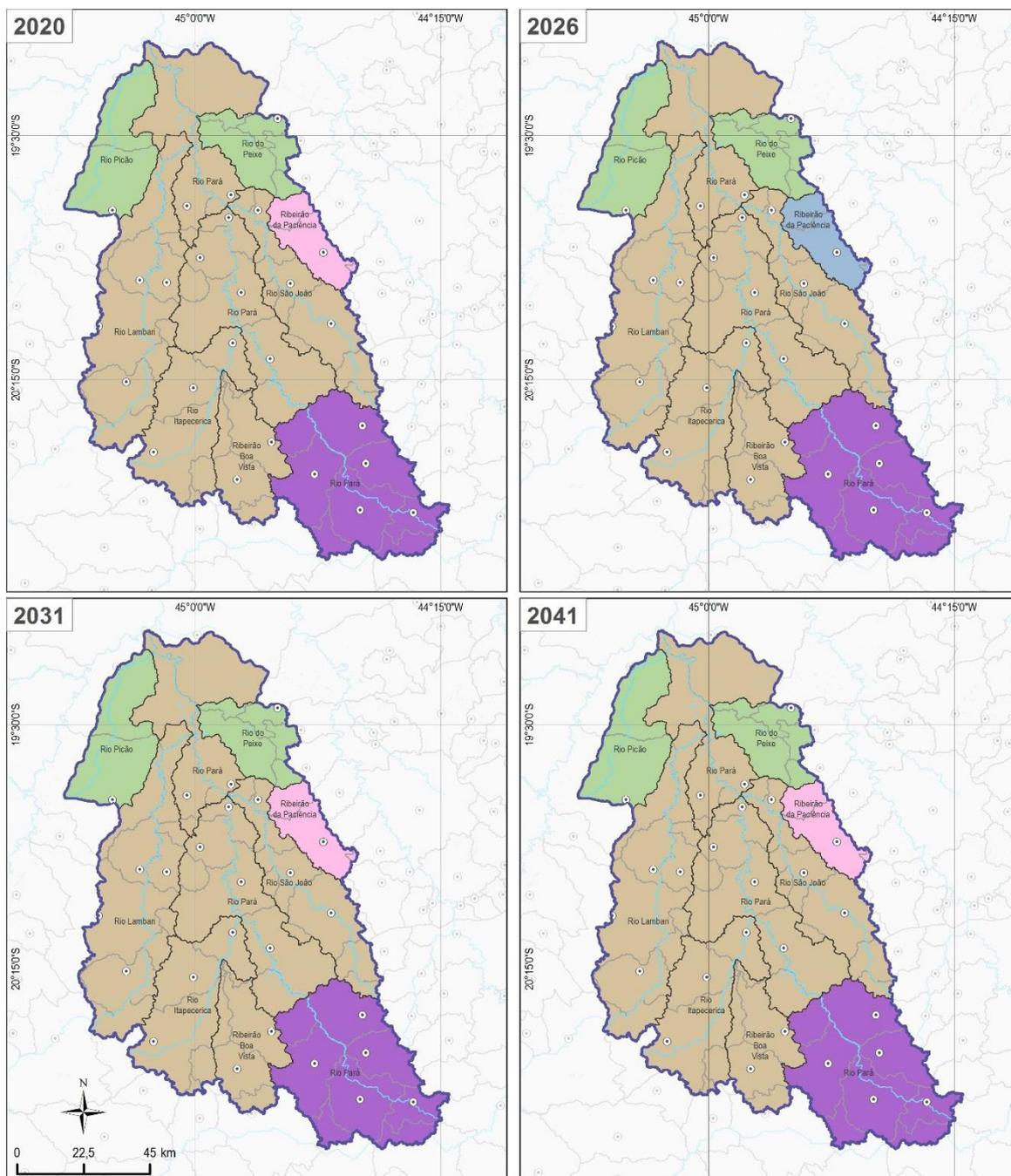
LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Subbacias
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- | Demanda (Usos consuntivos) | |
|----------------------------|--|
| | H. Urb.; Des. An.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Des. An.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Min.; Des. An.; Ag. Ir. |
- Ag. Ir. - Agricultura irrigada; Des. An. - Dessedentação animal; H. Urb. - Humana urbana;
Ind. Tr. - Indústria de transformação; Min. - Mineração;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.1 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário Tendencial.



LEGENDA

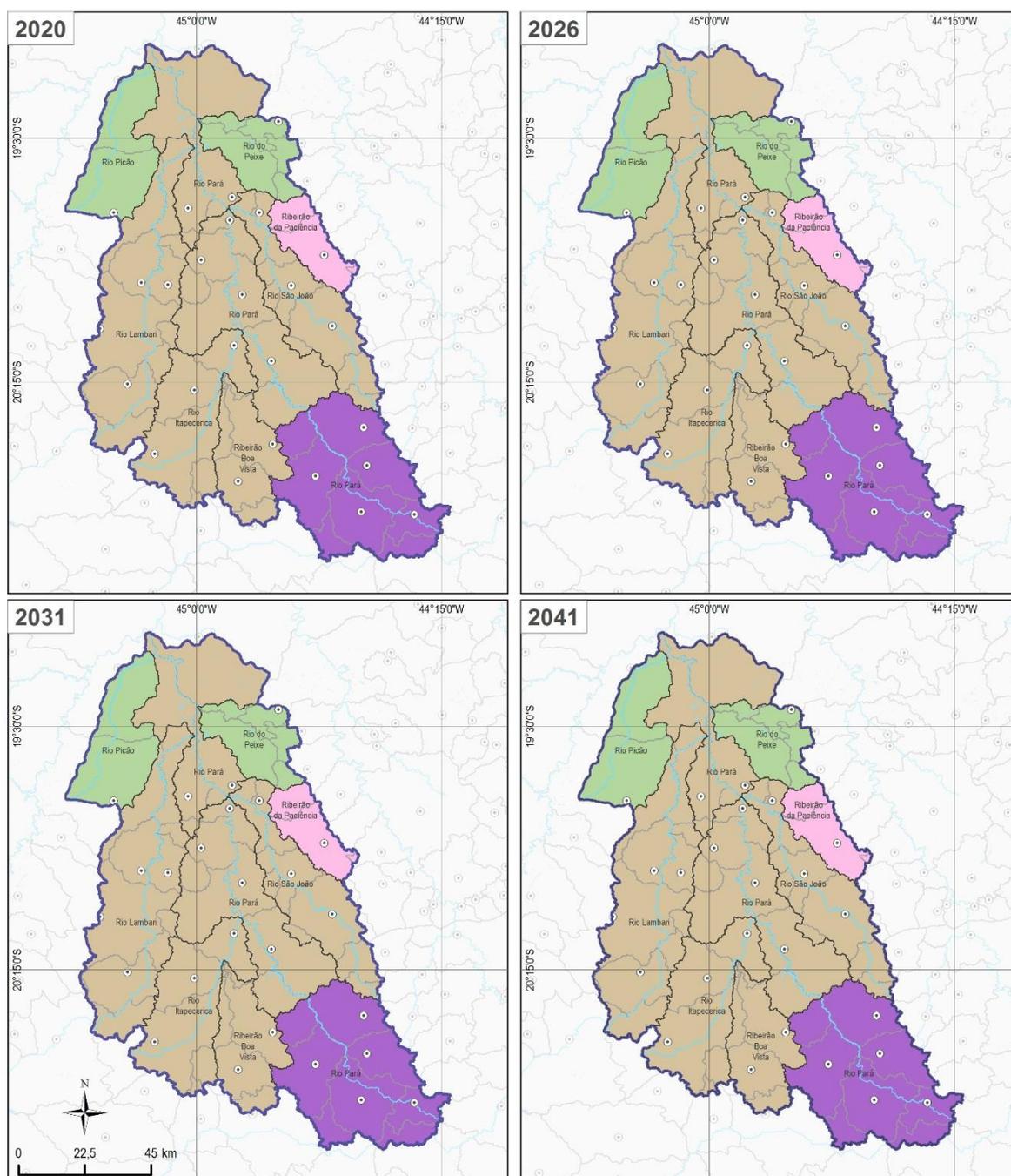
- Sede municipal
 - Limite municipal
 - CH SF2 - Rio Pará
 - Subbacias
 - Curso d'água
 - Massa d'água
- | Demanda (Usos consuntivos) | |
|----------------------------|--|
| | H. Urb.; Des. An.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Des. An.; Ag. Ir. |
| | H. Urb.; Ind. Tr.; Min.; Des. An.; Ag. Ir. |

Ag. Ir. - Agricultura irrigada; Des. An. - Dessedentação animal; H. Urb. - Humana urbana; Ind. Tr. - Indústria de transformação; Min. - Mineração;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.2 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário de Estagnação.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ⊖ CH SF2 - Rio Pará
 - ⊖ Subbacias
 - ~ Curso d'água
 - ⊖ Massa d'água
- | Demanda (Usos consuntivos) | |
|----------------------------|--|
| ■ | H. Urb.; Des. An.; Ag. Ir. |
| ■ | H. Urb.; Ind. Tr. |
| ■ | H. Urb.; Ind. Tr.; Ag. Ir. |
| ■ | H. Urb.; Ind. Tr.; Des. An.; Ag. Ir. |
| ■ | H. Urb.; Ind. Tr.; Min.; Des. An.; Ag. Ir. |

Ag. Ir. - Agricultura irrigada; Des. An. - Dessedentação animal; H. Urb. - Humana urbana; Ind. Tr. - Indústria de transformação; Min. - Mineração;

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



Figura 7.3 – Principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário de Crescimento.

