



**Igam**  
Instituto Mineiro de Gestão das Águas



## **PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS - PDRH**

### **BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE:**

- Rio Buranhém – BU1**
- Rio Jucuruçu – JU1**
- Rio Itanhém – IN1**
- Rio Peruípe – PE1**
- Rio Itaúnas – IU1**
- Rio Itapemirim – IP1**
- Rio Itabapoana – IB1**

# **Relatório de Prognóstico**

## APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste do Relatório de Prognóstico da Empresa Profill Engenharia e Ambiente S.A. para a execução técnica do PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE (Rio Buranhém, Rio Jucuruçu, Rio Itanhém, Rio Peruípe, Rio Itaúnas, Rio Itapemirim e Rio Itabapoana).

O Prognóstico tem por base a proposta técnica apresentada no processo licitatório realizado junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e o Plano de Trabalho aprovado. Está orientado de modo a atender o termo de referência e a Lei Federal nº 9.433/97, as Resoluções do CNRH nº 91/2008 e nº 145/2012 assim como a Lei Estadual nº 13.199/99, a DN CERH nº 54/2017 e DN COPAM/CERH-MG nº 06/2017, considerando o conteúdo legalmente exigido e as especificidades das bacias.

Maio de 2021.



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.</b>	<b>SUMÁRIO EXECUTIVO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>PROJEÇÕES DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA .....</b>	<b>28</b>
3.1.	DISPONIBILIDADE DE ESCASSEZ RECORRENTE .....	28
3.1.1.	Seleção das estações fluviométricas e análise dos dados de vazão.....	29
3.1.2.	Definição do percentual de redução médio em relação à $Q_{7,10}$ .....	34
3.2.	PROJEÇÃO DE DEMANDA TENDENCIAL .....	37
3.2.1.	Abastecimento humano.....	37
3.2.2.	Dessedentação animal.....	38
3.2.3.	Irrigação .....	39
3.2.4.	Indústria, Mineração, Pesca e Aquicultura .....	40
3.2.5.	Síntese da projeção das demandas hídricas .....	41
3.3.	PROJEÇÃO DE CARGA POLUIDORA .....	44
<b>4.</b>	<b>CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO.....</b>	<b>47</b>
4.1.	QUADRO CONCEITUAL.....	47
4.2.	CENÁRIO TENDENCIAL.....	53
4.3.	CENÁRIO DE CONTINGÊNCIA CLIMÁTICA.....	55
4.4.	CENÁRIO APERFEIÇOAMENTO DA GESTÃO .....	57
<b>5.</b>	<b>BALANÇO HÍDRICO .....</b>	<b>59</b>
5.1.	BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO.....	59
5.1.1.	Cenário Tendencial .....	61
5.1.2.	Cenário de Contingência Climática .....	66
5.2.	BALANÇO HÍDRICO QUALITATIVO.....	71
5.2.1.	Calibração do Modelo .....	73
5.2.2.	Resultados do Cenários Tendencial .....	103
5.2.3.	Resultados do Cenário de Contingência Climática .....	112
<b>6.</b>	<b>COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS .....</b>	<b>114</b>



6.1. AVALIAÇÕES DOS INCREMENTOS POSITIVOS OU NEGATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS.....	115
6.1.1. Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém .....	115
6.1.2. Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim .....	117
6.1.3. Bacia do Rio Itabapoana .....	119
6.2. ALTERNATIVAS PARA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO NAS BACIAS .....	120
6.2.1. Captação de água subterrânea.....	120
6.2.2. Proteção de nascentes e mata ciliar .....	121
6.2.3. Conservação do solo e controle da erosão e do assoreamento .....	122
6.2.4. Construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinchos” .....	122
6.2.5. Construção de barramentos.....	123
6.3. REDUÇÃO DE IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS EXTREMOS.....	123
6.4. ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO E REGULAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS.....	125
6.5. REDUÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS .....	126
<b>7. ANÁLISE DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA.....</b>	<b>129</b>
7.1. COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA.....	129
7.2. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA .....	131
<b>8. ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS ...</b>	<b>135</b>
<b>9. ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÕES .....</b>	<b>140</b>
9.1. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	140
9.1.1. Bacia Hidrográfica do Rio Buranhém .....	141
9.1.2. Bacia Hidrográfica do Rio Jucuruçu .....	141
9.1.3. Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém.....	142
9.1.4. Bacia Hidrográfica do Rio Peruípe .....	143
9.1.5. Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas.....	144
9.1.6. Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim.....	144
9.1.7. Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	145
9.2. SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS .....	146
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>148</b>
<b>11. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>150</b>



---

<b>ANEXOS.....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO I – ATUALIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS.....</b>	<b>155</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Unidades Hidrológicas de Planejamento.....	18
Figura 3.1 - Localização das estações fluviométricas selecionadas. ....	30
Figura 3.2 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas das Bacias dos Rios Itanhém, Buranhém, Jucuruçu e Itaúnas. ..	32
Figura 3.3 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ nas estações fluviométricas da Bacia do Rio Itabapoana. ....	33
Figura 3.4. Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a $Q_{7,10}$ - estações fluviométricas da Bacia do Rio Itapemirim. ....	34
Figura 3.5. Variação da vazão mínima anual de 7 dias ( $Q_{min7}$ ) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica.....	35
Figura 3.6. Variação da vazão mínima anual de 7 dias ( $Q_{min7}$ ) em relação à $Q_{7,10}$ de cada estação fluviométrica (foco nas variações negativas). ....	36
Figura 5.1 - Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools.....	59
Figura 5.2 - Esquema da representação das principais variáveis de simulação de qualidade por ottobacia. ....	71
Figura 5.3 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Buranhém. ....	74
Figura 5.4 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: DBO. ....	75
Figura 5.5 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Oxigênio Dissolvido.....	75
Figura 5.6 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Coliformes Termotolerantes. ....	76
Figura 5.7 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Fósforo Total.....	76
Figura 5.8 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrogênio Amoniacal. ....	77
Figura 5.9 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrito.....	77
Figura 5.10 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrato.....	78



---

Figura 5.11 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Jucuruçu.....	79
Figura 5.12 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: DBO. ....	80
Figura 5.13 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Oxigênio Dissolvido.....	80
Figura 5.14 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Coliformes Termotolerantes.....	81
Figura 5.15 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Fósforo Total. ....	81
Figura 5.16 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrogênio Amoniacal.....	82
Figura 5.17 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrito.....	82
Figura 5.18 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrato. ....	83
Figura 5.19 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itanhém.....	84
Figura 5.20 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: DBO.....	85
Figura 5.21 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Oxigênio Dissolvido. ....	85
Figura 5.22 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Coliformes Termotolerantes. ....	86
Figura 5.23 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Fósforo Total.....	86
Figura 5.24 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrogênio Amoniacal.....	87
Figura 5.25 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrito. ....	87
Figura 5.26 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrato. ....	88
Figura 5.27 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Peruípe.....	89
Figura 5.28 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: DBO. ....	90
Figura 5.29 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Oxigênio Dissolvido.....	90
Figura 5.30 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Coliformes Termotolerantes.....	91
Figura 5.31 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Fósforo Total.....	91



Figura 5.32 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrogênio Amoniacal. ....	92
Figura 5.33 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrito.....	92
Figura 5.34 - Perfil de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrato. ....	93
Figura 5.35 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itaúnas.....	94
Figura 5.36 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: DBO.....	95
Figura 5.37 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Oxigênio Dissolvido.....	95
Figura 5.38 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Coliformes Termotolerantes. ....	96
Figura 5.39 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Fósforo Total. ....	96
Figura 5.40 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrogênio Amoniacal. ....	97
Figura 5.41 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrito. ....	97
Figura 5.42 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrato.....	98
Figura 5.43 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itabapoana.....	99
Figura 5.44 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: DBO.....	100
Figura 5.45 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Oxigênio Dissolvido. ....	100
Figura 5.46 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Coliformes Termotolerantes. ....	101
Figura 5.47 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Fósforo Total. ....	101
Figura 5.48 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrogênio Amoniacal. ....	102
Figura 5.49 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrito. ....	102
Figura 5.50 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrato.....	103
Figura 6.1 - Projeção das demandas dos setores destacados para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém. ....	116





---

Figura 6.2 - Projeção das demandas de irrigação para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém. ....	116
Figura 6.3 - Projeção das demandas dos setores destacados para as bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim. ....	118
Figura 6.4 - Projeção das demandas de irrigação para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém. ....	118
Figura 6.5 - Projeção das demandas nas cenas de planejamento para a Bacia do Rio Itabapoana. ....	119
Figura 6.6 – Projeção dos incrementos das demandas setoriais para a Bacia do Rio Itabapoana... ..	120
Figura 6.7 – Potencialidade dos aquíferos nas UHPs das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. ....	121
Figura 6.8 – Vulnerabilidade a inundações nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. ....	124



---

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Áreas das Unidades Hidrológicas de Planejamento das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. ....	19
Quadro 2.2 - Participação dos municípios pertencentes às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste nas UHPs.....	19
Quadro 2.3 – População inserida nas UHPs. ....	20
Quadro 2.4 – Síntese da análise para a projeção das demandas.....	21
Quadro 2.5 - Taxas de variação anual das demandas setoriais.....	22
Quadro 2.6 – Projeção das demandas hídricas por bacia.....	22
Quadro 2.7 - Projeção de carga poluidora para DBO e Coliformes Termotolerantes.....	23
Quadro 2.8 - Síntese dos resultados para o balanço hídrico quantitativo. ....	24
Quadro 2.9 - Síntese dos resultados do balanço quantitativo para os cenários.....	25
Quadro 2.10 - Alternativas de intervenção selecionadas por bacia.....	27
Quadro 3.1 - Relação dos postos fluviométricos selecionados para a avaliação das séries históricas de vazão. ....	29
Quadro 3.2. Resultados do teste estatístico para verificação de tendência de variação da vazão mínima de sete dias anual.....	36
Quadro 3.3 - População estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual.....	38
Quadro 3.4 - BEDA estimado por UHP e taxa geométrica de crescimento anual.....	39
Quadro 3.5 - Área irrigada (hectares) estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento.....	40
Quadro 3.6 - Taxas utilizadas para a projeção de demandas do cenário tendencial por UHP. ....	41
Quadro 3.7 - Projeção das demandas hídricas para as cenas de planejamento por UHP.....	41
Quadro 3.8 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Buranhém.....	42
Quadro 3.9 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Jucuruçu. ....	42



Quadro 3.10 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itanhém. ....	42
Quadro 3.11 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Peruípe. ....	43
Quadro 3.12 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itaúnas. ....	43
Quadro 3.13 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itapemirim. ....	43
Quadro 3.14 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itabapoana. ....	44
Quadro 3.15. Relação das cargas <i>per capita</i> e concentração no efluente doméstico dos parâmetros a serem simulados no modelo. ....	44
Quadro 3.16. Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena atual (2021). ....	45
Quadro 3.17. Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena de longo prazo (2041). ....	46
Quadro 5.1 - Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados .....	61
Quadro 5.2 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial. ....	62
Quadro 5.3 - Déficit hídricos e percentual das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada por UHP no cenário tendencial. ....	62
Quadro 5.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário de escassez. ....	66
Quadro 5.5 - Déficit hídricos e percentual das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada por UHP no cenário tendencial. ....	67
Quadro 5.6 - Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo. ....	73
Quadro 5.7. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial – cena atual (2021) .....	104
Quadro 5.8. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial – cena de longo prazo (2041). ....	104



---

Quadro 5.9. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário de Contingência Climática – cena atual (2021) .....	112
Quadro 5.10. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário de Contingência Climática – cena de longo prazo (2041) .....	113
Quadro 6.1 - Balanços hídricos nos exutórios das UHPs para os cenários tendencial e de contingência climática. ....	117
Quadro 7.1 – Normativos legais sobre a cobrança pelo uso da água no Estado de Minas Gerais...	130
Quadro 7.2 – Fórmulas para a cobrança do uso da água de acordo com a DN CERH-MG 68/2021. ....	132
Quadro 7.3 – Valores mínimos de PPU, de acordo com as finalidades e as zonas.....	133
Quadro 7.4 – Estimativa de arrecadação anual pelo uso da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. ....	134
Quadro 8.1 – Relação entre as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, as porções em outros estados, as bacias vizinhas, comitês de bacia, plano de recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água e integração sugerida. ....	139
Quadro 9.1 - Alternativas de intervenção selecionadas por bacia.....	147



## LISTA DE MAPAS

Mapa 5.1 - Balanço hídrico no Cenário Tendencial: Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém. (2021-2041) .....	63
Mapa 5.2 - Balanço hídrico no Cenário Tendencial: Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim. (2021-2041) .....	64
Mapa 5.3 - Balanço hídrico no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itabapoana. (2021-2041) .....	65
Mapa 5.4 - Balanço hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém. (2021-2041) .....	68
Mapa 5.5 - Balanço hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim. (2021-2041) .....	69
Mapa 5.6 - Balanço hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacia do Rio Itabapoana. (2021-2041) .....	70
Mapa 5.7 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Buranhém. (2021-2041) .....	105
Mapa 5.8 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Jucuruçu. (2021-2041) .....	106
Mapa 5.9 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itanhém. (2021-2041) .....	107
Mapa 5.10 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Peruípe. (2021-2041) .....	108
Mapa 5.11 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itaúnas. (2021-2041) .....	109
Mapa 5.12 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itapemirim. (2021-2041) .....	110
Mapa 5.13 - Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itabapoana. (2021-2041) .....	111
Mapa 8.1 – Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste em Minas Gerais, porções no Espírito Santo e Rio de Janeiro e bacias hidrográficas vizinhas. ....	136



---

## LISTA DE SIGLAS

- ANA** - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- APP** - Área de Preservação Permanente
- BA** - Bahia
- BEDA** - Bovino Equivalente por Demanda de Água
- CBH** – Comitê de Bacia Hidrográfica
- CBH FRABS** - Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Frades, Buranhém e Santo Antônio
- CBHPIJ** - Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu
- CERH-MG** – Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
- CH** - Circunscrição Hidrográfica
- CNRH** - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CO** – Carga Orgânica
- CODEVASF** - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CRH/MG** - Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos
- DAE** - Documento de Arrecadação Estadual
- DAC** - Declaração de Área de Conflito
- DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DN** – Deliberação Normativa
- ECA** - Enquadramento dos Corpos de Água
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ES** - Espírito Santo
- ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICH** - Índice de Comprometimento Hídrico
- IGAM** - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
- IPCA** – Índice de Preços ao Consumidor Amplo
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada



**MG** - Minas Gerais

**NMP** - Número Mais Provável

**PDRH** - Plano Diretor de Recursos Hídricos

**PPU** - Preço Público Unitário

**SEF** – Secretaria de Estado da Fazenda

**SEMAD** – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

**SEPLAG** – Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão

**SUDENE** – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

**TGCA** - Taxa Geométrica de Crescimento Anual

**UEG** – Unidade Estratégica de Gestão

**UF** – Unidade da Federação

**UHP** - Unidade Hidrológica de Planejamento



## 1. INTRODUÇÃO

O processo de elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste se encontra na etapa de Prognóstico, que é segunda etapa de elaboração do Plano, após a realização do Diagnóstico<sup>1</sup>. O PDRH tem como próxima etapa a elaboração do Plano de Ação, seguida pela consolidação do conteúdo completo do PDRH em produtos finais do Plano.

Para subsidiar a elaboração do PDRH, o Prognóstico apresenta visões de futuro para as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, considerando um horizonte de planejamento de 20 anos. De forma a compatibilizar os períodos de elaboração e implementação do PDRH, o prognóstico toma como cena atual 2021, fazendo com que as demais cenas de planejamento tenham como referência os seguintes anos, correspondendo a cenas específicas para as quais serão apresentados resultados:

- Curto prazo: 2026;
- Médio prazo: 2031 e 2036;
- Longo prazo: 2041;

A estruturação desse horizonte em quatro quinquênios visa facilitar a proposição e o acompanhamento de metas e indicadores a serem elaborados na etapa seguinte do PDRH. O Prognóstico parte das informações da etapa de Diagnóstico, alinha as informações para a cena atual e propõe cenários futuros para a bacia, projetando os resultados para esses períodos, objetivando a proposição de possíveis alternativas de intervenção e gestão, a serem consideradas na elaboração do PDRH.

A visão de futuro proposta neste Prognóstico está estruturada com base em três cenários para as bacias, tomando como base o passado recente para a identificação de tendências que se apresentam para o futuro, situações de maior escassez hídrica e uma situação de significativo aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos.

O cenário tendencial considera o histórico de desenvolvimento da região, focando nos processos observados na última década, revelando desafios chave à gestão de recursos hídricos, percebidos desde o início do processo de elaboração do PDRH.

---

<sup>1</sup> A etapa de Diagnóstico do PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste foi concluída em março de 2021 e é composta por dois relatórios: Relatório de Diagnóstico e Relatório das Consultas Públicas de Diagnóstico.





Desses desafios chave, destacam-se os eventos extremos diretamente ligados à água: escassez e cheias, já que tratam justamente do objeto de gestão e estão condicionados às variabilidades climáticas, que são incontroláveis pelo sistema de gestão. Cabe à cenarização traduzir esse contexto para as bacias hidrográficas e propor mecanismos que aumentem sua capacidade de agir sobre essas situações a partir de estratégias de mitigação de seus impactos.

Avaliadas as tendências de evolução do cenário atual e uma condição mais crítica representada por um período de escassez, os cenários se completam pela avaliação de possíveis e consistentes avanços na gestão de recursos hídricos, representando a realização em ritmo mais acelerado que o atual, dos desenvolvimentos previstos na Política de Recursos Hídricos, bem como de iniciativas do arranjo institucional atuante nas bacias.

A estruturação desse arranjo institucional para as Bacias dos Rios do Leste é parte relevante da elaboração do PDRH, uma vez que essas bacias não contam com Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) instituído e, segundo a Deliberação Normativa do CERH-MG nº 66/2020, devem ser objeto de integração às Circunscrições Hidrográficas que possuem CBH instituído. Isso faz com que o momento de elaboração do PDRH se torne também o momento de estruturação da atuação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos sobre essas bacias, o que agrega maior complexidade ao processo ao mesmo tempo que oportuniza a integração do planejamento às características particulares da gestão que será implementada.

Dentro desse contexto de planejamento é realizada uma descrição sintética das bacias no capítulo 2, que também apresenta uma síntese de todo o conteúdo deste relatório de prognóstico em formato de sumário executivo. O capítulo 3 apresenta as projeções realizadas para as disponibilidades e demandas, incluindo a carga poluidora. Dos resultados dessas projeções resultaram os cenários de planejamento apresentados no capítulo 4, seguido dos balanços hídricos em cada cenário apresentados no capítulo 5. O capítulo 6 avalia e propõe soluções para a compatibilização entre a água disponível e as demandas hídricas nas bacias.

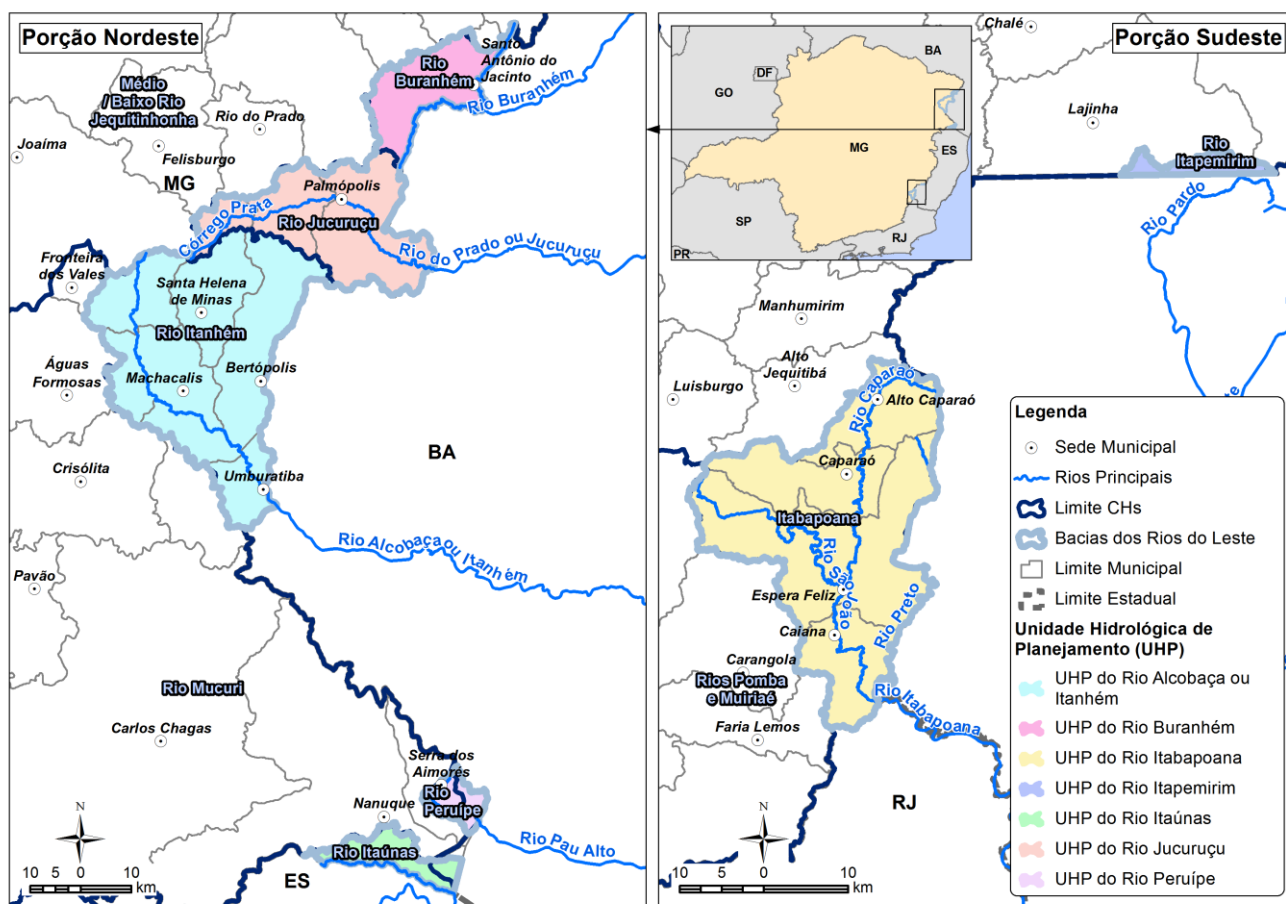
Partindo das necessidades de compatibilização, o capítulo 7 avalia o potencial de arrecadação pela cobrança de recursos hídricos e, capítulo 8, a compatibilização de interesses internos e externos à bacia. No capítulo 9 são propostas e avaliadas alternativas de intervenções, considerando as características das Unidades Hidrológicas de Planejamento. Por fim, o capítulo 10 apresenta as considerações finais relativas ao Prognóstico.



## 2. SUMÁRIO EXECUTIVO

O Diagnóstico desenvolvido para o PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste apresenta as informações levantadas estruturadas em Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHPs). Os limites dessas UHPs respeitam a divisão hidrográfica apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Unidades Hidrológicas de Planejamento.



Fonte: elaboração própria.

A área de estudo é representada pelas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, as quais são compostas pelas bacias do Rio Buranhém, Rio Jucuruçu, Rio Itanhém, Rio Peruípe, Rio Itaúnas, Rio Itapemirim e de Rio Itabapoana, totalizando uma área não contínua de 3.477,76 km<sup>2</sup>, inserida no Estado de Minas Gerais. Essas áreas foram divididas em duas porções (nordeste e sudeste), as quais estão subdivididas em Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHPs) conforme descrito a seguir:

- **Porção Nordeste:** UHP-1 - Rio Buranhém, UHP-2 - Rio Jucuruçu, UHP-3 - Rio Itanhém, UHP-4 - Rio Peruípe, UHP-5 - Rio Itaúnas; e
- **Porção Sudeste:** UHP-6 - Rio Itapemirim e UHP-7 - Rio Itabapoana.

As áreas das Unidades Hidrológicas de Planejamento são apresentadas no Quadro 2.1.



Quadro 2.1 - Áreas das Unidades Hidrológicas de Planejamento das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

UHPs	Área (km <sup>2</sup> )
UHP-1 - Rio Buranhém	324,34
UHP-2 - Rio Jucuruçu	704,27
UHP-3 - Rio Itanhém	1.516,00
UHP-4 - Rio Peruípe	84,00
UHP-5 - Rio Itaúnas	148,29
UHP-6 - Rio Itapemirim	30,45
UHP-7 - Rio Itabapoana	670,41
Total	3.477,76

Fonte: elaboração própria.

Em termos de sobreposição aos territórios dos municípios, o Quadro 2.2 apresenta a participação dos municípios nas UHPs.

Quadro 2.2 - Participação dos municípios pertencentes às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste nas UHPs.

UHP	Município (* Sede do Município)	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Área do município na UHP (km <sup>2</sup> )	Percentual do Município na UHP (%)
UHP-1 - Rio Buranhém	Santo Antônio do Jacinto*	503,15	324,92	65%
UHP-2 - Rio Jucuruçu	Felisburgo	596,24	87,44	15%
	Palmópolis*	432,50	432,50	100%
	Rio do Prado	479,76	185,92	39%
UHP-3 - Rio Itanhém	Águas Formosas	820,32	114,02	14%
	Bertópolis*	429,14	429,14	100%
	Fronteira dos Vales	320,80	222,65	69%
	Machacalis*	332,39	332,39	100%
	Santa Helena de Minas*	276,42	276,42	100%
	Umburatiba*	408,26	147,75	36%
UHP-4 - Rio Peruípe	Serra dos Aimorés*	246,02	84,60	34%
UHP-5 - Rio Itaúnas	Nanuque	1544,33	148,29	10%
UHP-6 - Rio Itapemirim	Lajinha	431,00	30,69	7%
UHP-7 - Rio Itabapoana	Alto Caparaó <sup>2</sup>	104,81	102,08	97,4%
	Caiana*	107,33	107,33	100%
	Caparaó*	130,90	130,90	100%
	Espera Feliz*	326,10	326,10	100%
Fora área de estudo	Águas Formosas*	820,32	706,30	86%
	Alto Caparaó <sup>2</sup>	104,81	2,73	2,6%
	Felisburgo*	596,24	508,81	85%
	Fronteira dos Vales*	320,80	98,16	31%
	Lajinha*	431,00	400,30	93%
	Nanuque*	1544,33	1396,04	90%
	Rio do Prado*	479,76	293,84	61%
	Santo Antônio do Jacinto	503,15	178,23	35%
	Serra dos Aimorés	246,02	161,42	66%
Umburatiba	408,26	260,50	64%	

Fonte: elaboração própria.

Nota: em virtude de divergências entre limites político-administrativos e limites físicos, as áreas totais do Quadro 2.2 não correspondem, necessariamente, às áreas totais das UHPs apresentada no Quadro 2.1, entretanto, as diferenças são inferiores a 1%.

<sup>2</sup> O município de Alto Caparaó tem 2,6% de sua área reconhecida como parte integrante do território da Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu pelo CBH Manhuaçu. Informação coletada na Consulta Pública de Prognóstico.

O todo das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste abrange uma população de 91.733 mil habitantes, sendo 57.735 mil em área urbana e 33.998 mil em área rural, considerando a projeção para a cena atual (2021). Essa população está distribuída conforme é apresentado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – População inserida nas UHPs.

UHP	População urbana	População rural	População total
UHP-1-Rio Buranhém	6.266	3.853	10.119
UHP-2-Rio Jucuruçu	3.494	4.169	7.663
UHP-3-Rio Itanhém	14.154	7.389	21.543
UHP-4-Rio Peruípe	6.233	534	6.767
UHP-5-Rio Itaúnas	2.359	259	2.618
UHP-6-Rio Itapemirim	-	637	637
UHP-7-Rio Itabapoana	25.229	17.157	42.386
<b>Total</b>	<b>57.735</b>	<b>33.998</b>	<b>91.733</b>

Fonte: elaboração própria.

Em termos de uso e cobertura do solo, todas as bacias possuem características ampla utilização rural. Na Bacia Hidrográfica do Rio Buranhém mais de 80% da área é destinada a pastagens e na agricultura predomina o cultivo do milho. Essa predominância das pastagens ainda existe, mas de forma mais reduzida nas bacias dos rios Jucuruçu e Itanhém, onde representam 54% e 65% das áreas. As bacias dos rios Peruípe e Itaúnas possuem uma predominância de áreas ligadas à agricultura, que ocupam mais de 60% das áreas em ambas as bacias, onde se destaca a produção de cana. A Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim apresenta uma predominância de mosaico de pastagens e agricultura, ocupando 46,73% da área, com destaque para a produção de café milho e feijão. A Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana é a que possui a maior população, com destaque para a população urbana. Essas características de uso e ocupação do solo se refletem na participação dos setores econômicos nas demandas de água e no impacto que possíveis eventos de escassez causam.

O capítulo 3 deste Prognóstico apresenta as projeções de disponibilidade, demanda e cargas poluidoras para o horizonte de planejamento, considerando o cenário atual. As disponibilidades são projetadas para o cenário tendencial utilizando as disponibilidades identificadas no Diagnóstico, que são as apresentadas por IGAM (2012), e para uma vazão de escassez recorrente, considerando o histórico de secas na região.

Com base nos históricos de monitoramento da região, foi identificada que é possível a ocorrência de uma redução de 49% em relação à vazão de referência em um período de escassez. A metodologia para a obtenção dessa redução é apresentada no item 3.1.

O item 3.2 apresenta a projeção das demandas, dentro do contexto de tendencial de evolução por setor econômico. Os critérios adotados para essas projeções estão sintetizados no Quadro 2.4.



Quadro 2.4 – Síntese da análise para a projeção das demandas.

	<b>Abastecimento humano</b>	<b>Dessedentação animal</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Indústria, Mineração, Pesca e aquicultura</b>
<b>Variável</b>	TGCA* do período 2010 (Censo Demográfico) a 2020 (estimativa da população) segundo a proporção da população nas UHPs por setor censitário em 2010.	Varição anual BEDA 2006/2017 do Censo Agropecuário (considera todos os rebanhos, não apenas os principais como a Pesquisa Pecuária Municipal).	Varição da área irrigada total 2006/2017 no Censo Agropecuário (não é considerado o método de irrigação, apenas a área total).	Não há variáveis que permitam apontar se há uma tendência de aumento ou redução dessas demandas. Perfil regional não é de indústria, mineração e aquicultura. Mineração só tem demanda relevante em uma UHP.
<b>Resultado</b>	Taxas muito reduzidas, próximas de 0, mas com variação por UHP.	Três bacias apresentam taxa negativas, enquanto outras quatro apresentam taxas positivas, mas muito baixas.	Considerável variação na área irrigada, porém, geralmente sobre áreas iniciais muito pequenas (por isso as taxas ficam altas em alguns casos).	Não há como prever o comportamento de evolução da demanda desses setores.
<b>Análise</b>	Projeta reduzido crescimento, com UHPs com redução de população.	Projeta a redução da demanda.	A tendência é aumentar a demanda para irrigação. Porém, a estimativa por UHP pode ser muito imprecisa.	Exceto pontualmente em duas UHPs, essas demandas são pouco relevantes e, mesmo que fosse arbitrada uma taxa de crescimento, continuaria tendo reduzido impacto.
<b>Critério</b>	Mantém a demanda atual se taxa for negativa ou considera a taxa se for positiva. Por ser uso prioritário, será mantida a demanda nas UHP que projetam redução da demanda em relação à atual (critério de precaução).	Mantém a demanda atual se taxa for negativa ou considera a taxa se for positiva. Por ser uso prioritário e não representar grande peso no balanço hídrico, será mantida a demanda atual caso haja uma eventual retomada da atividade, mesmo não sendo projetada atualmente.	Adota-se taxa até o limite de 5% (positivo ou negativo), assumindo que 5% é uma taxa que aponta significativo aumento ou redução.	Manutenção das vazões atuais.

Fonte: elaboração própria. \* TGCA Taxa geométrica de crescimento anual (% a.a.).

Com base nesses critérios foram atribuídas taxas de variação das demandas por UHP para os setores. Essas taxas são apresentadas no Quadro 2.5. Observa-se que são três os setores com variações identificadas para a projeção das demandas: abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação.



Quadro 2.5 - Taxas de variação anual das demandas setoriais.

Unidade territorial	Abastecimento humano	Indústria	Dessedentação animal	Irrigação	Mineração	Pesca e Aquicultura
UHP-1-Rio Buranhém	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
UHP-2-Rio Jucuruçu	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0
UHP-3-Rio Itanhém	0,2	0,0	0,2	-5,0	0,0	0,0
UHP-4-Rio Peruípe	0,4	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
UHP-5-Rio Itaúnas	0,0	0,0	0,4	-5,0	0,0	0,0
UHP-6-Rio Itapemirim	0,2	0,0	1,4	1,2	0,0	0,0
UHP-7-Rio Itabapoana	0,9	0,0	2,1	5,0	0,0	0,0

Fonte: elaboração própria.

A aplicação dessas taxas resulta na projeção setorial das demandas para o horizonte de planejamento, que em seu somatório por bacia resulta nas projeções apresentadas no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 – Projeção das demandas hídricas por bacia.

UHP	Demandas hídricas (L/s)				
	2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	25,15	25,22	25,31	25,42	25,56
UHP-2 - Rio Jucuruçu	29,78	30,82	32,09	33,61	35,46
UHP-3 - Rio Itanhém	206,69	191,70	180,45	172,09	165,97
UHP-4 - Rio Peruípe	64,71	81,66	103,29	130,89	166,12
UHP-5 - Rio Itaúnas	53,72	43,13	34,97	28,69	23,86
UHP-6 - Rio Itapemirim	2,42	2,57	2,74	2,91	3,09
UHP-7 - Rio Itabapoana	176,51	189,48	204,36	221,57	241,67

Fonte: elaboração própria.

A partir da avaliação setorial das demandas, as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste foram divididas em três perfis de demandas hídricas: (i) voltado ao abastecimento humano e atividades agropecuárias, onde se enquadram as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém; (ii) voltado às atividades agrícolas, onde se enquadram as bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim; e (iii) voltado ao abastecimento humano com demanda de irrigação crescente, onde se enquadra a Bacia do Rio Itabapoana.

No item 3.3 é apresentada a projeção de carga poluidora, que toma como base as taxas de projeção da população para projetar as cargas ao longo do horizonte de planejamento. Uma síntese dos resultados obtidos é apresentado no Quadro 2.7, onde possível observar a influência dos quantitativos populacionais nos quantitativos de cargas lançadas, o que reflete uma homogeneia e baixa capacidade de tratamento de esgotos nas bacias.



Quadro 2.7 - Projeção de carga poluidora para DBO e Coliformes Termotolerantes.

UHP	Carga lançada (kg/dia) 2021		Carga lançada (kg/dia) 2041	
	DBO	Coli*.	DBO	Coli*.
UHP-1 - Rio Buranhém	475,11	8,60E+12	475,11	8,60E+12
UHP-2 - Rio Jucuruçu	341,84	6,12E+12	341,84	6,12E+12
UHP-3 - Rio Itanhém	888,05	1,54E+13	926,37	1,61E+13
UHP-4 - Rio Peruípe	243,09	4,33E+12	258,95	4,61E+12
UHP-5 - Rio Itaúnas	117,92	2,17E+12	117,07	2,15E+12
UHP-6 - Rio Itapemirim	60,67	1,04E+12	62,58	1,07E+12
UHP-7 - Rio Itabapoana	1965,61	3,55E+13	2360,69	4,27E+13

Fonte: elaboração própria.

O capítulo 4 apresenta a construção de cenários para a elaboração do PDRH, que visa a elaboração de visões de futuro que congreguem as tendências visualizadas nas regiões e as alternativas possíveis de desenvolvimento, sem desconsiderar as incertezas inerentes ao processo de cenarização, mas buscando oferecer uma formulação útil ao planejamento. Os cenários foram construídos com o objetivo principal de servirem de esteio à tomada de decisão e, por isso, constituem-se de modelos abertos, que possibilitam a revisão de sua evolução com o tempo.

Foram construídos três cenários para as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste: Cenário Tendencial, Cenário de Contingência Climática e Cenário de Aperfeiçoamento da Gestão.

O **Cenário Tendencial** admite que os fatores naturais, socioeconômicos, culturais e a gestão de recursos hídricos não irão se diferenciar de forma significativa das tendências identificadas no diagnóstico realizado, ou seja, projeta a manutenção dos padrões atuais a partir da trajetória das variáveis medidas no passado recente.

Neste cenário as demandas crescem conforme as tendências identificadas, que, para a Bacia Hidrográfica dos Rios do Leste, não apontam para variações expressivas, exceto para o setor de irrigação, que apresenta uma tendência significativa de variação da demanda, nesse sentido, acompanhando tendência nacional, conforme apresentado no Quadro 2.5.

O **Cenário de Contingência Climática** se utiliza da mesma projeção de demanda realizada no Cenário Tendencial, mas considera uma disponibilidade hídrica reduzida. Essa redução da disponibilidade hídrica é pautada no histórico de eventos de escassez e seca da região e visa a confrontar a demanda projetada com um episódio de escassez, ou seja, em uma única cena, salientando a proporção de não atendimento das demandas que, potencialmente, um evento de seca poderá ter.



O **Cenário de Aperfeiçoamento da Gestão**, por sua vez, se utiliza das projeções do Cenário Tendencial e das vulnerabilidades à escassez de água observadas no Cenário de Contingência Climática para propor alternativas de intervenção estruturais e não estruturais que tornem a gestão de recursos hídricos efetiva para a bacia, focando especialmente nos instrumentos e atores da gestão e, dessa forma, refletindo a capacidade de intervenção que o Sistema de Recursos Hídricos poderá desenvolver.

Com base nos cenários construídos e nas projeções de disponibilidades, demandas e cargas poluidoras, o capítulo 5 apresenta o balanço hídrico para o Cenário Tendencial em todas as cenas e para o Cenário de Contingência Climática. No item 5.1 é apresentado o balanço quantitativo, elaborado a partir da utilização do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools (KAYSER; COLLISCHONN, 2013), que possibilita a avaliação dos trechos dos corpos hídricos através do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente trecho a trecho, sendo utilizado como expressão do balanço hídrico.

Para o Cenário Tendencial, os resultados do balanço hídrico partem de valores em conformidade baixo à em não conformidade médio para a cena atual (2021) e não sofrem grandes alterações na cena de longo prazo (2041). O mesmo ocorre no Cenário de Contingência Climática, onde a situação é localmente mais restritiva.

Os resultados do balanço hídrico são apresentados para os cenários Tendencial e de Contingência Climática.

Quadro 2.8 - Síntese dos resultados para o balanço hídrico quantitativo.

UHP	Corpo hídrico	Cenário Tendencial ICH (%)		Cenário de Contingência Climática ICH (%)	
		2021	2041	2021	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	Rio do Peixe	6,77	6,87	14,09	14,12
UHP-2 - Rio Jucuruçu	Rio do Prado ou Rio Jucuruçu	5,58	6,64	11,4	11,8
UHP-3 - Rio Itanhém	Rio Alcobaça ou Itanhém	13,4	10,96	24,65	23,12
UHP-4 - Rio Peruípe	Rio Pau Alto	58,65	58,65	63,66	63,66
UHP-5 - Rio Itaúnas	Córrego Barreado	11,79	12,19	14,61	14,61
UHP-6 - Rio Itapemirim	Total exutórios	1,63	2,06	3,39	3,6
UHP-7 - Rio Itabapoana	Rio Itabapoana	5,34	7,25	11	11,78

Legenda:

%	Classe em conformidade (baixo)	%	Classe em conformidade (médio)	%	Classe em conformidade (máximo)	%	Classe em não conformidade (médio)
---	--------------------------------	---	--------------------------------	---	---------------------------------	---	------------------------------------

Fonte: elaboração própria.

O item 5.2 apresenta os resultados para o balanço qualitativo, que apresentam uma piora considerável quando comparadas as cenas atual e de longo prazo, tanto para o Cenário Tendencial, quanto para o Cenário de Contingência Climática. Uma síntese dos resultados é apresentada no Quadro 2.9, que traz os resultados para classe de enquadramento equivalente, segundo a Deliberação





Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e a Resolução CONAMA nº 357/2005, obtida pelo percentil 80%.

Quadro 2.9 - Síntese dos resultados do balanço quantitativo para os cenários.

UHP	Cenário Tendencial		Cenário de Contingência Climática	
	Class. Final 2021	Class. Final 2041	Class. Final 2021	Class. Final 2041
UHP-1-Rio Buranhém	4	4	4	4
UHP-2-Rio Jucuruçu	3	3	4	4
UHP-3-Rio Itanhém	3	3	4	4
UHP-4-Rio Peruípe	4	4	4	4
UHP-5-Rio Itaúnas	4	4	4	4
UHP-6-Rio Itapemirim	3	3	4	4
UHP-7-Rio Itabapoana	2	3	3	4

Fonte: elaboração própria.

O capítulo 6 apresenta a compatibilização das demandas com as disponibilidades hídricas, através da análise dos incrementos de demandas, depois das alternativas para incrementar as disponibilidades e, por fim, com as alternativas de atuação regulatória sobre as demandas e para a redução de cargas poluidoras.

No item 6.1 se utiliza de um comparativo entre as demandas atuais e futuras dos setores econômicos para selecionar os setores de maior relevância: abastecimento humano, irrigação e dessedentação animal. As bacias são analisadas agrupadas nos três perfis de demandas já apresentados.

Nos casos em que há necessidade de incrementos de disponibilidade, seja por meio de captação de água subterrânea, busca de mananciais menos pressionados de água superficial dentro da unidade de planejamento ou alternativas de regulação que permitam a ampliação da garantia. Esses são os temas abordados no item 6.2. As alternativas de incremento de oferta identificadas são a: captação de água subterrânea, proteção de nascentes e mata ciliar, conservação do solo, construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinchos” e construção de barramentos.

Apesar das possíveis alternativas de incremento de disponibilidade, essa é limitada à disponibilidade do recurso, não atendendo completamente a necessidade de compatibilização. Assim, se fazem necessárias alternativas de atuação sobre as demandas, de forma a tornar mais eficiente o uso da água. Essas alternativas são objeto do item 6.3, onde se destacam como alternativas:

- Não estruturais:
  - Planejamento e gestão;
  - Regularização de outorgas;
  - Cobrança pelo uso da água;
  - Fiscalização;
  - Educação ambiental.
- Estruturais:
  - Redução das perdas nos sistemas de abastecimento;
  - Coleta e armazenamento da água da chuva;
  - Aumento da eficiência na irrigação;
  - Reuso da água na indústria.



As alternativas para a redução no quantitativo de cargas poluidoras, por sua vez, são apresentadas no item 6.4, incluindo a:

- Implantação do enquadramento dos corpos d'água;
- Ampliação do monitoramento qualitativo;
- Ampliação da rede de coleta de esgotos;
- Ampliação da capacidade de tratamento de esgotos;
- Implantação de soluções de atendimento individual e coletivo de esgotos para a população rural;
- Redução da poluição difusa em corpos hídricos;
- Redução da carga poluidora de atividades industriais.

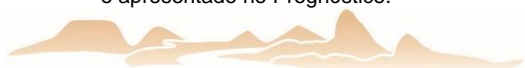
O capítulo 7 apresenta o potencial de arrecadação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos para as Bacias dos Rios Itanhém, Itaúnas e Itabapoana com base nas estimativas realizadas por IGAM (2020)<sup>3</sup>. Os resultados apontam para valores anuais que vão de R\$ 178,56 a R\$ 22.033,85 quando a cobrança incide apenas sobre as vazões captadas e chegam a R\$ 48.045,91 quando adicionada a cobrança sobre o lançamento de carga poluidora para a Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém. Vão de R\$ 14,55 a R\$ 127,35 quando a cobrança incide apenas sobre as vazões captadas e chegam a R\$ 141,50 quando adicionada a cobrança sobre o lançamento de carga poluidora para a Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas. E vão de R\$ 70.827,25 a R\$ 116.630,27 quando a cobrança incide apenas sobre as vazões captadas e chegam a R\$ 1.117.643,81 quando adicionada a cobrança sobre o lançamento de carga poluidora para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

A compatibilização de interesses internos e externos às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste é abordada no capítulo 8 sob a ótica da organização e interação dos atores do sistema de gestão dos recursos hídricos, apresentando a situação de gestão das bacias vizinhas e suas relações e possível processo de integração das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste à essas. Nesse contexto também aborda questões relacionadas às porções das bacias localizadas em outros estados e como essa situação se relaciona com a porção mineira, área de estudo do PDRH.

Retomando todo o conteúdo desenvolvido até então, o capítulo 9 apresenta e justifica as alternativas de intervenção selecionadas. Partindo de um conjunto de alternativas compiladas, as alternativas selecionadas são indicadas para cada bacia, tendo em vista as variações regionais,

---

<sup>3</sup> O estudo citado não apresenta estimativa para as demais bacias e informa, como justificativa, que não há volume outorgado para cálculos. Contudo, o potencial de arrecadação, bem como as diretrizes para o instrumento de gestão, são temáticas a serem retomadas e detalhadas na próxima etapa do PDRH, o Plano de Ação, que apresentará um conjunto de informações maior que o apresentado no Prognóstico.



finalizando com uma síntese das alternativas selecionadas para o conjunto das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. O Quadro 2.10 apresenta as alternativas selecionadas para as UHPs.

Quadro 2.10 - Alternativas de intervenção selecionadas por bacia.

Alternativa de intervenção	UHP-1-Rio Buranhém	UHP-2-Rio Jucuruçu	UHP-3-Rio Itanhém	UHP-4-Rio Peruípe	UHP-5-Rio Itaúnas	UHP-6-Rio Itapemirim	UHP-7-Rio Itabapoana
Alocação de demandas, com priorização de usos							
Ampliação do sistema de drenagem							
Construção de nova ETE							
Ampliação da capacidade de tratamentos das ETES							
Expansão da rede de coleta de esgoto urbano							
Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural							
Implantação de estações de monitoramento de qualidade da água							
Adoção de práticas de manejo e conservação do solo							
Construção de sistema de barraginhas em propriedades rurais							
Integração da fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente							
Manejo adequado de resíduos agropecuários							
Redução do uso de agrotóxicos e de pesticidas							
Utilização de métodos de irrigação mais eficientes e com menor consumo de água							
Perfuração de poços para captação subterrânea							
Proteção de nascentes e da mata ciliar							
Racionamento de água em períodos de escassez							
Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público							
Uso amplo de instrumentos de gestão dos recursos hídricos							

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o capítulo 10 apresenta as considerações finais, encaminhando os resultados do Prognóstico para as próximas etapas de elaboração do PDRH.



### 3. PROJEÇÕES DE DISPONIBILIDADE E DEMANDA

Para a forma como os cenários foram desenhados para o Prognóstico das Bacias do Rios do Leste, é necessário estabelecer previamente as projeções de disponibilidade alternativas e de demanda tendencial, incluindo a demanda de diluição de carga poluidora.

A elaboração de instrumentos de planejamento e gestão de recursos hídricos comumente considera cenários econômicos alternativos e, a partir desses, faz projeções de demandas para compor as diferentes situações descritas nestes cenários. Contudo, tendo em vista as experiências de crises hídricas em muitas bacias hidrográficas brasileiras, está se consolidando o entendimento de que é necessário cearizar, também, variações de disponibilidade de água, por conta de fenômenos naturais que podem ocorrer de forma recorrente ou não, tendo em vista a construção de um planejamento robusto e adequado para a mitigação e enfrentamento de condições adversas de disponibilidade.

Os resultados da análise do Diagnóstico das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste permitiram identificar que, de um lado, a tendência de evolução da demanda não aponta para significativa variação, enquanto de outro, as condições climáticas na região podem apresentar uma significativa variação, com eventos recorrentes de secas, conforme registrado em períodos anteriores.

Dessa forma, a elaboração das projeções de demandas tendencial também atende ao cenário de escassez recorrente, que está lastreado em eventos pretéritos de vazões reduzidas, sendo a base para a elaboração de um cenário específico para essas situações de escassez.

Os itens que seguem apresentam as projeções realizadas, correspondendo à projeção de disponibilidade hídrica em situação de escassez, a projeção das demandas hídricas para os usos consuntivos das águas e, por fim, a projeção de cargas poluidoras.

#### 3.1. DISPONIBILIDADE DE ESCASSEZ RECORRENTE

A projeção realizada das disponibilidades hídricas alternativas à vazão de referência do cenário atual busca subsidiar a avaliação sobre qual seriam os efeitos de um período prolongado de vazões abaixo das vazões de referência do cenário atual. Essa questão decorre dos relatos colhidos em reuniões e consultas públicas realizadas na bacia<sup>4</sup> e justifica alguns comportamentos observados de variáveis importantes em anos recentes, como a redução nos rebanhos bovinos, por exemplo.

---

<sup>4</sup> As etapas de Diagnóstico e de Prognóstico da elaboração do PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste contaram com Consultas Públicas realizadas e apresentadas em relatórios específicos: Relatório das Consultas Públicas de Diagnóstico e Relatório das Consultas Públicas de Prognóstico.



Para responder à essa questão foi realizado um estudo sobre os dados pretéritos das estações de monitoramento na região. A metodologia utilizada neste item selecionou estações fluviométricas apresentadas no Relatório de Diagnóstico que estão localizadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste (podendo estar fora das bacias), excluindo, portanto, estações de outras bacias que foram utilizadas no âmbito da regionalização de vazões para o Diagnóstico. Com isso, a seleção realizada permite entender o comportamento das vazões ao longo do tempo como fenômeno local.

### 3.1.1. Seleção das estações fluviométricas e análise dos dados de vazão

O Quadro 3.1 apresenta a relação das estações selecionadas, incluindo o período com dados observados disponíveis e a  $Q_{7,10}$  calculada a partir de IGAM (2012), a partir do estudo que subsidia as vazões de referência utilizadas em Minas Gerais, que é a vazão de referência utilizada para a elaboração do PDRH. As séries de vazões observadas foram obtidas no Portal Hidroweb da ANA (2021). A partir dos dados obtidos, calculou-se as vazões mínimas anuais considerando uma média móvel de sete dias. Considerando que os dados já são consistidos pela Agência, não foi realizado nenhum pré-processamento nas séries, sendo desconsiderados os períodos com falhas nas observações.

Quadro 3.1 - Relação dos postos fluviométricos selecionados para a avaliação das séries históricas de vazão.

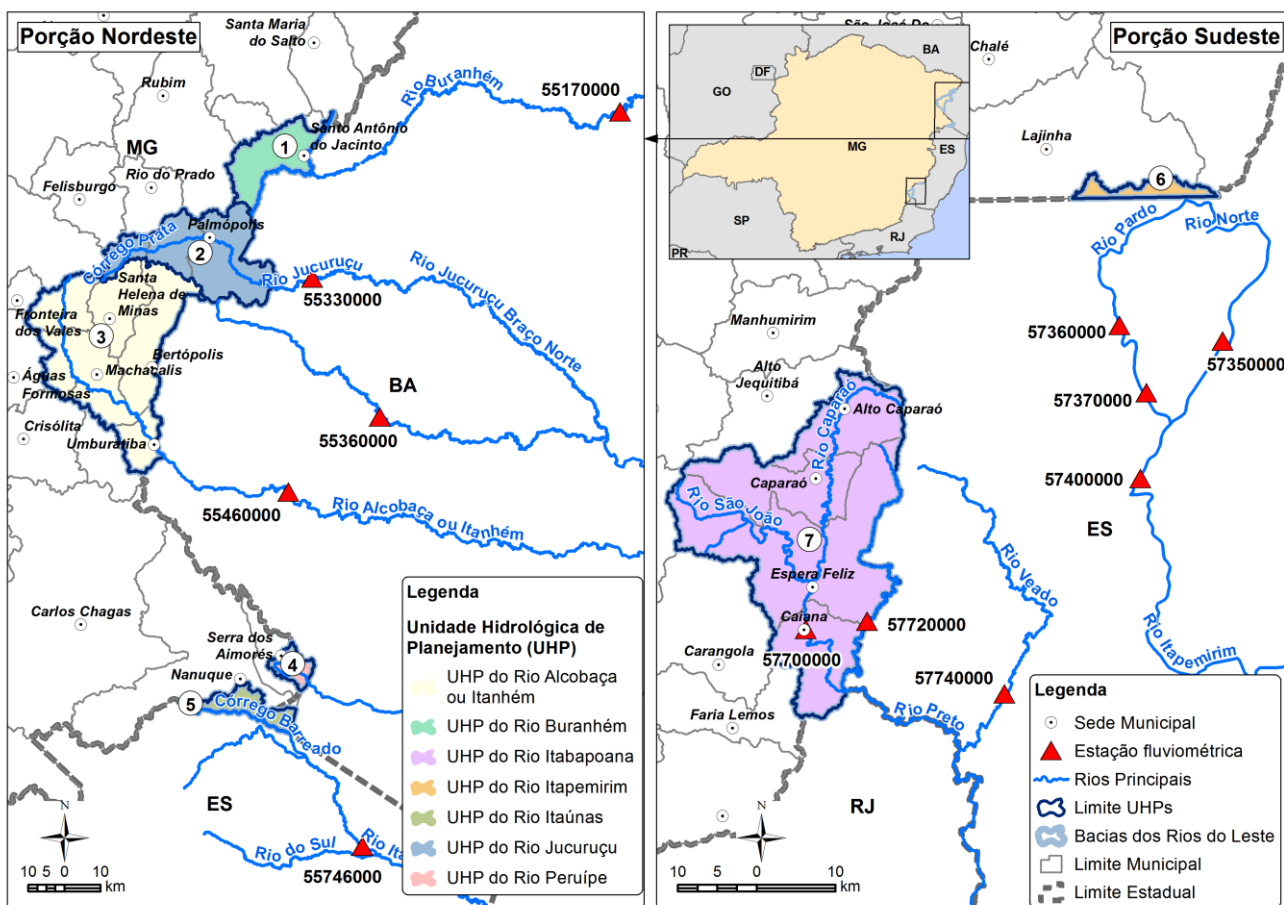
Estação	Nome	Área (km <sup>2</sup> )	Bacia Hidrográfica	Série histórica		Q <sub>7,10</sub> (m <sup>3</sup> /s)
				Início	Fim	
55360000	SÃO JOSÉ DO PRADO	878	Jucuruçu	1954	2019	2.300
55330000	JUCURUÇU	936	Jucuruçu	1981	2019	0.930
55746000	PEDRO CANÁRIO (ESTÂNCIA PICO)	1670	Itaúnas	2001	2019	0.300
55170000	FAZENDA LIMOEIRO	2410	Buranhém	1968	2019	3.710
55460000	MEDEIROS NETO	3230	Itanhém	1952	2019	1.660
57350000	USINA FORTALEZA	223	Itapemirim	1968	2019	0.828
57720000	DORES DO RIO PRETO	234	Itabapoana	1948	2019	0.783
57740000	GUAÇUÍ	413	Itabapoana	1937	2019	3.471
57360000	IÚNA	426	Itapemirim	1952	2019	2.047
57700000	CAIANA	447	Itabapoana	1935	2019	1.919
57370000	TERRA CORRIDA - MONTANTE	602	Itapemirim	1968	2019	2.903
57400000	ITAICI	1045	Itapemirim	1961	2019	3.775

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 3.1 apresenta a localização das estações fluviométricas selecionadas para a avaliação.



Figura 3.1 - Localização das estações fluviométricas selecionadas.



Fonte: laboração própria.

Após a seleção das estações, foram calculadas as vazões mínimas anuais considerando uma média móvel de sete dias, obtendo-se uma série anual de vazões mínimas de sete dias de duração. Essas séries anuais foram comparadas com a  $Q_{7,10}$  estabelecida em IGAM (2012), a qual representa a vazão mínima de sete dias de duração com 10 anos de tempo de retorno. Cabe ressaltar que a  $Q_{7,10}$  estabelecida por IGAM (2012) e que embasa o diagnóstico e o prognóstico no Cenário Tendencial, utilizou dados de vazão entre 1970 e 2005, portanto não incluindo períodos de estiagem que ocorreram após a ano de 2005. Esta estimativa de vazão para períodos de escassez se trata, então, de uma avaliação que permite identificar fenômenos históricos associados a variabilidades climáticas que se apresentam com certa recorrência também em períodos recentes, indicando a tendência de virem a se repetir no futuro.

A Figura 3.2 apresenta os resultados desse comparativo considerando os postos fluviométricos correspondentes às Bacias dos Rios Itanhém, Buranhém, Jucuruçu e Itaúnas, a Figura 3.3 à Bacia do Rio Itabapoana e a Figura 3.4 à Bacia do Rio Itapemirim. Nos gráficos localizados à esquerda são apresentadas as séries temporais anuais de vazão mínima, a  $Q_{7,10}$  calculada por IGAM (2012), além da sinalização de todos os pontos nos quais a vazão mínima anual foi menor que a  $Q_{7,10}$ .

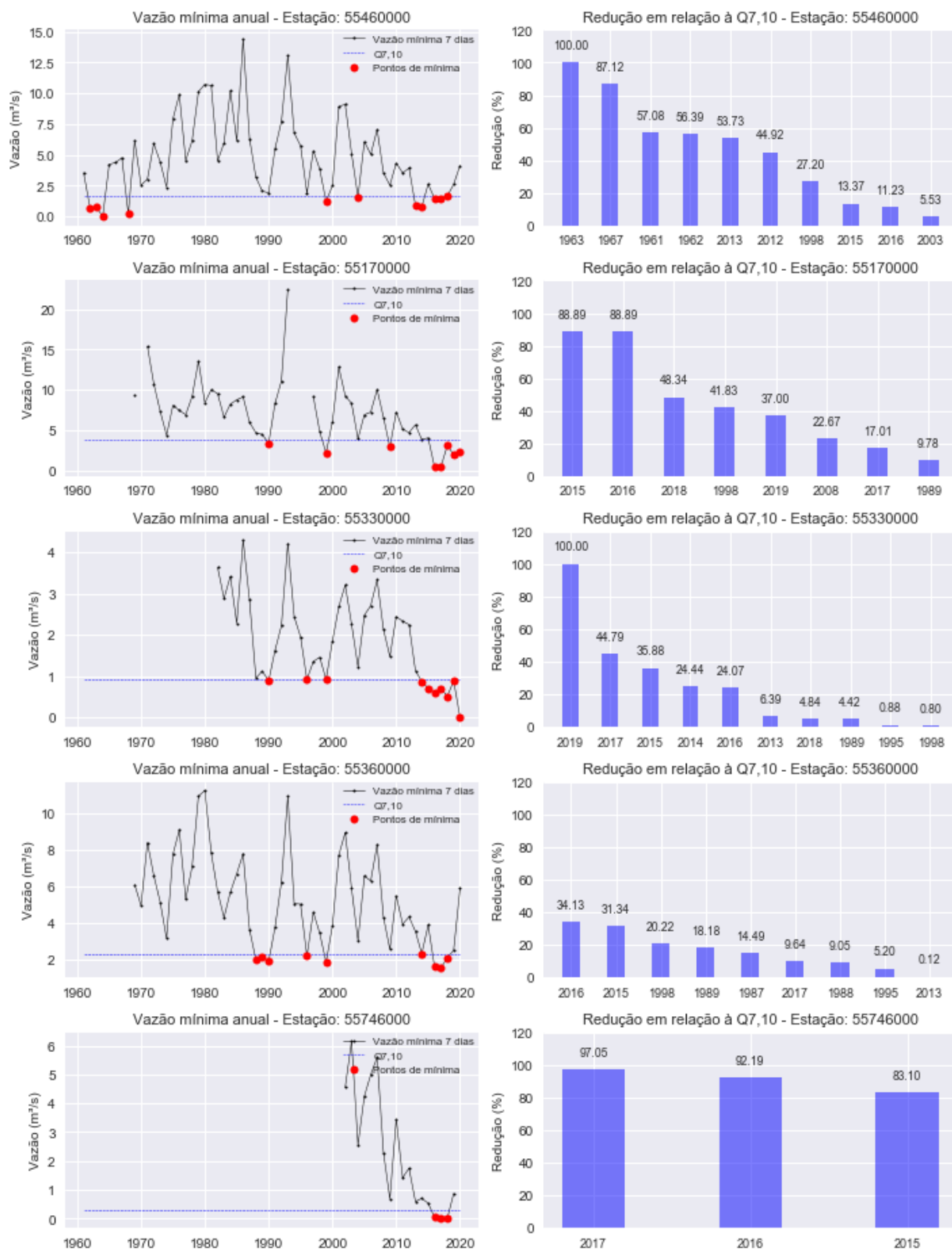


Nos gráficos à direita são apresentados, em ordem decrescente, os anos que ocorreram as reduções mais significativas, sendo que as barras representam o **percentual de redução** em relação à  $Q_{7,10}$ . Estes gráficos são limitados aos 10 anos mais críticos. Caso a quantidade de anos seja superior a este período, foram considerados os 10 anos mais críticos.

Observando-se os resultados, os períodos mais severos de estiagem em toda a série histórica correspondem ao período entre 2014 e 2017, onde foram observadas reduções na ordem de 30% a 98% em relação à  $Q_{7,10}$  em praticamente todas as estações. Em anos anteriores foram observados outros eventos de estiagem, no entanto de forma esparsa e com menor frequência. Dentre os eventos observados destaca-se os anos de 1998 e 1999, quando ocorrem as reduções na ordem de 20% a 40% em relação à  $Q_{7,10}$  em algumas estações. Os anos de 1987 e 1988 também foram apontados como de estiagem, com reduções na ordem de 20 a 55% em algumas estações, assim como alguns anos na década de 1960 para as estações que dispunham de registros neste período.



Figura 3.2 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a  $Q_{7,10}$  nas estações fluviométricas das Bacias dos Rios Itanhém, Buranhém, Jucuruçu e Itaúnas.

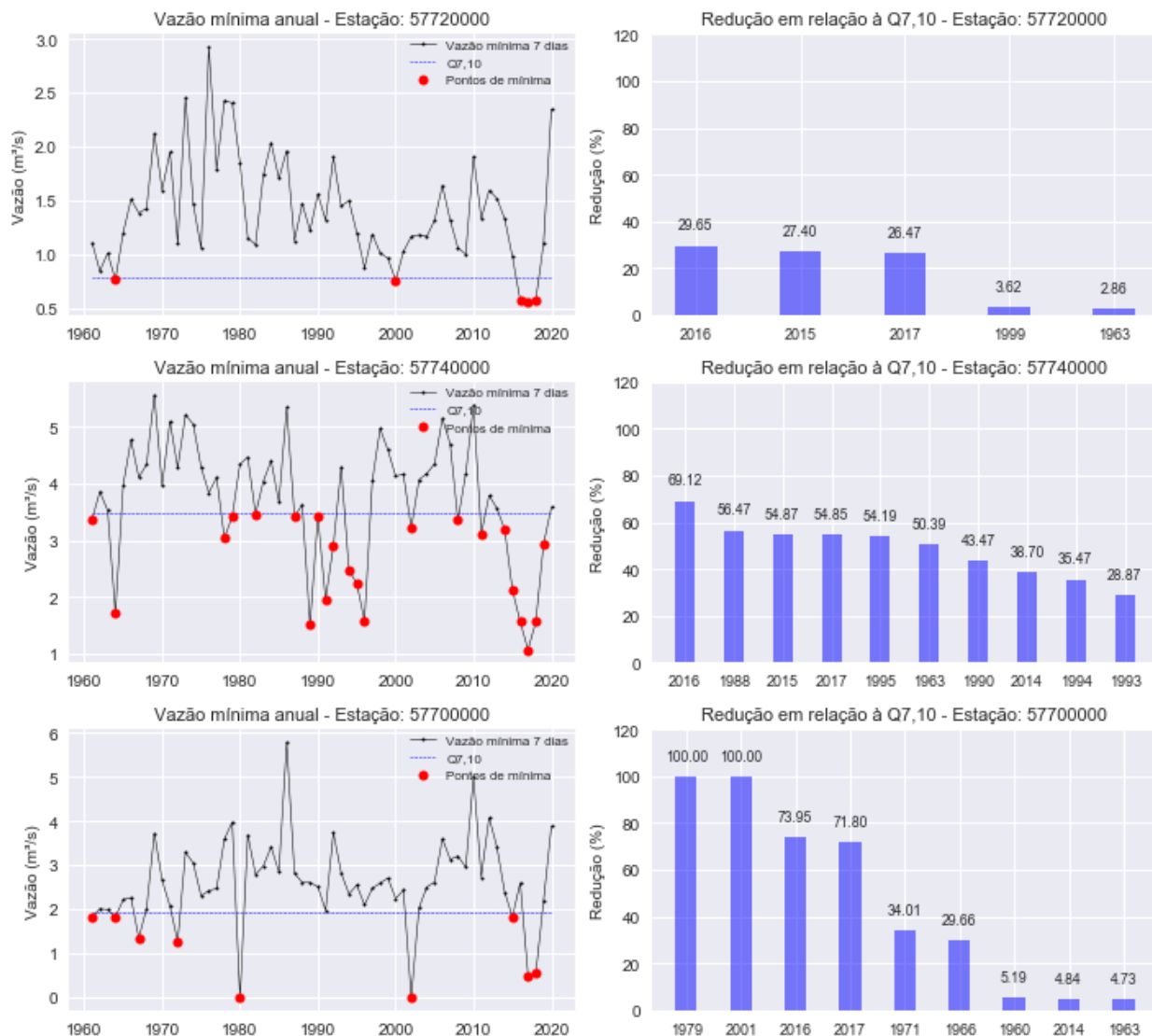


Fonte: elaboração própria.





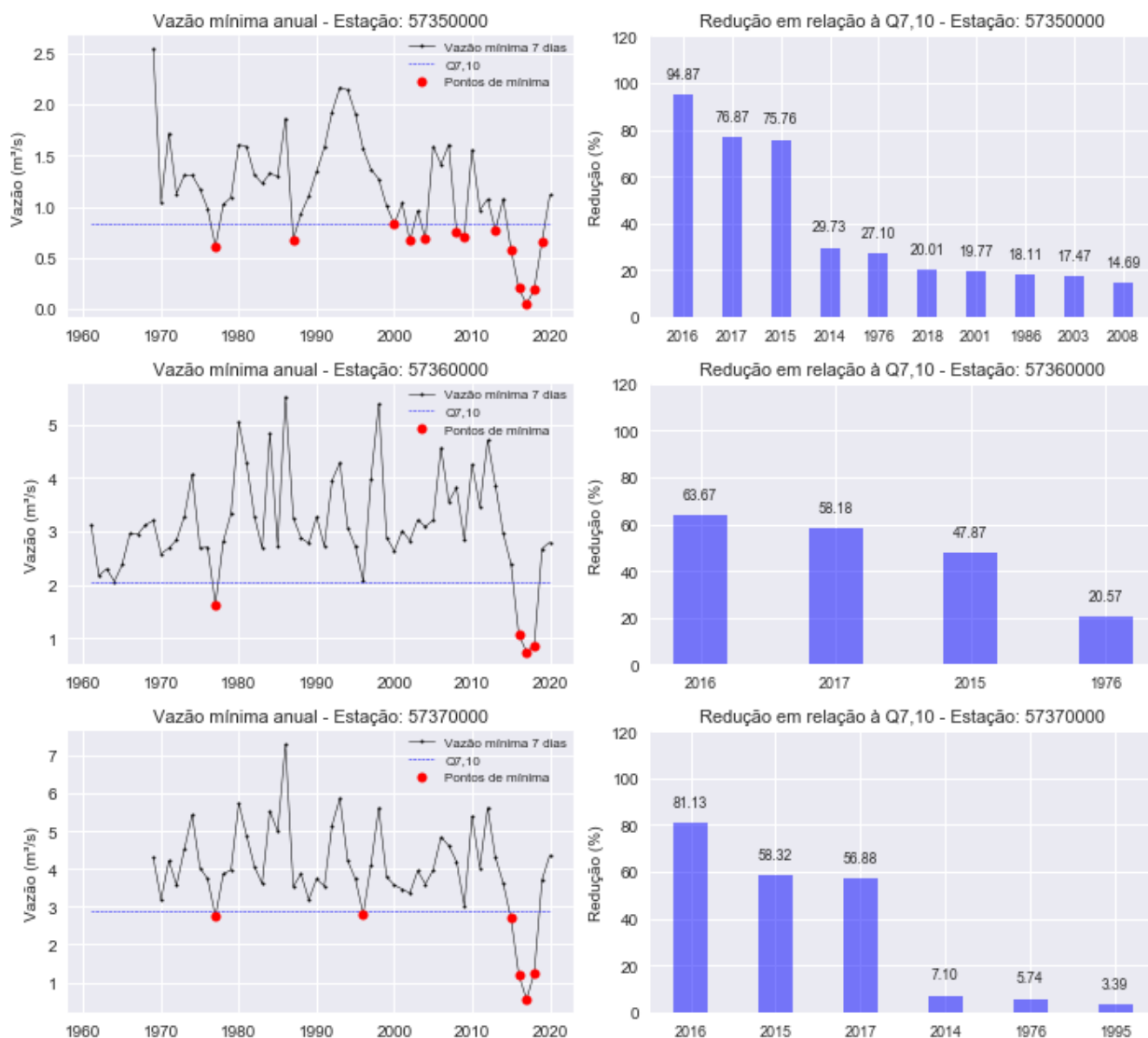
Figura 3.3 - Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a  $Q_{7,10}$  nas estações fluviométricas da Bacia do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaboração própria.



Figura 3.4. Análise das séries de vazões mínimas anuais de sete dias de duração e comparativo com a  $Q_{7,10}$  - estações fluviométricas da Bacia do Rio Itapemirim.



Fonte: Elaboração própria.

### 3.1.2. Definição do percentual de redução médio em relação à $Q_{7,10}$

Este item tem como objetivo definir um cenário de escassez recorrente nas bacias dos Rios do Leste, a partir da média das reduções das vazões mínimas em relação à vazão de referência de IGAM (2012). Para isto, primeiramente calculou-se a variação da mínima anual de sete dias em relação à  $Q_{7,10}$  de cada estação, de acordo com a relação:

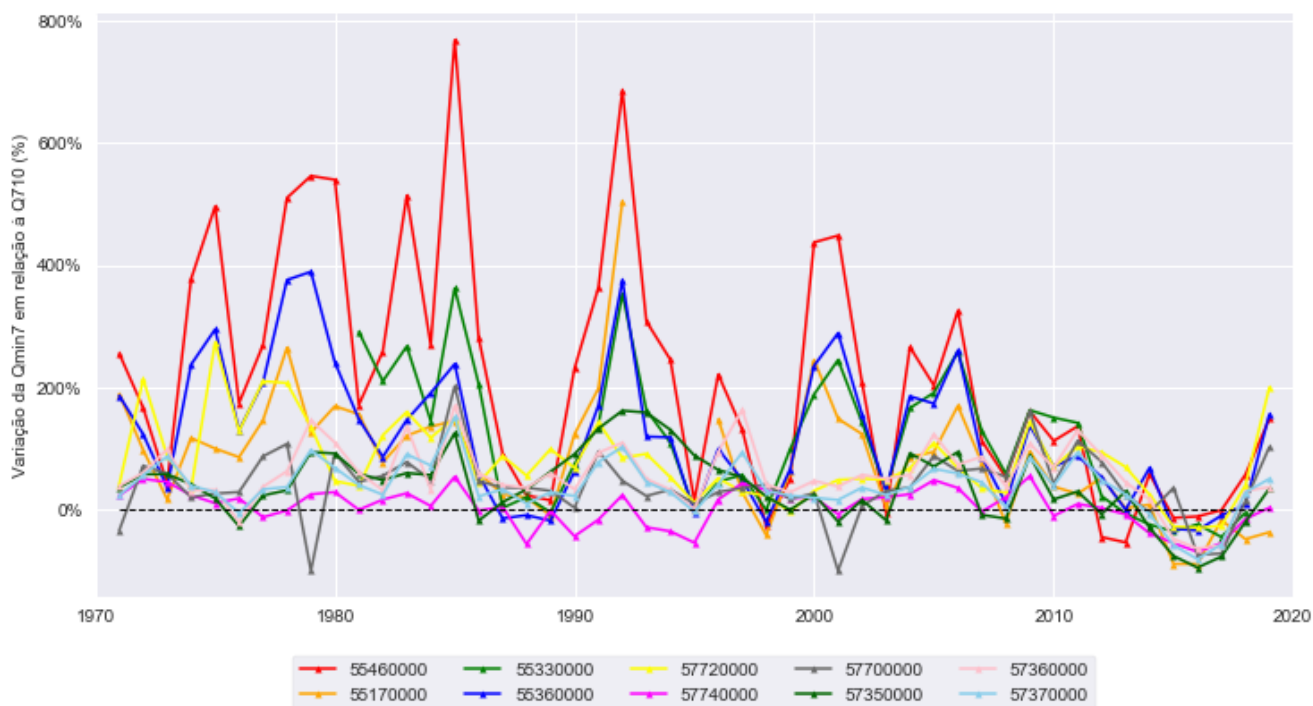
$$Var_{anual} = \frac{Q_{min7_{anual}} - Q_{7,10}}{Q_{7,10}}$$

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a variação da vazão mínima anual de sete dias em relação à  $Q_{7,10}$  calculada em cada estação fluviométrica desde o ano 1971, e em



seguida a Figura 3.5 apresenta a mesma figura, com foco nos percentuais negativos. A partir das figuras, podemos observar a ocorrência de reduções de vazões abaixo do nível da  $Q_{7,10}$  em algumas estações durante a década de 1990, além de uma redução generalizada da disponibilidade hídrica entre os anos de 2014 e 2018.

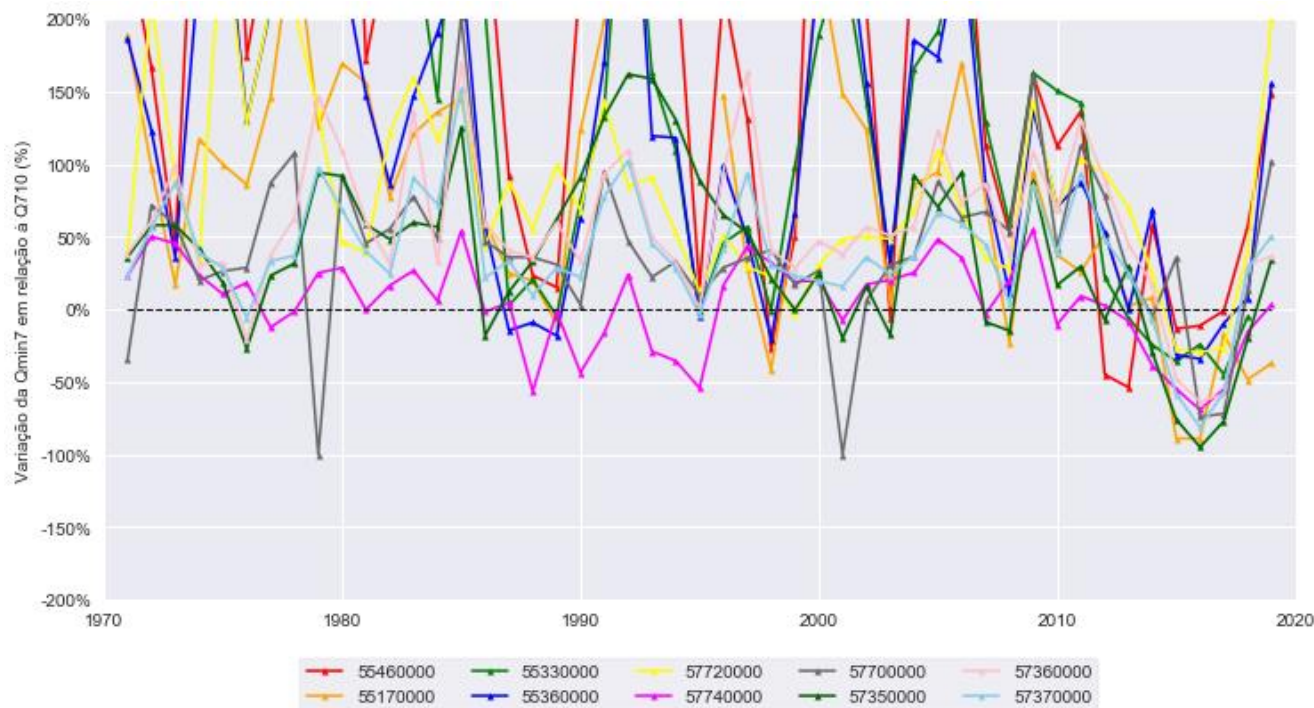
Figura 3.5. Variação da vazão mínima anual de 7 dias ( $Q_{min7}$ ) em relação à  $Q_{7,10}$  de cada estação fluviométrica.



Fonte: elaboração própria.



Figura 3.6. Variação da vazão mínima anual de 7 dias ( $Q_{min7}$ ) em relação à  $Q_{7,10}$  de cada estação fluviométrica (foco nas variações negativas).



Fonte: elaboração própria.

A fim de se verificar se há evidências estatísticas de uma tendência de redução das vazões mínimas anuais ao longo do período analisado, foi aplicado o teste estatístico Mann-Kendall, utilizando a ferramenta desenvolvida por Hussain *et al.*, (2019), no qual os resultados estão apresentados no Quadro 3.2. O teste foi realizado com nível de significância de 0,05, e como o p-valor do teste foi inferior a 0,05 para a maioria das estações, é possível afirmar estatisticamente que há uma tendência de redução das vazões mínimas anuais.

Quadro 3.2. Resultados do teste estatístico para verificação de tendência de variação da vazão mínima de sete dias anual.

Estação	Resultado do teste	p-valor do teste	Valor de z	Tau
55460000	decrecente	0,00028	-3,63771	-0,35969
55170000	decrecente	0,00018	-3,74009	-0,38261
55330000	decrecente	0,00216	-3,06754	-0,34851
55360000	decrecente	0,00294	-2,97384	-0,29422
55746000	decrecente	0,00278	-2,99108	-0,29592
57720000	decrecente	0,03050	-2,16358	-0,21429
57740000	sem tendência	0,47430	-0,71550	-0,07143
57700000	decrecente	0,01506	-2,43088	-0,24065
57350000	sem tendência	0,40309	-0,83612	-0,08333
57360000	sem tendência	0,13816	-1,48267	-0,14711

Fonte: elaboração própria.



Considerando que o período entre 2014 e 2018 foi o mais crítico em termos de disponibilidade hídrica e que há uma tendência de redução das vazões mínimas, para a definição do cenário de escassez recorrente calculou-se a média das variações das vazões mínimas anuais pela  $Q_{7,10}$  entre as estações fluviométricas neste período. O resultado foi uma **redução de 49% em relação à vazão de referência** para as bacias hidrográficas dos Rios do Leste, o que, sem dúvida, é uma escassez muito significativa, com grande risco de comprometimento das demandas a serem atendidas nesses períodos.

### 3.2. PROJEÇÃO DE DEMANDA TENDENCIAL

A projeção de demanda tendencial para o prognóstico considera as demandas calculadas no Diagnóstico das Demandas Hídricas do PDRH, a qual avaliou demandas estimadas para os diferentes tipos de usos consuntivos em cada UHP, configurando o cenário atual de demanda de recursos hídricos.

A abordagem utilizada é a estimativa da evolução futura da demanda com base no conhecimento do comportamento em um período anterior, conforme as fontes de dados disponíveis, projetando para o futuro o mesmo comportamento da demanda registrado no passado recente, considerando também limites possíveis para esta evolução.

A seguir, é apresentada a projeção da demanda futura do cenário tendencial de demanda de água por UHP com base em variáveis selecionadas e considerando os usos consuntivos de abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, indústria, mineração pesca e aquicultura.

#### 3.2.1. Abastecimento humano

Conforme o Diagnóstico, no item Estimativa de população e perfil dos domicílios nas bacias, foi estimada a população residente por UHP a partir da distribuição da população por setor censitário, segundo o Censo Demográfico do IBGE em 2010. Para projetar o crescimento tendencial da população por UHP foi estimada a população para 2020 considerando a distribuição da população por setor censitário em 2010 proporcionalmente à população dos municípios em 2020. Assim, foi obtida uma população estimada em 2020 para cada UHP.

Para o cenário tendencial de demanda para abastecimento humano foi considerado como hipótese que a Taxa Geométrica de Crescimento Anual (TGCA) estimada para as UHP, conforme apresentado no Quadro 3.3, representa a tendência de evolução da população para o período de cenarização, considerando que a variação da demanda será proporcional à variação da população no período.



Quadro 3.3 - População estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento anual.

Unidade territorial	População 2010	População 2020	TGCA 2010/2020 (% a. a.)
UHP-1-Rio Buranhém	10.268	10.119	-0,1
UHP-2-Rio Jucuruçu	9.227	7.663	-1,8
UHP-3-Rio Itanhém	21.026	21.500	0,2
UHP-4-Rio Peruípe	6.507	6.740	0,4
UHP-5-Rio Itaúnas	2.629	2.618	0,0
UHP-6-Rio Itapemirim	626	636	0,2
UHP-7-Rio Itabapoana	38.330	42.008	0,9

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Demográfico (IBGE, 2010) e Estimativa da População dos Municípios (2020).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos setores censitários.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento em grande parte reduzidas, variando de 0,9% a.a. (UHP-7) a -1,8% a.a. (UHP-2), ou seja, projetando uma redução da população na UHP-2.

Considerando que abastecimento humano é uma demanda prioritária, por precaução, considerou-se para fins do cenário tendencial por UHP somente taxas positivas de crescimento ou iguais a 0%. Taxas de crescimento negativas foram consideradas iguais a 0%, ou seja, foi mantida para o cenário tendencial e mesma demanda do cenário atual.

### 3.2.2. Dessedentação animal

O cenário tendencial de uso da água para dessedentação animal é estabelecido a partir da variação do tamanho dos rebanhos da pecuária, tendo em vista a informação disponível ser apresentada em número de cabeças por tipo de rebanho.

Como a demanda de água é diferenciada para cada tipo de rebanho, foi utilizada a referência em Bovino Equivalente por Demanda de Água (BEDA), metodologia consagrada para este tipo de cálculo. Para o cálculo do BEDA os efetivos dos rebanhos da pecuária em número de cabeças foram ajustados pelos seguintes índices: bovinos e bubalinos são somados, equinos são divididos por 1,25 (coeficiente correspondente à variação da demanda de água), suínos por 5, caprinos e ovinos (somados) por 6,25, aves por 250 e coelhos por 200 (SUDENE, 1980).

Desta forma, as variações na composição dos rebanhos e consequente maior ou menor uso da água por tipo de rebanho, são comparados na perspectiva da demanda efetiva para este tipo de uso, proporcionalmente ao consumo médio do rebanho bovino.

Para o estabelecimento das TGCA de projeção de dessedentação animal, há disponibilidade de informações relativamente atualizadas do Censo Agropecuário de 2017, que oferece dados por município incluindo todos os rebanhos, que permitem serem comparados com o Censo Agropecuário de 2006, oferecendo a evolução dos efetivos da pecuária para um período de 11 anos.



Assim, os rebanhos foram distribuídos proporcionalmente à área por município em cada UHP, resultando nos valores de BEDA e taxas de variação apresentadas no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 - BEDA estimado por UHP e taxa geométrica de crescimento anual.

Unidade territorial	BEDA 2006	BEDA 2017	TGCA 2006/2017 (% a. a.)
UHP-1-Rio Buranhém	24.738	18.276	-2,7
UHP-2-Rio Jucuruçu	39.263	30.503	-2,3
UHP-3-Rio Itanhém	105.824	108.305	0,2
UHP-4-Rio Peruípe	4.693	3.109	-3,7
UHP-5-Rio Itaúnas	8.144	8.530	0,4
UHP-6-Rio Itapemirim	810	945	1,4
UHP-7-Rio Itabapoana	13.230	16.640	2,1

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Agropecuário (IBGE, 2017 e 2006).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos municípios por UHP.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento muito variadas. Na UHP-7 é projetada taxa de 2,1% a.a., enquanto na UHP-4 a taxa é de -3,7% a.a., ou seja, projetando uma redução da demanda na UHP 4.

Tendo em vista o caráter prioritário da dessedentação animal, assim como para abastecimento humano, foram consideradas as taxas de crescimento positivas para o período de cenarização. As taxas de crescimento negativas, que resultariam em uma projeção de redução para o futuro, por sua vez, foram zeradas, ou seja, assumiu-se para o período de cenarização a demanda atual, não projetando sua redução nas UHP que registravam taxas negativas.

### 3.2.3. Irrigação

Para a projeção da evolução da irrigação foram utilizados como referência os censos agropecuários de 2006 e 2017. O Censo Agropecuário oferece informações obtidas por declaração dos estabelecimentos agropecuários entrevistados, ou seja, é uma fonte alternativa à análise de imagens de satélite, cobrindo métodos de irrigação não identificáveis por imagem, que geralmente se limita a pivôs centrais, enquanto outros métodos de aspersão, por exemplo, não são identificados. Os dois períodos com informações mais recentes (2017 e 2006) permitem uma análise comparativa em um período relativamente longo (11 anos) e ao mesmo tempo recente.

As informações do Censo Agropecuário, que são por município, foram distribuídas proporcionalmente à área dos municípios em cada UHP. Contudo, diferentemente dos rebanhos, que tendem a se distribuir de forma mais homogênea no território dos municípios, a área irrigada, frequentemente de tamanho reduzido, pode apresentar distribuição mais diferenciada e específica. Além disso, mesmo se tratando de áreas reduzidas, a variação pode ser significativa em porcentual, tendo em vista a variação sobre uma base de área muito limitada.



Assim, as TGCA de projeção de irrigação foram obtidas através do cálculo da variação da área irrigada entre 2006 e 2017, considerando a distribuição da área irrigada proporcionalmente à área dos municípios em cada UHP, resultando nos valores e taxas de variação apresentadas no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Área irrigada (hectares) estimada por UHP e taxa geométrica de crescimento.

Unidade territorial	Área irrigada (ha, 2006)	Área irrigada (ha, 2017)	TGCA 2006/2017 (% a. a.)
UHP-1-Rio Buranhém	1	104	58,6
UHP-2-Rio Jucuruçu	12	18	3,9
UHP-3-Rio Itanhém	347	89	-11,6
UHP-4-Rio Peruípe	7	12	5,5
UHP-5-Rio Itaúnas	52	9	-14,8
UHP-6-Rio Itapemirim	5	5	1,2
UHP-7-Rio Itabapoana	45	129	10,0

Fonte: Adaptado de IBGE, Censo Agropecuário (IBGE, 2017 e 2006).

Nota: A estimativa é proporcional a área dos municípios por UHP.

O resultado dessa projeção indica taxas de crescimento muito variadas. Na UHP 1 Rio Buranhém é projetada taxa de 58,6% a.a., porém, trata-se de 104 hectares irrigados em 2017 sobre uma base de apenas um hectare em 2006. Nas UHP 3 Rio Itanhém e 5 Rio Itaúnas as taxas são negativas e elevadas, ou seja, projetando uma redução da demanda nessas UHP. Nas demais UHP, as taxas são relativamente reduzidas, sendo calculadas sobre áreas irrigadas muito reduzidas em 2017 (de 5 a 18 hectares apenas).

Tendo em vista a área irrigada limitada, de maneira geral, tanto as elevadas variações positivas, quanto as negativas podem representar certo grau de imprecisão nas estimativas. Sendo assim, foram adotadas as taxas até o limite de 5% (positivo ou negativo), assumindo que 5% é uma taxa que aponta significativo aumento ou redução (em 20 anos dobraria ou zeraria a demanda).

### 3.2.4. Indústria, Mineração, Pesca e Aquicultura

O setor industrial nas bacias não conta com conglomerados de empreendimentos que apontem para um processo de expansão ou redução de suas atividades, além de apresentar vazões de demanda pouco significativas. Além disso, o setor industrial é o que apresenta, de maneira geral, maior foco em tecnologias poupadoras de recursos naturais, incluindo água. Ou seja, um eventual acréscimo de uso da água para a indústria por conta da instalação de novos empreendimentos, de maneira geral, conta com uma tendência de incorporação de tecnologias poupadoras de água, o que torna ainda mais difícil estimar um eventual crescimento ou redução da vazão captada para o setor.

A demanda para pesca e aquicultura, assim como a demanda para mineração, são igualmente muito reduzidas ou mesmo inexistentes em algumas UHP.





Assim, não é projetado crescimento da demanda para indústria, mineração, pesca e aquicultura, sendo mantida para o período de cenarização a demanda do cenário atual, tendo em vista a impossibilidade de estabelecer uma tendência de evolução do uso da água desses empreendimentos ao longo do horizonte de planejamento.

### 3.2.5. Síntese da projeção das demandas hídricas

Para projetar as vazões captadas nos anos correspondentes às cenas de curto, médio e longo prazos do planejamento foram utilizadas as taxas calculadas de acordo com os procedimentos descritos anteriormente, apresentadas de forma compilada no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 - Taxas utilizadas para a projeção de demandas do cenário tendencial por UHP.

Unidade territorial	Abastecimento humano	Indústria	Dessedentação animal	Irrigação	Mineração	Pesca e Aquicultura
UHP-1-Rio Buranhém	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
UHP-2-Rio Jucuruçu	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0
UHP-3-Rio Itanhém	0,2	0,0	0,2	-5,0	0,0	0,0
UHP-4-Rio Peruípe	0,4	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
UHP-5-Rio Itaúnas	0,0	0,0	0,4	-5,0	0,0	0,0
UHP-6-Rio Itapemirim	0,2	0,0	1,4	1,2	0,0	0,0
UHP-7-Rio Itabapoana	0,9	0,0	2,1	5,0	0,0	0,0

Fonte: elaboração própria.

Com a aplicação dessas taxas à demanda se obtém os resultados por cena de planejamento para as UHPs, apresentado no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 - Projeção das demandas hídricas para as cenas de planejamento por UHP.

UHP	Demandas hídricas (L/s)				
	2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	25,15	25,22	25,31	25,42	25,56
UHP-2 - Rio Jucuruçu	29,78	30,82	32,09	33,61	35,46
UHP-3 - Rio Itanhém	206,69	191,70	180,45	172,09	165,97
UHP-4 - Rio Peruípe	64,71	81,66	103,29	130,89	166,12
UHP-5 - Rio Itaúnas	53,72	43,13	34,97	28,69	23,86
UHP-6 - Rio Itapemirim	2,42	2,57	2,74	2,91	3,09
UHP-7 - Rio Itabapoana	176,51	189,48	204,36	221,57	241,67

Fonte: elaboração própria.

Para ilustrar a influência de cada setor na evolução das demandas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste é necessária a definição de um perfil de demandas para as bacias. Como não se trata de um conjunto territorialmente contínuo, mas sim um conjunto de bacias distribuídas pela região



Leste de Minas Gerais, esse conjunto varia em termos de condições ambientais e de ocupação, o que se reflete em diferentes perfis de uso das águas para as bacias.

As Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém apresentam um perfil de demandas que se expressa majoritariamente entre abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação. Como pode ser observado nos Quadro 3.8, Quadro 3.9 e Quadro 3.10.