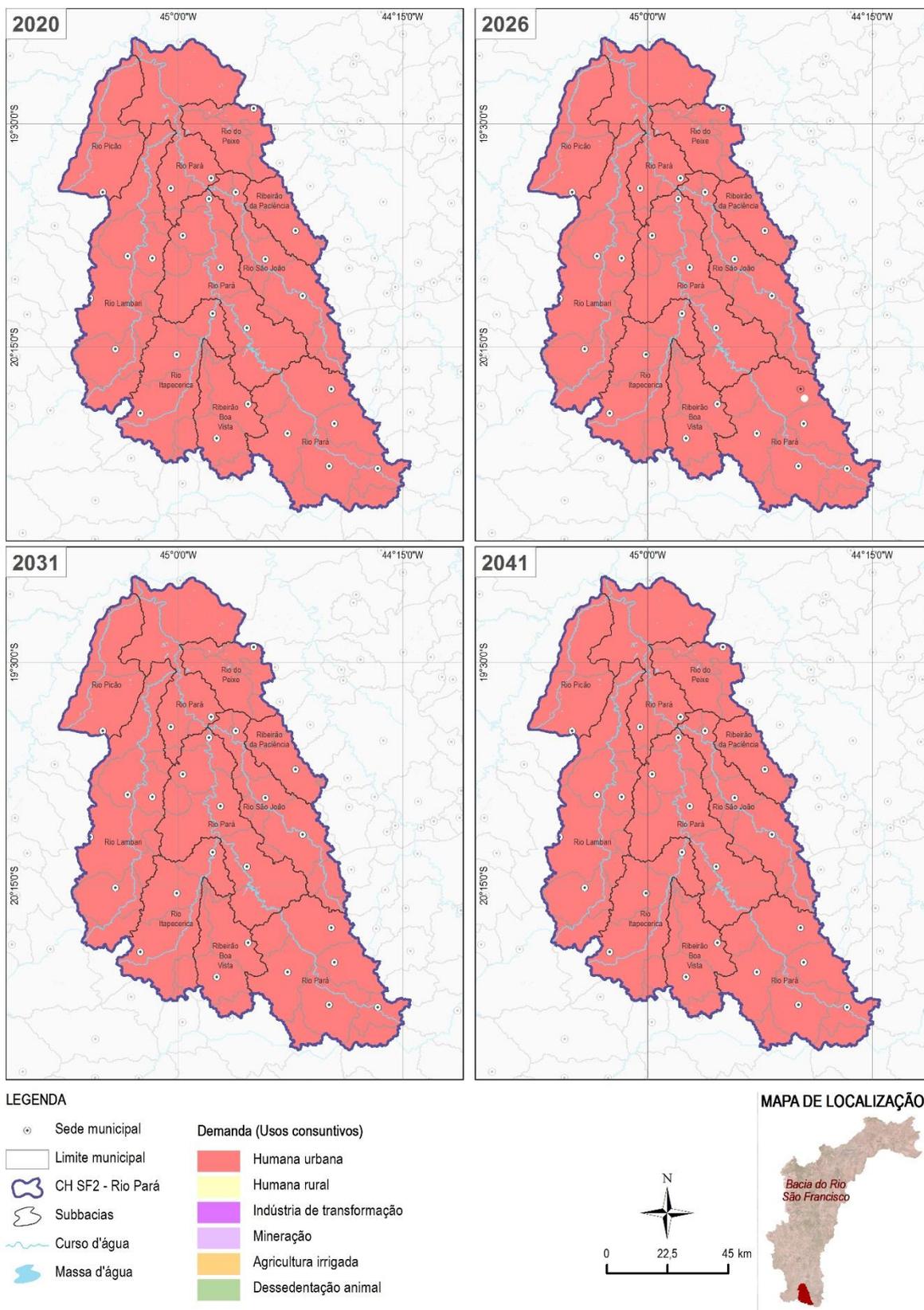


Figura 7.4 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento - Cenário Tendencial.

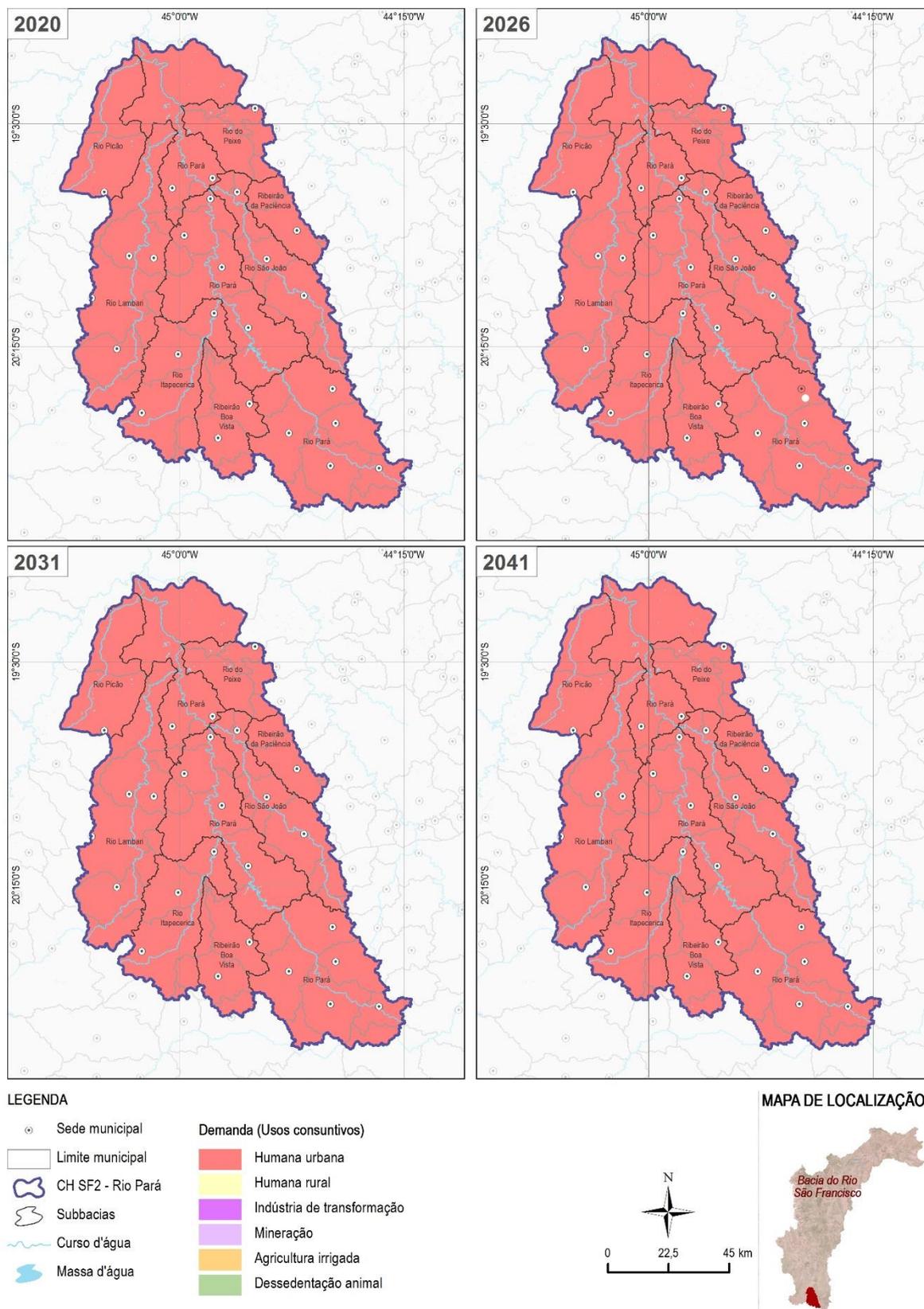
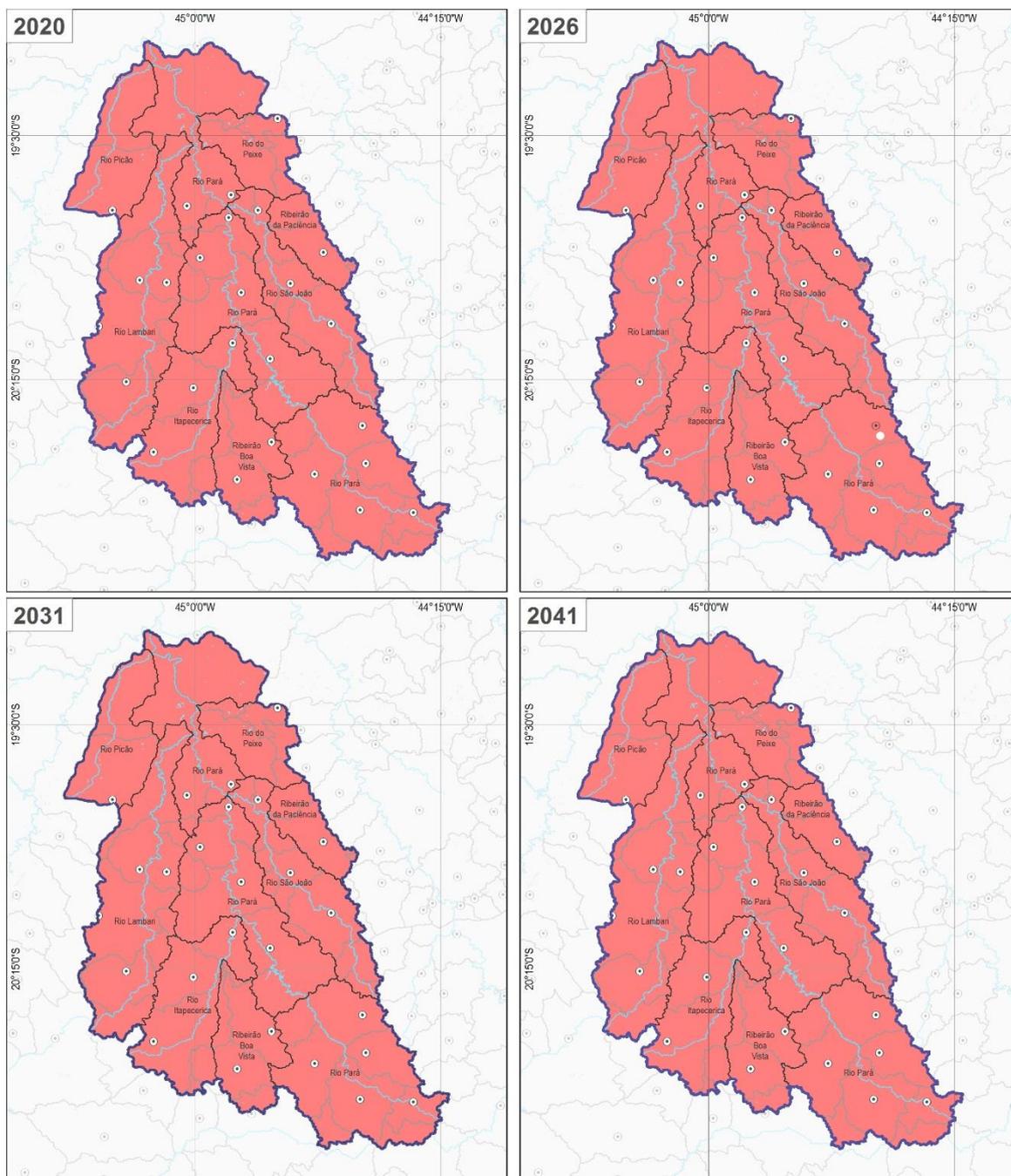