Quadro 3.8 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Buranhém.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (L/s)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	13,07	13,07	13,07	13,07	13,07	51,96%	51,82%	51,65%	51,43%	51,14%
Indústria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Dessedentação animal	11,84	11,84	11,84	11,84	11,84	47,07%	46,95%	46,79%	46,59%	46,33%
Irrigação	0,24	0,31	0,40	0,51	0,65	0,97%	1,23%	1,56%	1,99%	2,52%
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total da Bacia</b>	<b>25,15</b>	<b>25,22</b>	<b>25,31</b>	<b>25,42</b>	<b>25,56</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.9 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Jucuruçu.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (L/s)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	21,22%	20,50%	19,70%	18,80%	17,82%
Indústria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Dessedentação animal	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	62,19%	60,08%	57,72%	55,10%	52,22%
Irrigação	4,94	5,98	7,25	8,77	10,62	16,59%	19,41%	22,58%	26,10%	29,96%
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total da Bacia</b>	<b>29,78</b>	<b>30,82</b>	<b>32,09</b>	<b>33,61</b>	<b>35,46</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.10 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itanhém.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	68,59	69,36	70,13	70,92	71,72	33,18%	36,18%	38,87%	41,21%	43,21%
Indústria	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,45%	0,48%	0,51%	0,53%	0,55%
Dessedentação animal	64,04	64,72	65,40	66,09	66,79	30,98%	33,76%	36,24%	38,41%	40,24%
Irrigação	72,65	56,21	43,50	33,66	26,04	35,15%	29,32%	24,10%	19,56%	15,69%
Mineração	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,24%	0,26%	0,28%	0,29%	0,30%
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total da Bacia</b>	<b>206,69</b>	<b>191,70</b>	<b>180,45</b>	<b>172,09</b>	<b>165,97</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

A importância da irrigação na Bacia do Rio Buranhém não é tão expressiva quanto nas bacias dos rios Jucuruçu e Itanhém, mas merece destaque pela movimentação no entorno na instalação de um polo de Fruticultura<sup>5</sup> na região do Vale do Jequitinhonha, que deve influenciar municípios da bacia. Também pode favorecer a expansão da atividade irrigada a provável inclusão da bacia ou de seus municípios como área de atuação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

<sup>5</sup> Informação colhida em Consulta Pública realizada em 06 de abril de 2021 com atores da região por vídeo conferência. Essa Consulta é objeto do Relatório de Consulta Pública de Prognóstico o PDRH.



(CODEVASF), tema que atualmente tramita no Congresso Nacional (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021).

Diferem desse perfil as bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim, já que nessas predomina a atividade agrícola, sendo de maior relevância a demanda da irrigação e em expressão menor a demanda por dessedentação animal. Nessas, a demanda para o abastecimento humano é pouco representativa, como pode ser observado nos Quadro 3.11, Quadro 3.12 e Quadro 3.13.

Quadro 3.11 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Peruípe.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,69%	0,55%	0,45%	0,36%	0,29%
Indústria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Dessedentação animal	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	4,54%	3,60%	2,85%	2,25%	1,77%
Irrigação	61,32	78,26	99,89	127,48	162,71	94,77%	95,85%	96,71%	97,40%	97,94%
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total da Bacia</b>	<b>64,71</b>	<b>81,66</b>	<b>103,29</b>	<b>130,89</b>	<b>166,12</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.12 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itaúnas.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,26%	0,32%	0,40%	0,48%	0,58%
Indústria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Dessedentação animal	6,19	6,33	6,46	6,60	6,74	11,53%	14,66%	18,47%	23,00%	28,23%
Irrigação	47,39	36,67	28,37	21,95	16,99	88,21%	85,01%	81,13%	76,52%	71,18%
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Total da Bacia</b>	<b>53,72</b>	<b>43,13</b>	<b>34,97</b>	<b>28,69</b>	<b>23,86</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

Quadro 3.13 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itapemirim.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Indústria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Dessedentação animal	0,54	0,58	0,62	0,67	0,71	22,26%	22,48%	22,70%	22,92%	23,13%
Irrigação	1,75	1,87	1,98	2,11	2,24	72,38%	72,47%	72,55%	72,61%	72,66%
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Pesca e Aquicultura	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	5,36%	5,05%	4,75%	4,47%	4,21%
<b>Total da Bacia</b>	<b>2,42</b>	<b>2,57</b>	<b>2,74</b>	<b>2,91</b>	<b>3,09</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

Como terceiro perfil de participação setorial das demandas, a Bacia do Rio Itabapoana apresenta uma predominância expressiva da demanda do abastecimento humano sobre as demais, mas que, segundo as projeções realizadas tem sua participação reduzida frente à irrigação na cena de longo prazo. O Quadro 3.14 apresenta a participação setorial nas demandas.



Quadro 3.14 - Participação setorial das demandas na Bacia do Rio Itabapoana.

SETOR	Demandas (L/s)					Participação (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
Abastecimento humano	138,97	145,48	152,30	159,44	166,92	78,73%	76,78%	74,53%	71,96%	69,07%
Indústria	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	0,90%	0,83%	0,77%	0,71%	0,65%
Dessedentação animal	10,17	11,29	12,53	13,91	15,44	5,76%	5,96%	6,13%	6,28%	6,39%
Irrigação	19,33	24,67	31,48	40,18	51,28	10,95%	13,02%	15,40%	18,13%	21,22%
Mineração	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	1,33%	1,23%	1,15%	1,06%	0,97%
Pesca e Aquicultura	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	2,33%	2,17%	2,02%	1,86%	1,70%
<b>Total da Bacia</b>	<b>176,51</b>	<b>189,48</b>	<b>204,36</b>	<b>221,57</b>	<b>241,67</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria.

### 3.3. PROJEÇÃO DE CARGA POLUIDORA

A projeção de cargas poluidoras toma como referência as mesmas taxas de variação da população utilizadas para a projeção da demanda do abastecimento humano, apresentadas no item 3.2.1 e sintetizadas no Quadro 3.6. Essas taxas são aplicadas sobre as cargas obtidas para a cena atual.

O Diagnóstico (IGAM, 2021) se utilizava de dados consolidados pelo Atlas Esgotos, elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que tinha 2013 como ano de referência. Contudo, o Atlas Esgotos teve parte de sua base de dados atualizada para o ano de 2019, detalhando e consolidando informações sobre as estações de tratamento de esgotos. Visando dotar o Prognóstico da informação atualizada disponível, foram calculadas novamente as cargas para a cena atual, considerando as cargas oriundas da população urbana e rural a partir dos dados de população e da relação de carga per capita apresentada no Quadro 3.15. O ANEXO I, apresenta o detalhamento da atualização realizada.

Quadro 3.15. Relação das cargas *per capita* e concentração no efluente doméstico dos parâmetros a serem simulados no modelo.

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)	
	Faixa	Adotado
DBO	40 - 60	54
Coliformes fecais (termotolerantes)*	$10^9 - 10^{12}$	$10^9$
Fósforo	orgânico	0,2 - 1,0
	inorgânico	0,5 - 1,5
Nitrogênio	orgânico	2,5 - 5,0
	amoniacal	3,5 - 7,0

Fonte: Von Sperling (2005).

\* valor da carga em NMP/hab.dia

Os abatimentos e cargas remanescentes foram estabelecidos conforme a distribuição do tipos de soluções adotadas em cada município para os esgotos urbanos. No caso da existência de coleta e tratamento, levou-se em conta as eficiências características dos sistemas de tratamento presentes em cada município. No caso de solução individual (fossa), considerou-se os seguintes abatimentos: DBO



com 35% de redução, fósforo e nitrogênio com 20% e coliformes com 40%. Para a população rural, considerou-se que 100% da mesma adota sistema individual de tratamento de esgotos.

O Quadro 3.16 apresenta as estimativas de carga lançada e abatimentos em relação à cena atual. Observa-se que as UHPs com as maiores cargas correspondem às bacias dos rios Itabapoana e Itanhém, já as menores estimativas de cargas correspondem às bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim.

Quadro 3.16. Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena atual (2021).

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli*.	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Rio Buranhém	475,11	9,38	8,60E+12	75,02	13,3%	7,6%	15,2%	7,6%
Rio Jucuruçu	341,84	6,97	6,12E+12	55,77	19,1%	10,9%	21,8%	10,9%
Rio Itanhém	888,05	17,88	1,54E+13	145,59	23,8%	17,2%	28,5%	15,7%
Rio Peruípe	243,09	6,39	4,33E+12	48,95	33,5%	5,6%	36,1%	9,7%
Rio Itaúnas	117,92	2,22	2,17E+12	17,80	16,7%	15,1%	17,2%	15,1%
Rio Itapemirim	60,67	1,38	1,04E+12	11,06	35,0%	20,0%	40,0%	20,0%
Rio Itabapoana	1965,61	39,02	3,55E+13	312,13	14,4%	8,2%	16,4%	8,2%
<b>Total</b>	<b>4092,28</b>	<b>83,25</b>	<b>7,32E+13</b>	<b>666,31</b>	<b>18,7%</b>	<b>10,7%</b>	<b>21,4%</b>	<b>10,6%</b>

Fonte: elaboração própria.

\* valor em NMP/dia

O Quadro 3.16 apresenta as estimativas de carga lançada e abatimentos em relação à cena de longo prazo (2041). Foram adotadas as taxas de crescimento populacional por UHP (Quadro 3.6) para a projeção das cargas, admitindo também a hipótese de que eventuais aumentos seriam acompanhados por incrementos proporcionais nas taxas de tratamento, ou seja, admite-se a hipótese de que o abatimento das cargas se mantém constante ao longo do horizonte de planejamento.

Devido à pouca dinâmica populacional e à previsão de manutenção do quadro atual da situação do saneamento básico, o resultado das projeções de cargas para o Cenário Tendencial mantém semelhanças com os resultados da cena atual, onde a UHP com o maior incremento de carga lançada corresponde à UHP do Rio Itabapoana, onde estima-se um aumento na ordem de 15%. Nas demais UHPs, estima-se crescimento entre 0% e 6%.

O Quadro 3.17 apresenta a estimativa de carga lançada para a cena de longo prazo.



Quadro 3.17. Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena de longo prazo (2041).

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli*.	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Rio Buranhém	475,11	9,38	8,60E+12	75,02	13,3%	7,6%	15,2%	7,6%
Rio Jucuruçu	341,84	6,97	6,12E+12	55,77	19,1%	10,9%	21,8%	10,9%
Rio Itanhém	926,37	18,66	1,61E+13	151,90	23,8%	17,2%	28,5%	15,7%
Rio Peruípe	258,95	6,80	4,61E+12	52,06	33,6%	5,9%	36,1%	9,9%
Rio Itaúnas	117,07	2,21	2,15E+12	17,67	16,7%	15,1%	17,2%	15,1%
Rio Itapemirim	62,58	1,43	1,07E+12	11,41	35,0%	20,0%	40,0%	20,0%
Rio Itabapoana	2360,69	46,86	4,27E+13	374,87	14,4%	8,2%	16,4%	8,2%
<b>Total</b>	<b>4542,60</b>	<b>92,30</b>	<b>8,13E+13</b>	<b>738,69</b>	<b>18,5%</b>	<b>10,5%</b>	<b>21,2%</b>	<b>10,5%</b>

Fonte: elaboração própria.

\* valor em NMP/dia



---

## 4. CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO

### 4.1. QUADRO CONCEITUAL

Como referência conceitual para orientar a construção de cenários para o PDRH, será utilizado o trabalho de Buarque (2003), que realizou um estudo para o IPEA no qual avaliou métodos e técnicas utilizados no planejamento estratégico governamental, com destaque para cenários regionais e microrregionais, em detrimento do planejamento empresarial ou para finalidades diversas, embora o arcabouço metodológico seja comum em muitos aspectos, modificando muitas vezes o enfoque ou a combinação de ferramentas. O texto a seguir resenha os aspectos mais relevantes da formulação de Buarque (2003) para os propósitos do PDRH.

A visão básica do processo de cenarização é de que as técnicas de cenários não podem eliminar incertezas nem definir a trajetória futura da realidade, mas contribuem para “delimitar os espaços possíveis de evolução da realidade” (BUARQUE, 2003), subsidiando o planejamento estratégico, que é o foco da cenarização para o PDRH.

A discussão conceitual da elaboração de cenários parte da consideração de que, sendo o futuro um sistema complexo de eventos previsíveis e imprevisíveis, “mesmo que haja um profundo conhecimento da situação atual e do passado próximo, a projeção da evolução futura dos cenários carrega imprecisão e incapacidade de apreender e dominar todos os eventos iniciais relevantes para antecipar o futuro da realidade estudada” (BUARQUE, 2003).

A imprevisibilidade dos movimentos da realidade e dos comportamentos humanos singulares, mesmo em um arcabouço teoricamente organizado, são complexas e não-lineares, com grande sensibilidade às condições iniciais. Pequenas mudanças podem, assim, gerar efeitos finais muito diferenciados, com pontos críticos de instabilidade denominados “pontos de bifurcação”, quando o sistema se ramifica em uma nova direção (BUARQUE, 2003).

Dessa forma, a cenarização se apresenta como a delimitação de um espaço de possibilidades, desenhando possíveis padrões de organização dos sistemas que buscam “delimitar as imponderabilidades futuras”. As mudanças dos sistemas tendem, portanto, a apresentar determinados padrões que decorrem do sistema de auto-organização e de autorregulação, a qual pode ser resultante de retroalimentação positiva (reforçando os elementos estruturadores do sistema) ou negativa (contrariando esses elementos) (BUARQUE, 2003).

Embora os padrões de organização tenham a tendência de se autorregularem, conformando o que seriam “crises reguladas”, que não alteram a estrutura de organização, em algumas situações tais crises podem ganhar grandes proporções e profundidade, resultando em uma “crise da regulação”,



quando as mudanças são de tal envergadura que tornam obsoletos e ineficazes os mecanismos do sistema de regulação dominante, o que demanda novo padrão de organização (BUARQUE, 2003).

Assim, mudança e continuidade (conservação) convivem nos sistemas complexos, destacando tanto o papel da inércia quanto o da transformação, estabelecendo dois extremos: “a projeção de tendências do passado, como se a estabilidade fosse permanente; e a projeção de instabilidades conjunturais ou alternativas possíveis como uma tendência de longo prazo, desconsiderando a estrutura e os fatores de continuidade” (BUARQUE, 2003). A evolução do cenário futuro, em termos lógicos, estaria entre esses dois extremos.

Esses talvez sejam os maiores desafios da construção de cenários, bem como os de todas as tentativas de antecipação de futuro, que é o de estabelecer futuros alternativos para apoiar decisões e escolhas que não neguem, mas busquem controlar a incerteza intrínseca à projeção de futuro.

Entretanto, se trabalham e convivem com a incerteza, os cenários procuram analisar e sistematizar as diversas probabilidades dos eventos e dos processos por meio da exploração dos pontos de mudança e das grandes tendências, de modo que as alternativas mais prováveis sejam antecipadas (BUARQUE, 2003).

As metodologias e as ferramentas de construção de cenários combinam análises e estudos **retrospectivos** (análise do comportamento dos sistemas não-lineares no passado próximo até o presente) buscando identificar tendências inerciais e condicionantes fortes do futuro, com abordagens **prospectivas**, de percepção e avaliação de possibilidades alternativas de evolução do futuro em relação aos condicionantes e tendências observadas retrospectivamente.

Os cenários alternativos se constroem como bifurcações, situações alternativas que quebram a trajetória tendencial por algum fator não definido pelo registro do passado recente, mas que se apresenta no presente como uma possibilidade de alteração significativa em relação a este passado recente. A exemplo da introdução de uma tecnologia revolucionária em determinado setor que torna obsoleto o parque produtivo atual, a confirmação de tendências atualmente pouco impactantes (selecionadas entre um grande número de possíveis tendências) ou mesmo a possibilidade de eventos naturais imprevistos ou situações novas em relação a um passado recente.

Assim, cenários precisam ter modelos abertos que incorporem movimentos da realidade que amadurecem com o tempo. Os cenários tendencial e alternativos se apresentam como uma situação futura possível, a qual é atingida a partir de uma trajetória, ou seja, uma explicação do caminho que vai da realidade presente aos diversos futuros cenarizados. A trajetória, portanto, descreve o provável processo de evolução da realidade em cada cenário, considerando diferentes combinações e ritmos de amadurecimento dos condicionantes e das incertezas centrais que compõem cada cenário.





Além de constituir um componente necessário para a demonstração e para a compreensão da plausibilidade da evolução apresentada nos cenários, a trajetória é importante também para a orientação dos decisores, pois ajusta o caminho a intervalos de tempo adequados ao planejamento (BUARQUE, 2003).

Definidos os tipos de cenários, a essência do trabalho de sua construção se concentra em dois momentos: a identificação das incertezas críticas e a formulação das hipóteses, tarefa para a qual é necessário um modelo teórico da realidade, obtido a partir de uma “abordagem sistêmica, em que se representa a totalidade complexa por um conjunto de variáveis centrais e se procura compreender a lógica da interação entre elas e a lógica de determinação do sistema” (BUARQUE, 2003).

Buarque (2003) afirma que as diversas metodologias de construção de cenários seguem uma sequência lógica de passos semelhantes, respondendo a cinco perguntas básicas:

- Que fatores (condicionantes) estão amadurecendo na realidade atual que indicam uma tendência de futuro?
- Quais são os condicionantes mais relevantes e os de desempenho futuro mais incerto (principais incertezas)?
- Que hipóteses parecem plausíveis para a definição de eventuais e prováveis comportamentos futuros dessas incertezas centrais?
- Como podem ser combinadas as diferentes hipóteses para as diversas incertezas consideradas relevantes?
- Que combinações de hipóteses das incertezas podem ser consideradas consistentes para a formação de um jogo coerente de hipóteses?

O processo de cenarização inicia, portanto, com a “identificação das **variáveis determinantes**, que definem o comportamento da realidade, a partir de um tratamento das relações estruturais de causa e de efeito”, seguido de um estudo do cenário atual, selecionando processos que são considerados condicionadores do futuro. O que vai determinar o desenho do futuro, entretanto, será o comportamento combinado e diferenciado das **incertezas críticas** (com maior peso das que possuem alta relevância e alta incerteza) entre si e com variáveis determinantes com elevada certeza, sobre o qual se concentram as análises de plausibilidade e consistência (BUARQUE, 2003).

Desta forma, os condicionantes de futuros devem ser classificados por seu grau de incerteza, podendo-se assumir, por exemplo, a tipologia sugerida por Porter (1989 *apud* BUARQUE, 2003) diferenciando entre elementos constantes (permanentes e conhecidos), mudanças predeterminadas (mudanças previsíveis) e mudanças incertas ou incertezas críticas.



Devido à complexidade das possíveis combinações desses condicionantes, o comportamento futuro das incertezas críticas exige a formulação de hipóteses das principais alternativas, de maneira que possam ser desenhados cenários defensáveis, plausíveis e logicamente demonstráveis, contribuindo para uma avaliação de seu grau de probabilidade de ocorrência.

A partir do marco conceitual sumarizado anteriormente, serão construídos os cenários para o PDRH, partindo do cenário atual, sobre o qual serão considerados diversos condicionantes para a estruturação dos demais cenários, definidos como Cenário Tendencial (exploratório extrapolativo do cenário atual) e Cenários Alternativos (com diferentes encaminhamentos de incertezas críticas).

Os cenários tendencial e alternativos ao longo do horizonte de planejamento foi definido, tendo como cena atual 2021 e, conforme o Termo de Referência, em curto prazo (cinco anos, correspondendo aos anos de 2022 a 2026), médio prazo (cinco anos, correspondendo aos anos de 2027 a 2031) e longo prazo (dez anos, correspondendo aos anos de 2032 a 2041), totalizando 20 anos. As cenas de apresentação dos cenários correspondem a 2021 (cenário atual), 2026 (curto prazo), 2031 e 2036 (médio prazo) e 2041 (longo prazo).

A estruturação dos cenários, conforme o marco conceitual apresentado anteriormente, considera condicionantes e incertezas que foram diagnosticadas como relevantes, abordados de forma integrada e complementar, articulando-se em cenários tendencial e alternativos possíveis de ocorrerem nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste úteis para seu planejamento e gestão.

Na formulação desses cenários de planejamento, foram considerados diversos fatores intervenientes, obtidos através da leitura da análise integrada do diagnóstico, considerando seus graus de incerteza. Dentre esses fatores, os mais relevantes para a cenarização são:

- **Possibilidades de aceleração ou redução do crescimento econômico regional**, definidas, principalmente, pela dinâmica do setor agropecuário, atividade econômica com maior repercussão sobre a demanda de recursos hídricos;
- **Contexto socioeconômico e institucional** de inserção das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, localizada na periferia dos centros dinâmicos estaduais, contando com uma rede de municípios extensos e com baixa densidade populacional, polarizados por grandes centros regionais;
- **Variações das taxas de crescimento demográfico**, definidas pela dinâmica populacional registrada no período anterior;
- **Possibilidades de evolução da atividade irrigada**, que contou com ritmo acelerado de expansão no período anterior em diversas UHP, porém, ainda resultando em uma área relativamente reduzida proporcionalmente à área das bacias;



- **Níveis de eficiência dos processos de gestão dos recursos hídricos**, configurando uma situação de limitações e ao mesmo tempo potencial de qualificação da gestão tanto de águas superficiais quanto subterrâneas;
- **Usos e ocupação dos solos**, com extensas áreas de atividade agropecuária e reduzidas áreas de proteção de remanescentes de vegetação nativa;
- **Infraestrutura hídrica e de saneamento básico** distribuída em uma malha urbana dispersa, formada principalmente de municípios com população reduzida e sedes urbanas distantes, geralmente com baixa cobertura de serviços;
- **Risco de situações de contingência climática recorrentes**, representadas por padrões de escassez (seca) com duração e intensidade condizentes com o histórico de precipitações de mais longo prazo nas bacias, resultando em períodos de maior potencial de conflito pelo uso da água e impactos negativos sobre a produção agropecuária, além dos eventos de cheia, que provocam inundações e enxurradas;
- **Risco dos padrões de escassez serem intensificados** pelos processos de mudanças climáticas com impactos negativos sobre a vazão de disponibilidade no período de cearização;
- **Mudanças significativas de tecnologias e manejos de água**, principalmente nas atividades produtivas irrigadas que, ao mesmo tempo que permitem poupar água por unidade de área cultivada, podem pressionar a demanda de água para irrigação pela expansão da produção irrigada em detrimento dos cultivos de sequeiro;
- **Aceleração dos processos erosivos**, com impacto sobre a aptidão agrícola em locais com manejo de solo inadequado e falta de cobertura vegetal nativa, afetando a qualidade da água e aumentando o risco de assoreamento de cursos d'água;
- **Riscos de comprometimento da qualidade das águas**, ainda que de forma mais intensa pontualmente, por contaminação pelo esgoto doméstico, ou de forma mais difusa, pela atividade agropecuária e o manejo inadequado de solos.

Segundo ANA (2013) “via de regra, além do cenário tendencial, são traçados dois cenários alternativos: um crítico e outro normativo”, este último definido sumariamente como “aquele para o qual serão propostas ações”.

Neste caso, entre os fatores intervenientes nos possíveis cenários são considerados tanto as incertezas críticas resultantes do contexto mais geral de inserção das bacias, para os quais há reduzida ou nenhuma possibilidade de atuação por parte dos atores locais na definição de rumos desejados, quanto os aspectos de gestão de recursos hídricos no âmbito local, para os quais há maior capacidade de atuação do arranjo institucional que dá suporte ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



A partir dessa perspectiva, que busca mesclar incertezas críticas e condições de gestão no âmbito local, um cenário tendencial, além da projeção das condições atuais de um conjunto de variáveis críticas, considera, também, a manutenção do atual modelo e do ritmo de implementação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em relação à gestão, portanto, o cenário tendencial pressupõe a manutenção dos atuais padrões de alocação de recursos financeiros e institucionais para a bacia, assim como do ritmo de implementação dos instrumentos de gestão, além da tendência de evolução do cenário econômico e do ritmo de utilização dos recursos hídricos.

O cenário pessimista ou crítico, por sua vez, considera condições mais negativas que o cenário tendencial, relacionadas a incertezas críticas que venham a alterar o cenário tendencial e impor desafios, tanto para a atividade produtiva e qualidade de vida da população, quanto para a gestão de recursos hídricos. Trata-se da situação mais provável de impacto negativo sobre os recursos hídricos, o que pode não corresponder com a situação mais negativa para a região. Assim, em um quadro de relativa estagnação econômica, um cenário econômico regional e nacional mais negativo afeta o ambiente local, porém, com uma eventual redução da atividade produtiva, a pressão por utilização de recursos hídricos tende a diminuir. Contudo, diminui também a capacidade de investimento e os recursos potencialmente disponíveis, podendo resultar em uma desorganização ainda maior do sistema de gestão. Outra condição crítica, que resultaria em um cenário alternativo ao tendencial, é o de um período de escassez prolongada. Neste caso, independentemente do comportamento da economia em geral, a bacia, especificamente, fica exposta a uma condição de maior dificuldade para atendimento das demandas de água dos usos múltiplos, potencializando conflitos pela água e exigindo ações de gestão excepcionais e coordenadas.

Por fim, o cenário otimista, também pode estar relacionado a uma conjuntura socioeconômica geral de maior desenvolvimento, o que, por sua vez, pode pressionar por maior demanda de recursos hídricos, colocando para a gestão o desafio de buscar atender essas demandas. Contudo, este cenário também está estruturado a partir de uma visão otimista em relação ao ritmo de implementação e operação do Sistema de Recursos Hídricos na bacia, com a plena implementação das propostas de ações para a bacia. Evidentemente, o cenário ideal para a gestão seria o de grande disponibilidade de recursos financeiros e institucionais para o setor, além do aumento da capacidade de ação coordenada, com ampliação da capacidade de atuação dos entes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, resultando na melhor gestão possível. Contudo, considerando o cenário atual e o tendencial, um cenário otimista ou “normativo” factível considera os instrumentos ainda não implementados e as oportunidades de desenvolvimento e aperfeiçoamento da gestão para traçar um cenário de busca da condição de gestão ideal. Ou seja, o cenário normativo é um cenário ao mesmo tempo otimista em relação aos objetivos e factível em relação à situação específica da bacia.



Assim, o arranjo geral dos cenários propostos para o PDRH, considerando esses condicionantes e incertezas críticas, foi definido de acordo com os seguintes cenários: tendencial, de contingência climática (“crítico”) e de melhoria da gestão (“normativo”). A possível ocorrência de situações de escassez, que se prolongadas podem gerar uma crise hídrica de maior impacto negativo, foi identificada como principal fator com risco de impactar negativamente a bacia, ao mesmo tempo que seria o cenário mais exigente para o quadro de gestão desenhado no cenário tendencial. Variações no contexto socioeconômico mais geral teriam impactos positivos e negativos sobre esses cenários, facilitando ou dificultando o avanço esperado no processo de gestão.

De acordo com o arranjo de cenários proposto, os cenários tendencial e “crítico” foram definidos tendo em vista a consolidação de duas situações de disponibilidade de água e a projeção tendencial de evolução da demanda, conforme detalhado anteriormente neste relatório:

- A disponibilidade definida pelo balanço hídrico atual que, projetada para o período de cenarização, corresponde à disponibilidade tendencial, configurando o **Cenário Tendencial**.
- A disponibilidade de escassez recorrente, representada por uma vazão de escassez moderada, permitindo avaliar o impacto de secas que ocorrem historicamente na região, correspondendo ao **Cenário de Contingência Climática**.

O terceiro cenário, otimista ou normativo, conta com uma construção conceitual na qual não será projetado um novo balanço hídrico, mas considerados os balanços hídricos atual e dos cenários tendencial e de contingência climática, promovendo uma avaliação de aspectos de gestão e possibilidades de evolução da atuação nas bacias, refletindo a percepção dos atores em relação ao potencial de desenvolvimento desejado e esperado para as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. Este cenário será chamado de **Aperfeiçoamento da Gestão**.

## 4.2. CENÁRIO TENDENCIAL

As UHPs que compõem o grupo de bacias apresentam situação muito diferenciada. A UHP 6 Rio Itapemirim corresponde a uma pequena porção da área rural do município de Lajinha. A UHP 1 Rio Buranhém, a UHP 2 Rio Jucuruçu e UHP 3 Rio Itanhém formam uma área contígua, ao norte da bacia do rio Mucuri. A UHP 4 Rio Peruípe e a UHP 5 Rio Itaúnas, por sua vez, são porções de área relativamente reduzida a leste da bacia do rio Mucuri. Em grande medida essas bacias compartilham características gerais observadas na bacia do rio Mucuri.

A cena atual se caracteriza por um processo de relativa estagnação da atividade agropecuária na região. A economia regional está baseada, principalmente, em extensas áreas de pecuária,



predominantemente de baixa produtividade e manejo convencional, resultando em grande sensibilidade à variação climática. Quando há períodos de maior pluviosidade, a região comporta pastagens mais produtivas e aumento dos rebanhos. No período entre 2006 e 2017, entretanto, registrou-se uma redução significativa dos rebanhos, apontando para um cenário tendencial de retração da atividade agropecuária não irrigada, especialmente da pecuária extensiva. O melhor desempenho em termos de crescimento da pecuária nesse grupo é registrado na UHP 3 Rio Itanhém e na UHP 5 Rio Itaúnas, que mantiveram praticamente estável o tamanho dos rebanhos no período recente. Contudo, não há indicações no cenário tendencial de que a pecuária na região, assim como a agricultura de sequeiro, venha a ter expansão mais acentuada no período correspondente ao horizonte de cenarização.

Seguindo uma tendência nacional, o cenário tendencial registra expansão da área irrigada nas UHP 1, 2 e 4 e redução nas UHP 3 e 5, ainda que se trata de estimativas que podem conter imprecisão. De maneira geral, as elevadas taxas de crescimento da área irrigada no período de 2006 a 2017, embora apontem para uma tendência consistente de crescimento da área irrigada, se deram sobre uma base muito limitada e, mesmo no cenário atual, representa uma área relativamente reduzida nas UHPs. A maior concentração de demanda para irrigação está na UHP 3 Rio Itanhém, e nas UHP 4 e 5. Ou seja, a demanda de água para irrigação, de maneira geral, tenderá a crescer no período de cenarização, seja pela introdução de novos cultivos em um processo de efetivo crescimento da atividade, seja como forma de assegurar maior regularidade para a produção de sequeiro, reduzindo perdas devido a variações climáticas, podendo ter distribuição variada entre as UHP por conta de condições ou oportunidades pontuais.

Na interface entre atividade irrigada e pecuária, embora não se apresente de forma importante no cenário atual, há a possibilidade, dentro de um cenário tendencial, de aumento da irrigação de pastagens. Contudo, diferentemente da irrigação de grãos ou outros cultivos agrícolas, a irrigação de pastagens está associada a uma mudança tecnológica na atividade pecuária. Os custos da irrigação de pastagens não se pagam com a pecuária extensiva tradicional, exigindo uma mudança na tecnologia pecuária para corte ou instalação de bacias leiteiras com manejos tecnológicos mais avançados, por exemplo. Embora não se identifique, atualmente, alguma UHP com um processo desse tipo mais generalizado (há iniciativas isoladas apenas), é uma variante do cenário atual que pode representar um aumento da demanda para irrigação e também para a pecuária, caso a conjuntura atual de valorização das exportações de carne se mantenha para um período mais longo, incentivando o desenvolvimento tecnológico do setor na região.

Esse grupo de UHPs não contam com centros urbanos de maior porte, que concentrem atividade de serviços significativa, sendo áreas de baixa densidade de ocupação, com taxas de crescimento populacional modestas ou mesmo negativas.



A UHP 7 Rio Itabapoana apresenta uma situação um pouco diferenciada das demais por contar com extensão territorial um pouco maior e algumas sedes urbanas em seu interior, destacando-se Espera Feliz. De maneira geral, contudo, o cenário tendencial se aproxima das demais UHP, embora se destaque por uma atividade turística mais estruturada, complementando o perfil econômico regional, com tendência de expansão no período de cenarização.

No setor secundário, a atividade industrial e a de mineração, assim como a pesca e aquicultura são bastante reduzidas e não há indicações que apontem para uma tendência de crescimento ou redução do nível de atividade do cenário atual, que é muito reduzido ou mesmo inexistente em algumas UHPs.

No cenário tendencial, portanto, assim como no âmbito nacional, irá se manter o reduzido crescimento das áreas urbanizadas, com a evolução demográfica apontando para taxas decrescentes de crescimento da população em função da redução da taxa de fecundidade. Na UHP, o reduzido dinamismo populacional aponta para uma tendência de redução ou crescimento pouco significativo, apontando para um cenário tendencial de estabilização demográfica e, conseqüentemente, da demanda de recursos hídricos para abastecimento humano.

Do ponto de vista ambiental, o cenário tendencial projeta a manutenção do cenário atual, sem maior pressão pela conversão de áreas de vegetação nativa em lavouras e pastagens, ainda que um eventual incremento tecnológico da atividade pecuária possa pressionar para aumento da oferta de áreas de pastagens em algumas UHPs.

### **4.3. CENÁRIO DE CONTINGÊNCIA CLIMÁTICA**

A disponibilidade de água utilizada no cenário tendencial é resultante dos estudos de disponibilidade que consideraram séries históricas de vazões na região. De certa forma, portanto, a indicação de garantia de disponibilidade que a vazão de referência do cenário tendencial oferece já contempla períodos de escassez recorrente, correspondentes aos períodos de tempo que as vazões são menores que as de referência. A utilização da semana com menor disponibilidade de água no período de 10 anos como vazão de referência de outorga expressa a preocupação de outorgar água em níveis seguros.

Entretanto, uma das principais incertezas críticas do cenário tendencial consiste nos potenciais efeitos da alteração dos regimes de vazão, especialmente em períodos de seca, nos quais a garantia de água para os usos múltiplos pode ser afetada. É justamente nesses períodos de maior escassez que a captação de água para irrigação é mais demandada, o que pode envolver conflitos de uso da água com usos prioritários como abastecimento humano de dessedentação animal.



Em um contexto mais amplo de gestão, a consideração de um cenário de escassez recorrente se justifica por que é precisamente nesses períodos que os instrumentos de gestão de recursos hídricos são mais exigidos. O principal instrumento regulador do uso da água nas bacias hidrográficas brasileiras é a outorga, definindo, no que concerne à outorga de retirada, a quantidade de água que pode ser captada para os diversos usos existentes nas bacias. Entretanto, em um período de escassez, a redução da precipitação causa prejuízos para a atividade produtiva, a maioria delas não envolvendo a outorga, e põe em risco o abastecimento humano, especialmente em mananciais de pequeno porte, mais sujeitos a secarem ou reduzirem drasticamente sua disponibilidade, situação para a qual a suspensão ou cancelamento de outras outorgas geralmente não surtem efeito para aumentar a disponibilidade nesses pontos de captação, por exemplo.

Assim, o cenário de contingência desenhado por um período de escassez, mesmo que moderado, não é adequadamente contemplado no cenário tendencial, no sentido de que representa um período específico com recorrência previsível, que gera situações negativas específicas para os usos da água que são feitos nas bacias. Embora em termos médios a recorrência de períodos de escassez tenha duração de dois a quatro anos de escassez, deve ser considerado, também, o risco desses períodos se prolongarem, gerando um efeito negativo que pressiona a disponibilidade de água e a condição socioeconômica mais geral.

O principal componente de um cenário de contingência mais severa é a ocorrência de um período prolongado de escassez hídrica, suficiente para desencadear uma crise hídrica que ameace a continuidade da produção agrícola, aumente significativamente a necessidade de água para irrigação e comprometa usos prioritários previstos na legislação, seja para a manutenção do abastecimento de água para a população, seja para a manutenção dos rebanhos, com evidentes prejuízos à qualidade de vida da população e o comprometimento de atividades produtivas com perdas econômicas e sociais de grande monta.

Nesses períodos, a simples revisão ou suspensão de outorgas, embora possa contribuir para que a situação não se agrave, pode não ser suficiente para mitigar eventuais impactos negativos. O enfrentamento de eventuais crises hídricas apenas quando esta já esteja instaurada limita o alcance de uma gestão de contingência que se antecipe à crise e promova ações de autorregulação e de gestão preventiva, que podem envolver a aceleração de investimentos, a adoção de medidas de restrição e economia de água, a priorização do atendimento de populações mais vulneráveis, entre outras medidas.

Para efeitos do cenário de escassez recorrente, portanto, tomando como base o estudo de disponibilidade de escassez recorrente apresentado anteriormente, é adotada uma vazão 49% menor





que a da disponibilidade tendencial. Esta disponibilidade de escassez é confrontada à demanda projetada para o cenário tendencial.

Este cenário busca reproduzir uma situação temporária de escassez e refletir o eventual déficit hídrico incremental ao cenário tendencial que esse período de escassez possa representar. Dessa forma, os elementos já apresentados no cenário tendencial são avaliados sob a perspectiva de uma eventual crise hídrica que possa resultar de uma situação desse tipo.

Do ponto de vista da atividade produtiva primária, evidentemente, a atividade irrigada e a agropecuária de sequeiro são muito impactadas, com pressão para obtenção de fontes de abastecimento alternativas, sejam elas superficiais ou subterrâneas.

Além do eventual impacto negativo na atividade produtiva primária, o abastecimento humano, que complementa as fontes de subsistência de uma parcela importante da população rural, assim como os sistemas de abastecimento das populações urbanas, podem ser afetados negativamente, podendo colocar em risco os usos prioritários.

Considerando que as bacias contam com reduzido dinamismo populacional e econômico, a tendência é que, em períodos de escassez, a falta de dinamismo seja acentuada, agravando problemas sociais ao mesmo tempo em que reduz os recursos disponíveis no âmbito local para promover ações que alterem positivamente esse cenário.

Também neste cenário estão consideradas as contingências advindas de períodos com pluviosidades extremamente altas e concentradas que geram eventos de cheias, enxurradas e enchentes. Das bacias do Leste a que representa maior risco a esses eventos é a Bacia do Rio Itabapoana, que sofreu com eventos recentes e possui todos os seus rios principais enquadrados como de Alta ou Médio Vulnerabilidade à Inundação, segundo o Atlas de Vulnerabilidade à Inundação, que apresenta os locais vulneráveis e uma classificação de risco, referenciado neste relatório como ANA (2014).

#### **4.4. CENÁRIO APERFEIÇOAMENTO DA GESTÃO**

O cenário de Aperfeiçoamento da Gestão, ou normativo, foca sobre as dificuldades e oportunidades para promover ações que alterem positivamente a situação dos recursos hídricos nas UHPs.

Aspecto destacado desse cenário é a plena implementação dos instrumentos de gestão. De maneira geral, as bacias carecem da implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a



associada instituição do ente previsto no arranjo institucional que é a Agência de Bacia, ou entidade equiparada às funções de Agência de Bacia, além do enquadramento dos corpos hídricos.

Contudo, para essas UHPs, a condição das bacias não serem CHs faz com que não tenham, inclusive, a possibilidade de instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica, ente essencial e por que não dizer inicial para que se desencadeie o processo de gestão de recursos hídricos nos moldes previstos na Política de Recursos Hídricos.

O sistema de gerenciamento de recursos hídricos prevê um conjunto de instrumentos e um arranjo institucional próprio para o atendimento de seus objetivos. Assim, sem a plena implementação de todos os instrumentos e entes previstos na Política de Recursos Hídricos, as possibilidades de aperfeiçoamento da gestão são limitadas. Em uma condição ideal, portanto, o cenário normativo já deveria contar, no cenário atual, com a plena implementação dos instrumentos e entes da Política de Recursos Hídricos, dispondo dos pré-requisitos para, a partir daí, aperfeiçoar a gestão. Contudo, para o cenário de Aperfeiçoamento da Gestão, é previsto durante o horizonte de planejamento o processo de ajuste da condição das UHPs para que se habilitem a instituir ou, se for o caso, compor uma Circunscrição Hidrográfica (CH) que disponha de Comitê de Bacia Hidrográfica.

Considerando a área geográfica relativamente limitada das bacias, se apresenta como situação mais adequada sua integração a uma CH contígua de maneira que possa se fazer representar em uma estrutura de gerenciamento de recursos hídricos já organizada.

Uma vez definida a solução de continuidade para a constituição ou representação em um Comitê de Bacia, se coloca a possibilidade de implementação de outros instrumentos e entes atualmente faltantes. Principalmente se a solução de aperfeiçoamento da gestão implicar a integração das bacias a outras CHs, a evolução da gestão no período de planejamento da implementação de outros instrumentos e entes da Política de Recursos Hídricos deverá ser alinhada com a condição que se encontra a CH que irá receber cada bacia. Se a solução for a mudança na classificação das Bacias dos Rios do Leste e a formação de comitês de bacia próprios, a discussão da pauta de implementação dos demais instrumentos e entes da política de recursos hídricos certamente será pauta prioritária.

Neste cenário de aperfeiçoamento da gestão, ao final do período de cenarização, todas as bacias estarão constituindo uma CH com Comitê de Bacia Hidrográfica, seja pela instituição de comitê próprio, seja pela integração a outro existente, sempre demandando alteração de seu status atual em termos de legislação de recursos hídricos. Além da instituição ou integração a um Comitê de Bacia, e conforme a solução adotada, outros instrumentos de gestão de recursos hídricos já estariam instituídos, bem como a modalidade de Agência de Bacia já estaria definida ou encaminhada.



## 5. BALANÇO HÍDRICO

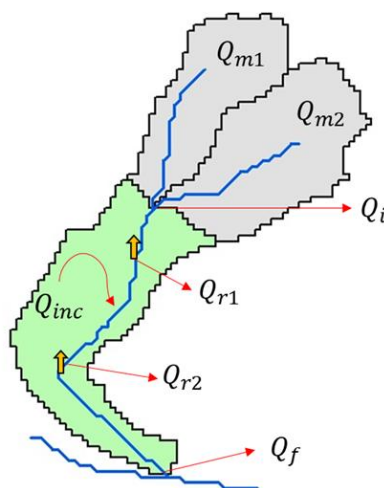
A partir das disponibilidades e demandas projetadas e, considerando os cenários que comportam a avaliação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, são realizados os balanços hídricos para os cenários tendencial e de escassez recorrente, considerando as metodologias e resultados descritos a seguir.

### 5.1. BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO

Neste item são apresentados os resultados do balanço hídrico quantitativo no contexto dos cenários de planejamento. O balanço foi realizado com o auxílio do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools (KAYSER; COLLISCHONN, 2013), cujo resultado é expresso através do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente ( $Q_f$ ) em cada trecho de rio.

O esquema de balanço hídrico consiste na contabilização dos pontos de captação inseridos no sistema, calculando-se a vazão remanescente e os possíveis déficits de não atendimento, caso a vazão remanescente atinja um nível inferior a um patamar mínimo. O modelo opera em modo permanente, através de valores únicos de vazão por ottobacia, representada pela vazão de referência definida para o Estado de Minas Gerais ( $Q_{7,10}$ ). A Figura 5.1 apresenta um esquema do modelo de balanço hídrico, seguida da descrição das variáveis utilizadas, todas com unidade de vazão em  $m^3/s$ .

Figura 5.1 - Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools.



Fonte: Kayser, Collischonn (2013).

Onde:

- $Q_{m1}, Q_{m2}, \dots, Q_{mn}$  = vazões remanescentes das ottobacias de montante;
- $Q_i$  = vazão inicial da ottobacia;
- $Q_{inc}$  = vazão incremental da ottobacia;



- $Q_{r1}, Q_{r2}, \dots, Q_{rn}$  = pontos de retirada localizados em qualquer local no interior da ottobacia;
- $Q_f$  = vazão remanescente final da ottobacia;

O primeiro passo da simulação é o cálculo da vazão inicial da ottobacia, dada pelo somatório das saídas das ottobacias de montante para as ottobacias de demais ordens, de acordo com a equação:

$$Q_i = Q_{m1} + Q_{m2} \quad 11.1$$

Sendo  $Q_{m1}$  e  $Q_{m2}$  as vazões das ottobacias à montante. Em seguida, calcula-se a vazão incremental da ottobacia ( $Q_{inc}$ ), obtida a partir da vazão de referência  $Q_{7,10}$ .

$$Q_{inc} = Q_{7,10} - Q_{inat}$$

Onde  $Q_{inat}$  é a vazão inicial da ottobacia, desconsiderando as retiradas de montante.

A vazão final remanescente da ottobacia ( $Q_f$ ) será calculada de acordo com a seguinte relação, onde  $Q_{ret}$  representa o somatório das retiradas de água localizadas na ottobacia:

$$Q_f = Q_i + Q_{inc} - Q_{ret}, se Q_f \geq 0 \quad 11.2$$

Por fim, são calculados os déficits de não atendimento para os casos em que a vazão remanescente atinge o patamar da vazão ambiental, de acordo com a relação:

$$Q_{def} = 0, se Q_f \geq 0 \quad 11.3$$

$$Q_{def} = Q_{ret} - Q_i - Q_{inc}, se Q_f = 0$$

O resultado do módulo do balanço hídrico é expresso através do Índice de Comprometimento Hídrico (ICH), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente ( $Q_f$ ) em cada trecho de rio. O índice é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$ICH = \frac{Q_{ref} - Q_f}{Q_{ref}} \quad 11.4$$

Os valores do Índice de Comprometimento Hídrico são expressos em classes indicando o nível de comprometimento de cada trecho de rio. Estas classes foram estabelecidas considerando a Portaria IGAM Nº 48/2019, na qual foi definido o limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado como sendo de 50% da  $Q_{7,10}$ , ficando garantidos a



jusante de cada derivação, portanto, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da  $Q_{7,10}$ . Dessa forma, ficou estabelecido o patamar de 50% como o limite de classes em conformidade com a resolução (Quadro 5.1). As classes em tons laranja e vermelho representam as condições de comprometimento acima do limite outorgável, de acordo com a resolução SEMAD-IGAM.

Quadro 5.1 - Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados

Legenda	ICH	Definição
	0,0 % - 1,0%	Classe em conformidade (insignificante)
	1.1% - 10,0%	Classe em conformidade (baixo)
	10,1 % - 30%	Classe em conformidade (médio)
	30,1% - 50,0%	Classe em conformidade (máximo)
	50,1% - 70,0%	Classe em não conformidade (médio)
	70,1% - 99,0%	Classe em não conformidade (crítico)
	99,1% - 100,0%	Classe em não conformidade (total)

Fonte: elaboração própria.

Nota: Toma como base para a classificação em conformidade e não conformidade da Portaria IGAM nº 48/2019.

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados do balanço hídrico considerando os cenários Tendencial e de Contingência Climática. Os resultados são expressos através dos valores de comprometimento hídrico resultante nos exutórios ou pontos de entrega de cada UHP, além do déficit hídrico estimado em cada unidade, apresentados também em mapas com a distribuição do comprometimento hídrico ao longo das ottobacias. As cenas de planejamento simulados incluem a cena atual (2021), a cena de curto prazo (2026), médio prazo (2031 e 2036) e longo prazo (2041).

### 5.1.1. Cenário Tendencial

Considerando os pontos de entrega de cada UHP, o Quadro 5.2 apresenta os resultados do balanço hídrico nos exutórios de cada bacia considerando as cenas do cenário tendencial. Em geral, não são verificados aumentos expressivos no comprometimento hídrico, cujos índices ficam estagnados entre 5% e 10% para a maioria das UHPs, com exceção da UHP do Rio Peruípe. Esta unidade, caracterizada por uma pequena extensão de bacia de pouco mais de 50 km<sup>2</sup>, possui alguns pontos isolados de captação com demanda muito superior à disponibilidade hídrica no local, acarretando um déficit que vai sendo um pouco amenizado até o exutório da unidade. Na UHP do Rio Itanhém, a projeção indica uma redução no comprometimento hídrico, reflexo da taxa negativa de projeção para a demanda da irrigação.



Quadro 5.2 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial.

UHP	Corpo hídrico	Balanço hídrico (%)				
		2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	Rio do Peixe	6,77	6,78	6,81	6,84	6,87
UHP-2 - Rio Jucuruçu	Rio do Prado ou Rio Jucuruçu	5,58	5,77	6,01	6,29	6,64
UHP-3 - Rio Itanhém	Rio Alcobaça ou Itanhém	13,4	12,56	11,87	11,35	10,96
UHP-4 - Rio Peruípe	Rio Pau Alto	58,65	58,65	58,65	58,65	58,65
UHP-5 - Rio Itaúnas	Córrego Barreado	11,79	11,89	11,99	12,09	12,19
UHP-6 - Rio Itapemirim	Total exutórios	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06
UHP-7 - Rio Itabapoana	Rio Itabapoana	5,34	5,73	6,16	6,67	7,25

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 5.3 a seguir apresenta os déficits hídricos de cada UHP considerando as cenas do cenário tendencial, quantificados em relação ao próprio déficit e considerando o percentual em relação à demanda total. Os déficits ocorrem quando o saldo hídrico é igual ou superior a 100%, havendo a conversão da demanda atendida para um déficit não atendido. Em geral, nos casos das bacias dos Rios do Leste os déficits ocorrem de forma localizada em alguns trechos, podendo estar associado a uma má alocação do recurso hídrico dentro das unidades. No total, verifica-se um aumento dos atuais 0,102 m<sup>3</sup>/s não atendidos na cena atual para 0,170 m<sup>3</sup>/s não atendidos na cena de longo prazo, equivalente a cerca de 25% da demanda total.

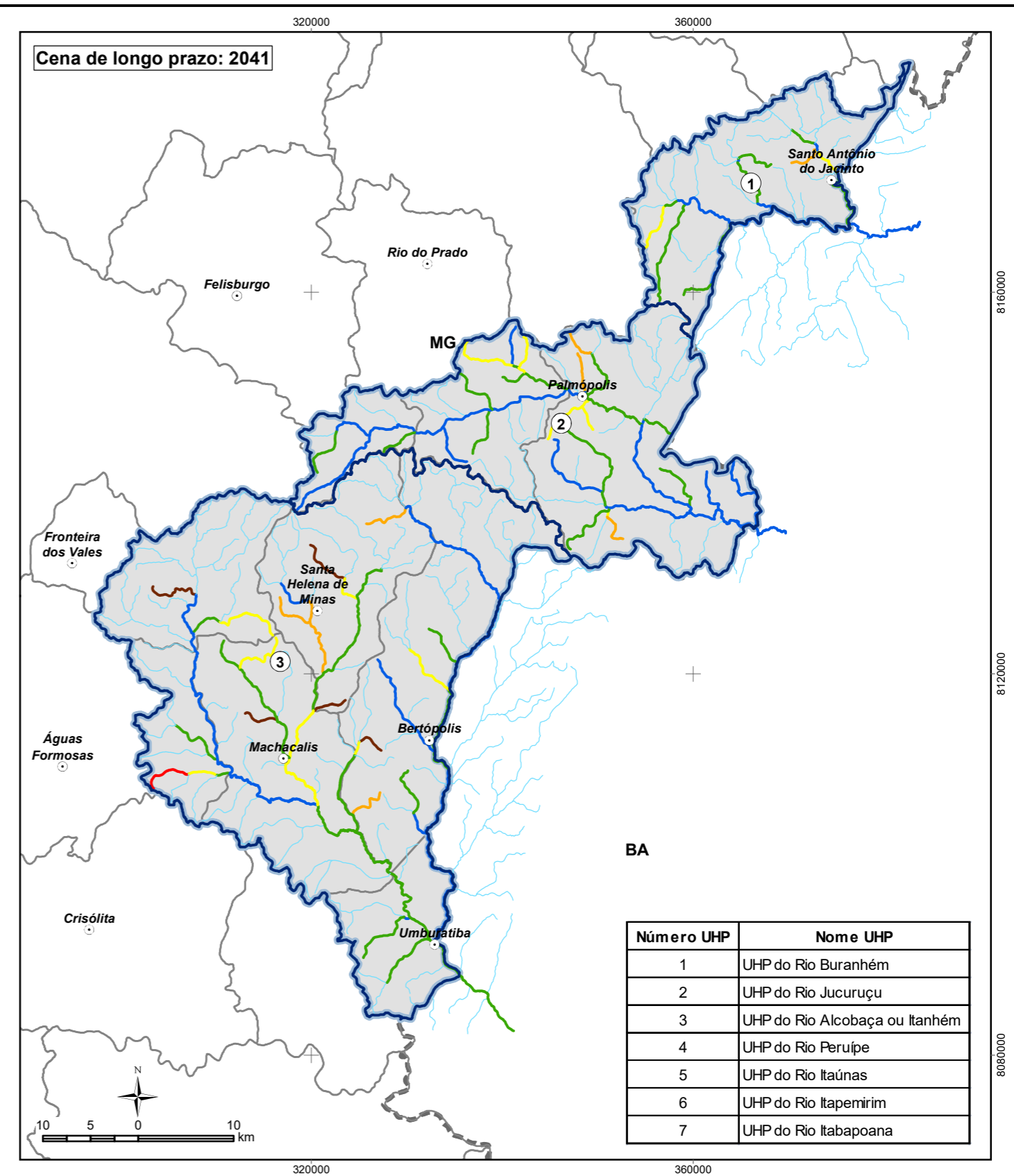
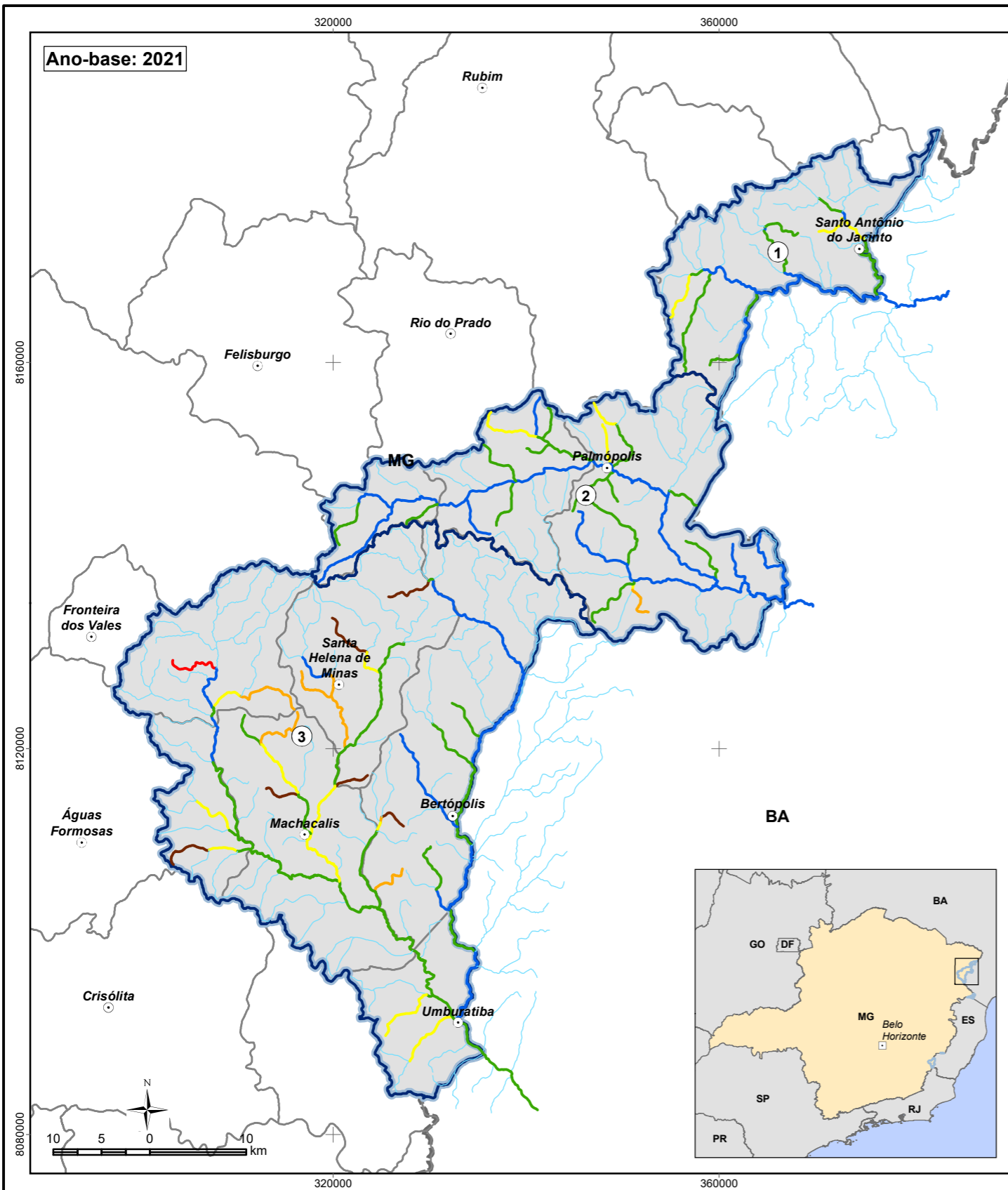
Quadro 5.3 - Déficit hídricos e percentual das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada por UHP no cenário tendencial.

UHP	Demanda não atendida (m <sup>3</sup> /s)					Percentual (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UHP-2 - Rio Jucuruçu	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UHP-3 - Rio Itanhém	0,017	0,014	0,012	0,011	0,011	8,10%	7,10%	6,80%	6,50%	6,30%
UHP-4 - Rio Peruípe	0,045	0,062	0,083	0,111	0,146	69,00%	75,40%	80,60%	84,70%	87,90%
UHP-5 - Rio Itaúnas	0,038	0,027	0,019	0,012	0,007	70,10%	62,40%	53,20%	42,40%	30,10%
UHP-6 - Rio Itapemirim	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UHP-7 - Rio Itabapoana	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	1,70%	1,80%	2,00%	2,20%	2,50%
Total	0,102	0,105	0,118	0,139	0,17	18,20%	18,70%	20,30%	22,60%	25,70%

Fonte: elaboração própria.

O Mapa 5.1, Mapa 5.2 e Mapa 5.3 apresentam a distribuição dos resultados do balanço hídrico em cada ottotrecho das bacias, considerando a cena atual e a cena de longo prazo (2041) no cenário tendencial. Nos mapas é possível observar uma tendência de estagnação entre a cena atual e a cena de longo prazo, com a ocorrência de déficits em pontos isolados e em áreas de cabeceira, com baixa disponibilidade hídrica.





Número UHP	Nome UHP
1	UHP do Rio Buranhém
2	UHP do Rio Jucuruçu
3	UHP do Rio Alcobaça ou Itanhém
4	UHP do Rio Peruípe
5	UHP do Rio Itaúnas
6	UHP do Rio Itapemirim
7	UHP do Rio Itabapoana

**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⊕ Limite UHPs
  - ⊕ Bacias dos Rios do Leste
  - ⊕ Limite Municipal
  - ⊕ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

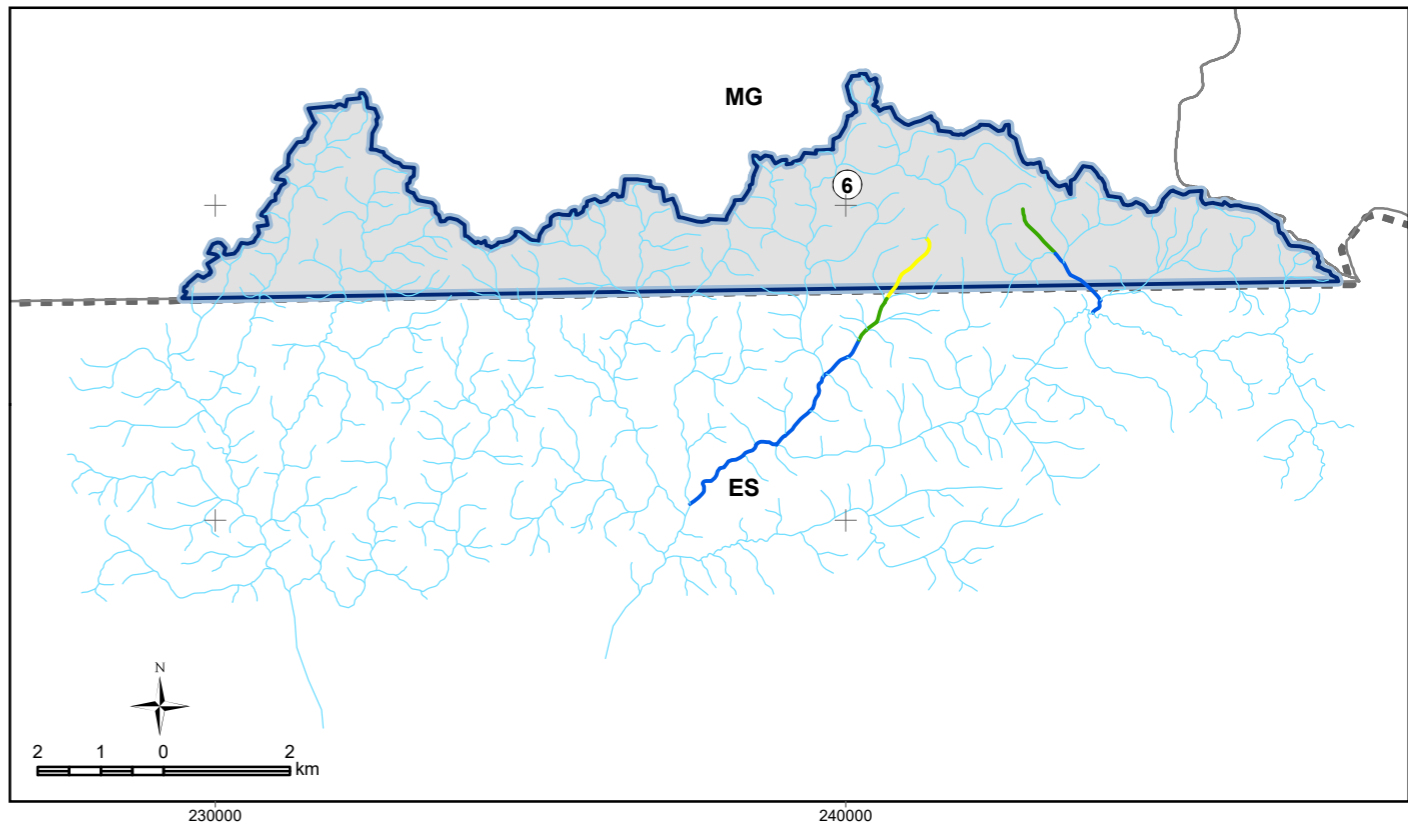
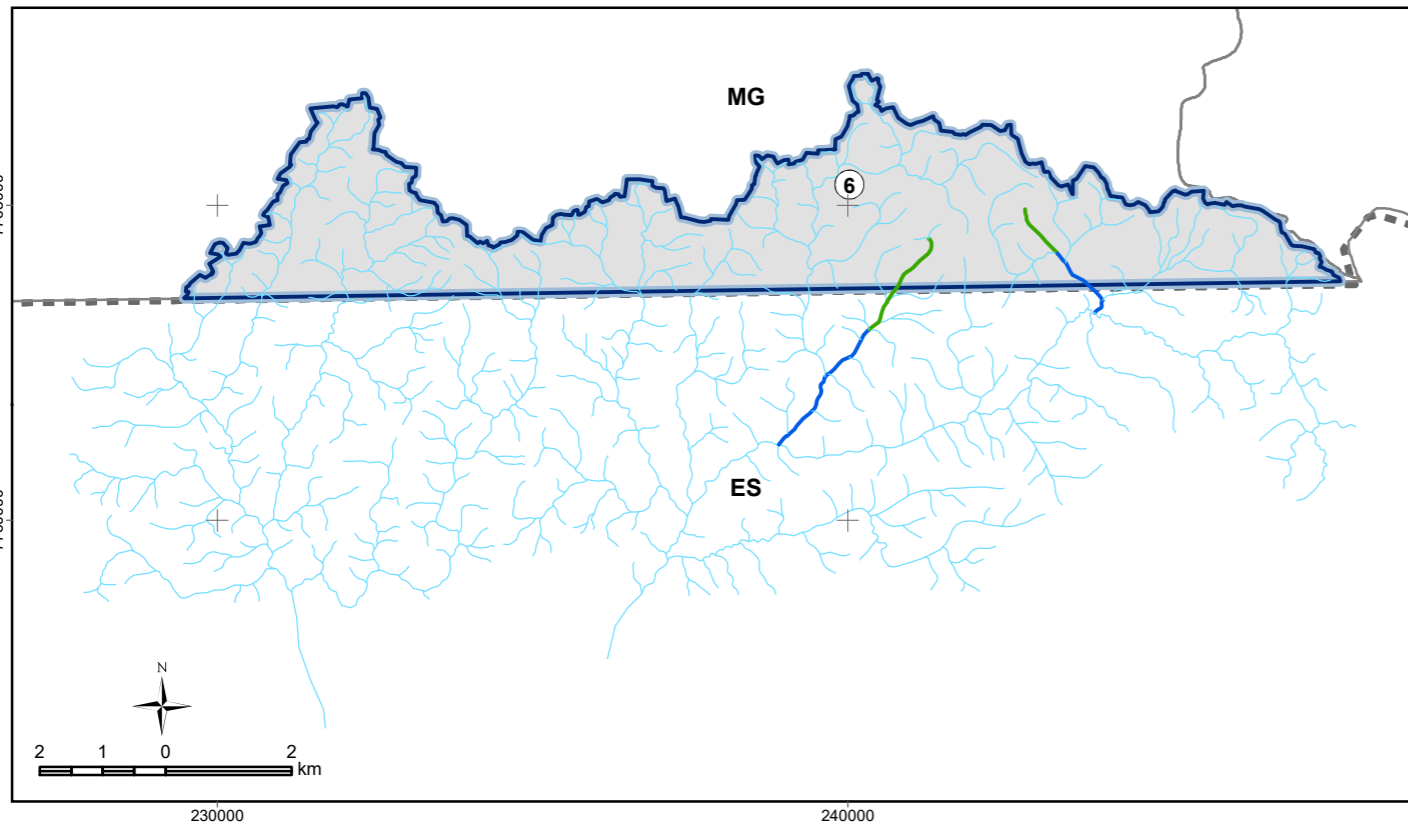
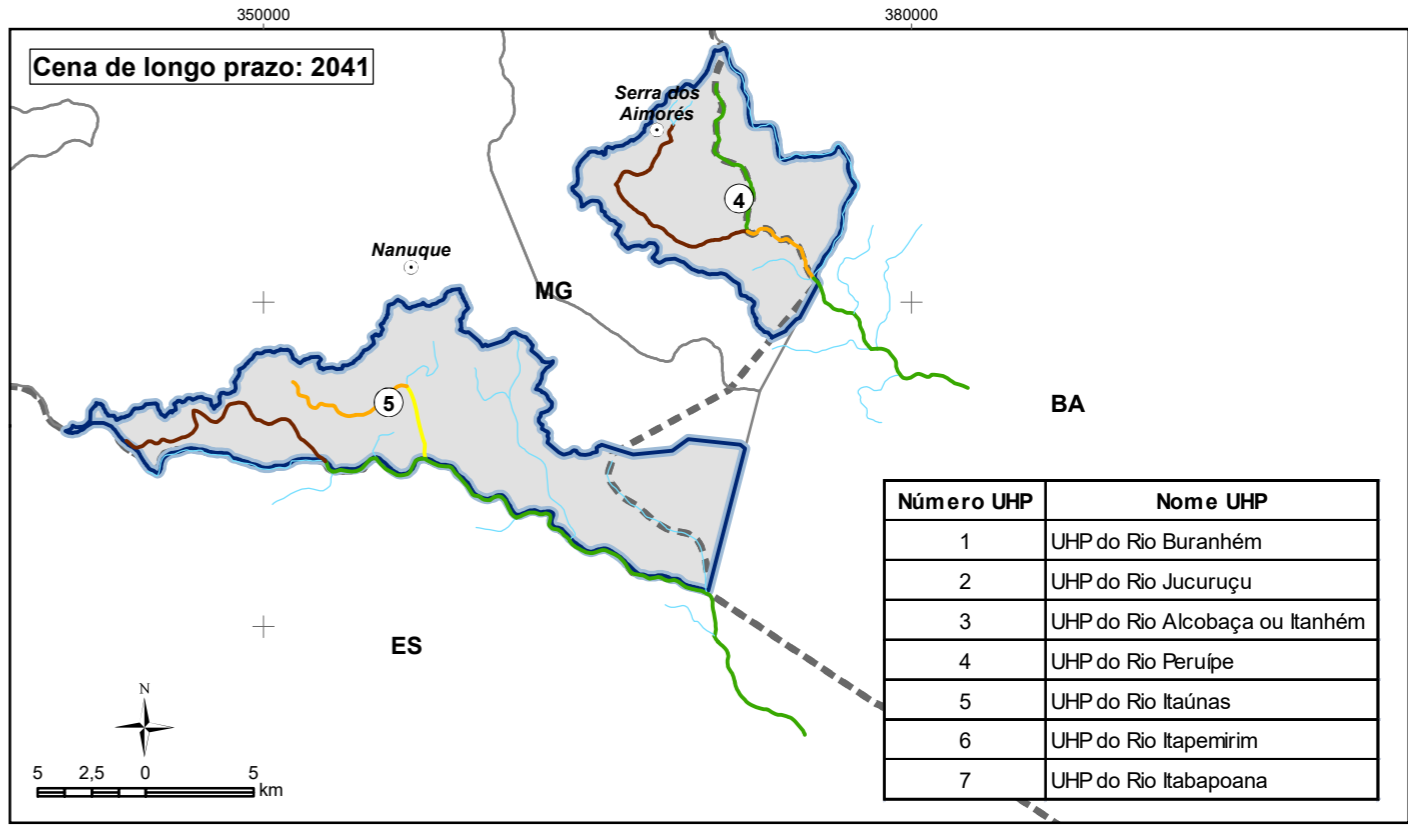
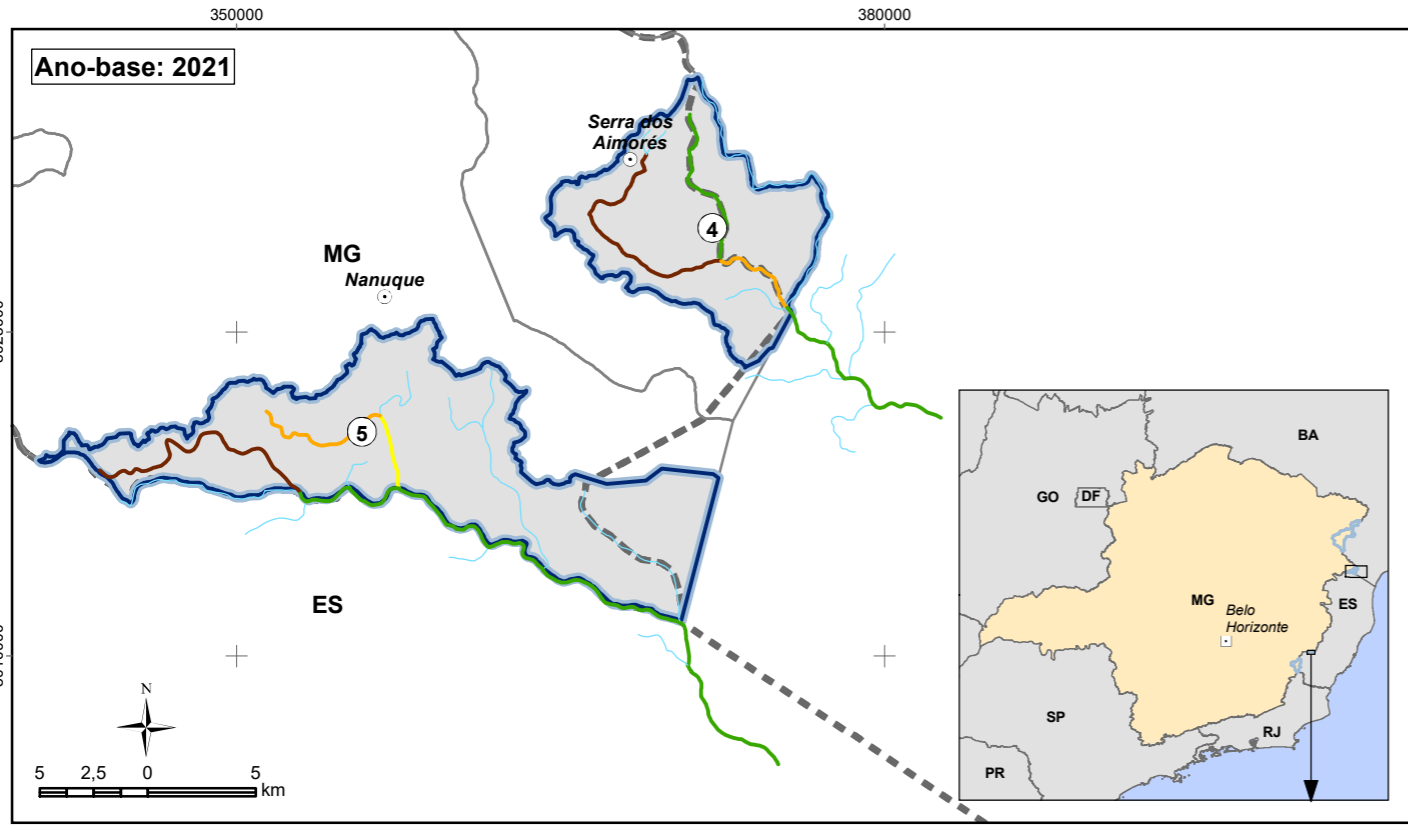
PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

**Mapa 5.1 – Balanço hídrico no Cenário Tendencial: Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém (2021-2041)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2015  
 - Limite municipal: IBGE, 2015  
 - Limite estadual: IBGE, 2015  
 - Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
 - Limite das UHPs: Profill, 2018  
 - Balanço Hídrico: Profill, 2021



**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⬭ Limite UHPs
  - ⬭ Bacias dos Rios do Leste
  - ⬭ Limite Municipal
  - ⬭ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

PROGNÓSTICO



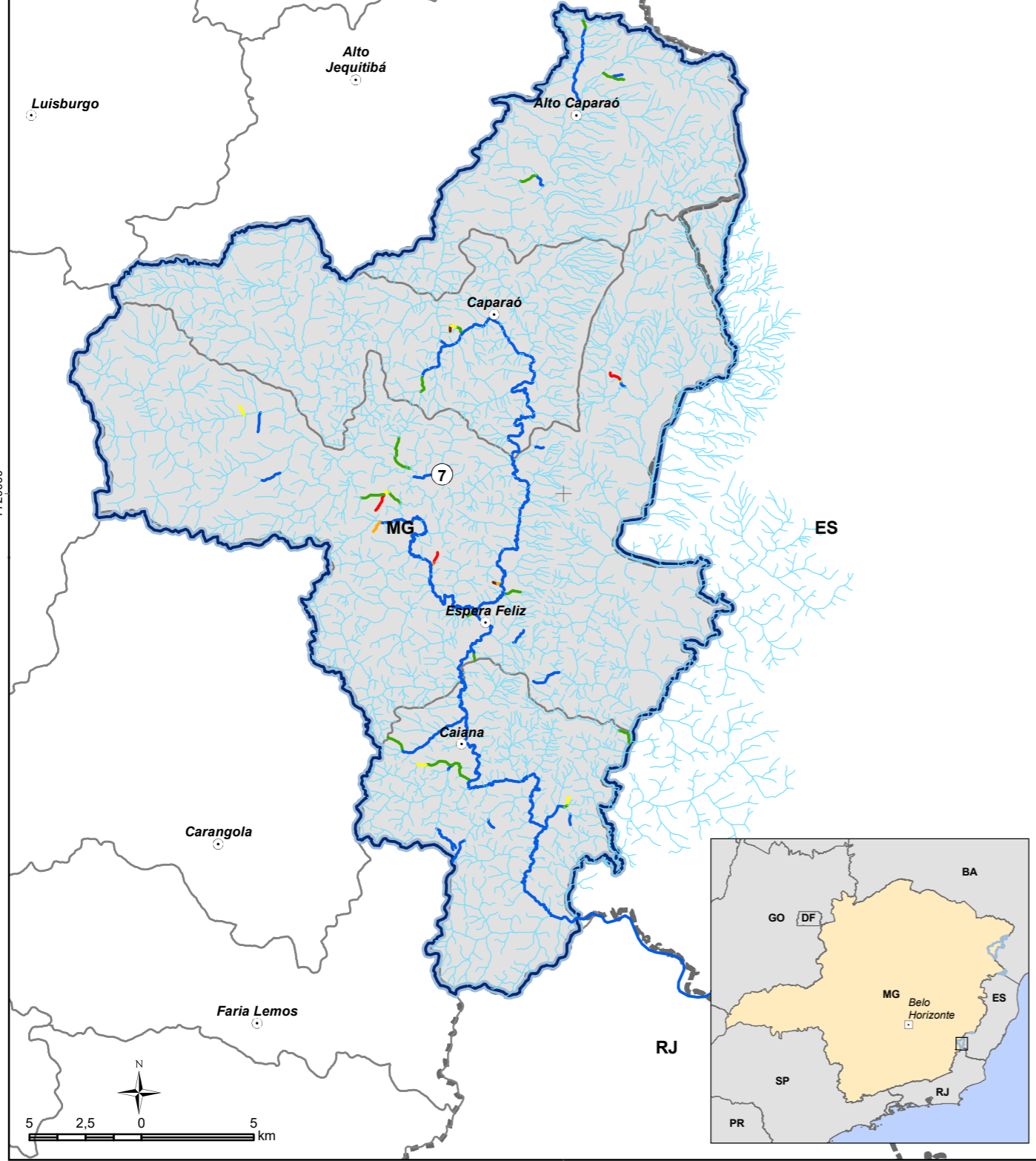
Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

**Mapa 5.2 – Balanço hídrico no Cenário Tendencial: Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim. (2021-2041)**

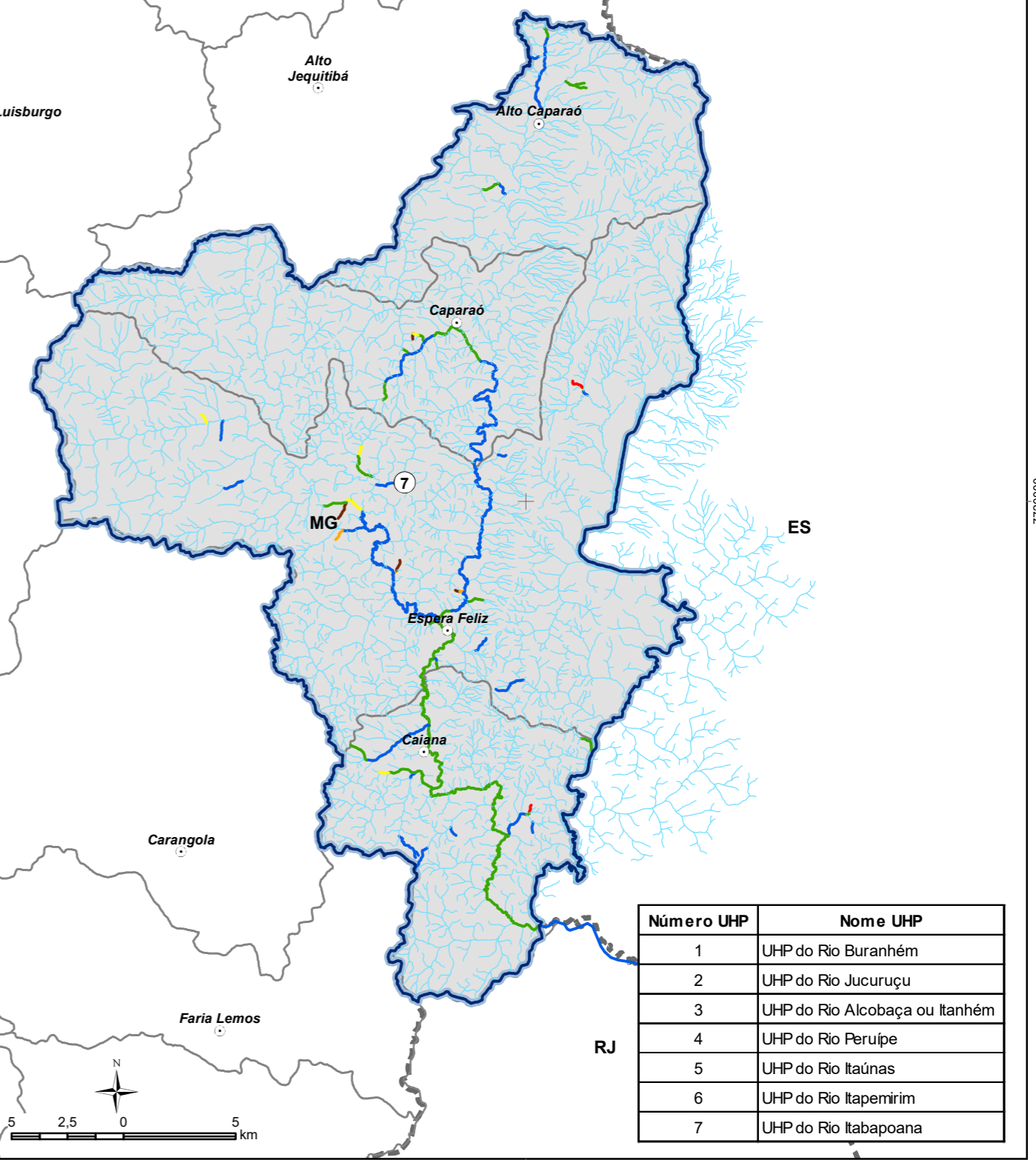
Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Oitobacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Balanço Hídrico: Profill, 2021



Ano-base: 2021



Cena de longo prazo: 2041



Número UHP	Nome UHP
1	UHP do Rio Buranhém
2	UHP do Rio Jucuruçu
3	UHP do Rio Alcobaça ou Itanhém
4	UHP do Rio Peruípe
5	UHP do Rio Itaúnas
6	UHP do Rio Itapemirim
7	UHP do Rio Itabapoana

**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⊞ Limite UHPs
  - ⊞ Bacias dos Rios do Leste
  - Limite Municipal
  - ⊞ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

**Mapa 5.3 – Balanco hídrico no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itabapoana (2021-2041)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Balanco Hídrico: Profill, 2021

### 5.1.2. Cenário de Contingência Climática

O balanço hídrico do cenário de contingência climática, conforme comentado anteriormente, é elaborado a partir da demanda tendencial projetada (a mesma utilizada no cenário tendencial), porém, com uma vazão de referência 49% menor que o cenário tendencial, o que leva a serem esperados balanços hídricos mais críticos.

Para efeitos do balanço hídrico, a redução na vazão de referência foi aplicada para todas as cenas. Contudo, evidentemente, não se trata de uma redução da vazão de referência para todo o período, mas da expectativa de que, em função dos períodos de recorrência registrados no histórico da bacia, em pelo menos uma das cenas a vazão de referência venha a ser a do cenário de escassez recorrente e não a do cenário tendencial. Assim, caso ocorra uma seca a curto, médio ou longo prazo, é possível avaliar seu potencial efeito considerando a demanda projetada para o cenário tendencial.

O Quadro 5.4 apresenta os resultados do balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário de contingência climática. Neste cenário não há um aumento expressivo do comprometimento hídrico em relação ao cenário tendencial, sendo a faixa entre 10% e 25% a classe predominante nos pontos de entrega das UHPs. Em comparação com o cenário tendencial, há um aumento médio em torno de 100% no comprometimento, porém como a situação no cenário tendencial é confortável, este aumento não acarretaria situações críticas em termos de disponibilidade hídrica. Com exceção da UHP do Rio Peruípe, onde os resultados são de comprometimento em classe de não conformidade (médio), reflexo da alta demanda localizada no trecho de cabeceira.

Quadro 5.4 - Balanço hídrico nos exutórios de cada UHP considerando as cenas do cenário de escassez.

UHP	Corpo hídrico	Balanço hídrico (%)				
		2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	Rio do Peixe	14,09	14,12	14,15	14,18	14,23
UHP-2 - Rio Jucuruçu	Rio do Prado ou Rio Jucuruçu	11,4	11,8	12,3	12,87	13,48
UHP-3 - Rio Itanhém	Rio Alcobaça ou Itanhém	24,65	23,12	21,92	20,99	20,25
UHP-4 - Rio Peruípe	Rio Pau Alto	63,66	63,66	63,66	63,66	63,66
UHP-5 - Rio Itaúnas	Córrego Barreado	14,61	14,61	14,61	14,61	14,61
UHP-6 - Rio Itapemirim	Total exutórios	3,39	3,6	3,81	4,04	4,28
UHP-7 - Rio Itabapoana	Rio Itabapoana	11	11,78	12,68	13,71	14,92

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 5.5 a seguir apresenta os déficits hídricos de cada UHP considerando as cenas do Cenário de Contingência Climática, quantificados em relação ao próprio déficit e considerando o percentual em relação à demanda total, ou seja, o quanto representam relativamente à demanda total projetada. Estima-se que os déficits aumentariam em 0,04 m<sup>3</sup>/s em relação ao cenário tendencial, mantendo-se estagnado neste valor ao longo de todo o horizonte de planejamento. As UHPs com os maiores déficits em relação à demanda total correspondem às UHP do Rio Itaúnas e Peruípe, onde



estima-se que entre 60% e 90% da demanda das UHPs não seriam atendidas ao longo das cenas avaliadas.

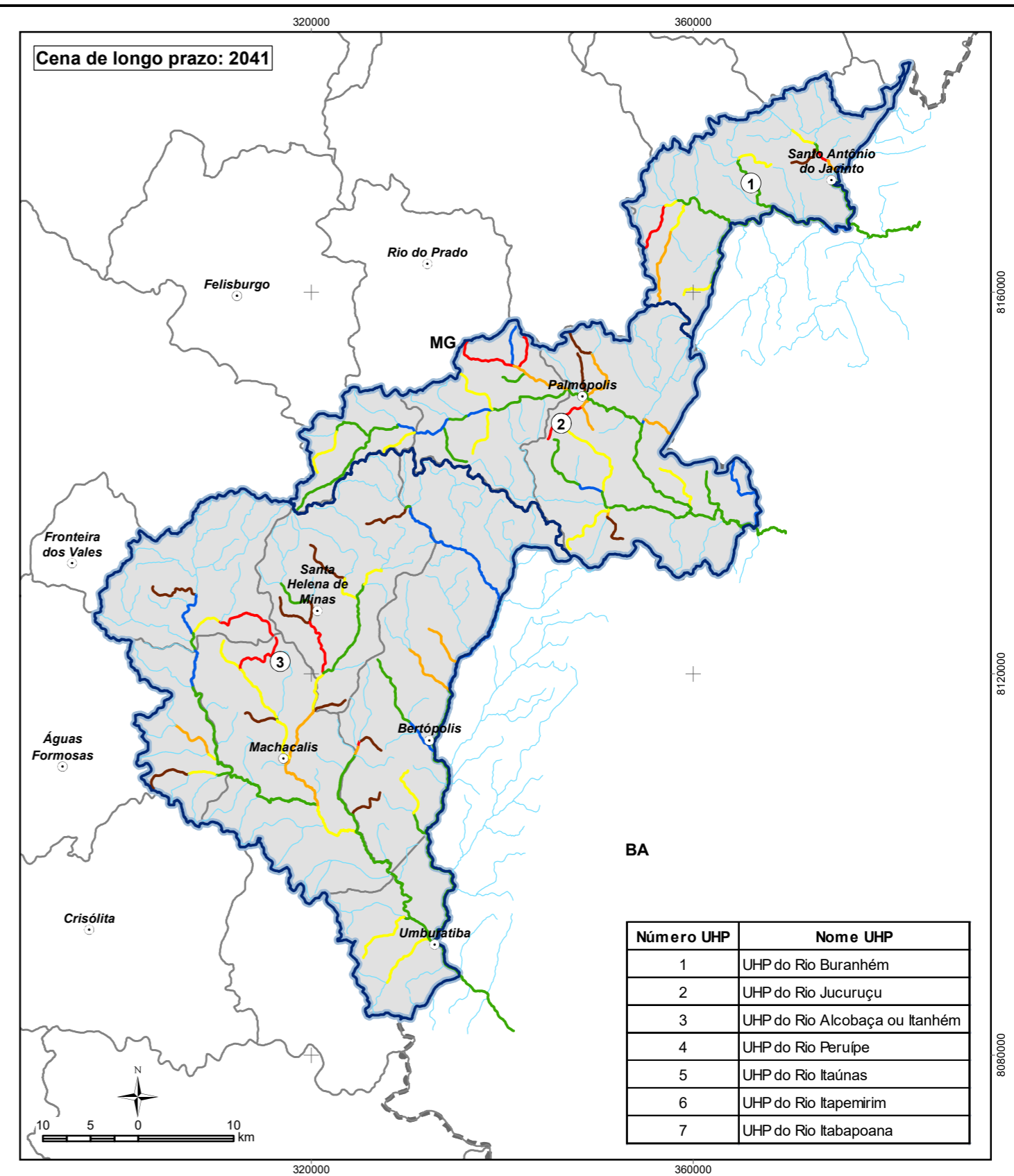
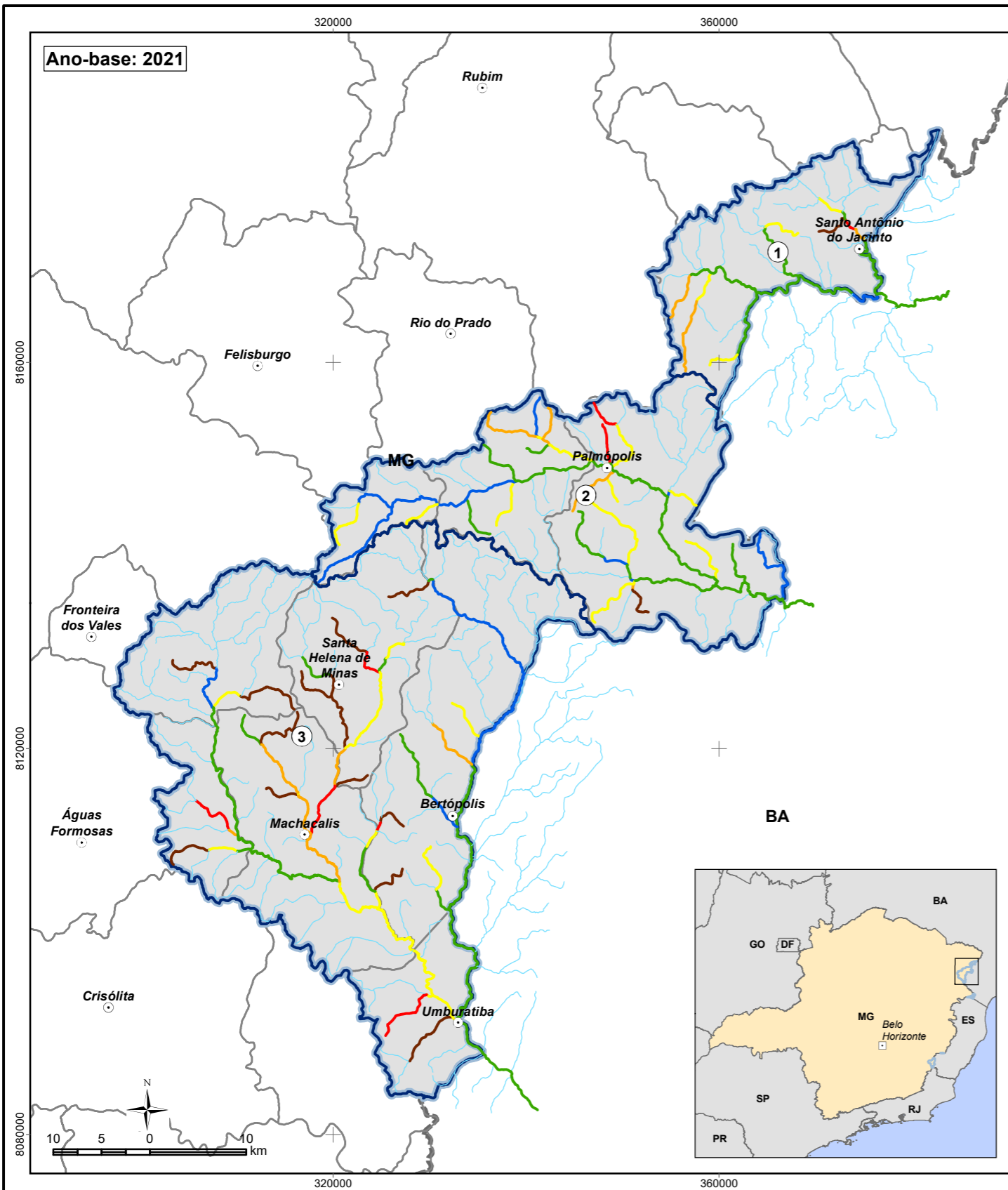
Quadro 5.5 - Déficits hídricos e percentual das demandas não atendidas em relação à demanda total projetada por UHP no cenário tendencial.