Figura 7.5 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Estagnação.



LEGENDA

- Sede municipal
 - Limite municipal
 - ⊖ CH SF2 - Rio Pará
 - ⊖ Subbacias
 - ~ Curso d'água
 - ⊖ Massa d'água
- | Demanda (Usos consuntivos) | |
|----------------------------|----------------------------|
| ■ | Humana urbana |
| ■ | Humana rural |
| ■ | Indústria de transformação |
| ■ | Mineração |
| ■ | Agricultura irrigada |
| ■ | Dessedentação animal |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

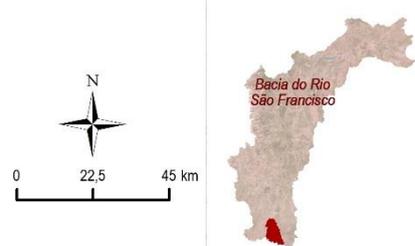


Figura 7.6 – Uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Crescimento.

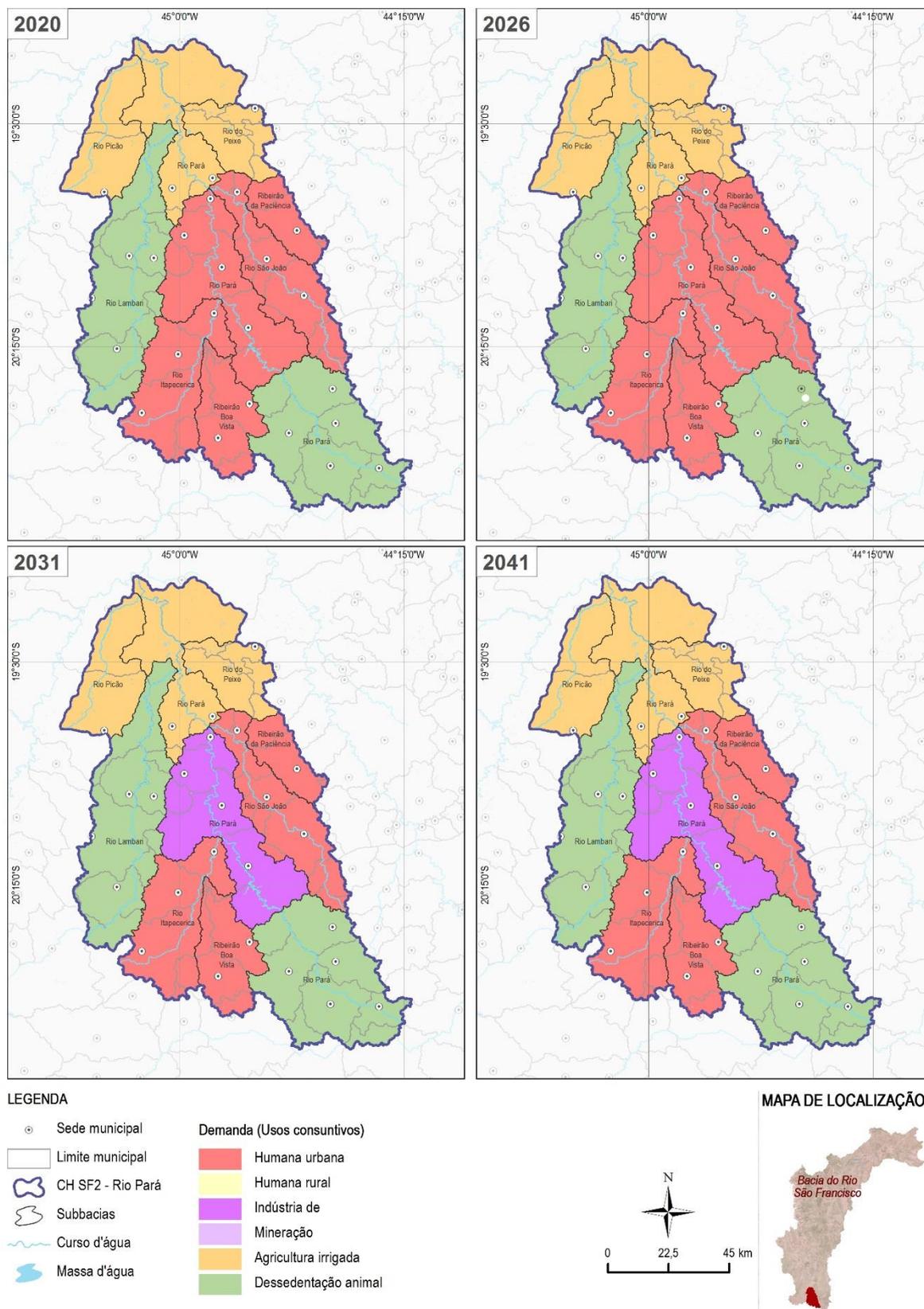
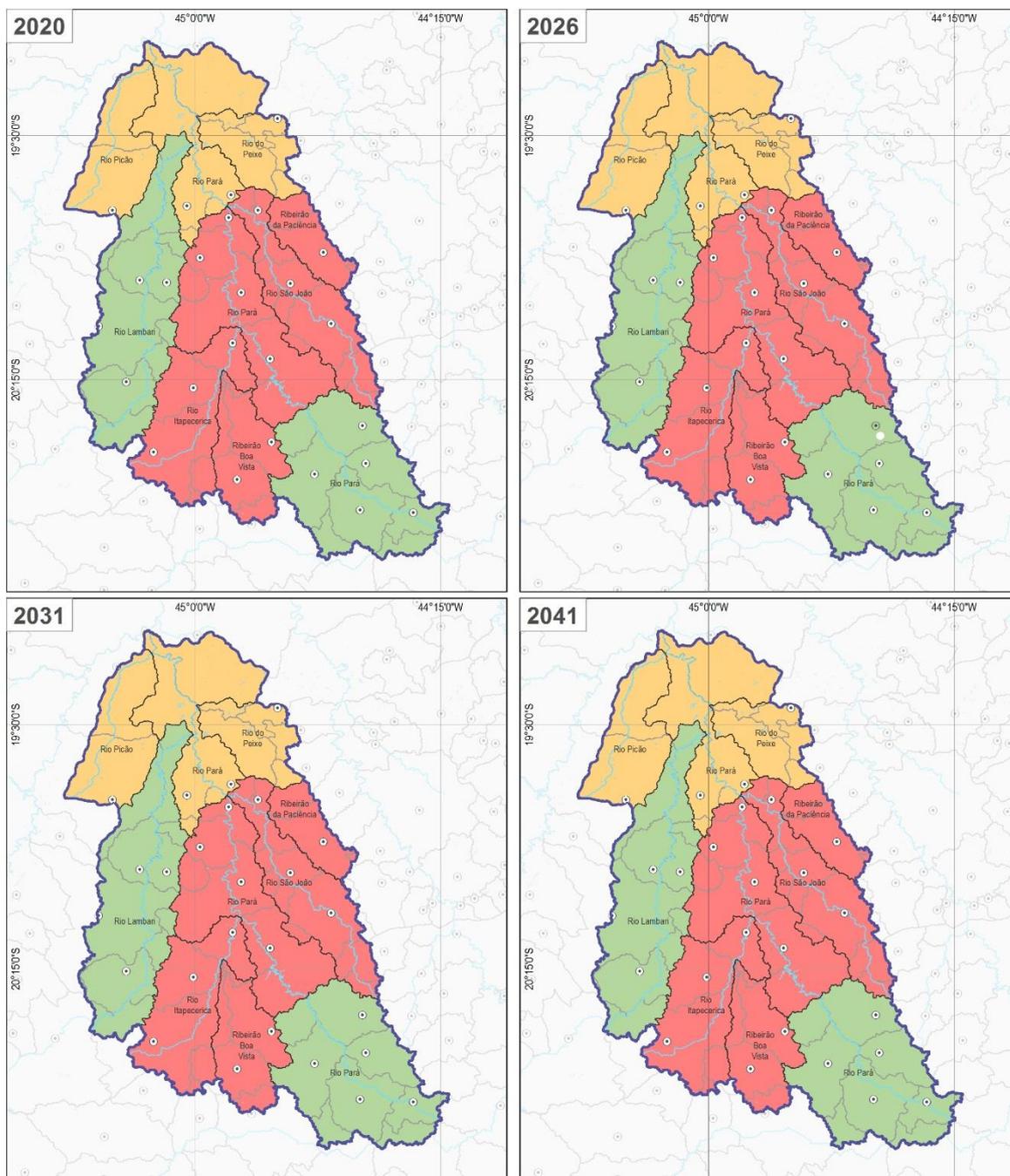