UHP	Demanda não atendida (m³/s)					Percentual (%)				
	2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	0	0	0	0	0	0,00%	0,10%	0,20%	0,40%	0,60%
UHP-2 - Rio Jucuruçu	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,90%	1,80%	1,70%	1,80%	2,50%
UHP-3 - Rio Itanhém	0,039	0,034	0,031	0,029	0,028	18,90%	18,00%	17,40%	17,00%	17,00%
UHP-4 - Rio Peruípe	0,054	0,071	0,093	0,12	0,156	83,80%	87,20%	89,90%	92,00%	93,70%
UHP-5 - Rio Itaúnas	0,044	0,033	0,025	0,019	0,014	82,20%	77,80%	72,60%	66,60%	59,80%
UHP-6 - Rio Itapemirim	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UHP-7 - Rio Itabapoana	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	2,90%	3,10%	3,30%	3,60%	3,80%
Total	0,143	0,146	0,157	0,177	0,208	25,60%	25,80%	26,90%	28,90%	31,50%

Fonte: elaboração própria.

Os Mapa 5.4, Mapa 5.5 e Mapa 5.6 apresentam a distribuição dos resultados do balanço hídrico em cada ottotrecho das bacias, considerando respectivamente a cena atual (2021) e a cena de longo prazo (2041) no cenário de Contingência Climática. Neste cenário, observa-se a predominância da classe entre 10% a 50% de comprometimento hídrico nos trechos de maior área de drenagem para o cenário atual, mantendo-se na cena de longo prazo.





Número UHP	Nome UHP
1	UHP do Rio Buranhém
2	UHP do Rio Jucuruçu
3	UHP do Rio Alcobaça ou Itanhém
4	UHP do Rio Peruípe
5	UHP do Rio Itaúnas
6	UHP do Rio Itapemirim
7	UHP do Rio Itabapoana

**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⬭ Limite UHPs
  - ⬭ Bacias dos Rios do Leste
  - ⬭ Limite Municipal
  - ⬭ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

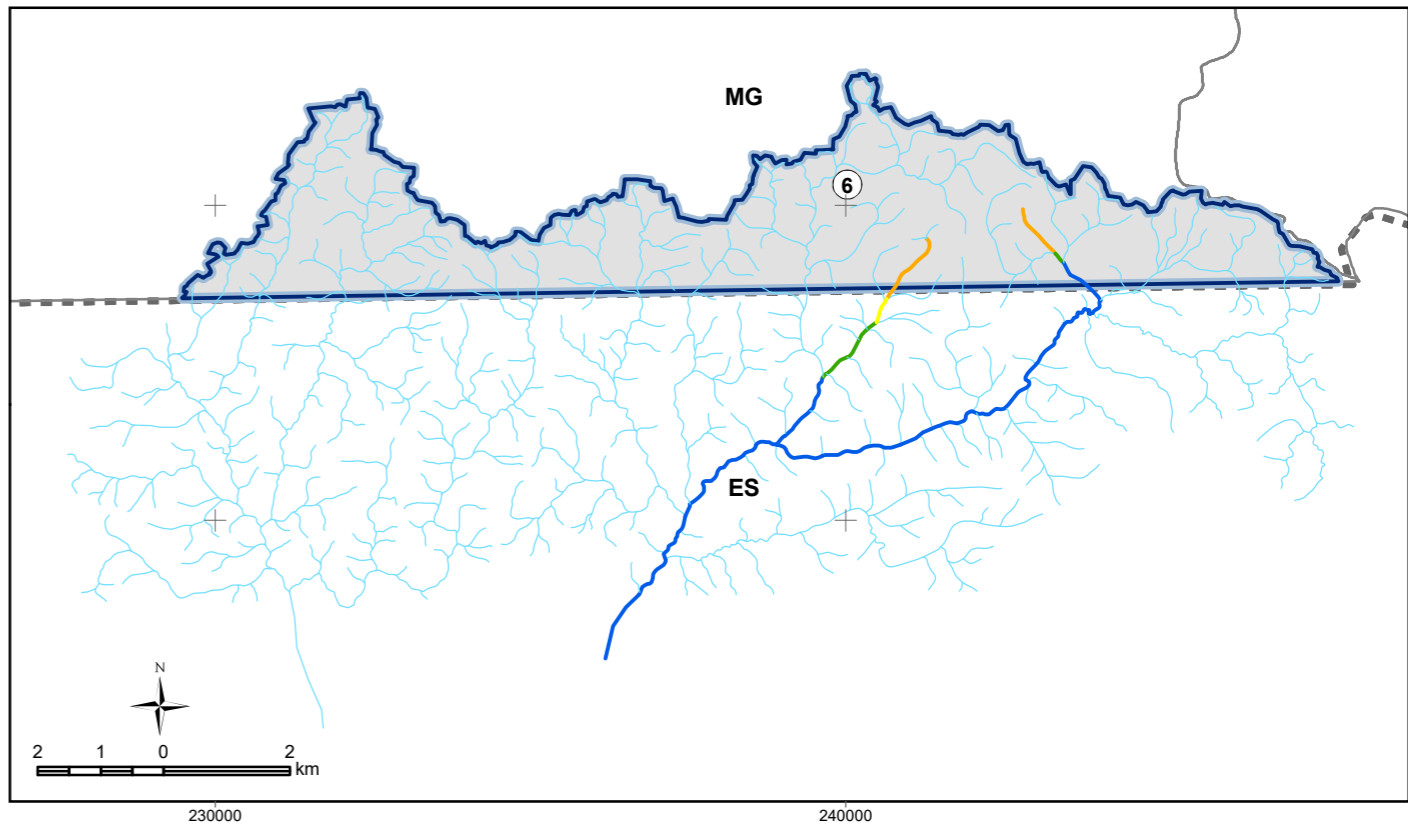
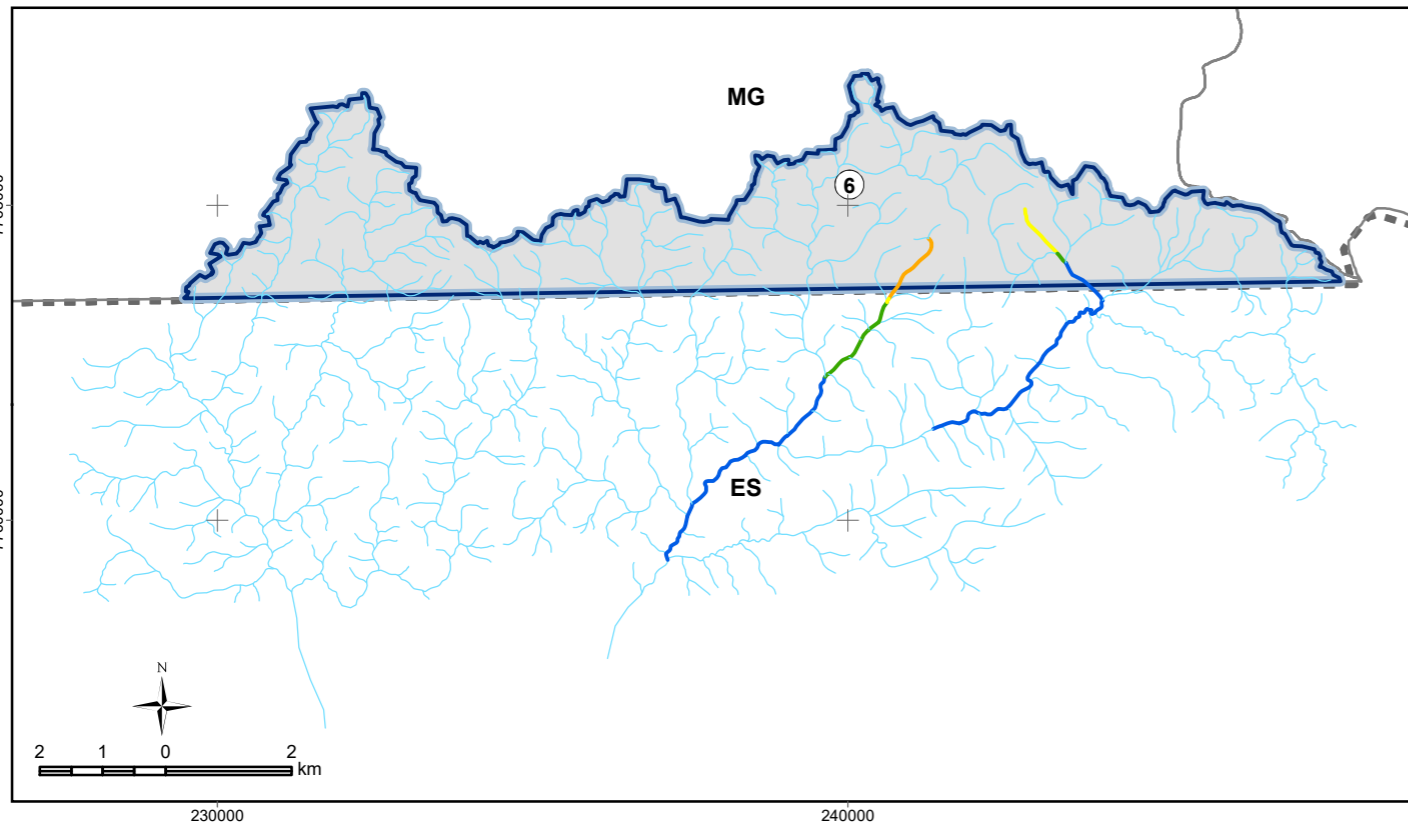
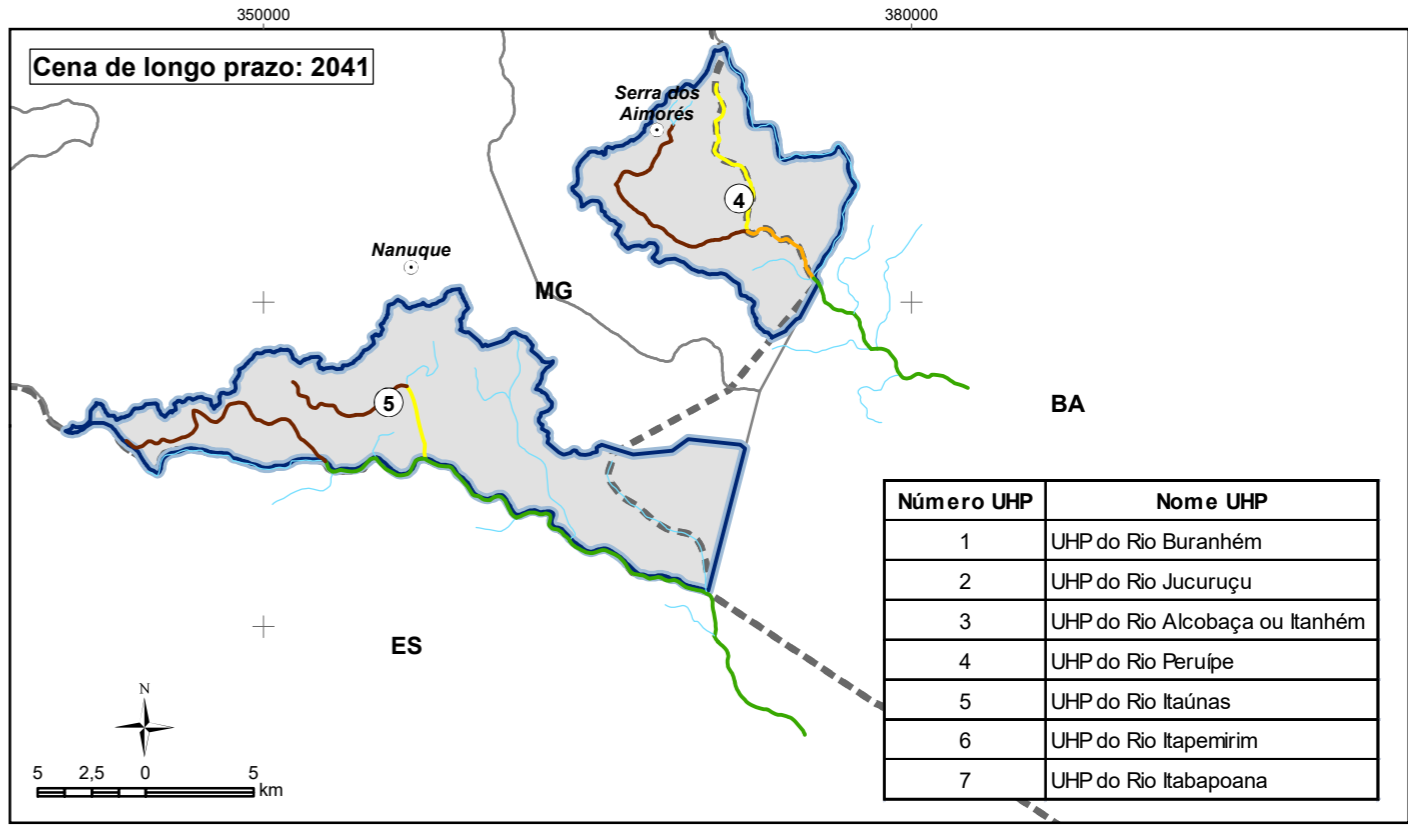
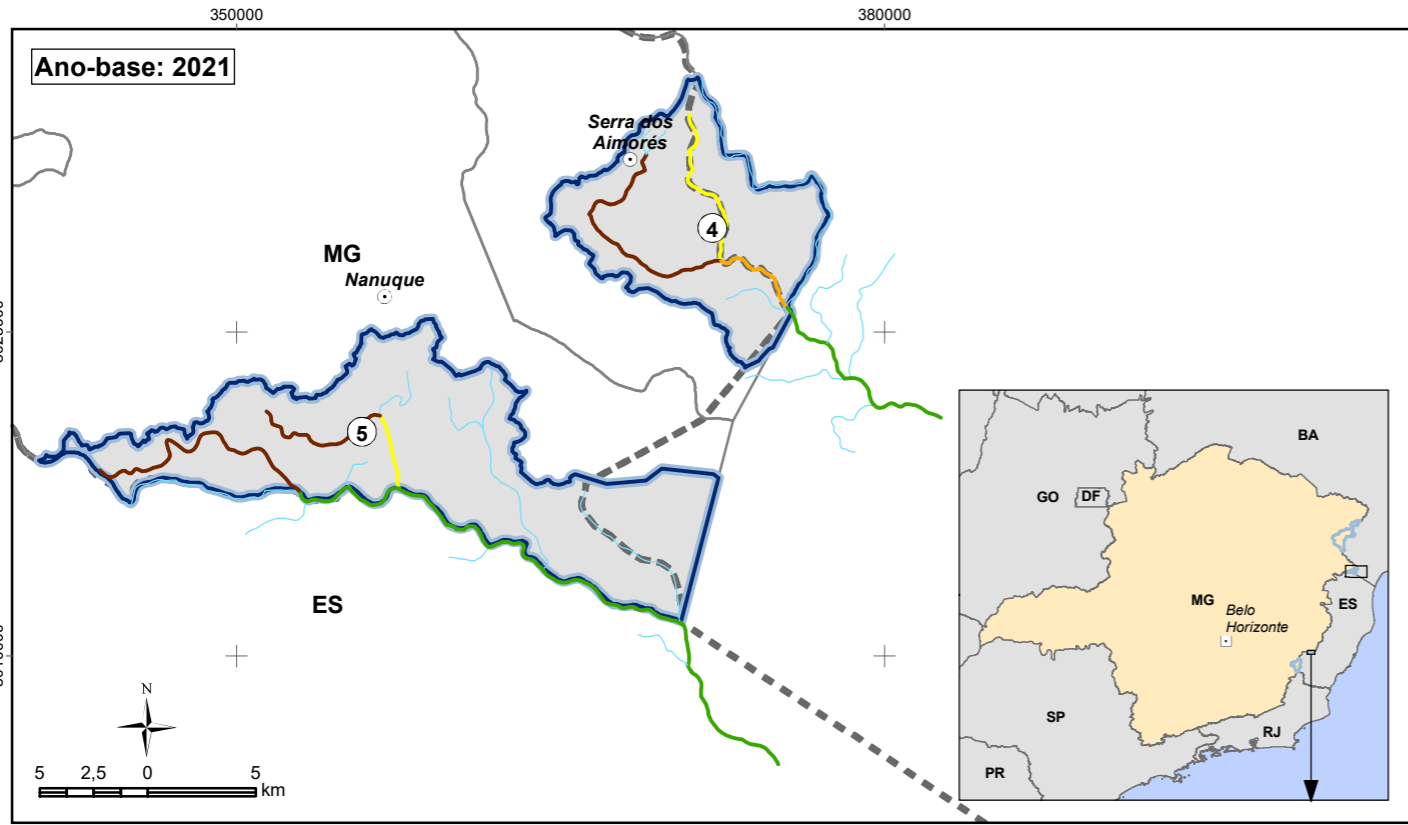
PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

**Mapa 5.4 – Balanço hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém (2021-2041)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopobacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Balanço Hídrico: Profill, 2021



**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⊕ Limite UHPs
  - ⊕ Bacias dos Rios do Leste
  - ⊕ Limite Municipal
  - ⊕ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

PROGNÓSTICO

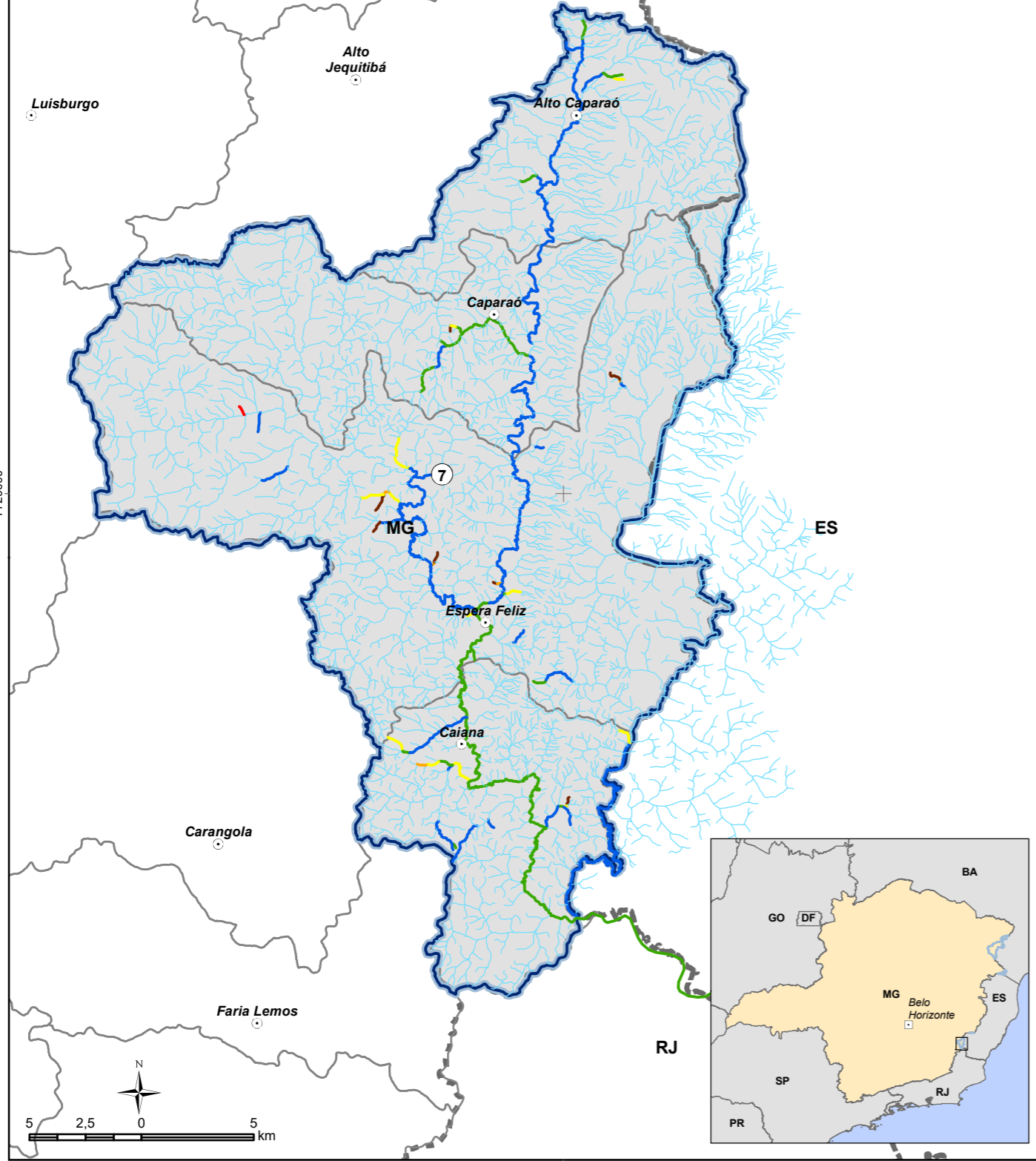


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

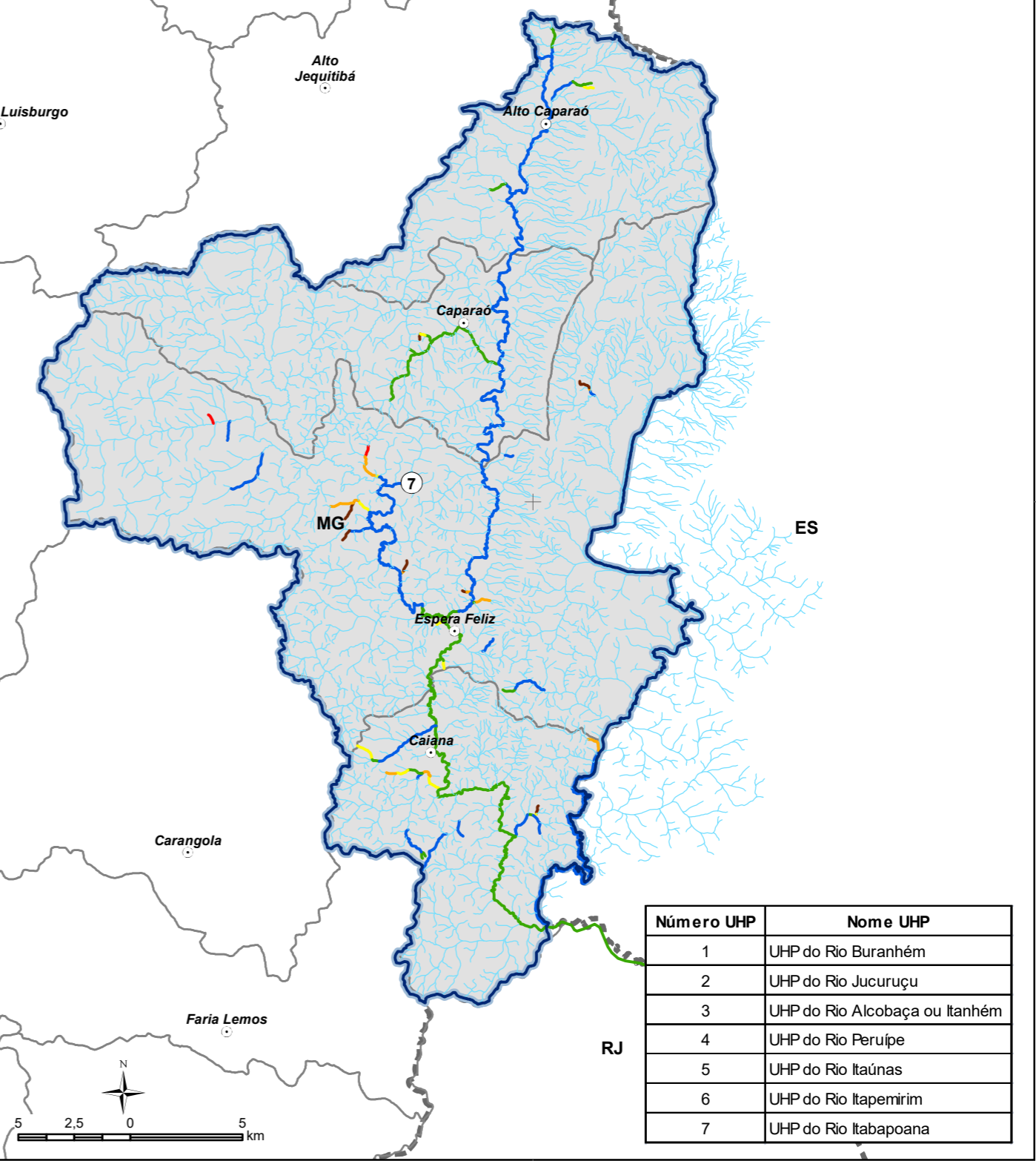
**Mapa 5.5 – Balanco hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim (2021-2041)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Oitobacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Balanco Hídrico: Profill, 2021

Ano-base: 2021



Cena de longo prazo: 2041



Número UHP	Nome UHP
1	UHP do Rio Buranhém
2	UHP do Rio Jucuruçu
3	UHP do Rio Alcobaça ou Itanhém
4	UHP do Rio Peruípe
5	UHP do Rio Itaúnas
6	UHP do Rio Itapemirim
7	UHP do Rio Itabapoana

**LEGENDA**

- Sede Municipal
  - ⬮ Limite UHPs
  - ⬮ Bacias dos Rios do Leste
  - ⬮ Limite Municipal
  - ⬮ Limite Estadual
- Balanco hídrico (%)**
- 0.00 - 1.00 (comp. insignificante)
  - 1.01 - 10.00 (comp. baixo)
  - 10.01 - 30.00 (limite comp. individual)
  - 30.01 - 50.00 (comp. médio)
  - 50.01 - 70.00 (limite comp. coletivo)
  - 70.01 - 99.00 (comp. crítico)
  - 100.00 (comp. total)



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

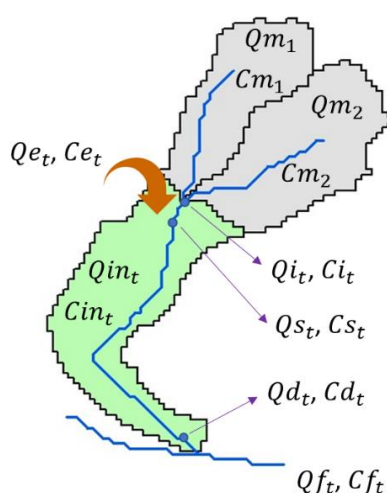
**Mapa 5.6 – Balanco hídrico no Cenário de Contingência Climática: Bacia do Rio Itabapoana (2021-2041)**

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Balanco Hídrico: Profill, 2021

## 5.2. BALANÇO HÍDRICO QUALITATIVO

O balanço hídrico qualitativo estabelecido conforme os cenários de planejamento foi realizado a partir da modelagem de qualidade da água dos trechos de rio utilizando o modelo WARM-GIS (KAYSER; COLLISCHONN, 2013). O processo de modelagem corresponde na adoção de soluções analíticas em regime permanente, utilizando modelos de transporte advectivo com reações cinéticas simplificadas. As equações utilizadas são apresentadas em Sperling (2007), todas em sua forma analítica de resolução. Na Figura 5.2 são apresentadas as principais variáveis no processo de diluição e transformação dos constituintes de qualidade, sendo descritas logo a seguir.

Figura 5.2 - Esquema da representação das principais variáveis de simulação de qualidade por ottobacia.



Sendo:

- $Qm_j$  e  $Cm_j$ : vazão e concentração final do trecho  $j$  à montante do trecho  $t$ ;
- $Qi_t$  e  $Ci_t$ : vazão e concentração inicial do trecho  $t$ ;
- $Qe_t$  e  $Ce_t$ : vazão e concentração (ou somatório) das cargas pontuais existentes em qualquer ponto da microbacia correspondente ao trecho  $t$ ;
- $Qs_t$  e  $Cs_t$ : vazão e concentração de mistura após a entrada das cargas pontuais no trecho  $t$ ;
- $Qd_t$  e  $Cd_t$ : vazão e concentração após os processos de transformação dos constituintes ao longo do trecho  $t$ ;
- $Qd_t$  e  $Cd_t$ : vazão e concentração incremental do trecho  $t$ , correspondendo à entrada das cargas difusas;
- $Qf_t$  e  $Cf_t$ : vazão e concentração final do trecho  $t$ , após a inserção da vazão e concentração incremental.

A seguir, será apresentada uma descrição de cada etapa do processo de diluição e transformação dos constituintes considerados no modelo proposto:



- **Verificação das condições iniciais**

Para os trechos de ordem 1, as vazões e concentrações no início do trecho serão dados de entrada do modelo. Para os trechos de ordem superior, essas variáveis serão dadas utilizando as saídas dos trechos de montante, somando as vazões e misturando as respectivas concentrações.

- **Mistura da carga pontual no trecho de rio**

Nesta etapa é feita a diluição do efluente pontual no curso principal do rio. Para efeito de simplificação, considera-se que o ponto de lançamento esteja localizado imediatamente no ponto inicial do trecho, logo após a confluência dos trechos de montante, ainda que o ponto esteja localizado em qualquer outra região da microbacia correspondente ao trecho. Também se considera aí o somatório dos lançamentos e a diluição das concentrações, caso existam mais um ponto de lançamento por microbacia.

- **Transformação dos constituintes ao longo do trecho**

Nesta etapa são consideradas as transformações devido aos processos de decomposição, sedimentação, além de outras transformações dos constituintes simulados. As equações partem do esquema clássico de Streeter-Phelps, agregando-se, porém, outras variáveis, como a sedimentação da matéria orgânica, além da consideração dos elementos fosfatados e nitrogenados e da modelagem dos coliformes termotolerantes. As equações estão descritas para cada parâmetro, sendo apresentadas a seguir

$$Cd_{t,DBO} = Cs_{t,DBO} \cdot e^{-((K_d+K_s) \cdot T)} \quad (1)$$

$$Cd_{t,OD} = C_{OD_s} - \left( (C_{OD_s} - Cs_{t,OD}) \cdot e^{-(K_a \cdot T)} + \left( \frac{K_d \cdot Cs_{t,DBO}}{K_a - K_r} \right) \cdot (e^{-(K_r \cdot T)} - e^{-(K_a \cdot T)}) \right) \quad (2)$$

$$Cd_{t,PO} = Cs_{t,PO} \cdot e^{-((K_{oi}+K_{spi}) \cdot T)} \quad (3)$$

$$Cd_{t,PI} = Cs_{t,PI} \cdot e^{-(K_{spi} \cdot T)} + \left( \frac{K_{oi} \cdot Cs_{t,PO}}{K_{spi} - K_{oi}} \right) \cdot (e^{-(K_{oi} \cdot T)} - e^{-(K_{spi} \cdot T)}) \quad (4)$$

$$Cd_{t,Coli} = Cs_{t,Coli} \cdot e^{-(K_{cot} \cdot T)} \quad (5)$$

Sendo  $Cd_{t,DBO}$  a concentração resultante da DBO,  $Cd_{t,OD}$  do oxigênio dissolvido,  $Cd_{t,PO}$ , do fósforo orgânico,  $Cd_{t,PI}$ , do fósforo inorgânico, e  $Cd_{t,Coli}$ , dos coliformes. A descrição dos demais parâmetros é listada no Quadro 5.6.





Quadro 5.6 - Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo.

Parâmetro	Descrição	Obtenção
$T$	Tempo de percurso no trecho	razão entre a velocidade e o comprimento do trecho
$K_d$	Coeficiente de decomposição	parâmetro calibrado
$K_s$	Coeficiente de sedimentação	razão entre a veloc. de sedimentação da mat. orgânica ( $V_{smo}$ ) e a profundidade
$K_r$	Coeficiente de remoção	$K_d + K_s$
$K_a$	Coeficiente de reaeração	parâmetro calibrado
$C_{OD_s}$	Oxigênio dissolvido de saturação	Eq. em função da temperatura (Popel, 1979)
$K_{oi}$	Coeficiente de transformação do fósforo orgânico para inorgânico	parâmetro calibrado
$K_{spo}$	Coeficiente de sedimentação do fósforo orgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo orgânico ( $V_{spo}$ ) e a profundidade
$K_{spi}$	Coeficiente de sedimentação do fósforo inorgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo inorgânico ( $V_{spi}$ ) e a profundidade
$K_{col}$	Coeficiente de decaimento dos coliformes termotolerantes	parâmetro calibrado

Fonte: elaboração própria, com base em Kayser, Collischonn (2013) e Sperling (2007).

- **Vazão e concentração final do trecho**

A vazão e concentração final do trecho se dará pela soma e diluição da carga incremental com as vazões e concentrações provenientes do processo de transformação dos constituintes ao longo do trecho.

### 5.2.1. Calibração do Modelo

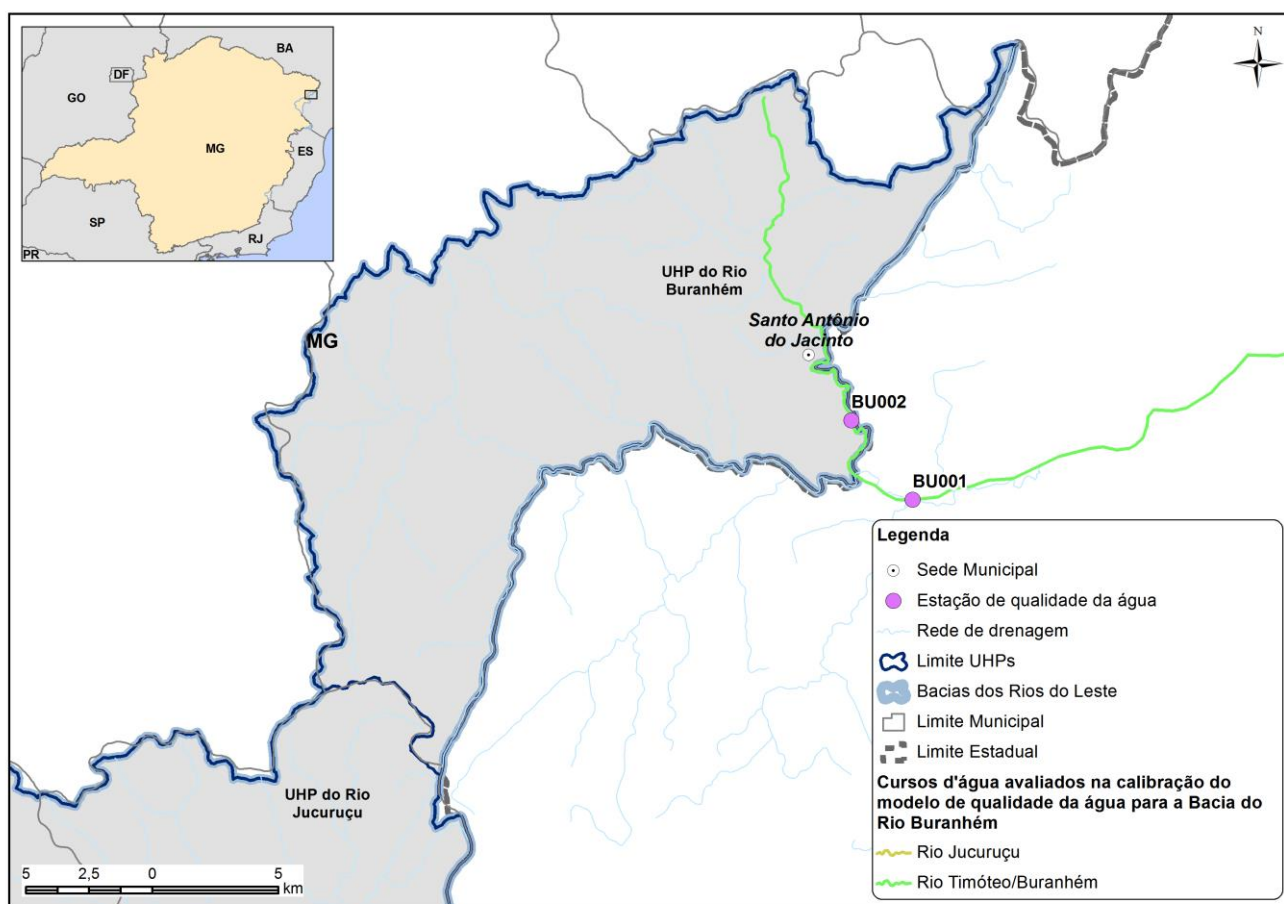
O modelo foi calibrado utilizando as estimativas de cargas do cenário atual, além dos dados de monitoramento da qualidade da água obtidos da rede de monitoramento do IGAM. Foram selecionados os dados correspondentes ao período seco (entre os meses de abril a setembro) de toda a série histórica disponível, de forma a representar de forma razoável o cenário de disponibilidade hídrica adotado, referente à  $Q_{7,10}$ . Foram identificados todos os cursos de água com disponibilidade de monitoramento e a partir deles foram definidos gráficos representando perfis longitudinais de concentração. Nesses gráficos são plotadas as concentrações resultantes da modelagem, além dos dados de monitoramento, identificados em relação ao valor máximo, mínimo e aos quantis intermediários, os quais foram obtidos a partir da série histórica avaliada. No processo de calibração, é realizado um ajuste manual dos parâmetros de decaimento, e, ponderando todas as incertezas envolvidas no processo, considera-se um ajuste razoável aquele em que a linha de concentração estimada se mantém dentro dos limites mínimos e máximos dos valores de concentração observada.



### 5.2.1.1. Perfis de concentração na Bacia do Rio Buranhém

A Figura 5.3 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Buranhém. Esses rios dispõem de duas estações ao longo do trecho (BU002 e BU001). A estação BU002 está localizada no rio Timóteo, afluente do curso principal (rio Buranhém), a jusante do município de Santo Antônio do Jacinto. Já a estação BU001 é localizada no curso principal, próximo ao limite da UHP.

Figura 5.3 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Buranhém.



Fonte: elaboração própria.

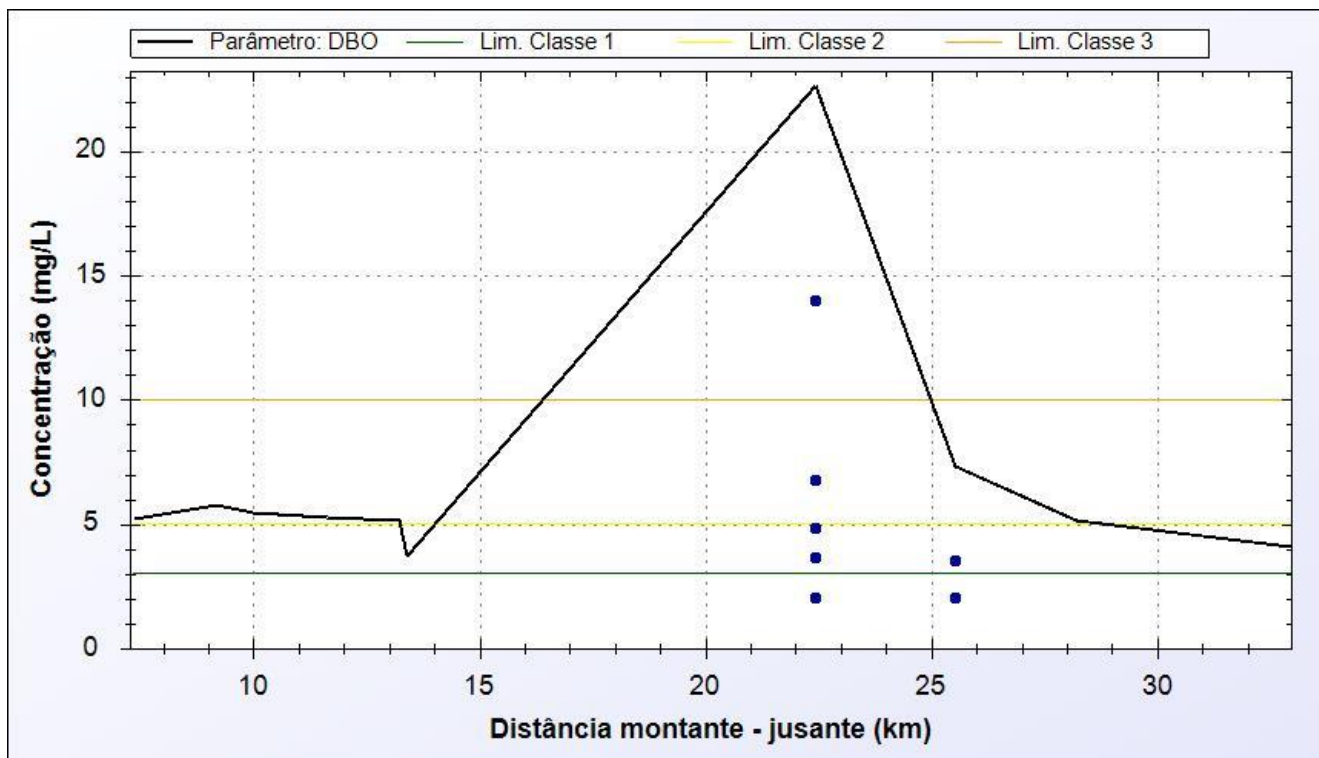
Os perfis de concentração ao longo dos rios Timóteo e Buranhém são apresentados da Figura 5.4 à Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

Figura 5.10. Nos perfis, podemos identificar as contribuições significativas de carga aportada pelo município, correspondendo aos dados de monitoramento na estação BU002. Na altura da estação BU001 é possível verificar uma tendência de diluição e decaimento dos poluentes.