Figura 7.7 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário Tendencial.



LEGENDA

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| ○ Sede | Demanda (Usos consuntivos) |
| □ Limite | ■ Humana urbana |
| ⊕ CH SF2 - Rio | ■ Humana rural |
| ⊕ Subbacias | ■ Indústria de transformação |
| ~ Curso d'água | ■ Mineração |
| ■ Massa d'água | ■ Agricultura irrigada |
| | ■ Dessedentação animal |

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

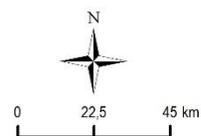


Figura 7.8 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Estagnação.

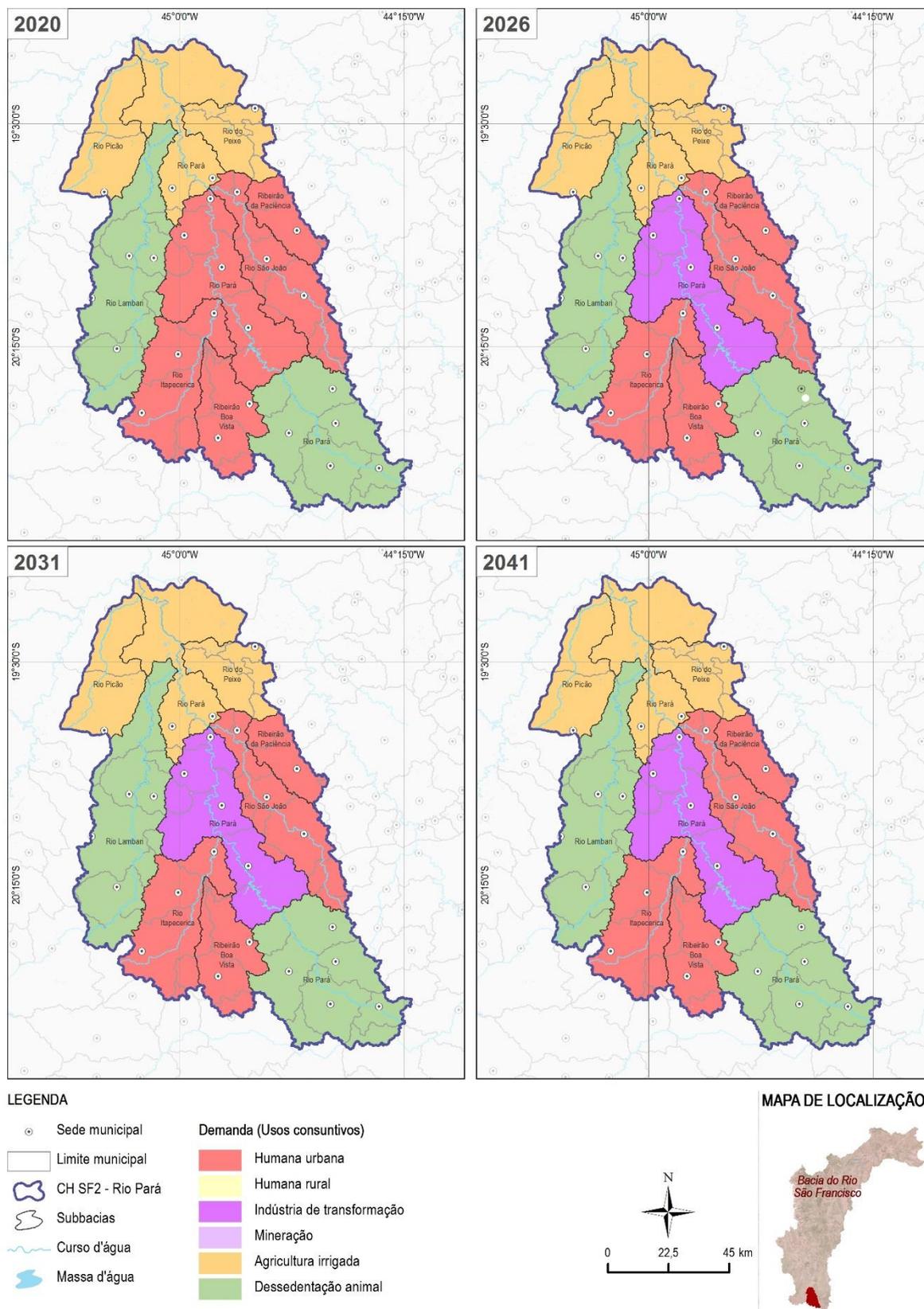


Figura 7.9 – Principal uso mais restritivo, ao longo do horizonte de planejamento – Cenário de Crescimento.

A análise das informações dispostas na Figura 7.1 até a Figura 7.3 permite identificar que ocorreram poucas mudanças ao longo do horizonte de planejamento com relação ao conjunto dos principais usos que somam 90% da vazão ou mais. Pode-se observar, no cenário de estagnação, mudança na sub-bacia do ribeirão da Paciência, que na cena atual tinha como conjunto os usos Consumo Humano Urbano e Indústria de Transformação somando 90% da vazão. Na cena de 2026, o conjunto passa a incluir também a Agricultura Irrigada, porém na cena de 2031 volta a ser apenas os dois usos originais, seguindo com essa tendência até a cena de 2041. Nas demais sub-bacias e demais cenários, não houve mudança na composição dos conjuntos de usos que somam 90% da vazão.

Com relação ao uso mais restritivo dentre o conjunto dos principais usos que somam 90% ou mais da vazão, cujos resultados são mostrados da Figura 7.4 até a Figura 7.6, pode-se observar que não houve mudança do uso mais restritivo em nenhum dos três cenários propostos, sendo o uso mais restritivo o Consumo Humano Urbano, em todas as sub-bacias.

Na sequência, com relação ao principal uso mais restritivo (Figura 7.7 até a Figura 7.9), houve alteração na sub-bacia do Médio Rio Pará, cujo principal uso mais restritivo na cena atual era o Consumo Humano Urbano, passando a ser a Indústria de Transformação, em 2026 para o cenário de crescimento e em 2031 para o cenário tendencial. Para o cenário de estagnação, não houve alteração.

De uma forma geral, considerando os resultados apresentados percentualmente por setor usuário e de forma tabular do Quadro 7-1 até o Quadro 7-10, observa-se para a bacia como um todo uma leve expectativa de aumentar a representatividade dos usos para usos industriais, dessedentação animal e agricultura irrigada e, ao mesmo tempo, leve redução nos percentuais para abastecimento humano urbano.

Para dar subsídio a essa análise, foi construído o Quadro 7-11 comparando as demandas percentuais para os principais setores usuários em cada sub-bacia para as situações extremas que tratam da cena atual e do cenário Crescimento para o horizonte de longo prazo (2041). Nesse sentido, verifica-se que as expectativas são para todas as sub-bacias, com redução do percentual relativo para consumo humano

urbano e incremento para os usos industriais, dessedentação animal e agricultura irrigada.

Quadro 7-11 – Destaque para as variações percentuais entre retiradas para os principais setores usuários.

Macro Divisão	Sub bacia	Humana urbana		Indústria de transformação		Dessedentação animal		Agricultura irrigada	
		Cena Atual	Crescimento Longo Prazo 2041	Cena Atual	Crescimento Longo Prazo 2041	Cena Atual	Crescimento Longo Prazo 2041	Cena Atual	Crescimento Longo Prazo 2041
Alto Pará	Alto Rio Pará	22%	18%	7%	8%	37%	39%	21%	22%
Médio Pará	Ribeirão Boa Vista	47%	42%	13%	16%	23%	24%	14%	16%
	Rio Itapecerica	50%	41%	28%	36%	11%	13%	6%	7%
	Médio Rio Pará	23%	19%	27%	34%	13%	16%	8%	10%
Baixo Pará	Rio São João	36%	31%	11%	14%	13%	15%	24%	26%
	Ribeirão da Paciência	57%	50%	34%	43%	0%	0%	6%	5%
	Rio Lambari	21%	16%	13%	15%	40%	44%	22%	23%
	Rio do Peixe	14%	12%	3%	3%	36%	40%	45%	43%
	Rio Picão	15%	12%	4%	6%	13%	14%	67%	68%
	Baixo Pará	18%	15%	28%	30%	12%	13%	39%	39%
Total		30%	25%	19%	23%	16%	18%	25%	26%

8. CONSULTA PÚBLICA

8.1 CONVITES E MOBILIZAÇÃO

Para levantamento dos usos pretensos na bacia, além de validação do Prognóstico, foi realizada consulta pública, a fim de colher as contribuições da população. O processo de mobilização foi feito por meio de contato telefônico, e-mail, WhatsApp e divulgação em redes sociais (Facebook, Instagram e Youtube), convidando membros dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHSF e CBH SF2 – Bacia Hidrográfica do Rio Pará), secretarias de meio ambiente dos municípios pertencentes à bacia, membros do GAT e as federações e entidades representativas de usuários.

Os convites enviados e postagens divulgadas são mostrados na Figura 8.1 a Figura 8.12 a seguir. Os links de acesso às páginas das redes sociais e ao site onde são disponibilizados os relatórios são apresentados no Quadro 8-1 a seguir.

Quadro 8-1 – Links de acesso aos canais de comunicação do estudo.

Canal	Link de acesso
Youtube	https://www.youtube.com/channel/UCer1uLGrT5MXaL7qXwEb2oQ
Facebook	https://www.facebook.com/enquadramentoaltosaofrancisco/
Instagram	https://www.instagram.com/enquadramento_saofrancisco/
Site de divulgação do estudo	https://linktr.ee/enquadramento_saofrancisco



Figura 8.1 – Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo (e-mail).



Figura 8.2 – Postagem de Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico das 3 bacias hidrográficas em estudo no Facebook.



Figura 8.3 – Postagem de Convite à Consulta Pública de Validação do Prognóstico da CH SF2 no Instagram.

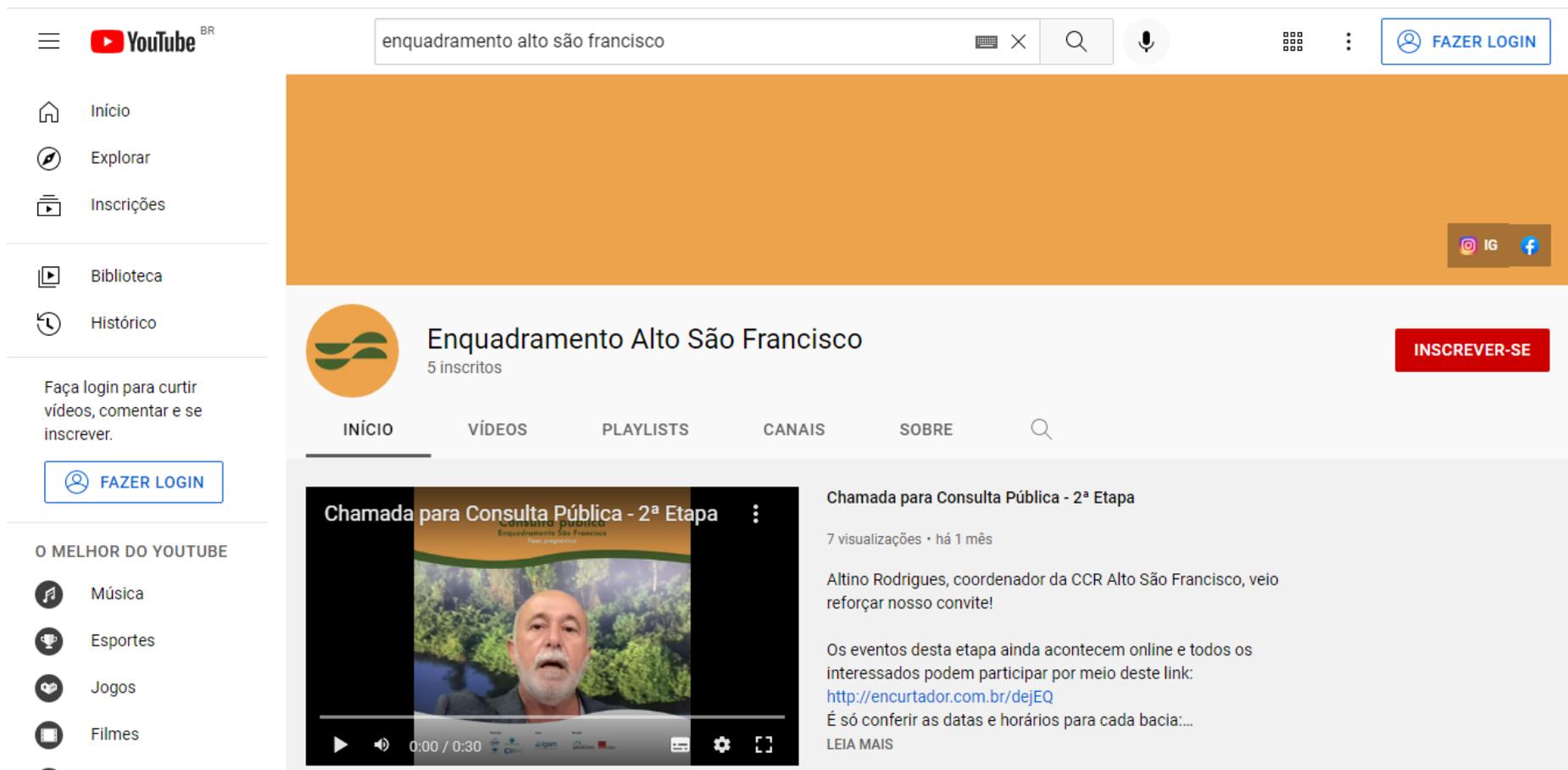


Figura 8.4 – Página do Youtube para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento e chamadas para consultas públicas.



Figura 8.5 – Exemplo de postagem no Youtube de chamada às Consultas Públicas do Prognóstico.

The image shows a screenshot of a YouTube channel page. The channel name is "Enquadramento Alto São Francisco" with 5 subscribers. The page is set to the "VÍDEOS" tab. The video uploads are:

- Consulta Pública SF4 – Etapa Prognóstico – Bacia do... (2:17:31, 19 visualizações)
- Consulta Pública SF3 – Etapa Prognóstico – Bacia do Rio... (1:57:57, 8 visualizações)
- Consulta Pública SF2 - Etapa Prognóstico - Bacia do Rio... (2:04:50, 3 visualizações)
- Chamada para Consulta Pública - 2ª Etapa (0:30, 8 visualizações)
- Chamada para Consulta Pública - 2ª Etapa (0:38, 5 visualizações)

Below these, there are three more video thumbnails for "Consulta Pública SF 4 - Etapa Diagnóstico - Bacia do...", "Consulta Pública SF 3 - Etapa Diagnóstico - Bacia do Rio...", and "Consulta Pública SF 2 - Etapa Diagnóstico - Bacia do Rio..." with durations of 1:47:11, 2:20:46, and 2:17:31 respectively.

Figura 8.6 – Postagens no Youtube das gravações das consultas públicas já realizadas.

facebook

Email ou telefone

Senha

Entrar

Esqueceu a conta?



Enquadramento São Francisco

@enquadramentoaltosaofrancisco · Serviço de engenharia

WhatsApp

Página inicial

Avaliações

Fotos

Vídeos

Mais ▾



Figura 8.7 – Página do Facebook para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.

facebook

Email ou telefone

Senha

Entrar

 Enquadramento São Francisco

 WhatsApp

...

Sobre

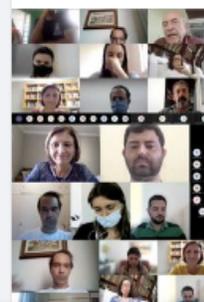
[Ver tudo](#)

-  Informações sobre a elaboração da Proposta de enquadramento dos corpos de água superficiais e Estudo para o planejamento de enquadramento das águas subterrâneas no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - Trecho Alto São Francisco [Ver menos](#)
-  A elaboração da Proposta de enquadramento dos corpos de água superficiais e estudo para o planejamento de enquadramento das águas subterrâneas no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco engloba as Bacias Hidrográficas do Rio Pará (UPGRH SF2); Rio Paraopeba (UPGRH SF3); e Entorno de Três Marias. O processo é executado pela empresa de engenharia consultiva Engecorps e Agência Peiva

 Enquadramento São Francisco

15 de Dezembro de 2021 às 13:42 · 

O processo de enquadramento dos corpos de água na bacia do Rio São Francisco - Trecho Alto São Francisco está na etapa do prognóstico. Nesta fase são elaborados os cenários futuros para o "rio que queremos" e pensadas as medidas necessárias para garantir que a qualidade das águas nas bacias hidrográficas seja compatível com os usos mais exigentes projetados. Nos dias 30/11 e 01/12, os comitês de bacia dos rios São Francisco, Pará, Paraopeba e Entorno de Três Marias, juntament... [Ver mais](#)



Obrigado
por
participar!

Consultas públicas
SF2, SF3 e SF4

Figura 8.8 – Postagens no Facebook para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.