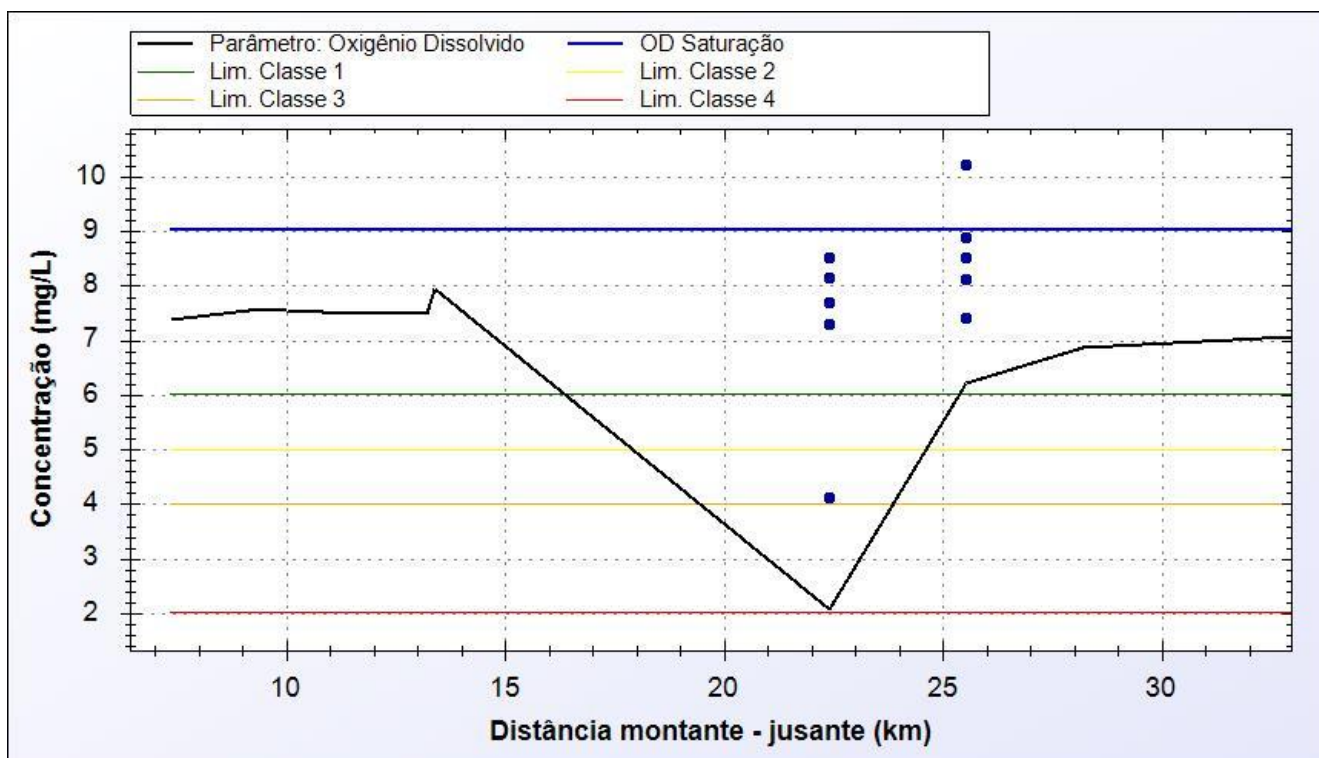


Figura 5.4 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

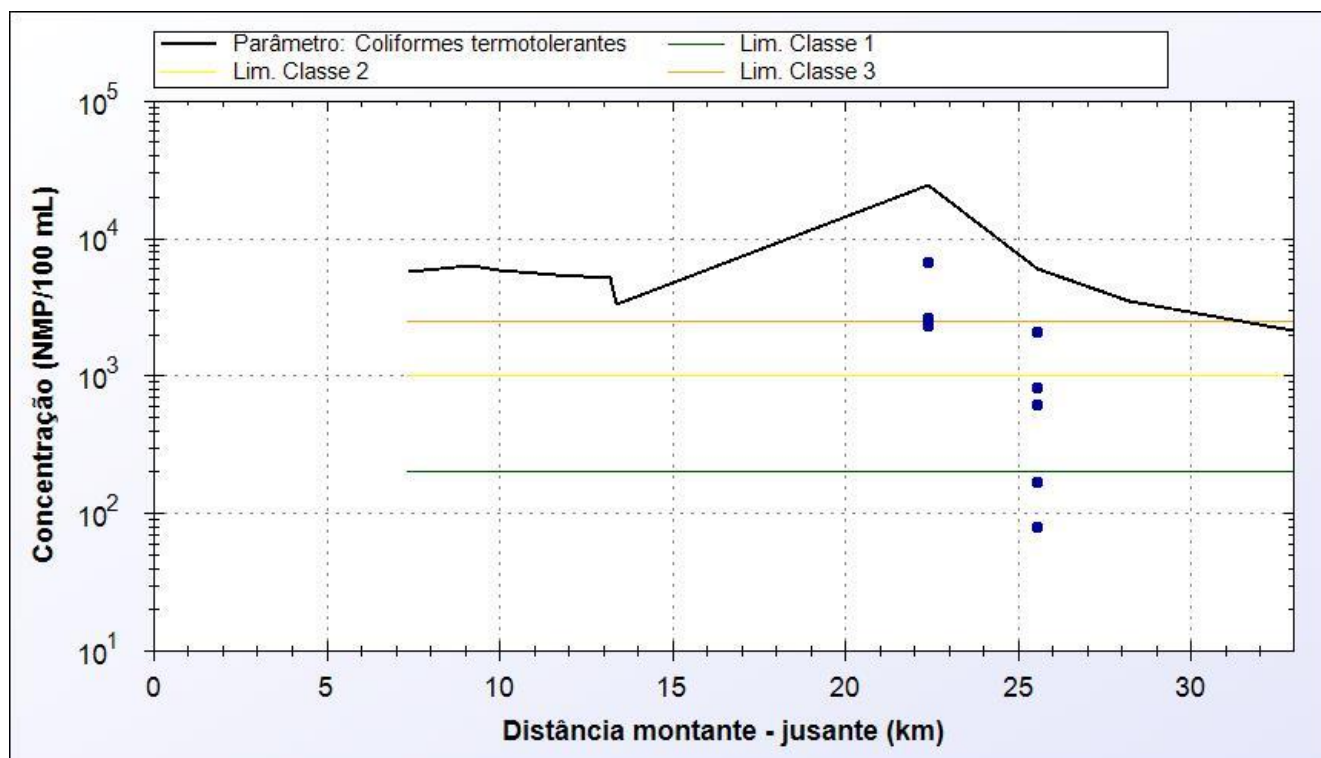
Figura 5.5 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Oxigênio Dissolvido.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

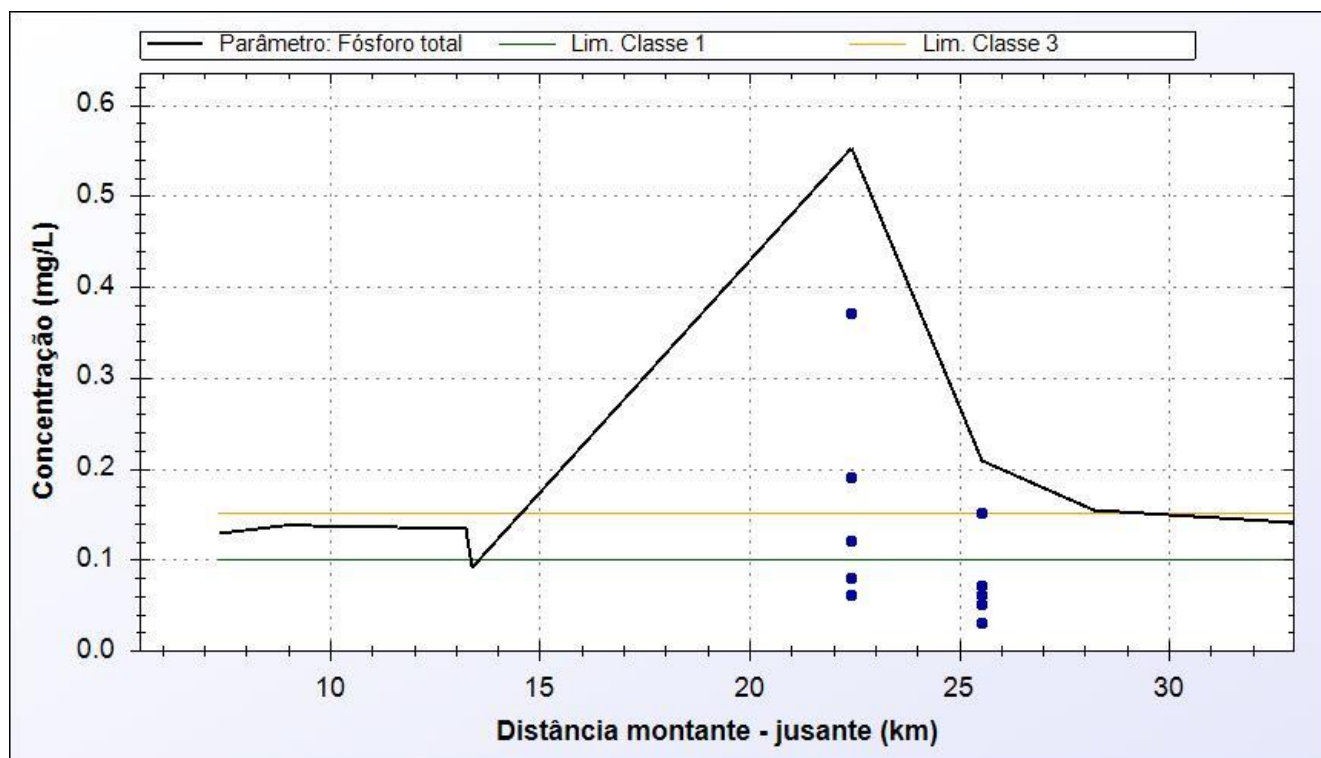


Figura 5.6 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

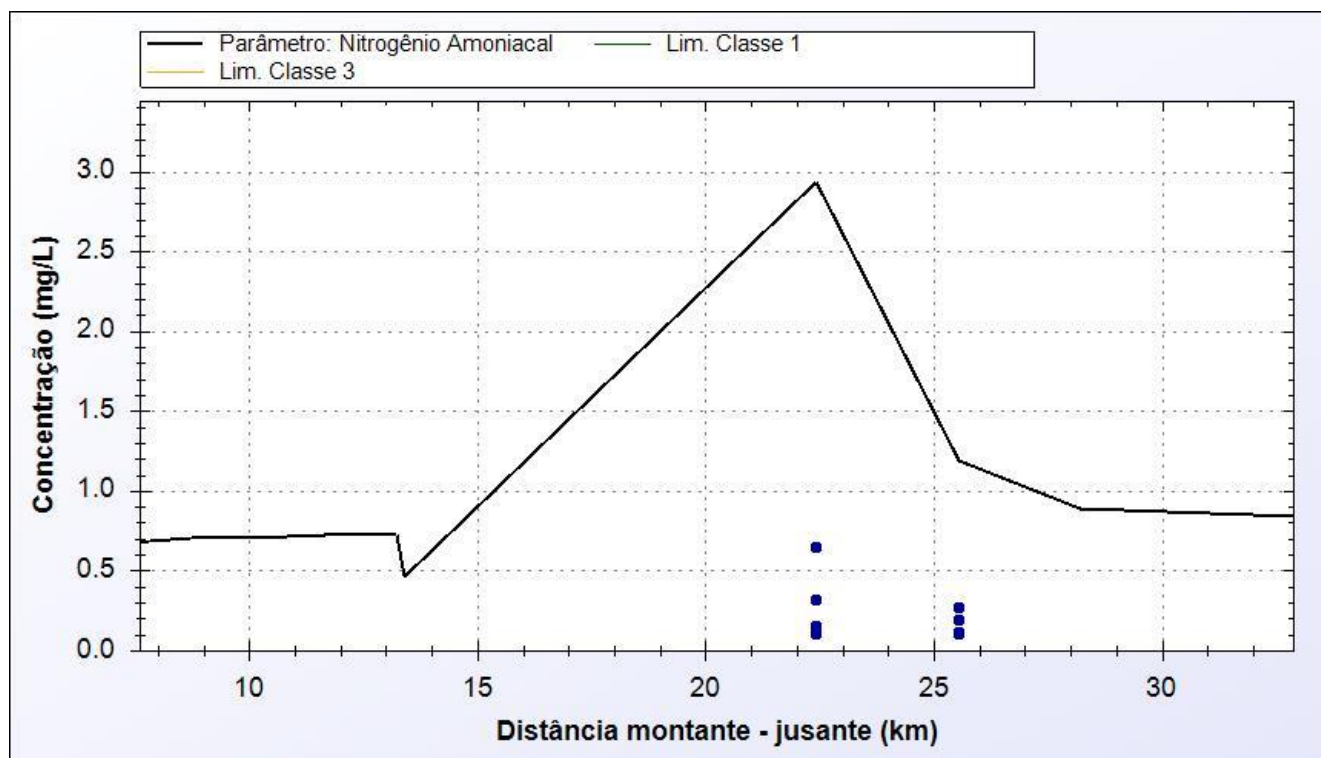
Figura 5.7 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Fósforo Total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

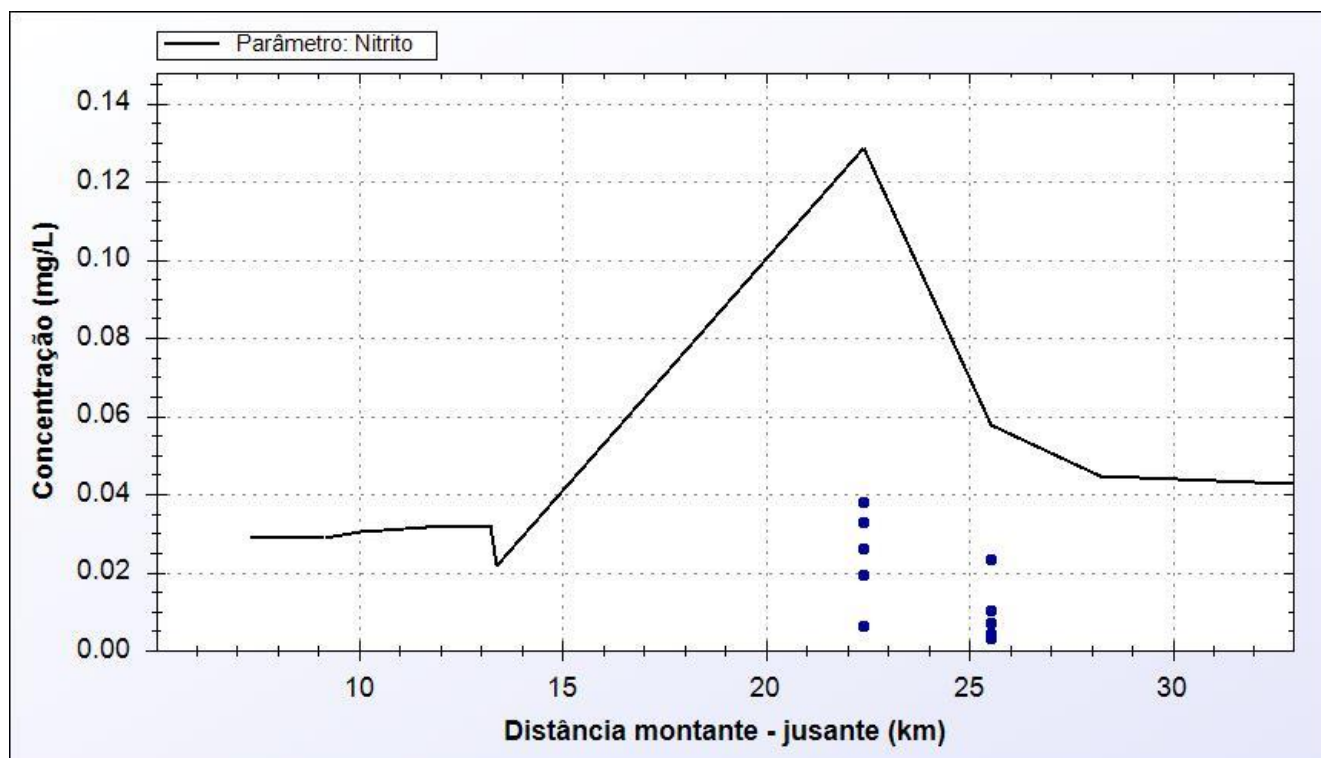


Figura 5.8 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

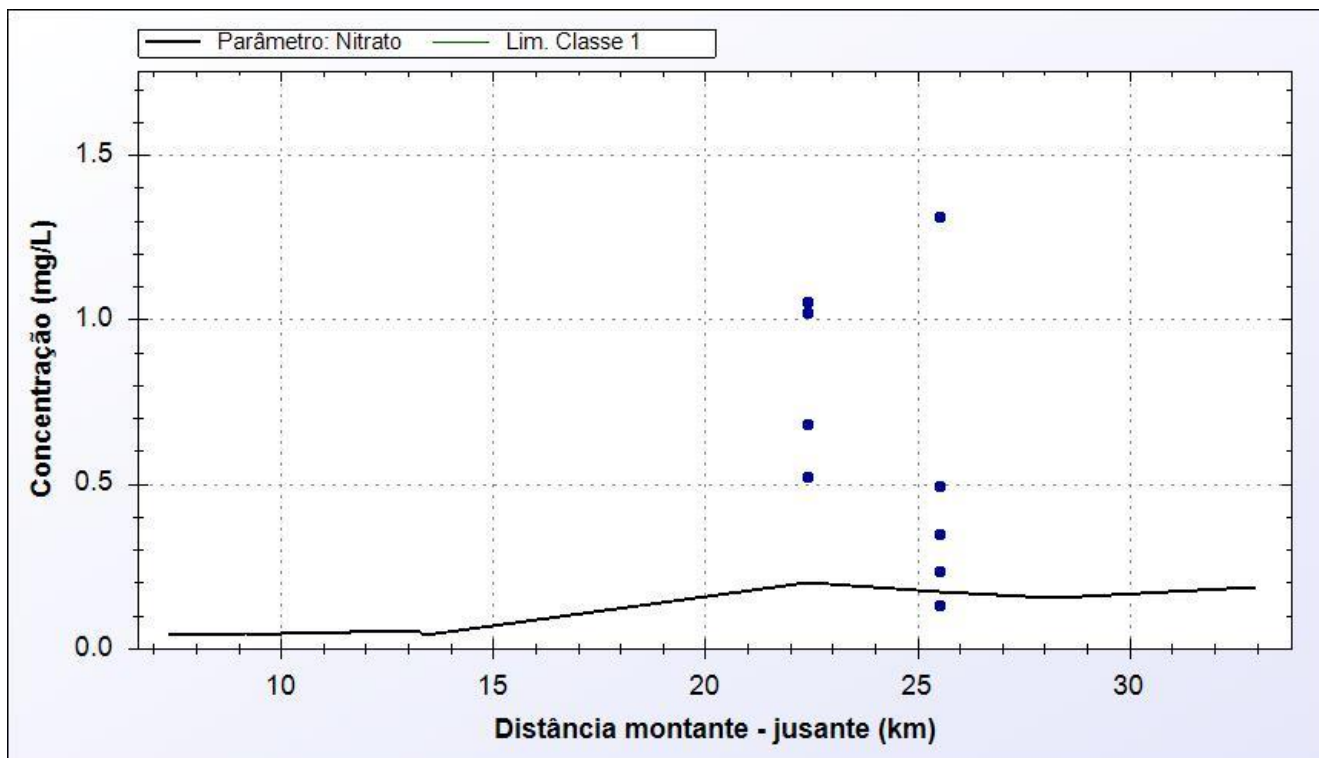
Figura 5.9 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.



Figura 5.10 - Perfis de concentração ao longo do Rio Timóteo e Buranhém: Nitrato.



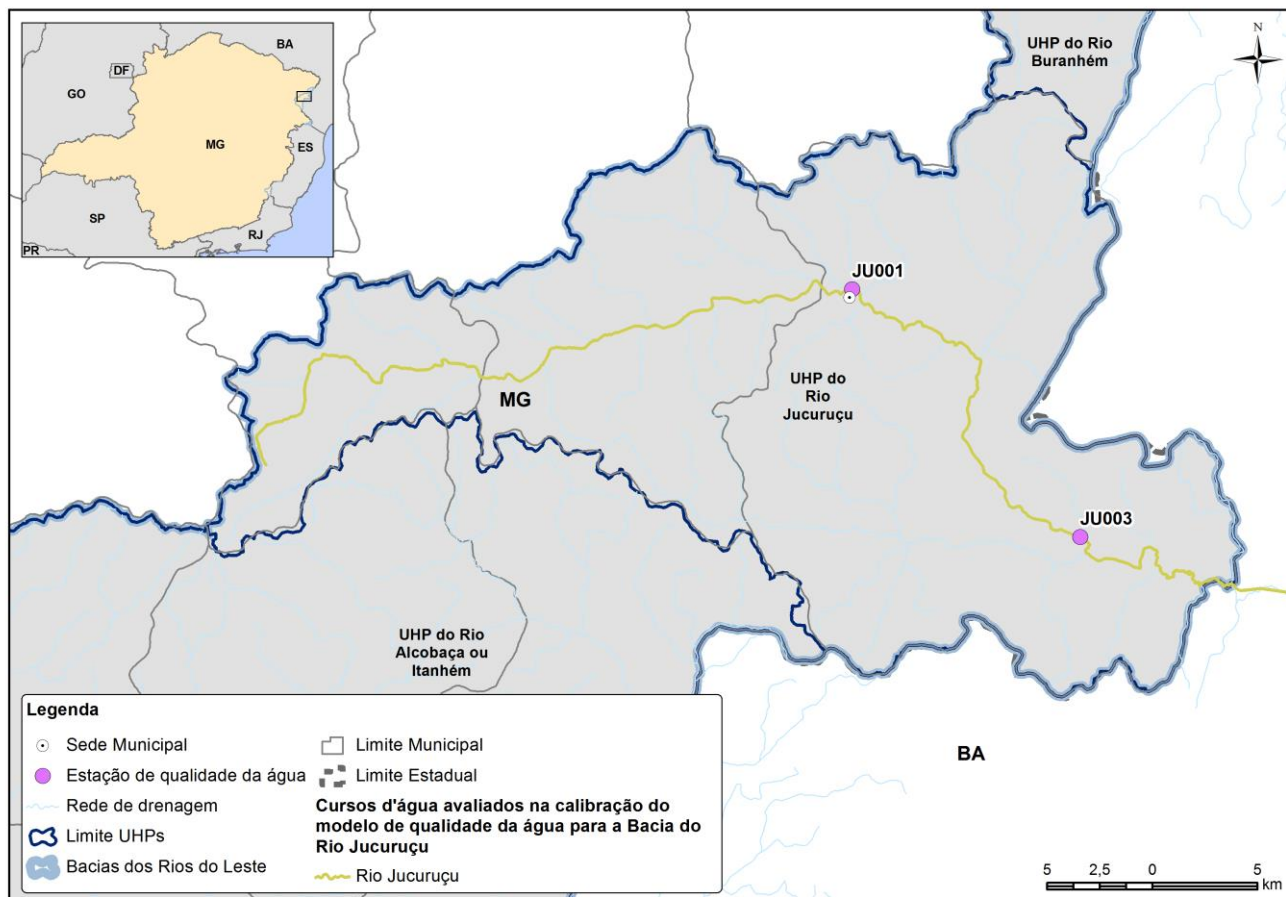
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



### 5.2.1.2. Perfis de concentração na Bacia do Rio Jucuruçu

A Figura 5.11 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Jucuruçu, que dispõe de duas estações ao longo do trecho (JU001 e JU003).

Figura 5.11 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Jucuruçu.



Fonte: elaboração própria.

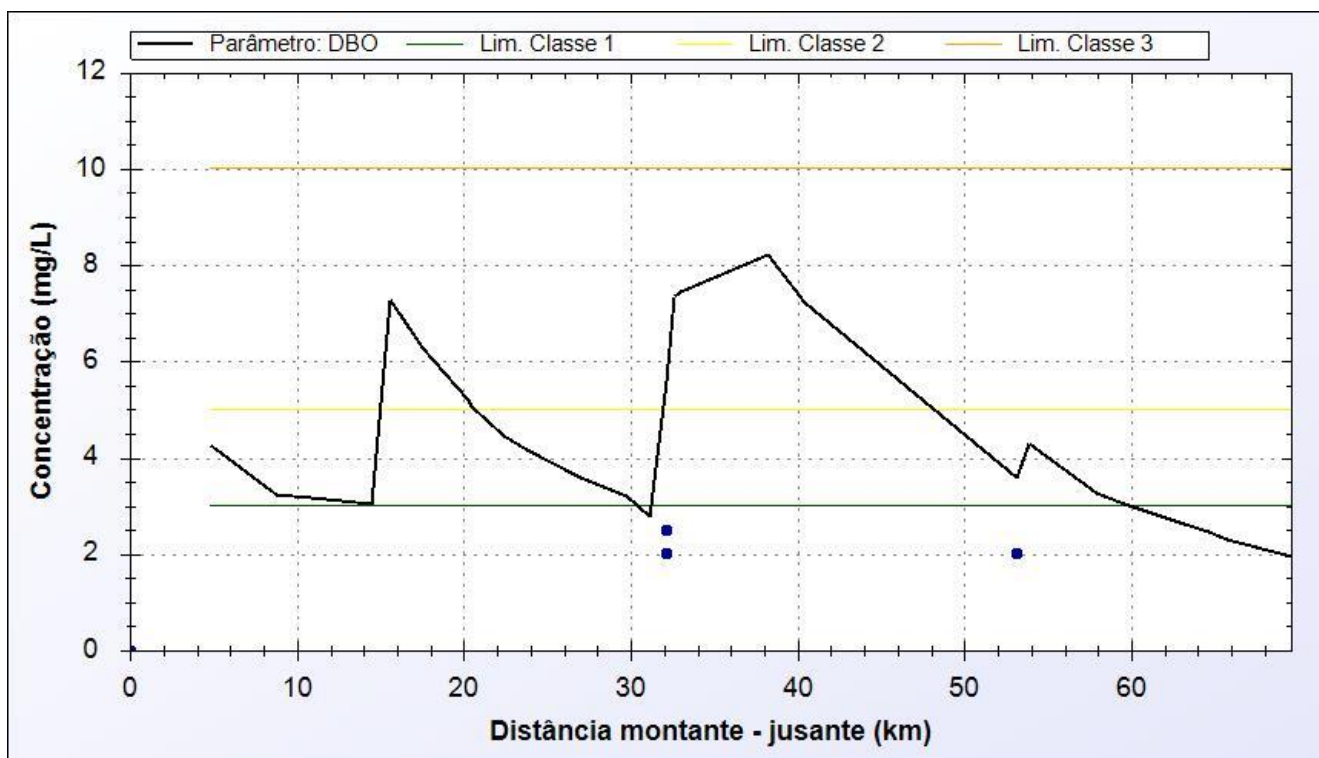
Os perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu são apresentados da Figura 5.12 à Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

Figura 5.18. Nos perfis é possível observar as contribuições oriundas do município de Palmópolis, no qual atualmente não possui serviço de coleta e tratamento de esgotos. Verifica-se boa aderência para o parâmetro coliformes, e tendência de superestimativa para DBO, fósforo, amônia e nitrito.

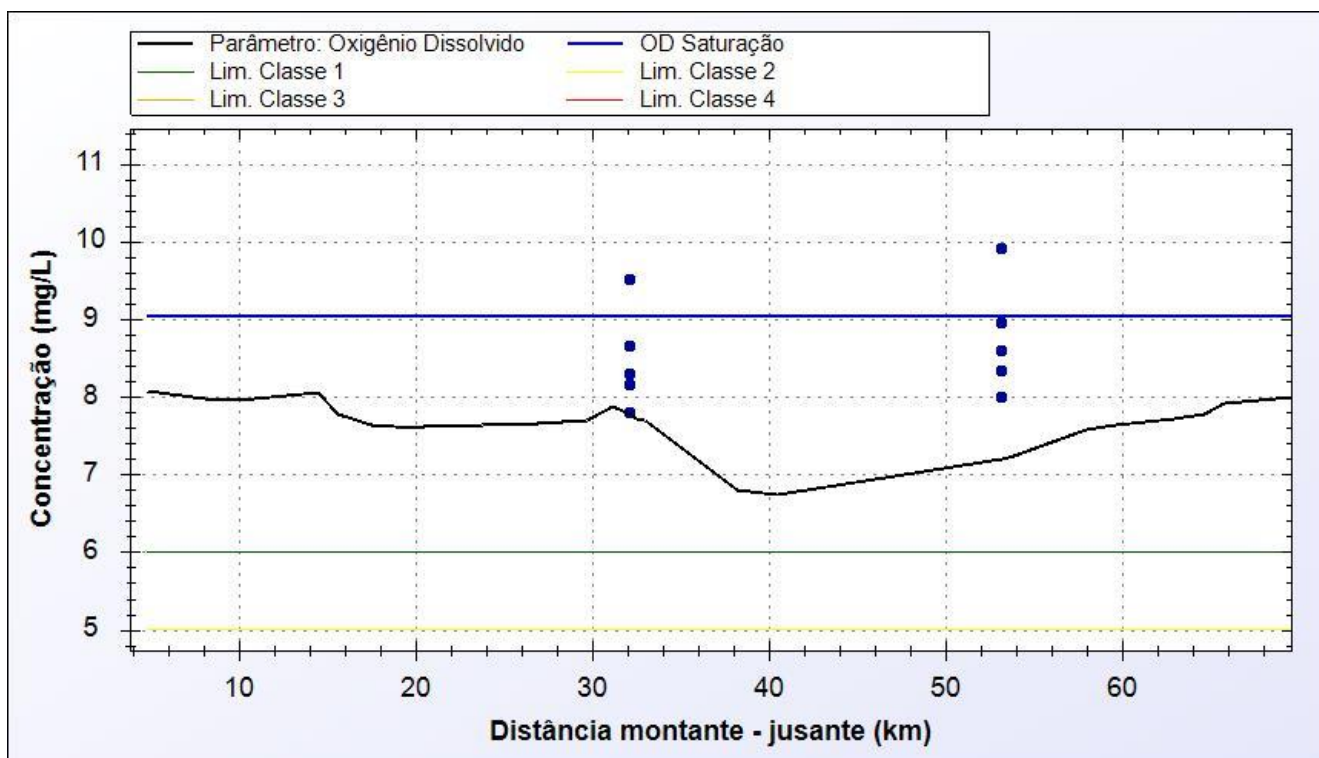


Figura 5.12 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

Figura 5.13 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Oxigênio Dissolvido.

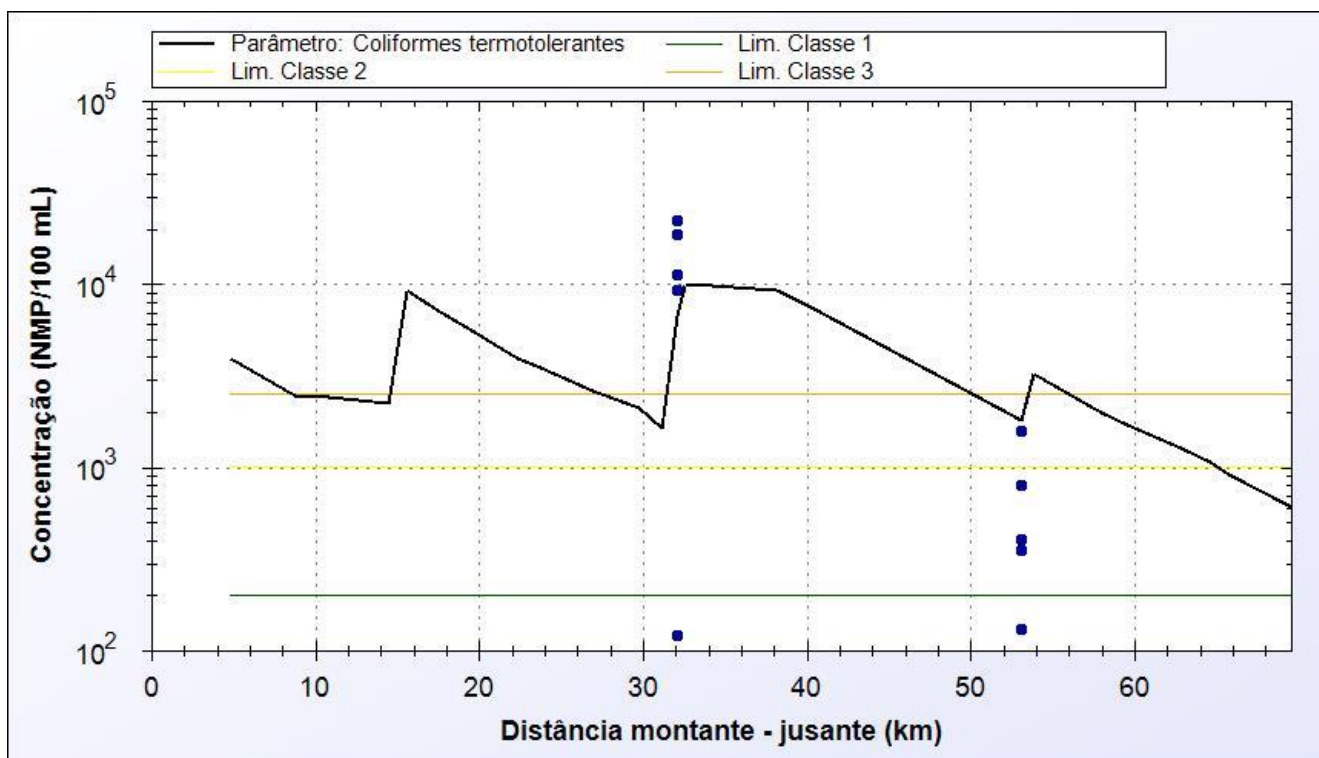


Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



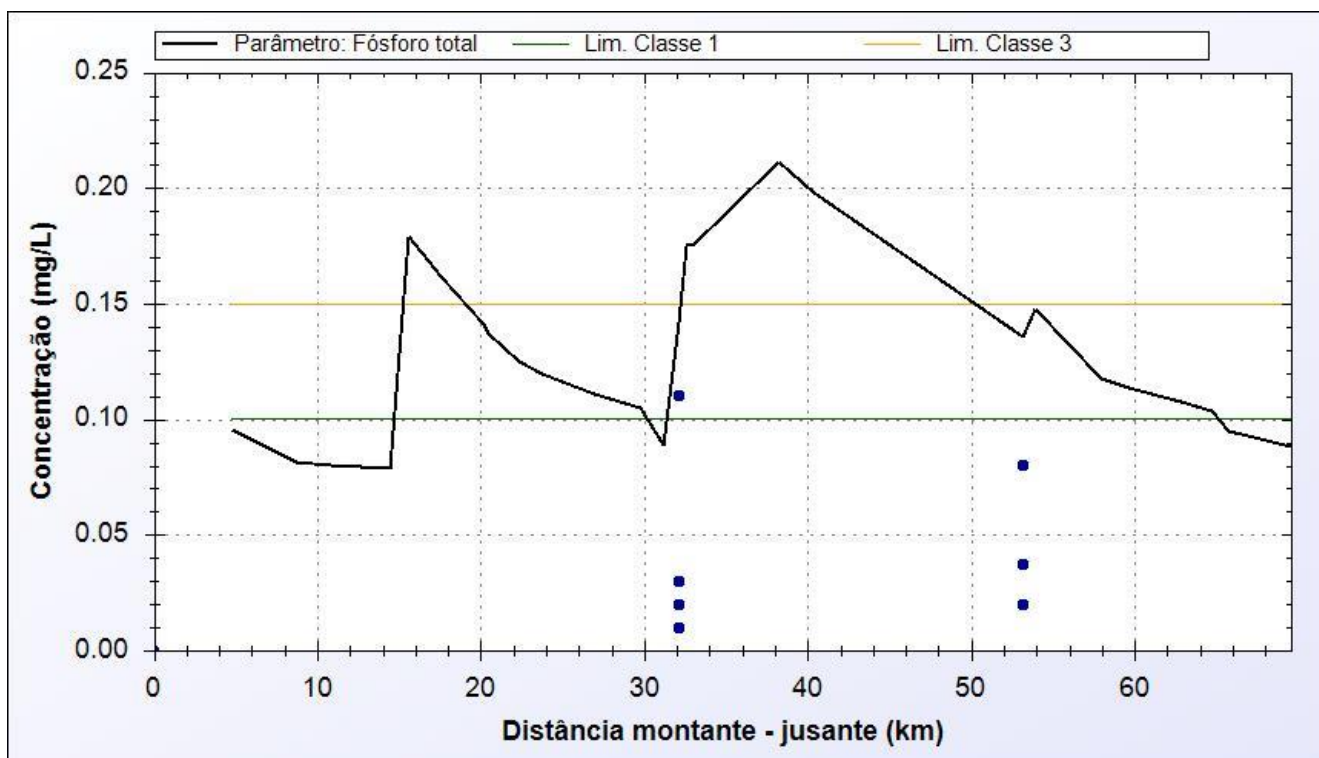


Figura 5.14 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

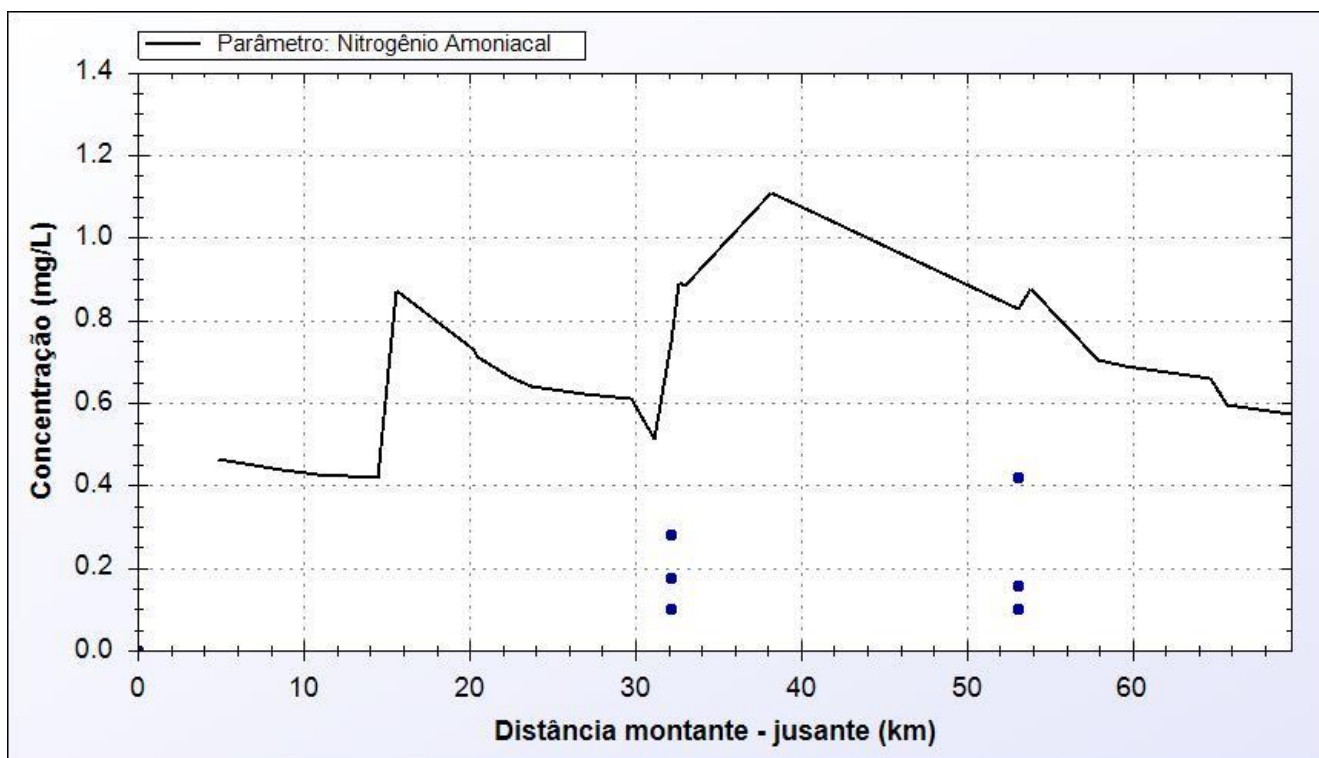
Figura 5.15 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Fósforo Total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

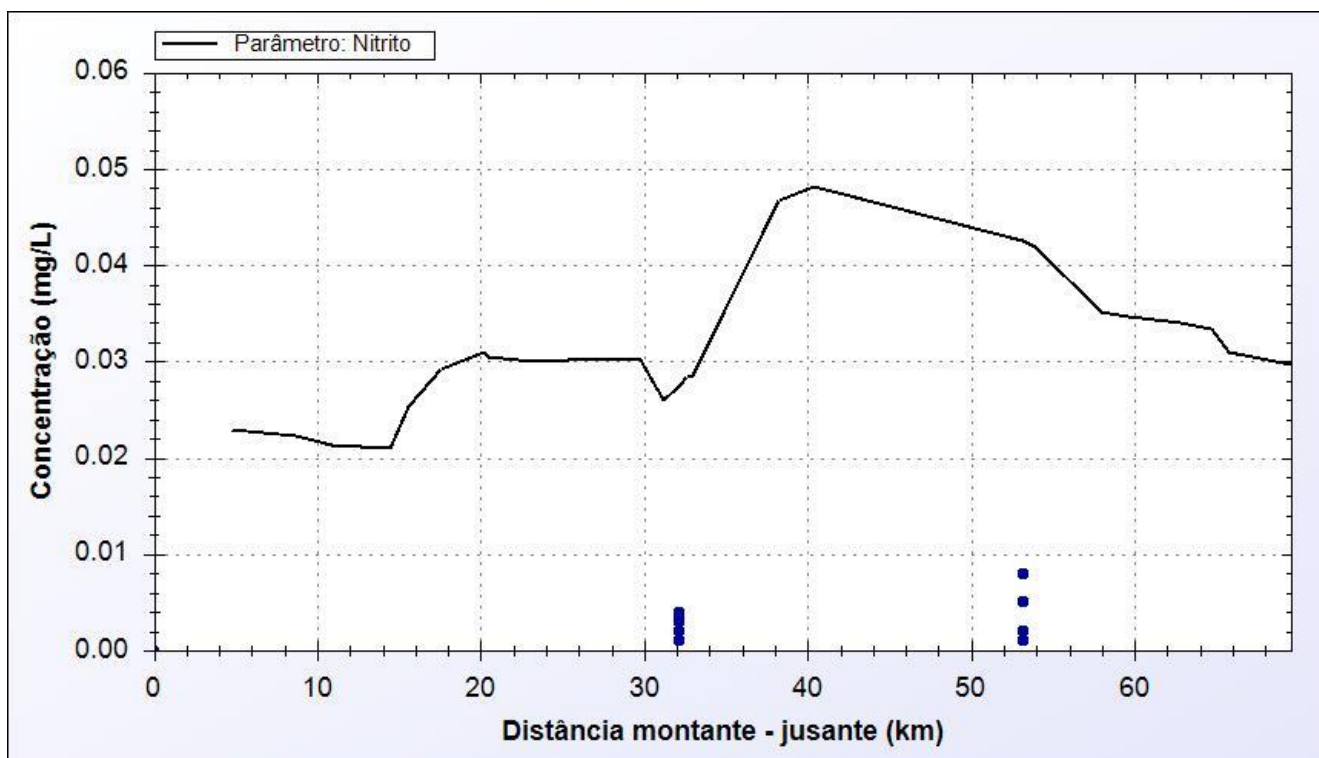


Figura 5.16 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

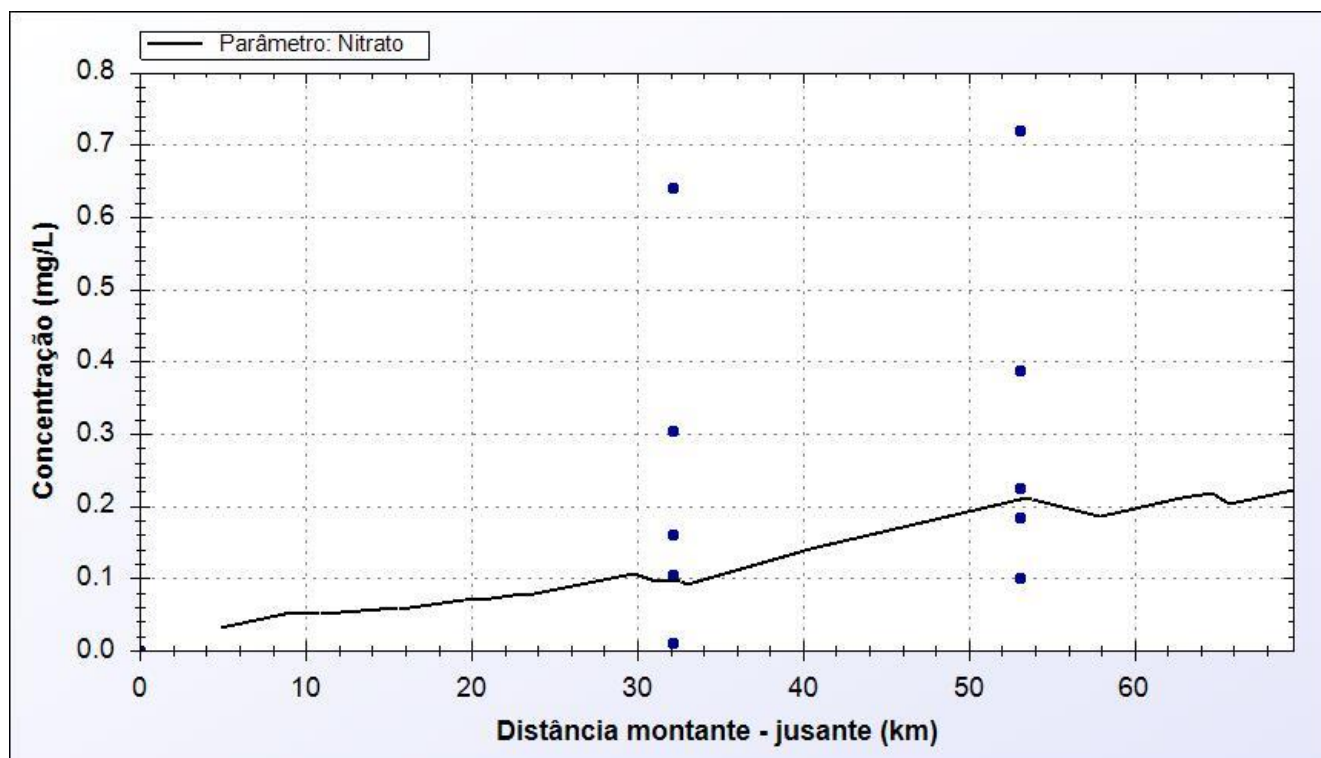
Figura 5.17 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.18 - Perfis de concentração ao longo do Rio Jucuruçu: Nitrato.



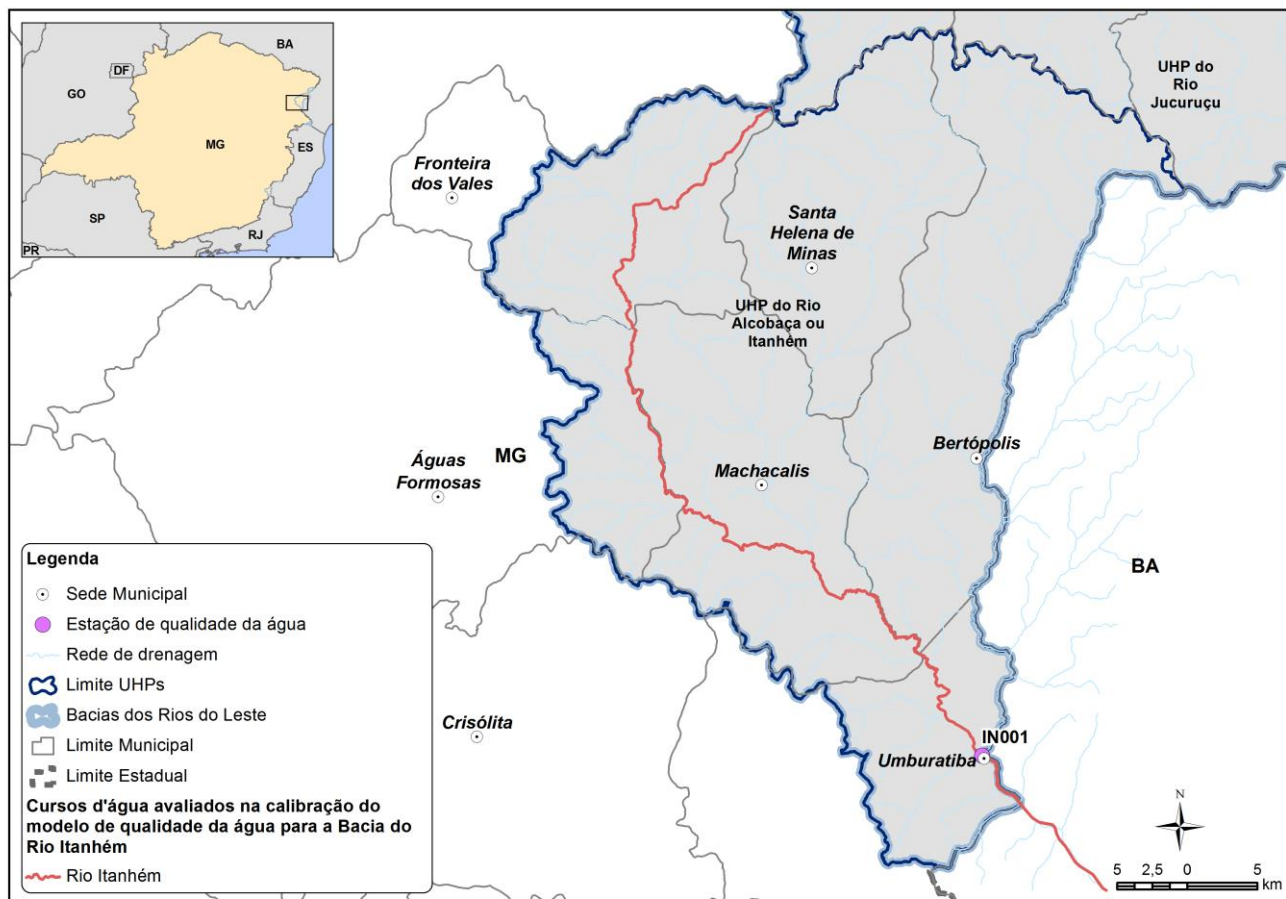
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



### 5.2.1.3. Perfis de concentração na Bacia do Rio Itanhém

A Figura 5.19 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itanhém, que dispõe de uma estação no exutório da bacia (IN001).

Figura 5.19 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itanhém.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

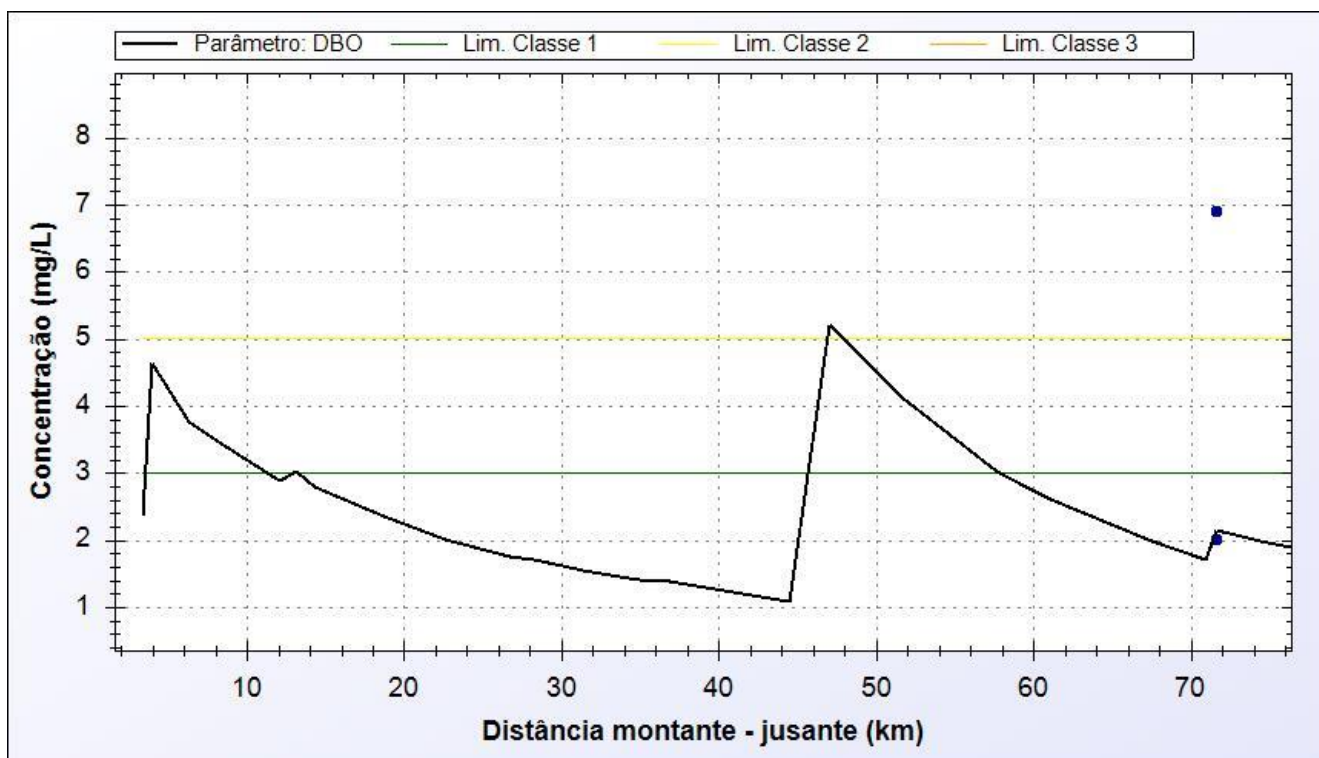
Os perfis de concentração ao longo do Rio Itanhém são apresentados da Figura 5.20 a Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

Figura 5.26. Nesses perfis é possível observar dois picos de concentração, referentes às entradas das contribuições dos municípios de Santa Helena de Minas e Machacalis, de montante para jusante. Na altura do ponto de monitoramento verificam-se os processos de depuração, sendo representado de forma razoável pelo modelo.

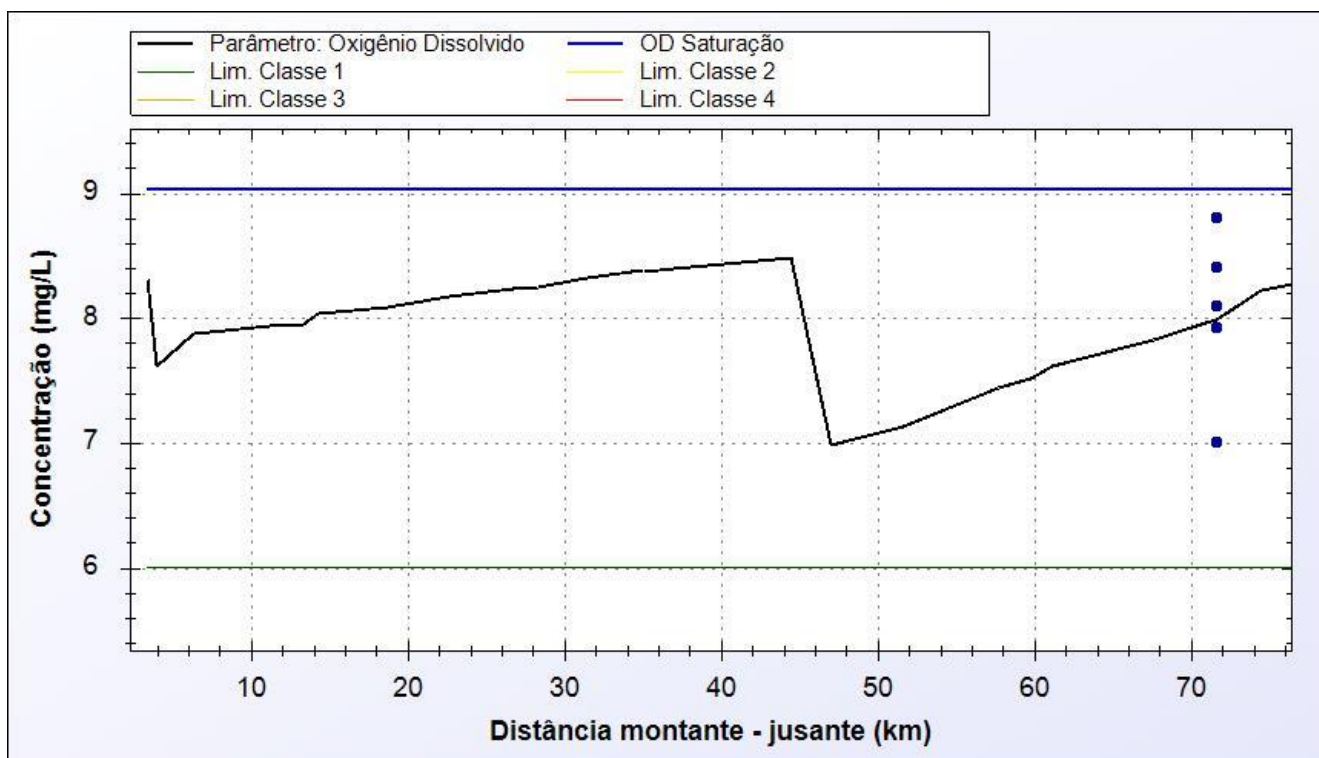


Figura 5.20 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

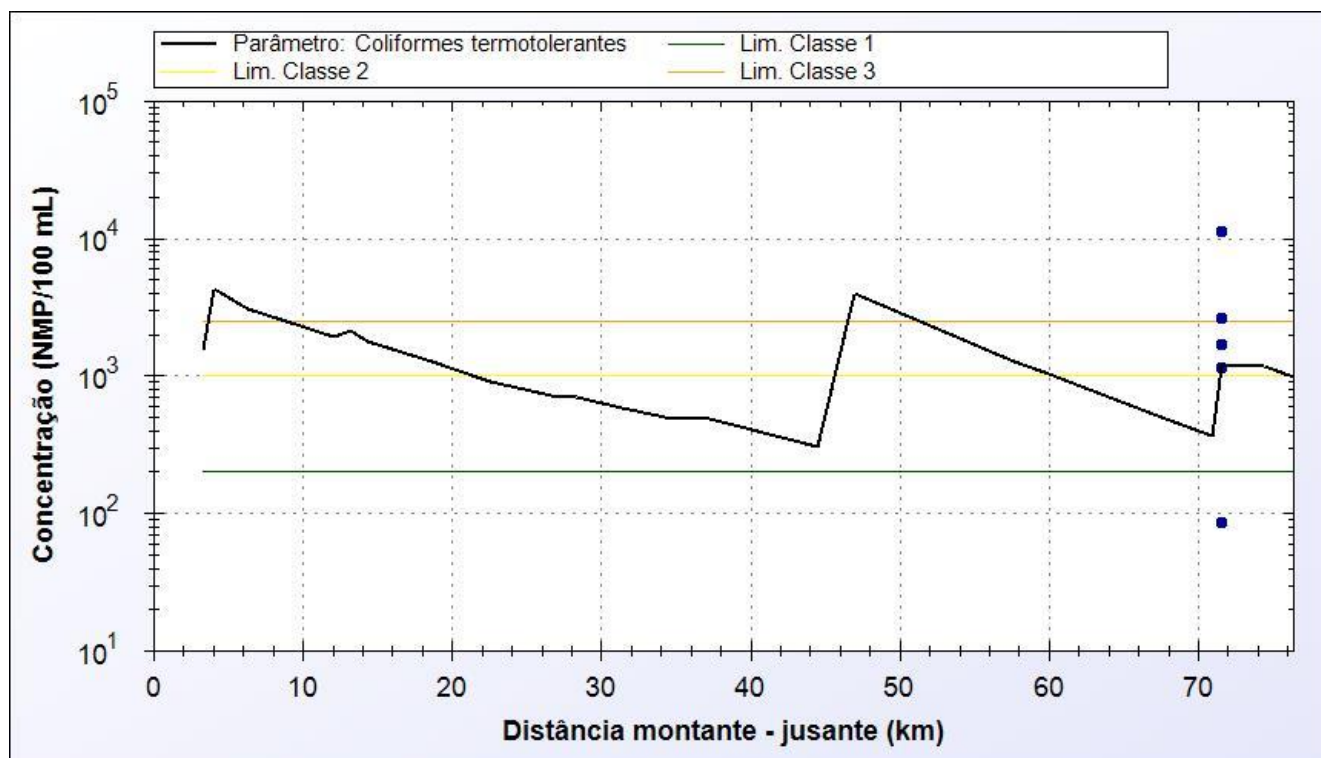
Figura 5.21 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Oxigênio Dissolvido.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

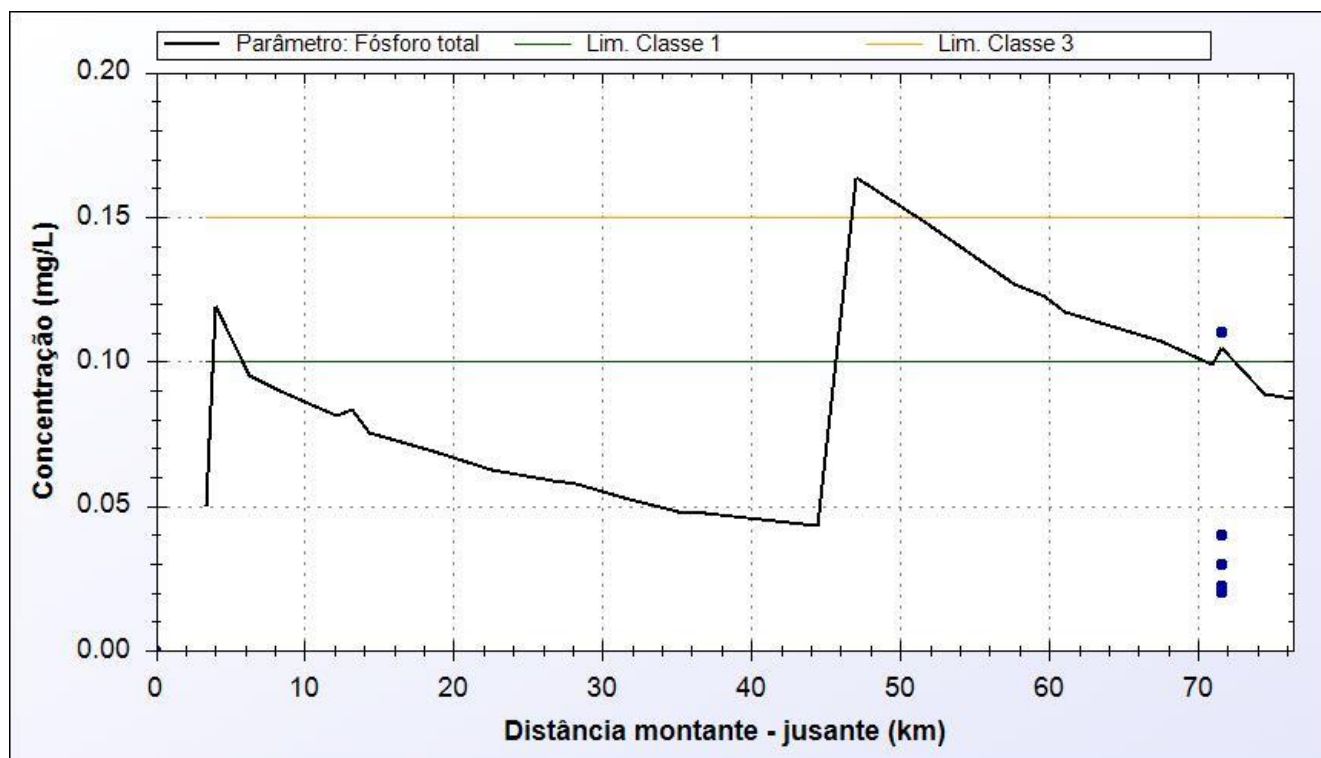


Figura 5.22 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

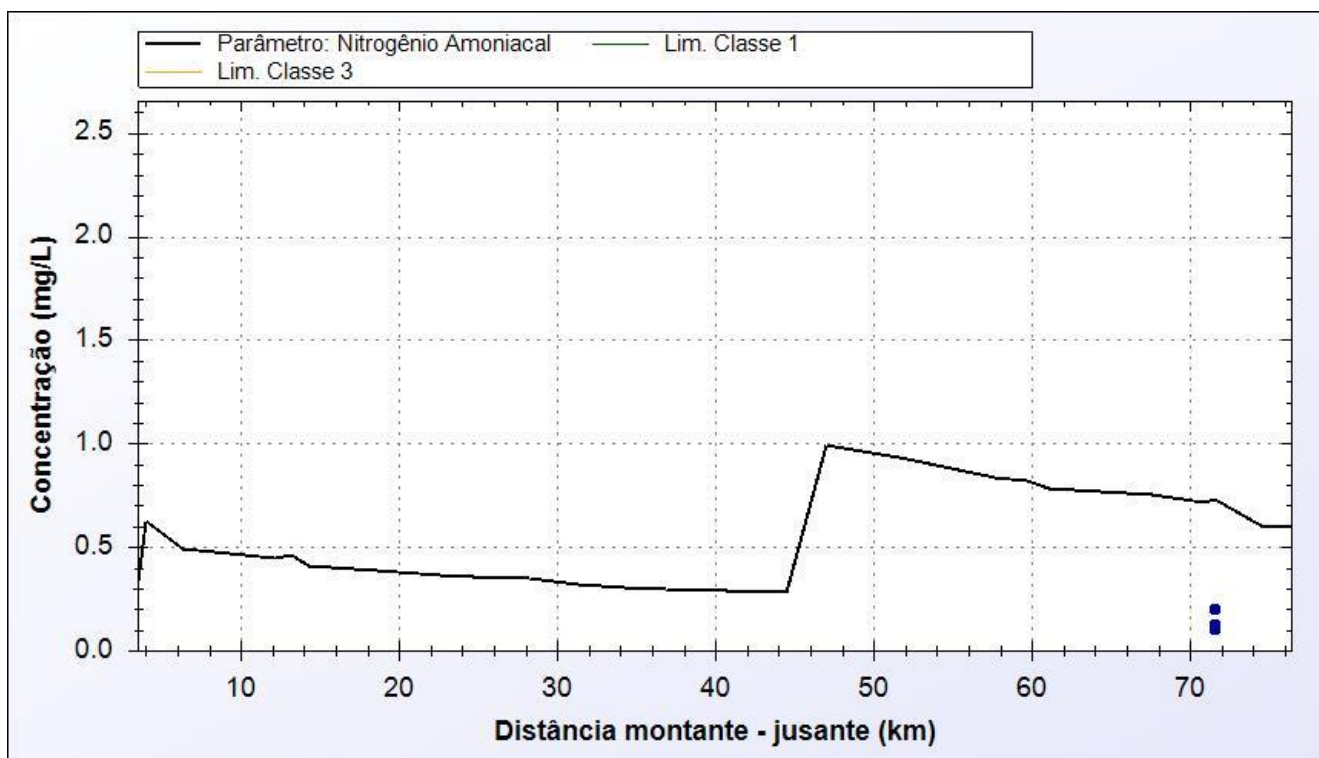
Figura 5.23 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Fósforo Total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

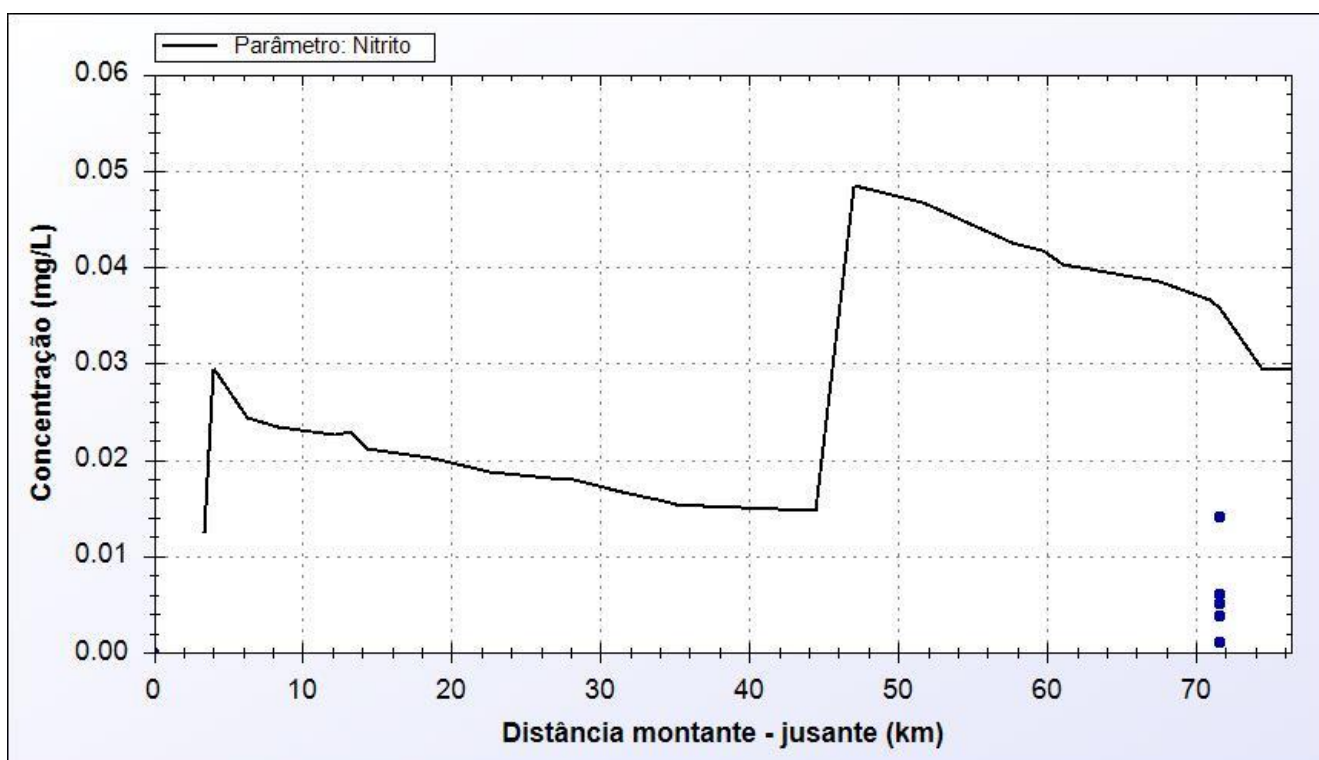


Figura 5.24 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

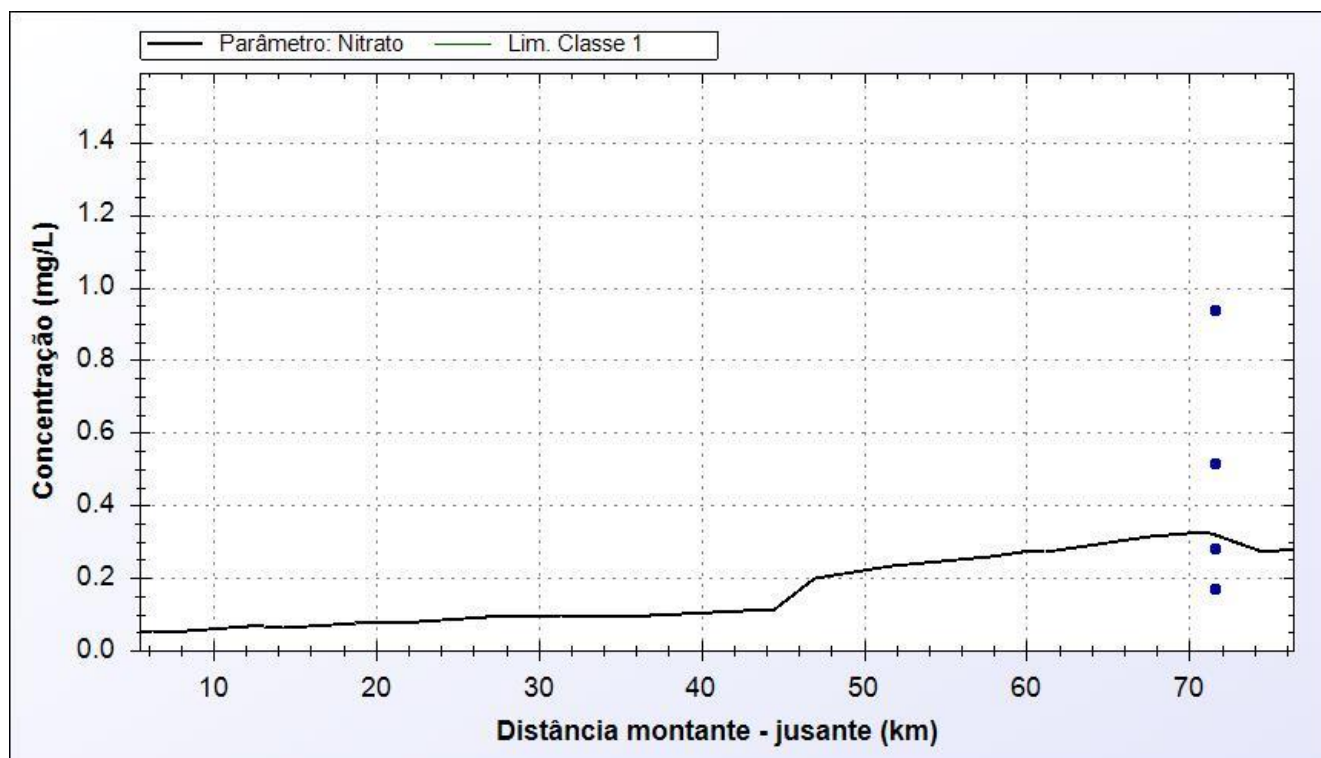
Figura 5.25 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.26 - Perfil de concentração ao longo do Rio Itanhém: Nitrato.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

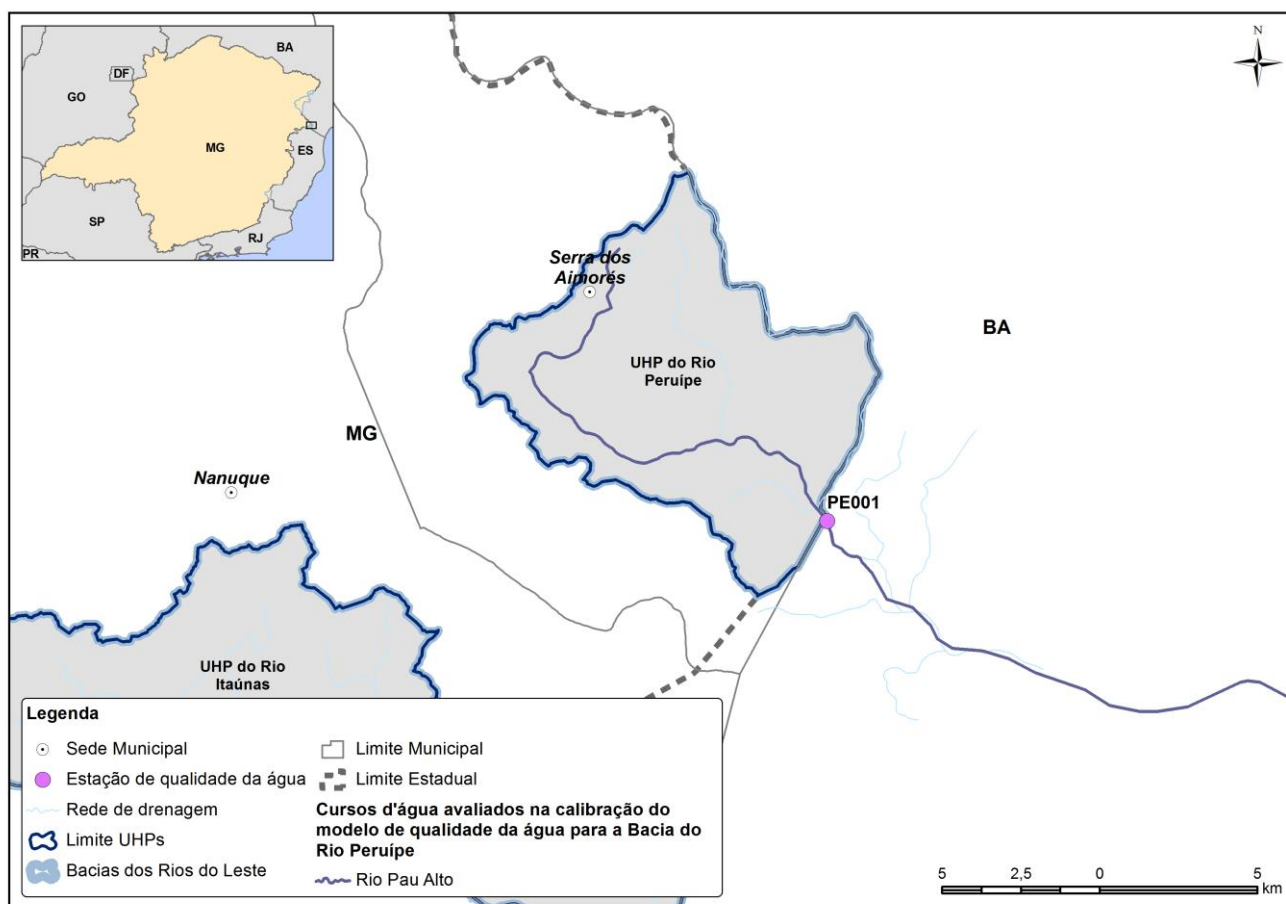




#### 5.2.1.4. Perfis de concentração na Bacia do Rio Peruípe

A Figura 5.27 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Peruípe, correspondente ao Rio Pau Alto, que dispõe de uma estação no exutório da bacia (PE001).

Figura 5.27 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Peruípe.

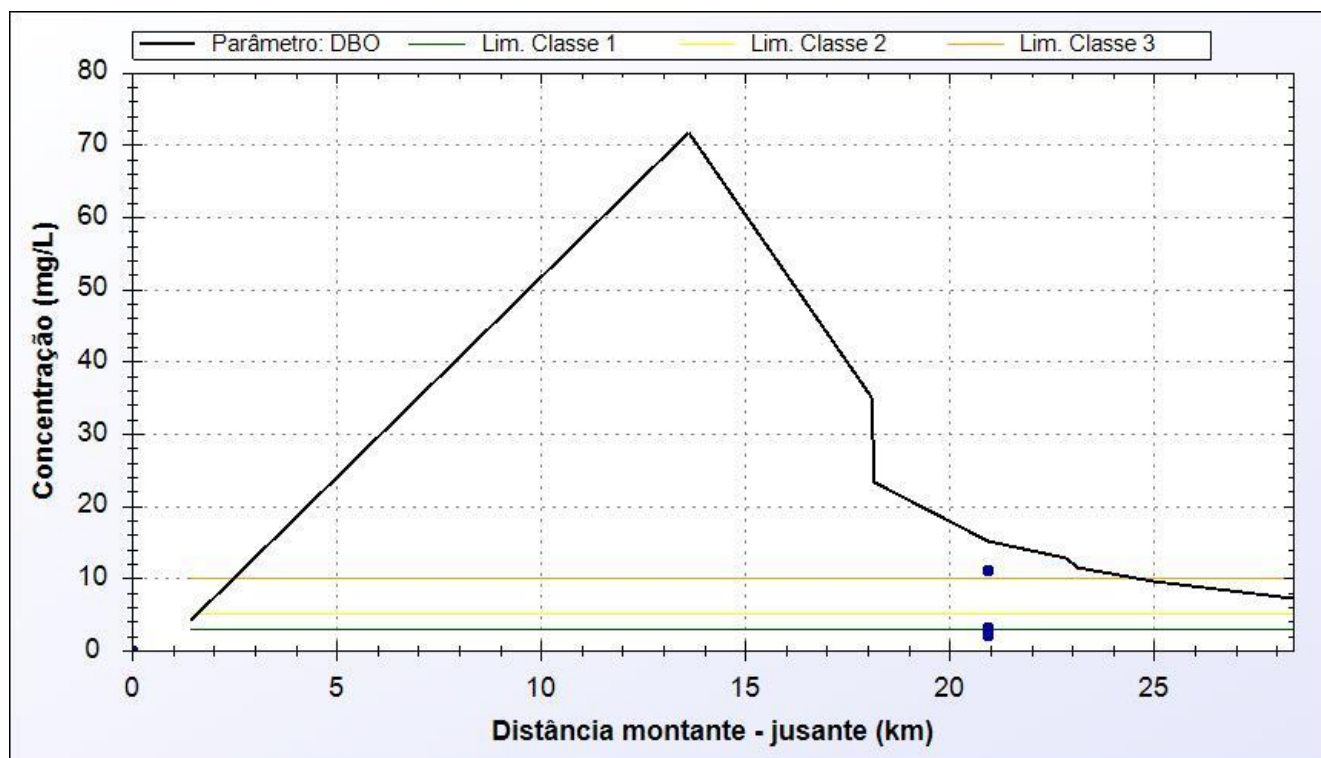


Fonte: elaboração própria.

Os perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto são apresentados da Figura 5.28 a Figura 5.34. Na UHP está localizada parte significativa do município de Serra dos Aimorés, cujo fato de estar localizado em área de cabeceira, com baixa disponibilidade hídrica, acarreta um aumento bastante significativo das concentrações dos poluentes. Este fator é indicado tanto pelo modelo quanto pelo monitoramento, verificando-se boa aderência da simulação aos dados observados.

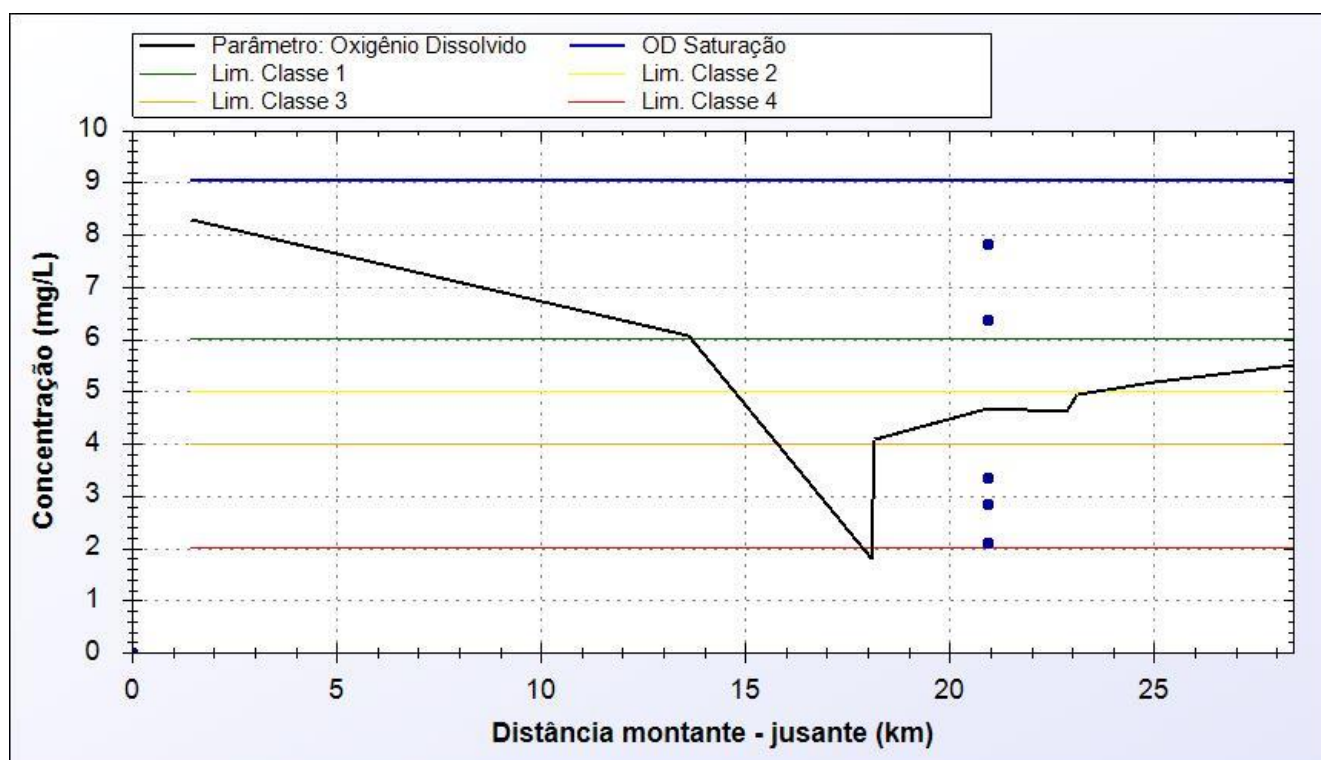


Figura 5.28 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

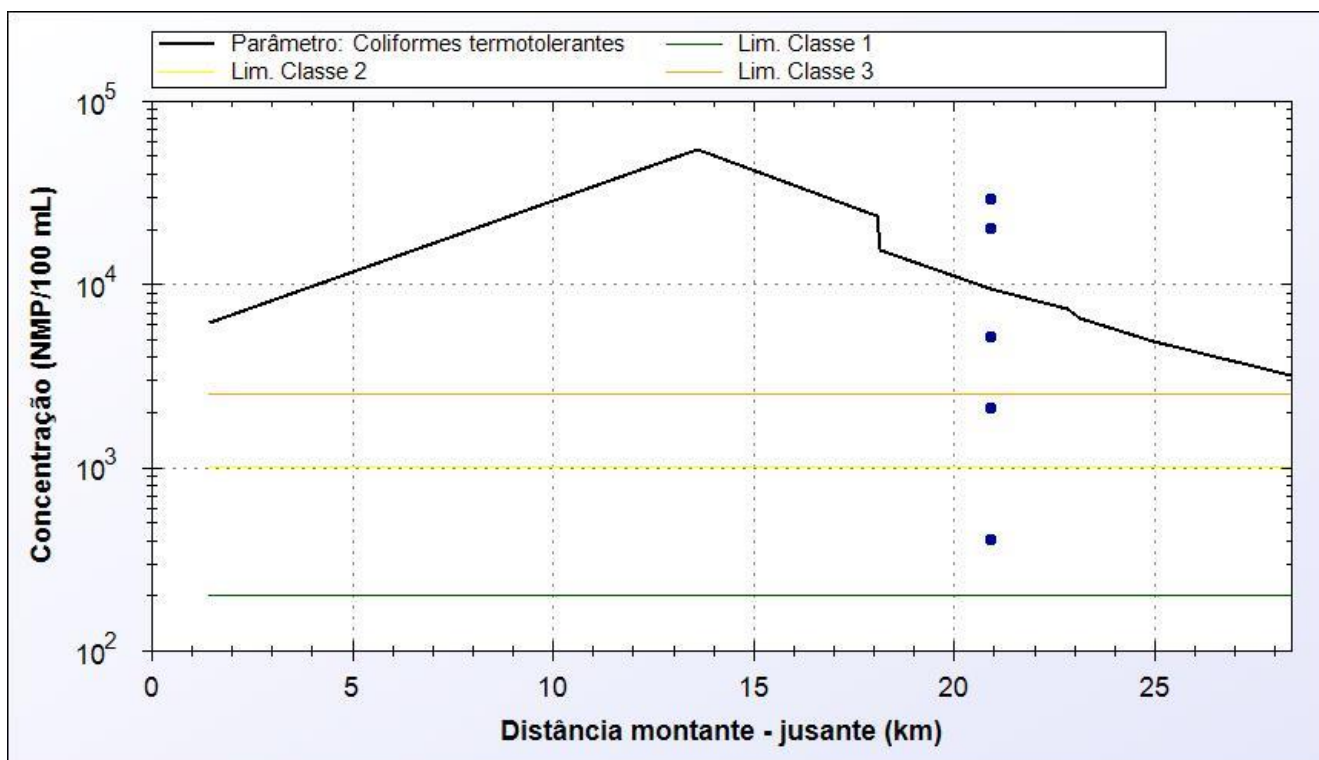
Figura 5.29 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Oxigênio Dissolvido.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

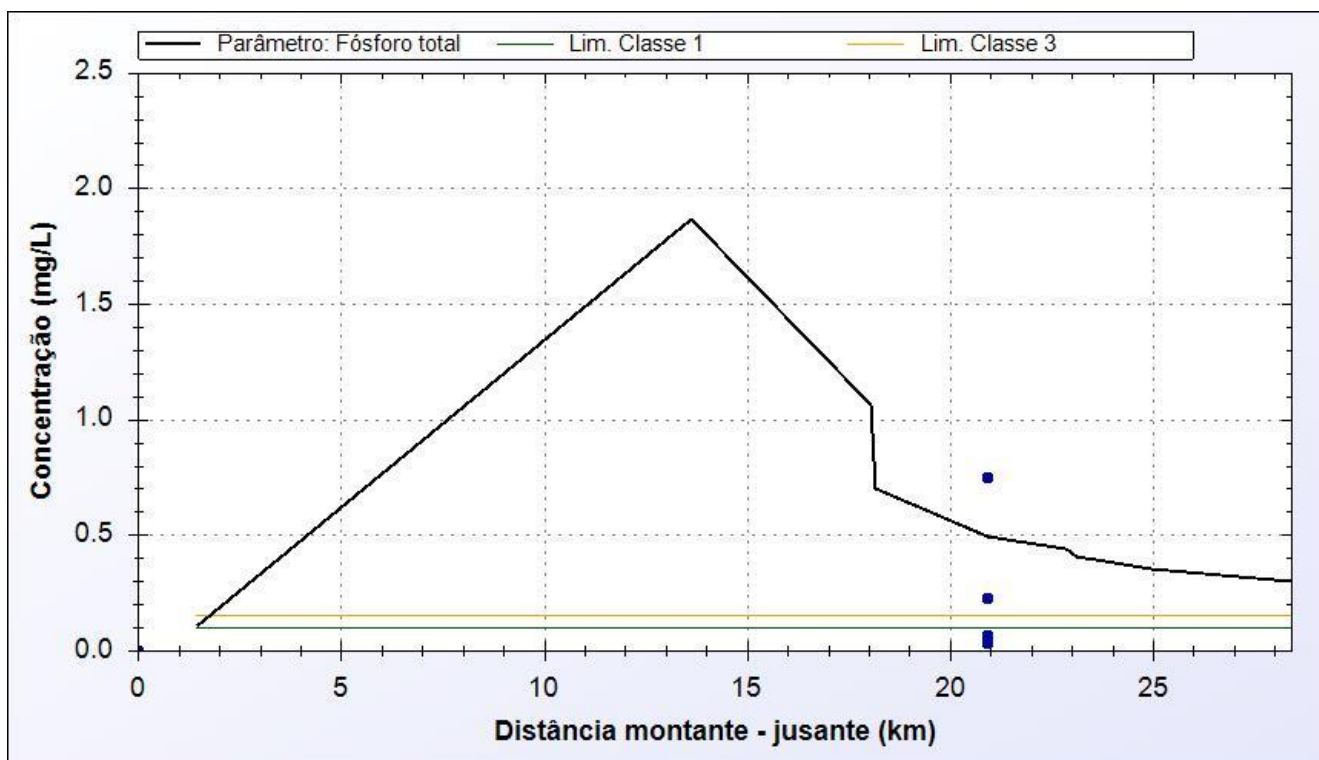


Figura 5.30 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

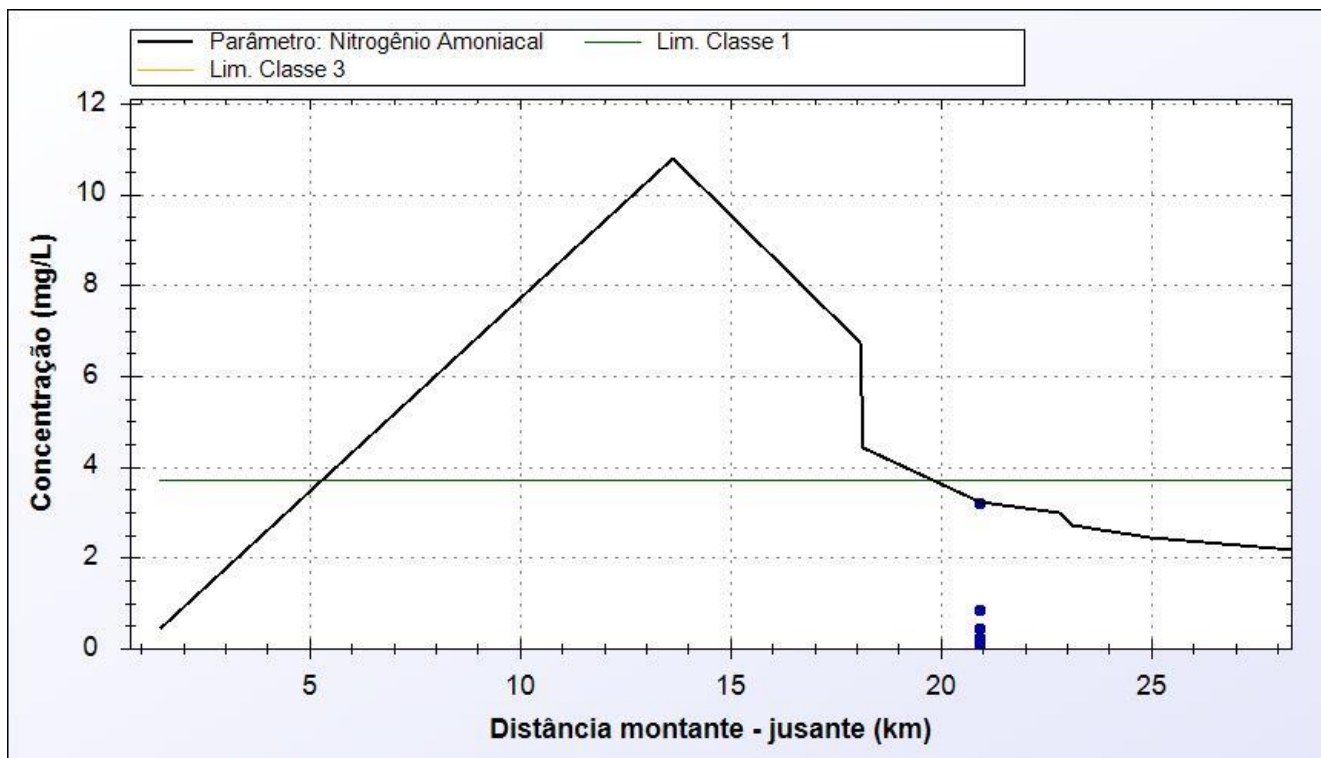
Figura 5.31 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Fósforo Total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