Figura 8.9 – Página do Instagram para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.

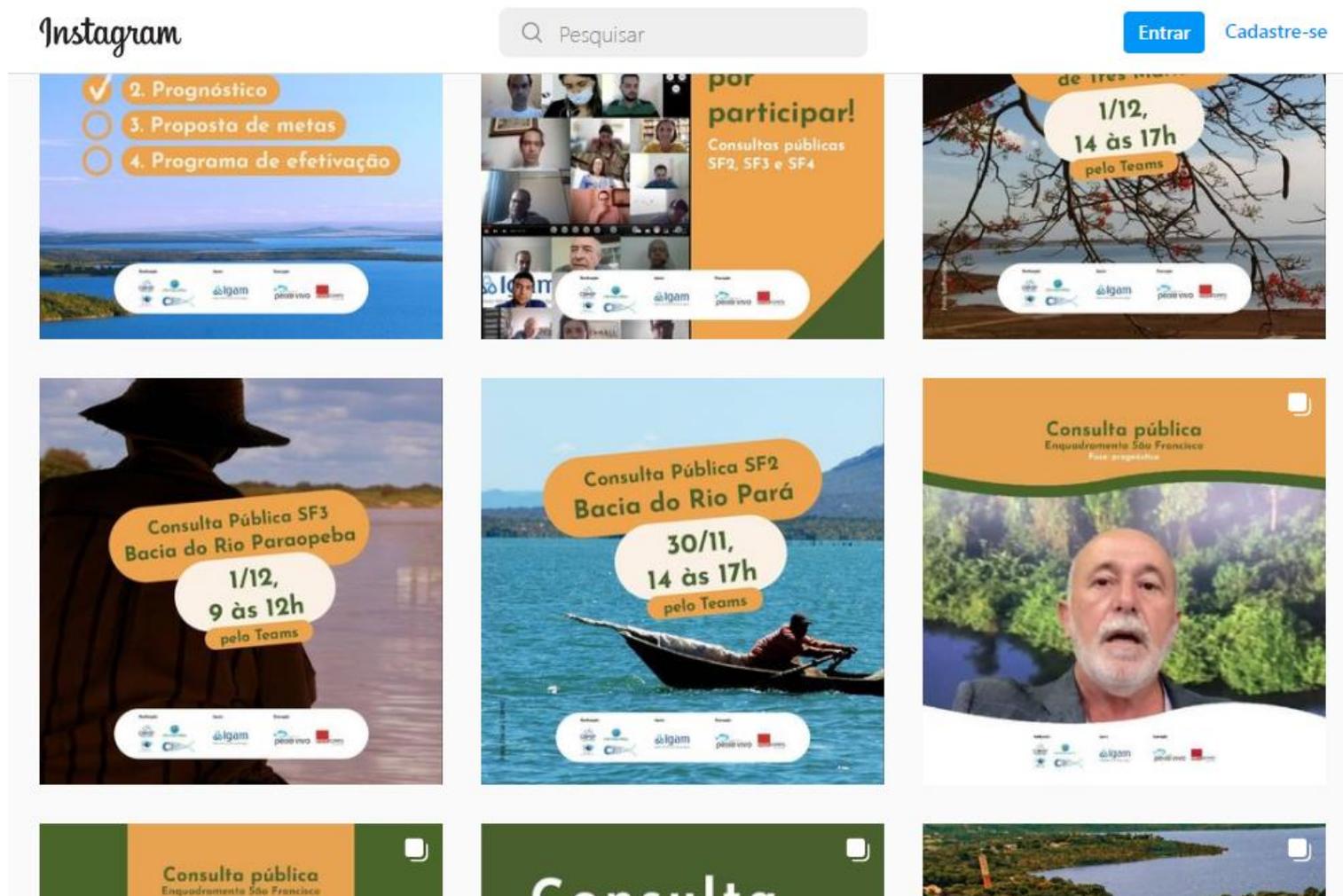


Figura 8.10 – Postagens no Instagram para divulgação do andamento dos estudos de enquadramento.

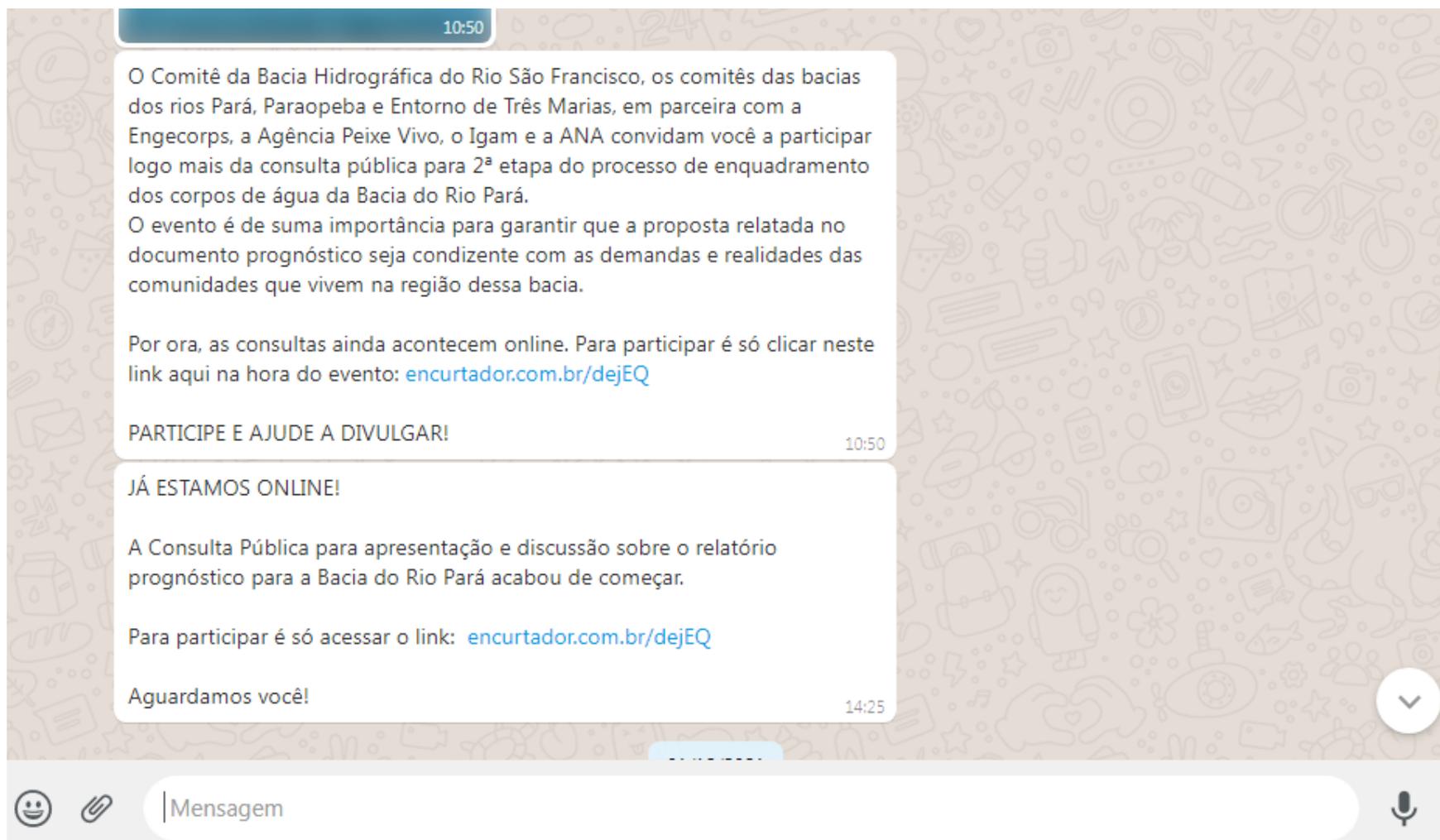


Figura 8.11 – Mensagem de convite à consulta pública enviada por WhatsApp.

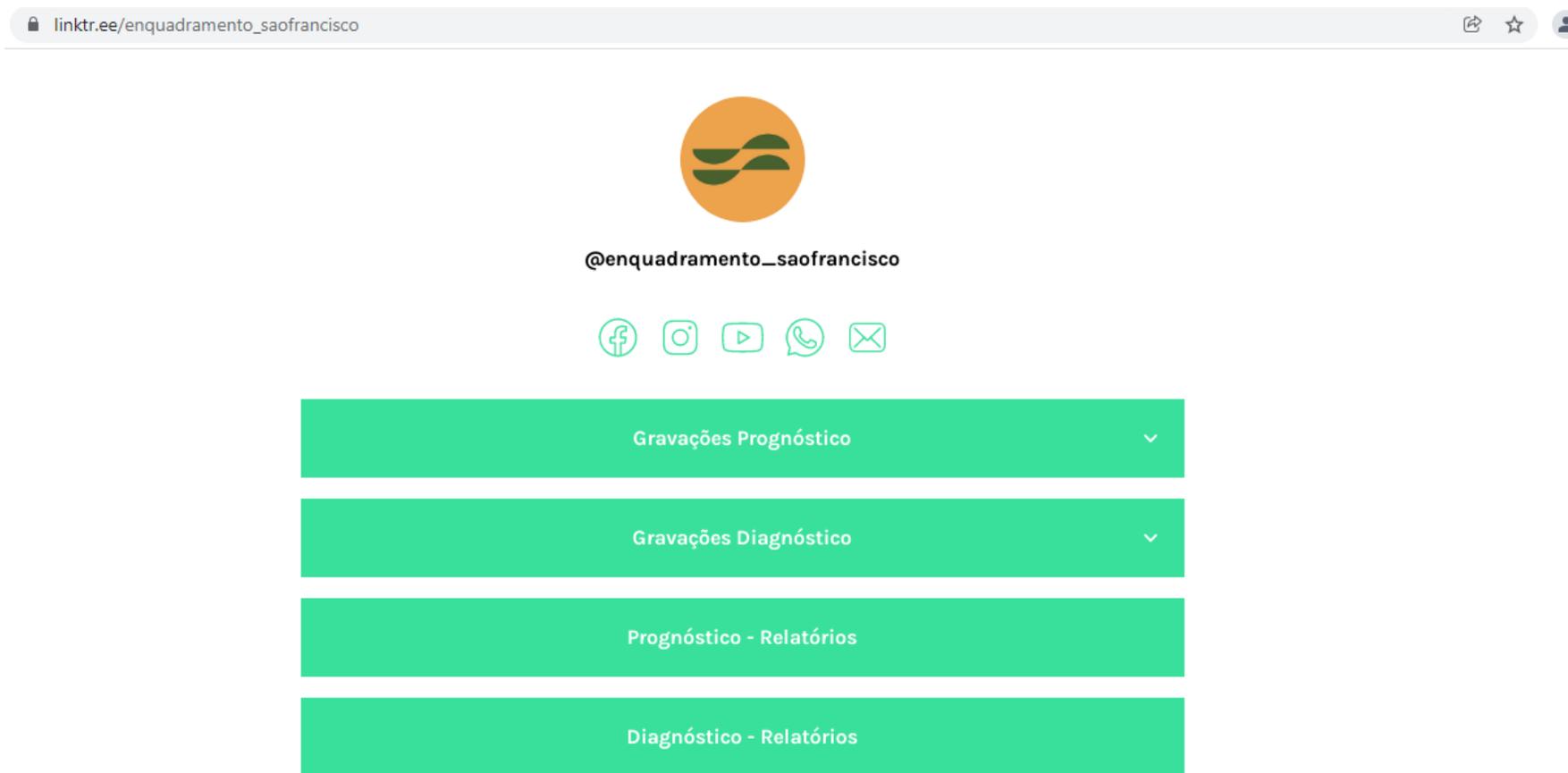


Figura 8.12 – Link direto para acesso às gravações das consultas públicas já realizadas e download dos relatórios.

Previamente à realização da consulta foi realizada uma reunião com os membros do GAT para apresentação prévia do relatório, cuja ata está apresentada no Anexo I do presente relatório.

8.2 REALIZAÇÃO DO EVENTO

A consulta pública ocorreu de forma virtual, na plataforma Microsoft Teams, no dia 31 de novembro de 2021, das 14:00 às 17:00 e contou com a participação de 22 pessoas, dentre membros de CBHs, de setores usuários e de representantes do poder público municipal, dentre outros. A Figura 8.13 mostra uma captura de tela realizada durante o evento e o Quadro 8-2 apresenta a lista de presença dos participantes do evento.



Figura 8.13 – Captura de tela durante a consulta pública.

Quadro 8-2 – Lista de presença da consulta pública.

Nome	Instituição
Jacqueline Evangelista	Agência Peixe Vivo
Andre Luiz Bonacin Silva	Agência Peixe Vivo
Allan de Oliveira Mota	IGAM
Yvonilde Medeiros	CBH São Francisco
José Hermano	CBH Pará
Luciana Rodrigues	CBH Pará/ CRBIO

Nome	Instituição
Adriano Guimaraes Parreira	Prefeitura de Itaúna
Breno Ramos	Prefeitura de Carmo do Cajuru
Danielle Cristina Gontijo Viana	Prefeitura de Leandro Ferreira
Douglas Pena	
Flávio L. Greco	Prefeitura de Igaratinga
Henrique Marques Martins Chaves	Prefeitura de Florestal
Raquel Machado	APAC-PE
Sander	Prefeitura de Carmópolis de Minas
Tiago Freitas Cabral	
Ursola Sabino	Prefeitura de Bom Despacho
Leonardo Mitre Alvim de Castro	Equipe Engecorps
Maria Luiza	Equipe Engecorps
Eveline Xavier	Equipe Engecorps
Flora Kaori Abuno	Equipe Engecorps
Ranielle	Equipe Engecorps
Felipe Andrade	Equipe Engecorps

O evento teve sua abertura com as palavras dos representantes da Agência Peixe Vivo, do IGAM e do CBH Pará. Em seguida, foi feita uma apresentação pela equipe da Engecorps do conteúdo do Prognóstico, com exposição da estrutura do relatório e abordagem dos principais pontos, acompanhando-se uma apresentação em formato Microsoft PowerPoint, o qual se encontra anexado (Anexo II) no presente relatório. Finalizada a apresentação, a fala foi passada ao público participante, para que pudesse tirar dúvidas e tecer comentários acerca do conteúdo do relatório.

Em seguida, procedeu-se para a segunda parte da Consulta Pública, objetivando-se a discussão e validação do “rio que queremos”, ou seja, do Prognóstico das águas superficiais da bacia. Para tanto, utilizou-se da metodologia do “Mapa Falado”, onde foi compartilhado um mapa contendo a localização espacial da bacia e os principais aspectos resultantes da cenarização, separadas em diferentes layers, para discussão e validação item a item. Considerando-se o porte da bacia e o tamanho limitado da tela de computador, a bacia foi dividida em partes, para facilitar a visualização detalhada dos aspectos. Assim, a discussão foi dividida em: i) sub-bacia do Alto Paraopeba; ii) sub-bacia do Médio Paraopeba; iii) sub-bacia do Baixo Paraopeba.

Assim, para cada uma das regiões, foram discutidos e validados os seguintes aspectos: a) os usos pretendidos; b) presença de futuras fontes de poluição pontual; e c) principais usos da água na região.

8.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições e comentários dos participantes da Consulta estão a seguir itemizados:

- No município de Martinho Campos o lançamento do esgoto, em sua totalidade, é feito no rio Picão, sem tratamento. É pertinente fazer a conferência da modelagem, para checar se essa vazão de fato não altera a classe do rio;
- No município de Conceição do Pará há uma mineradora de ouro, cujos efluentes lançados podem afetar a qualidade da água para parâmetros de metais, porém não em termos de DBO, NT e PT;
- Esgoto *in natura* do município de Nova Serrana é lançado no trecho médio do rio Pará. A construção da ETE do município será iniciada em 2022;
- A ETE de Conceição do Pará lança efluentes com padrão classe 2;
- Nova Serrana é o município que mais cresce na bacia (de modo que se espera um aumento nas demandas por água e nos lançamentos de efluentes). Assim, classe 1 não parece uma realidade possível para este trecho;
- Os municípios de Araújo e Perdígão lançam seus efluentes no rio Lambari e em um de seus afluentes, respectivamente;
- Um uso presente no rio Lambari é a dragagem de areia.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento trata do Prognóstico dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Pará, realizado no contexto do estudo de Enquadramento dos Corpos de Água em Classes. Nesse sentido, foi construído de forma sequencial ao Diagnóstico que caracterizou a condição atual dos recursos hídricos na bacia. De uma forma geral, seguiu as diretrizes e estudos previstos no termo de referência e nos documentos legais estaduais e federais que apresentam o conteúdo básico.

Cabe destacar que os estudos foram desenvolvidos com base nas informações levantadas e obtidas e possíveis de serem trabalhadas até o momento, lembrando que informações de relevância não foram obtidas, como é o caso de análises de qualidade de águas subterrâneas na bacia. De toda forma, caso tais informações sejam obtidas em etapas futuras do estudo, poderão ser agregadas na oportunidade, de acordo com o conteúdo da respectiva etapa.

O documento inicia com a construção dos cenários para o Prognóstico na bacia, incluindo sua contextualização com a condição atual e previsões já existentes para a região, estado e país, incluindo estudos do PRH São Francisco e PDRH Pará já desenvolvidos. Nesse sentido, foram construídos três cenários futuros para a bacia, sendo um deles o Tendencial, refletindo a continuidade das condições históricas identificadas para a bacia. O segundo cenário foi denominado de Estagnação e considera um futuro possível sem modificações estruturais relacionadas à atividade econômica, com recuperação em um ritmo lento após o momento de crise vivenciado pelo País atualmente, manutenção do foco em *commodities* agrícolas para exportação e pouco investimento em produtos de maior valor agregado e desindustrialização. O terceiro cenário é denominado de Crescimento e, como o próprio nome dispõe, prevê um maior desenvolvimento para a bacia, envolvendo alívio de restrições às atividades econômicas, inclusive com uma reversão dos processos de desindustrialização, com retomada de capacidades ociosas e novos investimentos e inovações, maior confiança ao setor.

Os resultados desses cenários foram rebatidos, na sequência, no balanço hídrico quantitativo para a bacia hidrográfica do rio Pará, com projeções de crescimento de demandas para as cenas de curto (2026), médio (2031) e longo prazos (2041). Esses resultados mostraram que a bacia apresenta alguns trechos já em condição preocupante considerando os critérios de outorga utilizados atualmente pelo IGAM para análise dessas solicitações de autorização de uso da água. De toda forma, são situações possíveis de reverter com ações de otimização dos usos e incremento de ofertas hídricas na bacia e que devem ser estudadas no contexto de um processo de atualização do PDRH Pará.

Na sequência do documento, foram prognosticadas as cargas poluidoras previstas na bacia para os mesmos cenários futuros construídos anteriormente, considerando diferentes possibilidades de crescimento para a bacia, tanto para as cargas pontuais quanto difusas. Vale destacar que essas cargas lançadas serão revisadas quando da elaboração do próximo produto, envolvendo alternativas de enquadramento para a bacia e a proposição de metas.

Os prognósticos de cargas poluidoras foram utilizados para a revisão das condições de qualidade dos corpos hídricos da bacia indicando, com isso, as modificações possíveis de ocorrer nas classes de enquadramento para os diferentes corpos hídricos da bacia. Dessa forma, foram identificadas as classes previstas para os cursos de água da bacia considerando possíveis avanços tendenciais, ou dos dois outros cenários construídos.

Nesse sentido, como pode ser visto nos resultados apresentados, vários trechos de rios podem mostrar condição de qualidade já bastante comprometida na cena atual e com risco de piora nos próximos anos, caso não sejam empreendidas ações de melhoria na qualidade. Alguns trechos de rios apresentaram, inclusive, condição de qualidade como classe 4, principalmente relacionada a parâmetros como coliformes termotolerantes ou fósforo. Assim, na próxima etapa de trabalho serão simuladas alternativas de ações voltadas à melhoria da qualidade das águas para verificação de potenciais alterações nas classes de enquadramento e seus custos, visando estabelecer possíveis metas para a bacia. Dessa forma, poderão ser identificadas situações em termos de custos para atingir o “rio que queremos” e base para definição do “rio que podemos”, principalmente relacionando a situações consideradas inviáveis, com possíveis tratamentos muito caros e fora de contexto para a bacia.

Outro aspecto de relevância trata da discussão sobre a possível influência de mudanças climáticas, principalmente no que se refere ao incremento de estiagens e cheias extremas. No caso das simulações realizadas para a bacia, foi observado que as situações mais críticas em termos de qualidade ocorrem para vazões de estiagem. Nesse sentido, a ocorrência de vazões inferiores à $Q_{7,10}$ ou à mínima remanescente legal na bacia pode levar a situações mais críticas de qualidade. No entanto, tratam-

se de situações momentâneas, em condições extremas de estiagem e para as quais entende-se que o principal problema pode tratar de questões relacionadas ao balanço hídrico quantitativo, com necessidade de focar ações para atendimento aos usos básicos da água na bacia e devendo ser consideradas em um Plano de Contingência ou Gerenciamento de Riscos para a bacia, o que poderá ser indicado mais adiante neste estudo, para previsão no contexto do Programa de Efetivação do Enquadramento.

Em seguida foram desenvolvidos os estudos de prognóstico para as águas subterrâneas da bacia, de acordo com os itens previstos no termo de referência deste estudo. Nesse caso, vale destacar, mais uma vez, a ausência de informações de qualidade das águas subterrâneas que poderiam dar suporte ao desenvolvimento de modelagens ou análises mais aprofundadas da condição de qualidade dessas águas. De toda forma, foram realizadas projeções de crescimento de demandas de águas subterrâneas, considerando os mesmos cenários de desenvolvimento construídos no presente documento. As informações que não foram possíveis de ser obtidas ou analisadas foram consideradas no contexto de um planejamento com etapas e ações voltadas ao desenvolvimento do enquadramento de corpos de água subterrâneos para a bacia.

Assim, no caso das águas subterrâneas, é importante lembrar a continuidade dos trabalhos para a etapa seguinte, que trata da proposta conceitual do Programa de Monitoramento e que deverá considerar resultados das análises desenvolvidas neste produto e no Diagnóstico, já considerado no documento anterior.

Tratando especificamente das águas superficiais, a próxima etapa de trabalho vai tratar da revisão das modelagens de qualidade das águas com a previsão de alternativas ao enquadramento e as ações que deverão ser desenvolvidas para atingir a metas possíveis em termos de classes de qualidade para os corpos hídricos modelados.

10. REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Altas águas: Segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília, 2021.

_____. Atlas Esgotos – Despoluição das Bacias Hidrográficas. 2017. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazJjA1ZjQwZWUtYmRkYS00YjM0LWFhMjltMTMyOTQ0NDIjNGQyIiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em setembro de 2021.

_____. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br>>. Acesso em maio de 2021

_____. Demanda Hídrica Total e Setorial por Microbacia. 2017. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>>. Acesso em julho de 2021.

_____. Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio São Francisco – arquivo tdr_Balanco_5k_Dispedem20_sudene0621.

_____. Estudos hidrogeológicos e de vulnerabilidade do Sistema Aquífero Urucuia e proposição de modelo de gestão integrada compartilhada: volume 2 – Hidrogeologia dos Sistemas Aquíferos Urucuia e Areado: relatório final. Brasília, DF, 2017.

_____. Polos Nacionais de Agricultura Irrigada - Atlas da Irrigação. Brasília, 2020.

_____. Uso da Água na Agricultura Irrigada, 2ª Edição - Atlas da Irrigação. Brasília, 2021.

BONELLI, R.; FONTES, J. Desafios Brasileiros no Longo Prazo. FGV, IBRE, Texto para Discussão, mai. 2013.

BRASIL - Governo Federal. Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil - EFD 2020-2031. Brasília, 2020.

BUARQUE, Sérgio C. Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais. IPEA, texto para discussão nº 939, 2003, Brasília, DF.

CASTELLS, Manuel. A sociedade em rede. Paz e Terra, São Paulo, 1999.

CBHSF - Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025: Volume 1 - Diagnóstico e Cenários. Belo Horizonte, MG, 2016.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. Gestão corporativa da sustentabilidade: uma nova perspectiva. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: CNI, 2017.

COBRAPE-PROJETEC. Atualização e Complementação do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - Resumo Executivo. Ministério do Meio Ambiente, MMA, Brasília, 2017.

COBRAPE. Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESBMG). Documento Base para Discussão Regional: Território de Saneamento do Rio São Francisco Alto Médio. Belo Horizonte: Semad, 2021. vol. 9, tom. 1.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2012.

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. Disponível em <https://www7.fiemg.com.br/>. Acesso em agosto de 2021.

FJP - Fundação João Pinheiro. Estatísticas e Informações. Disponível em <http://fjp.mg.gov.br/estatistica-e-informacoes/>. Acesso em agosto de 2021

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual Prático de Análise de Água. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp->

content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em janeiro de 2022.

HARPER, H. H. Stormwater Chemistry and Water Quality: Estimating Pollutant Loadings and Evaluation of Best Management Practices for Water Quality Improvements. Environmental Research&Design, inc., 1998.

HEIDJEM, K. V. Scenarios: The art os strategic conversation. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. Sistema de Recuperação de Dados do IBGE. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/. Acesso em agosto e setembro de 2021.

_____. Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias. 2017.

_____. Utilização de fertilizantes por unidade de área (kg/ha.ano). Sistema de Recuperação Automática – Sidra. Rio de Janeiro, 2012.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Produtividade no Brasil nos anos 2000- 2009: análise das Contas Nacionais. Comunicados do IPEA nº 133, 2012.

MINAS GERAIS - Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Disponível em <http://planejamento.mg.gov.br/>. Acesso em agosto de 2021.

MINAS GERAIS - Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado 2019-2030 (PMDI). Belo Horizonte, MG, 2019.

NASSIF, A.; FEIJÓ, C.; ARAÚJO, E. Structural Change and Economic Development: is Brazil catching up or falling behind? UNCTAD/OSG/DP/2013/1, 2013.

NEMUS. Prognóstico e Subsídios à Implementação do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - Relatório de Consolidação dos Cenários Prospectivos. Ministério do Meio Ambiente, MMA, Brasília, 2017.

OMERNIK, J. M. Nonpoint source-stream nutrient level relationships: a Nationwide study. U.S. EPA Report nº EPA-600/3-77-105. U. S. Environmental Protection Agency. Corvallis, Oregon, 1977.

PAULA E SILVA, F. DE, & CHANG, H. K. (2018). Sistemas Aquíferos da porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana e estimativa do fluxo regional. *Águas Subterrâneas*, 32(2), 267–274. <https://doi.org/10.14295/ras.v32i2.29125>

Projeto de irrigação deve gerar 15 mil empregos em Bom Despacho, região do Alto São Francisco, em Minas Gerais. *Revista Cafeicultura*, 2021. Disponível em <https://revistacafeicultura.com.br/?mat=70938>. Acesso em 29 de ago de 2021

SANTOS, Milton. A natureza do espaço. Hucitec, São Paulo, 2ª. edição, 1997.

SEMA – Secretaria de Estado e Meio Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – PERH-MS. Campo Grande, MS. Editora UEMS, 2010.

SILVA, S. S.; TRICHES, D. Uma Nota Sobre Efeitos de Gastos Públicos Federais Sobre o Crescimento da Economia Brasileira. *Rev. Bras. Econ.* 2014, vol.68, n.4, pp.547- 559.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

ANEXO I – ATA DA REUNIÃO COM O GAT PRÉ-CONSULTA PÚBLICA

ANEXO II – APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO PROGNÓSTICO NA CONSULTA PÚBLICA