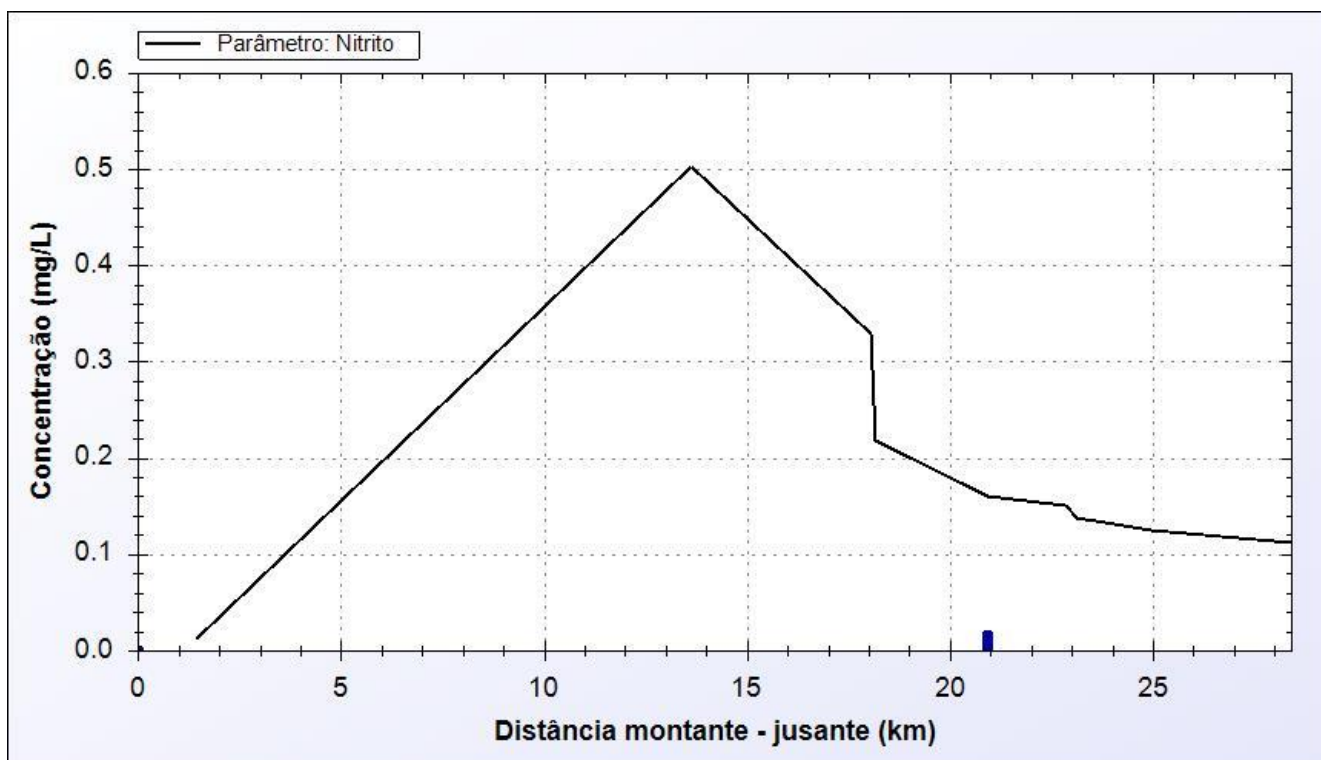


Figura 5.32 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

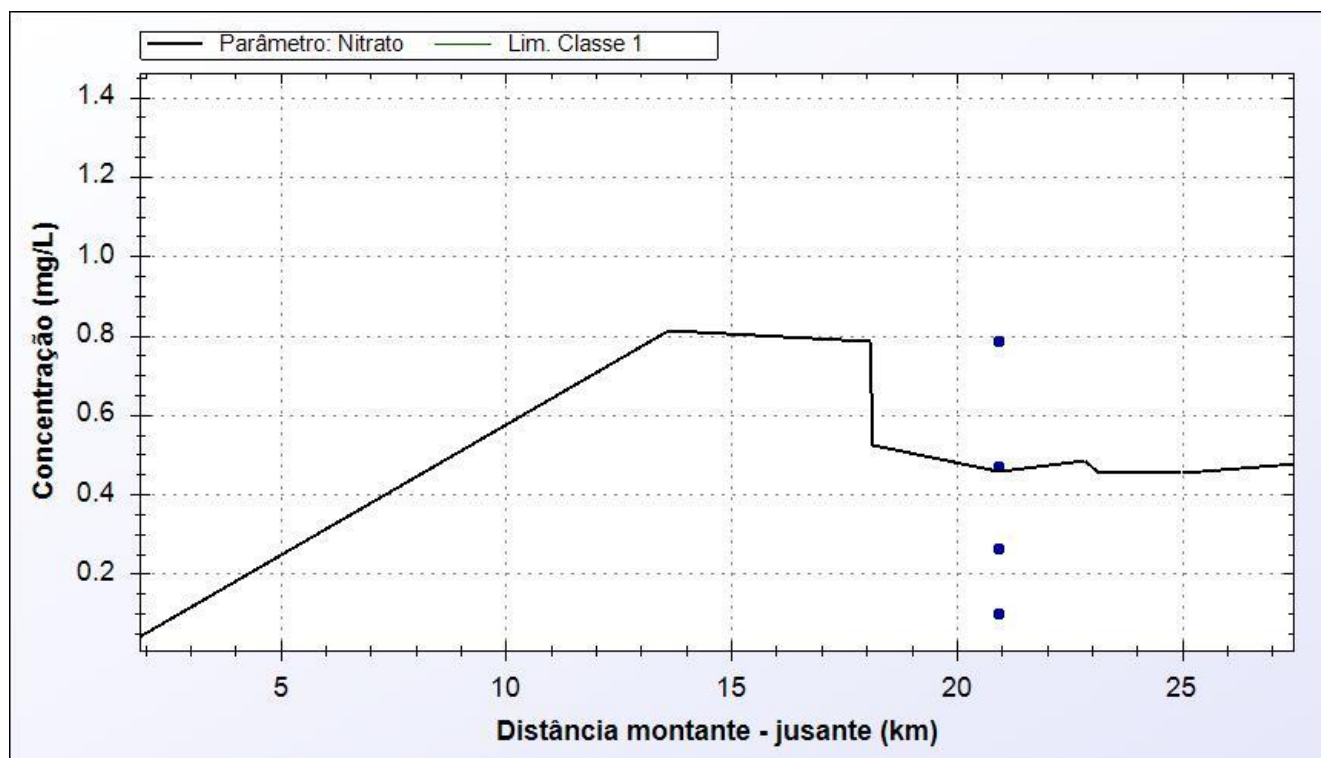
Figura 5.33 - Perfis de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.



Figura 5.34 - Perfil de concentração ao longo do Rio Pau Alto: Nitrato.



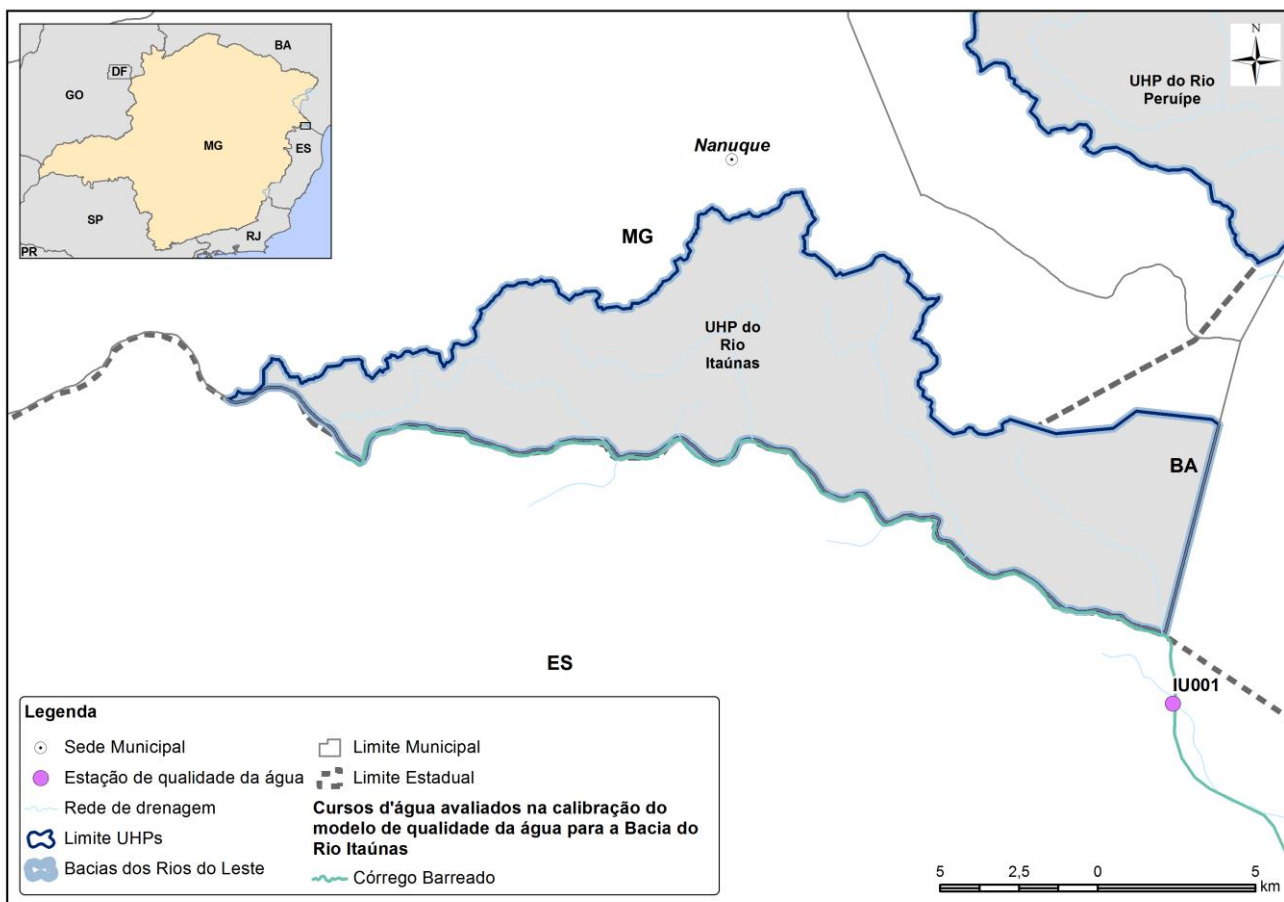
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



### 5.2.1.5. Perfis de concentração na Bacia do Rio Itaúnas

A Figura 5.35 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itaúnas, correspondente ao Córrego Barreado, que dispõe de uma estação no exutório da bacia (IU001).

Figura 5.35 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itaúnas.



Fonte: elaboração própria.

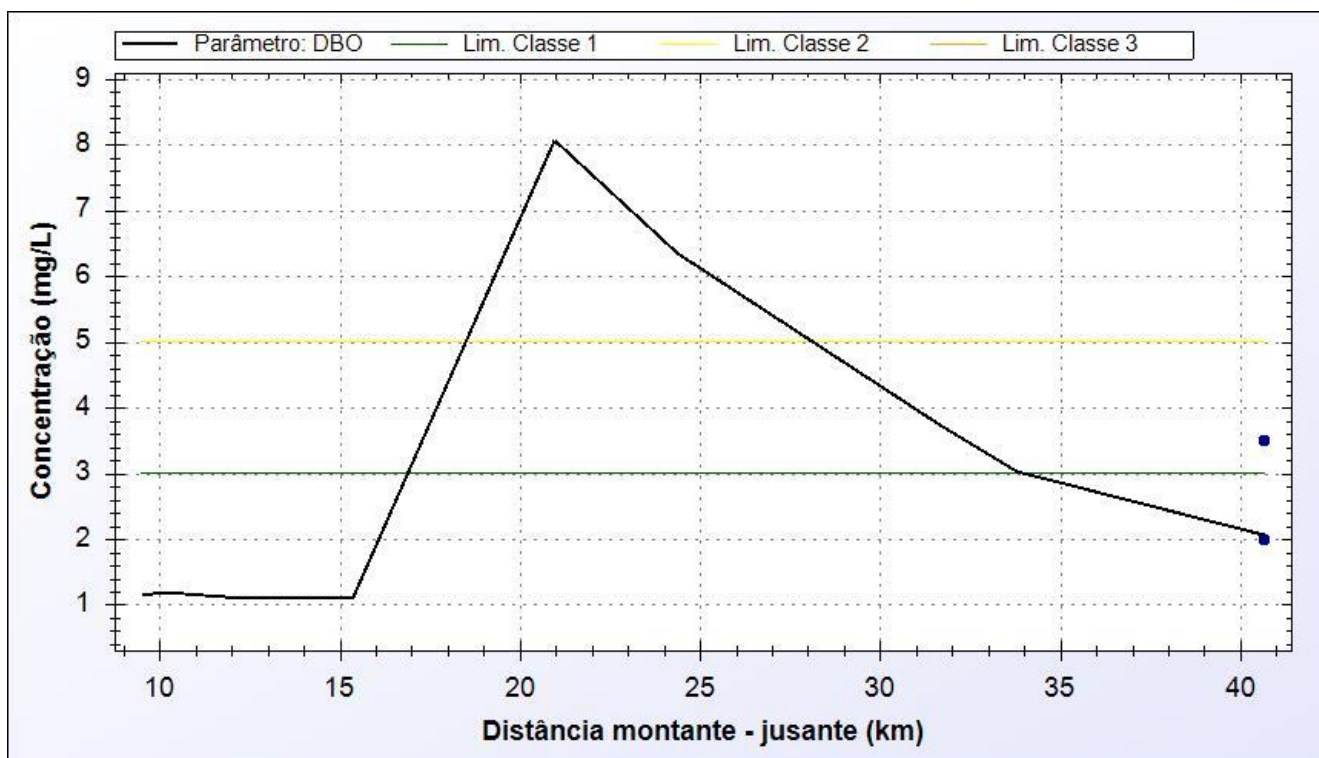
Os perfis de concentração ao longo do Córrego Barreado são apresentados da Figura 5.36 a Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

Figura 5.42. A UHP recebe uma pequena parcela de cargas de esgotamento do município de Nanuque, contribuindo para o aumento das concentrações de parâmetros como fósforo e coliformes.

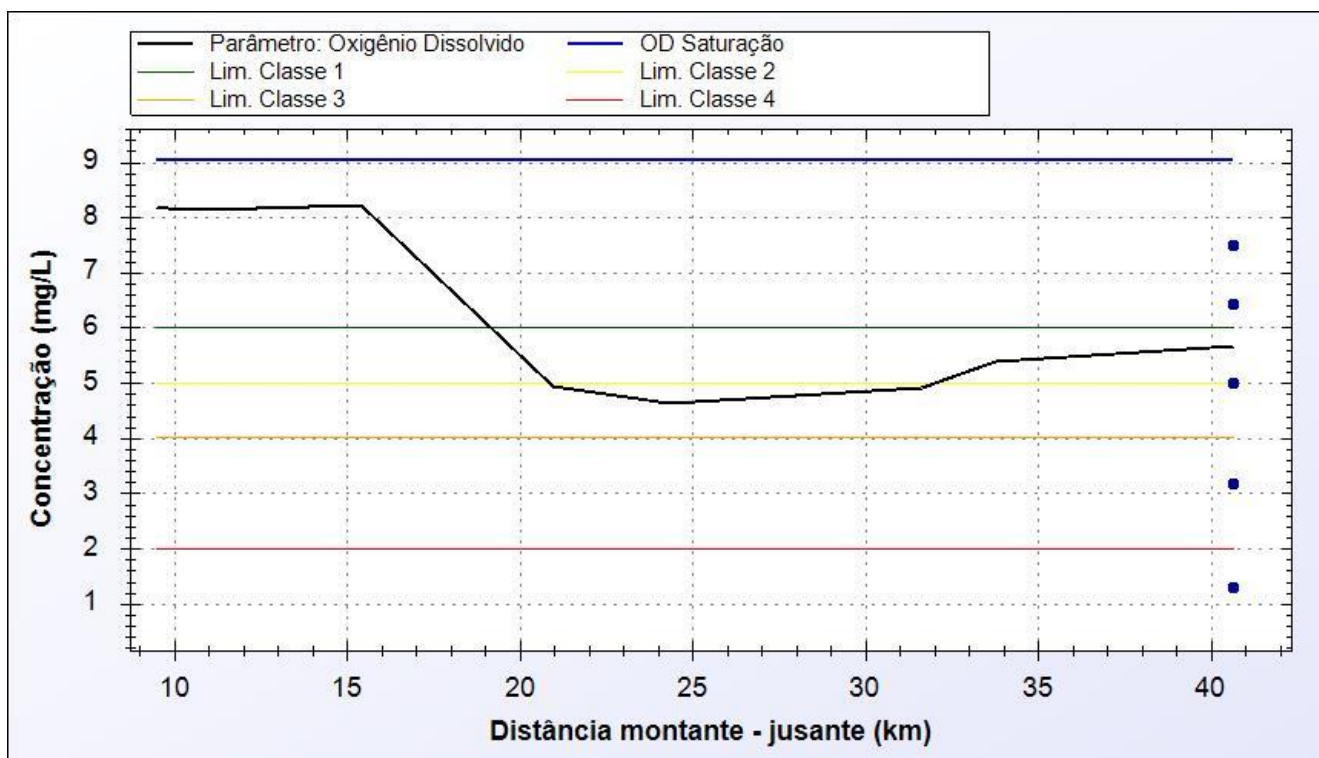


Figura 5.36 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

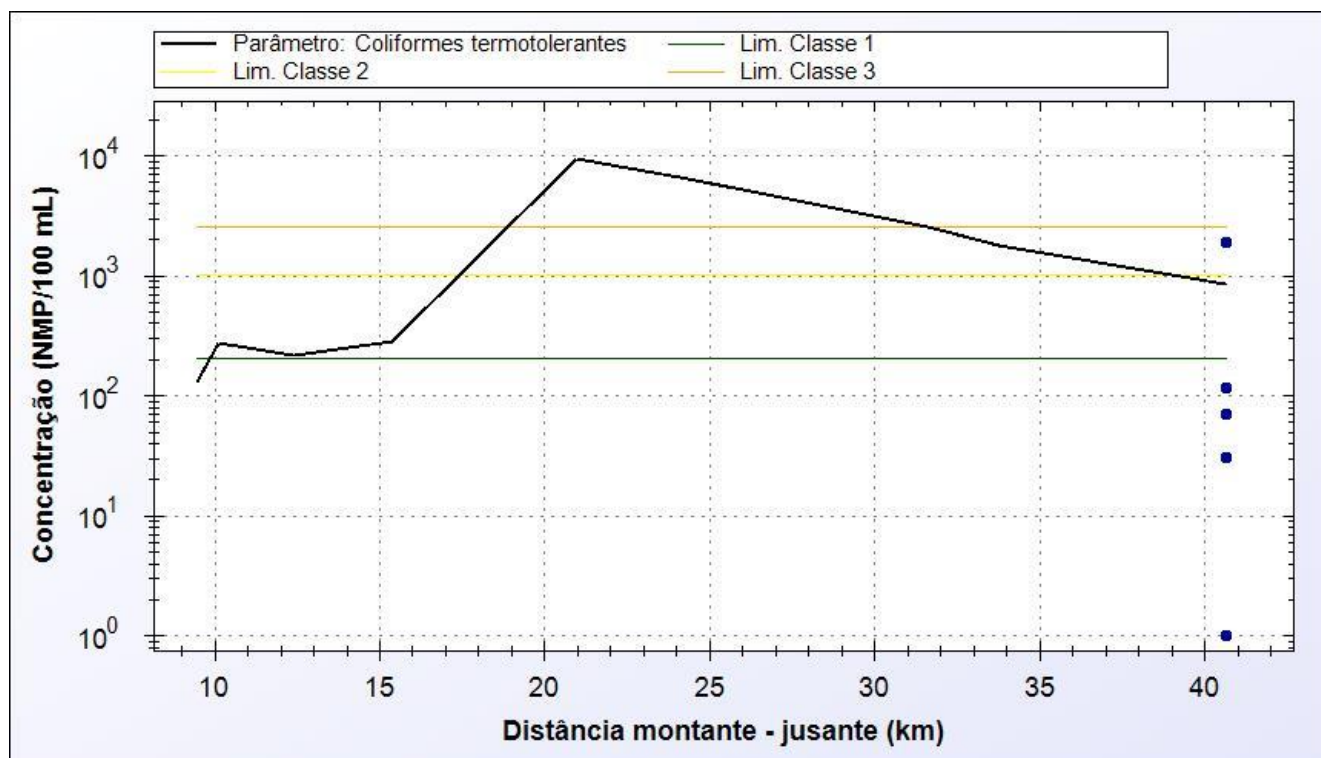
Figura 5.37 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Oxigênio Dissolvido.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

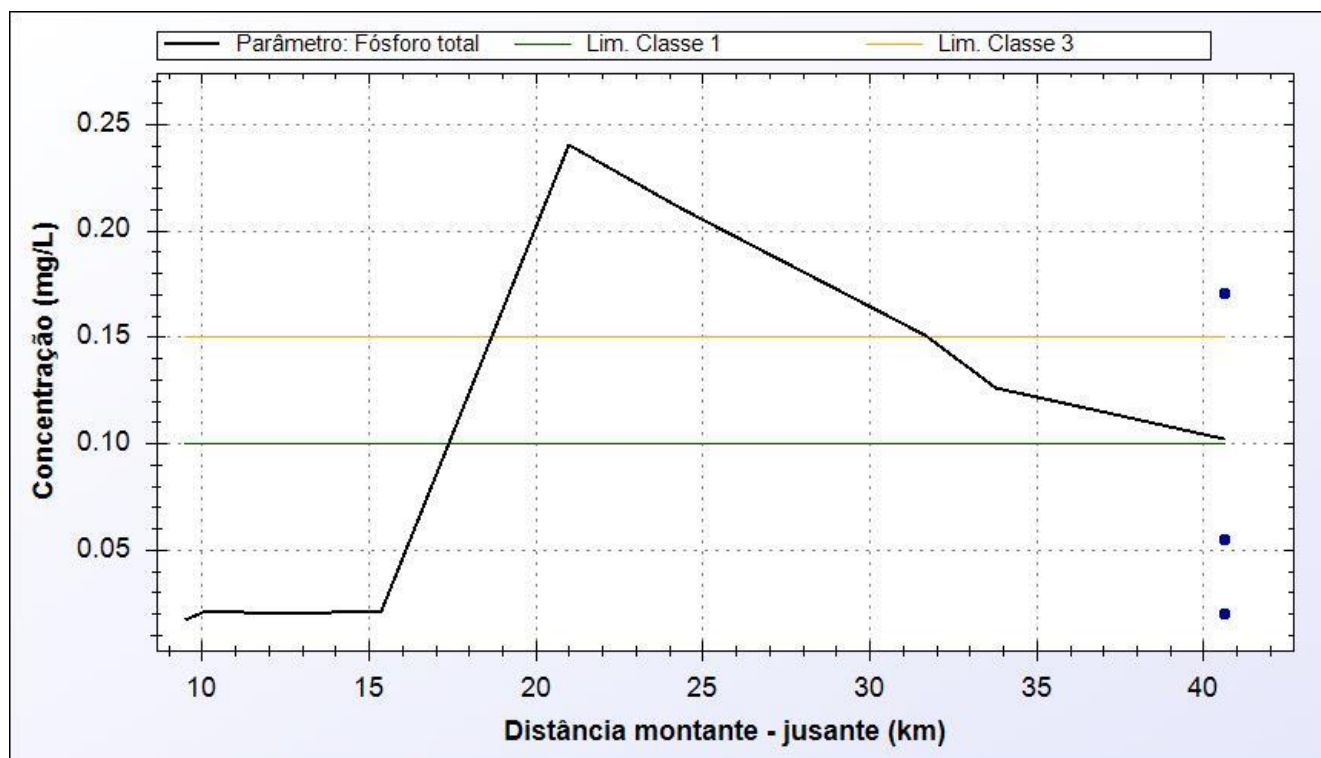


Figura 5.38 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

Figura 5.39 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Fósforo Total.

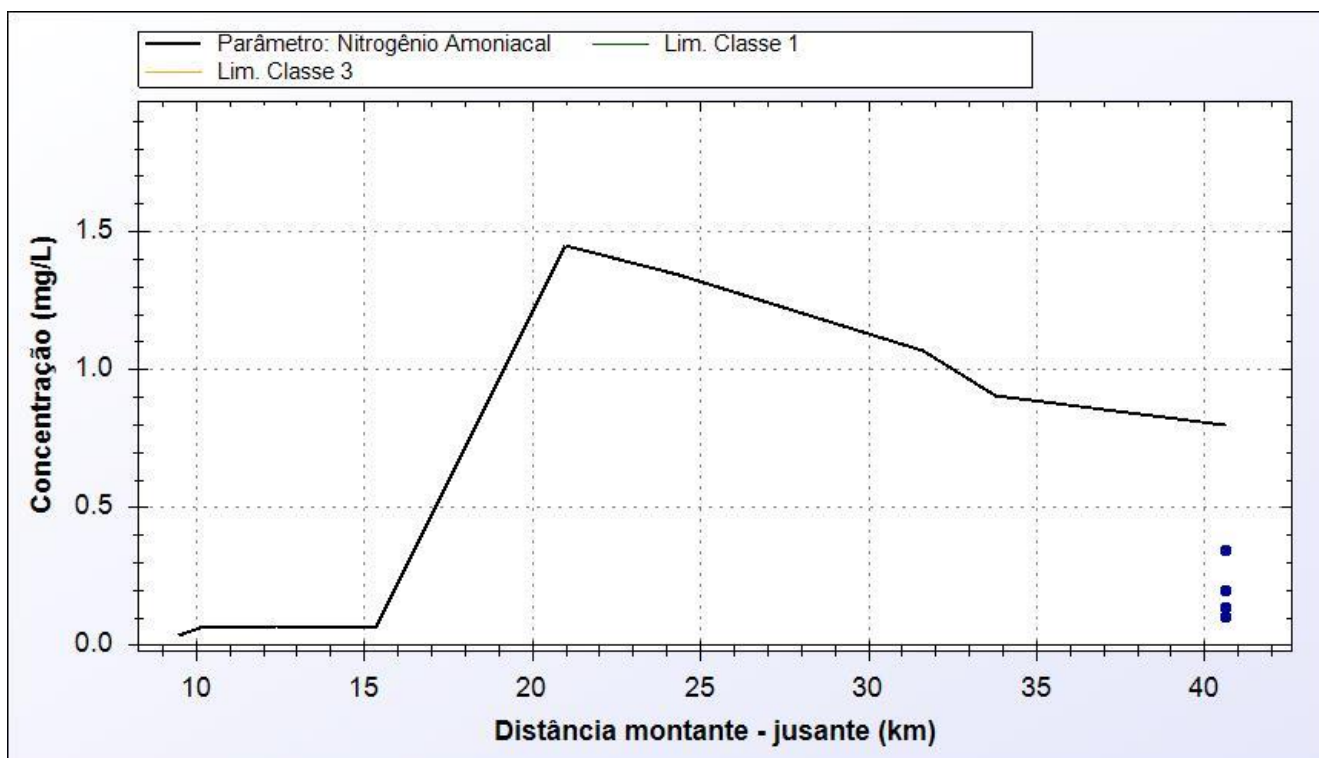


Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.



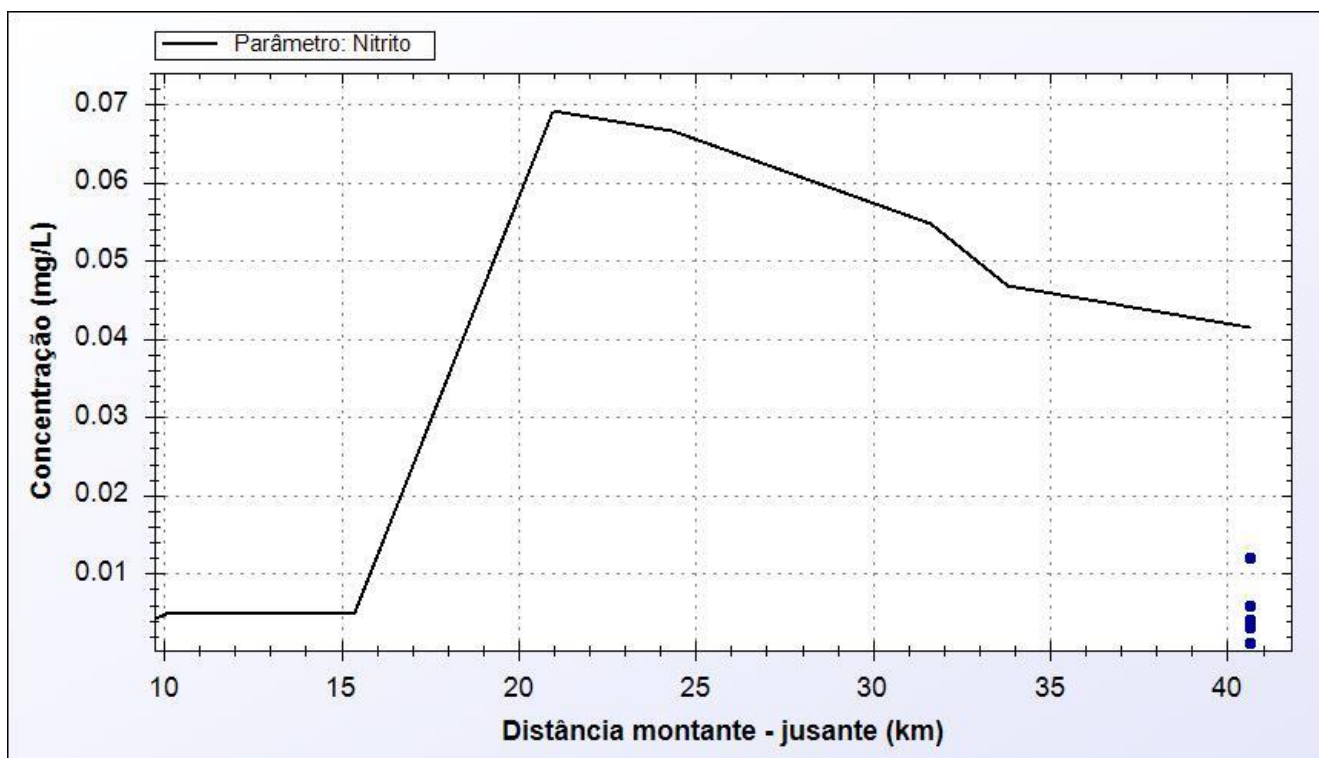


Figura 5.40 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

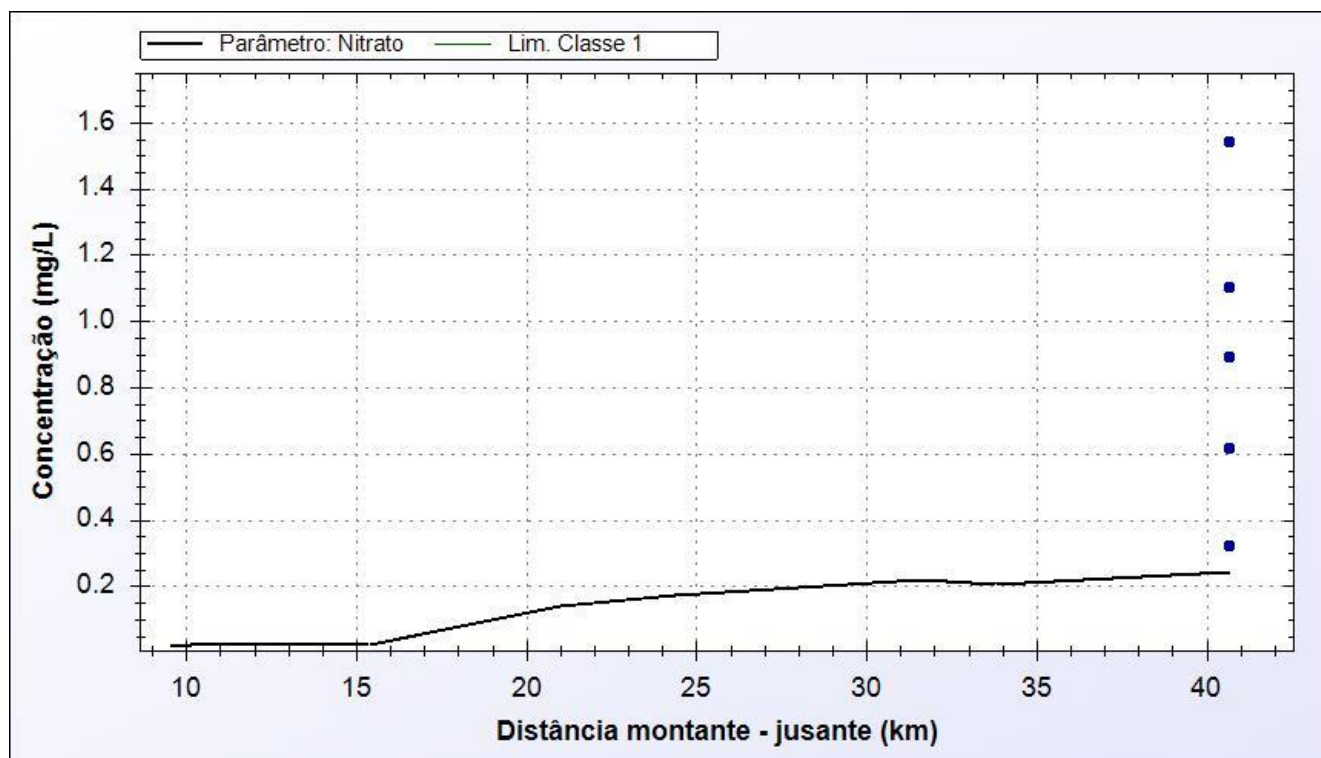
Figura 5.41 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.42 - Perfil de concentração ao longo do Córrego Barreado: Nitrato.



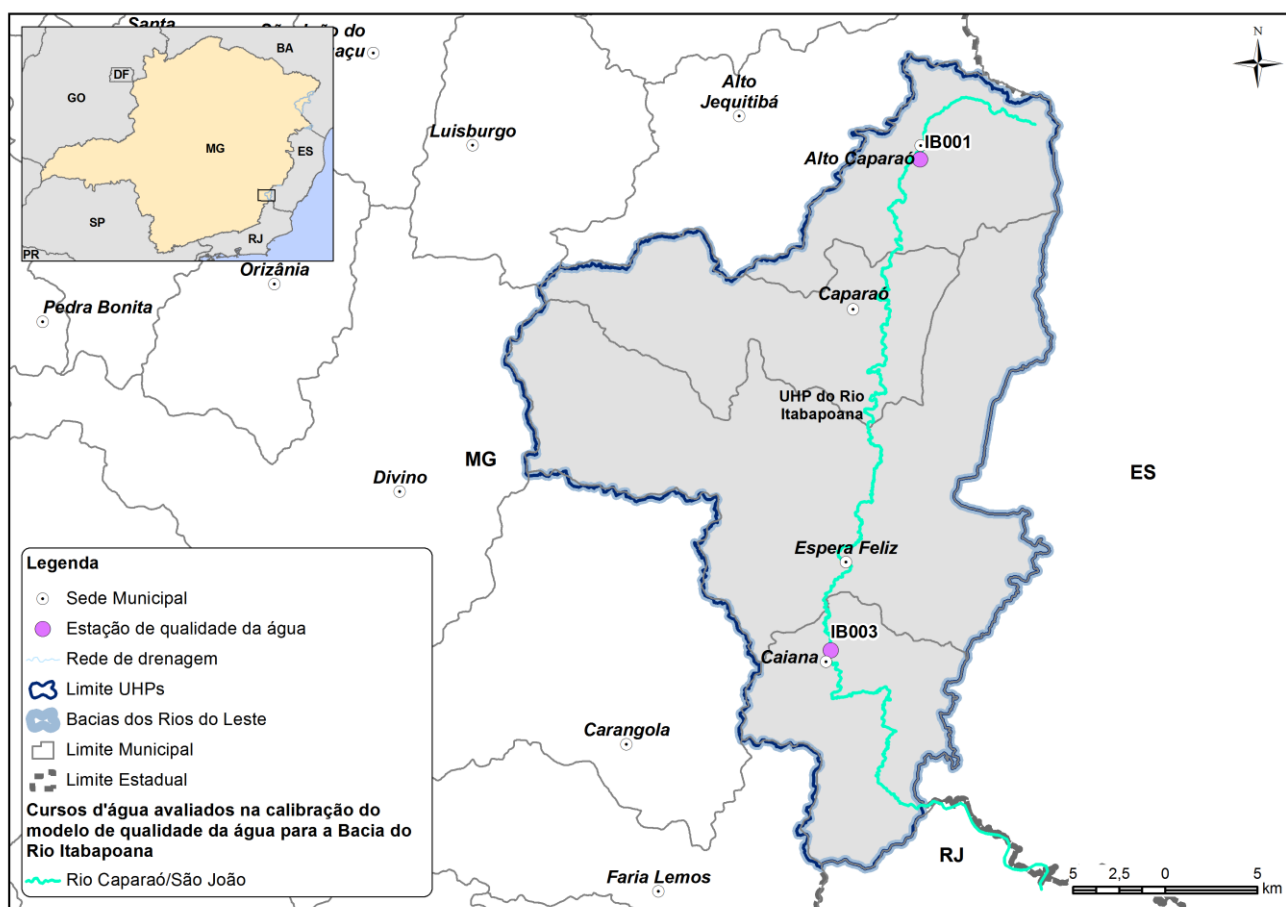
Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



### 5.2.1.6. Perfis de concentração para a Bacia do Rio Itabapoana

A Figura 5.43 apresenta os cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itabapoana, correspondente ao Rio São João, afluente do Rio Itabapoana, que dispõe de duas estações, uma localizada mais à montante (IB001) e a segunda próxima ao exutório da unidade (IB003). A estação IB001 é localizada à jusante da sede municipal de Alto Caparaó, recebendo as cargas geradas por este município.

Figura 5.43 - Cursos d'água utilizados na calibração do modelo de qualidade da água para a Bacia do Rio Itabapoana.



Fonte: elaboração própria.

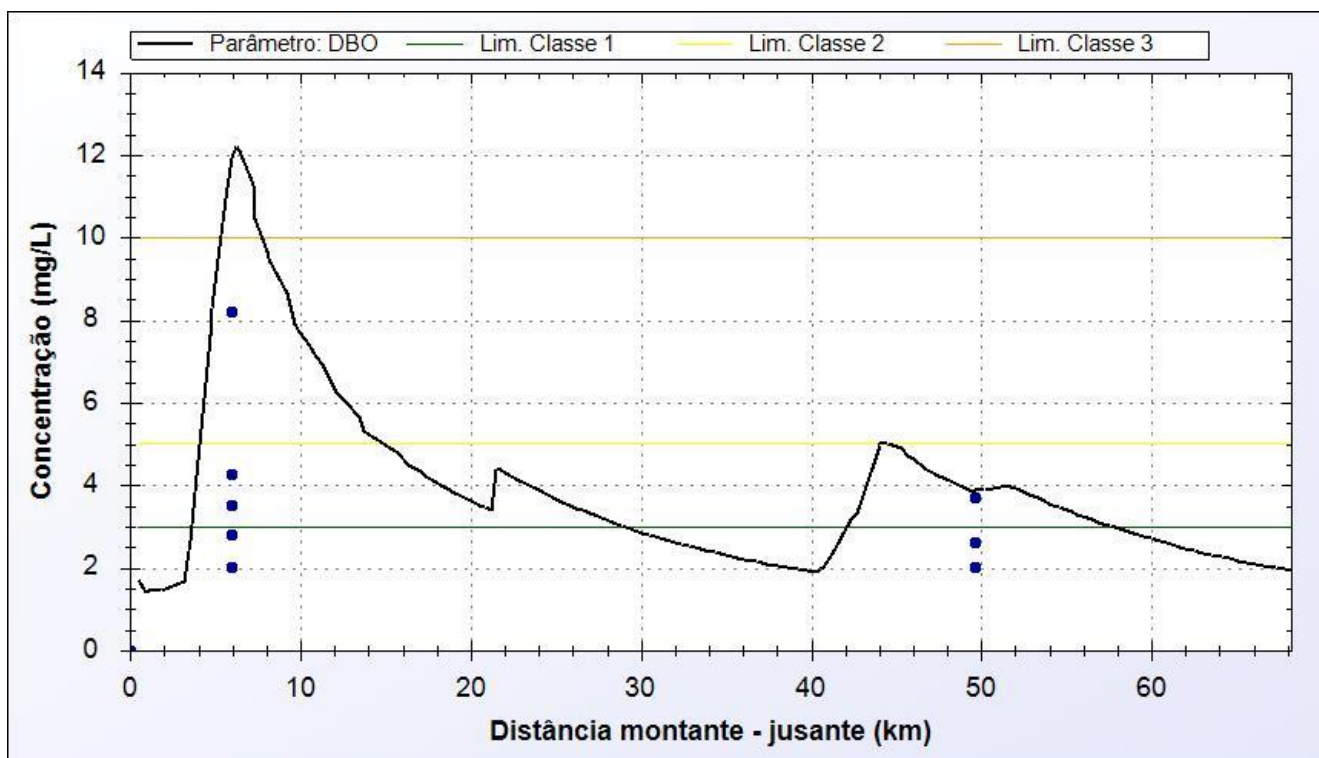
Os perfis de concentração ao longo do Rio São João são apresentados da Figura 5.44 a Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).

Fonte: elaboração própria.

Figura 5.50. Nos perfis é possível verificar um aumento significativo das concentrações no início dos perfis, tanto na modelagem quanto em relação aos dados observados. Seguindo para jusante, há uma tendência de diluição e aportes de carga menos expressivos, como em relação aos municípios de Espera Feliz e Caiana.

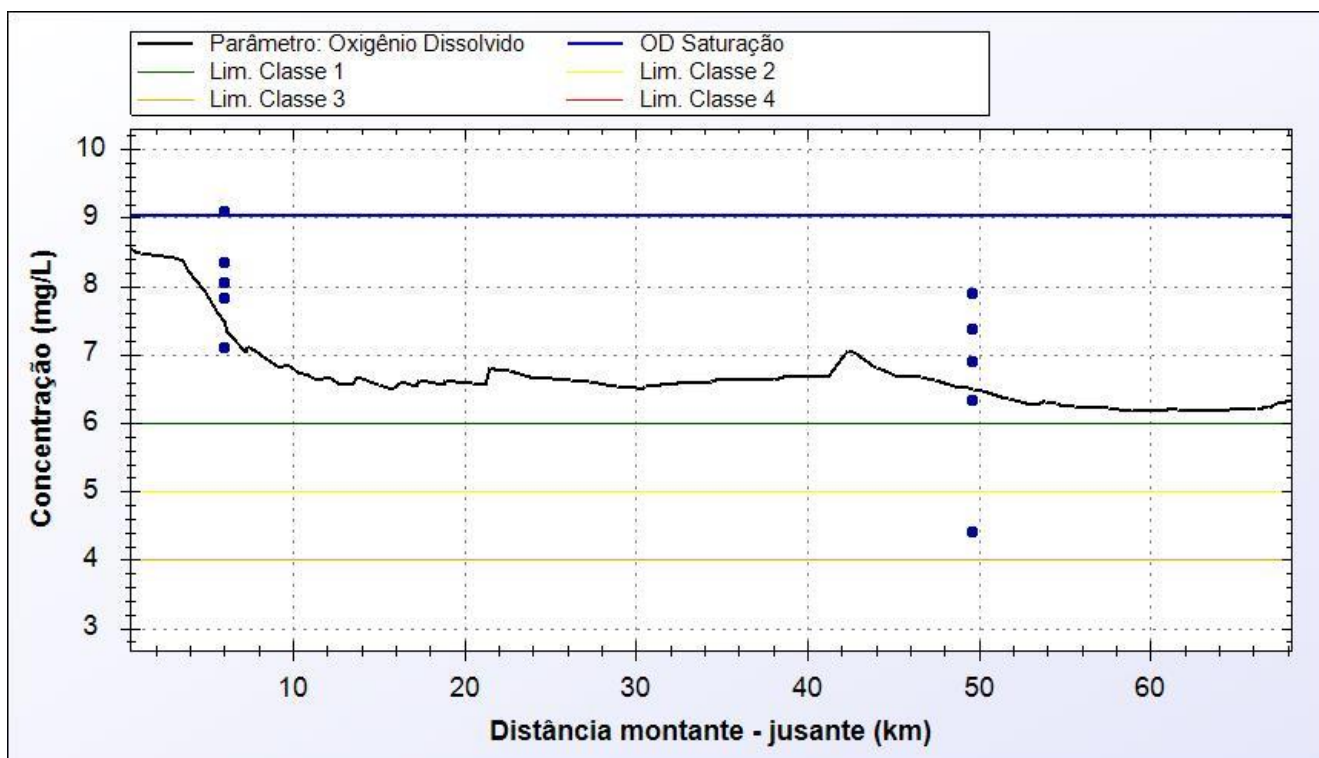


Figura 5.44 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: DBO.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

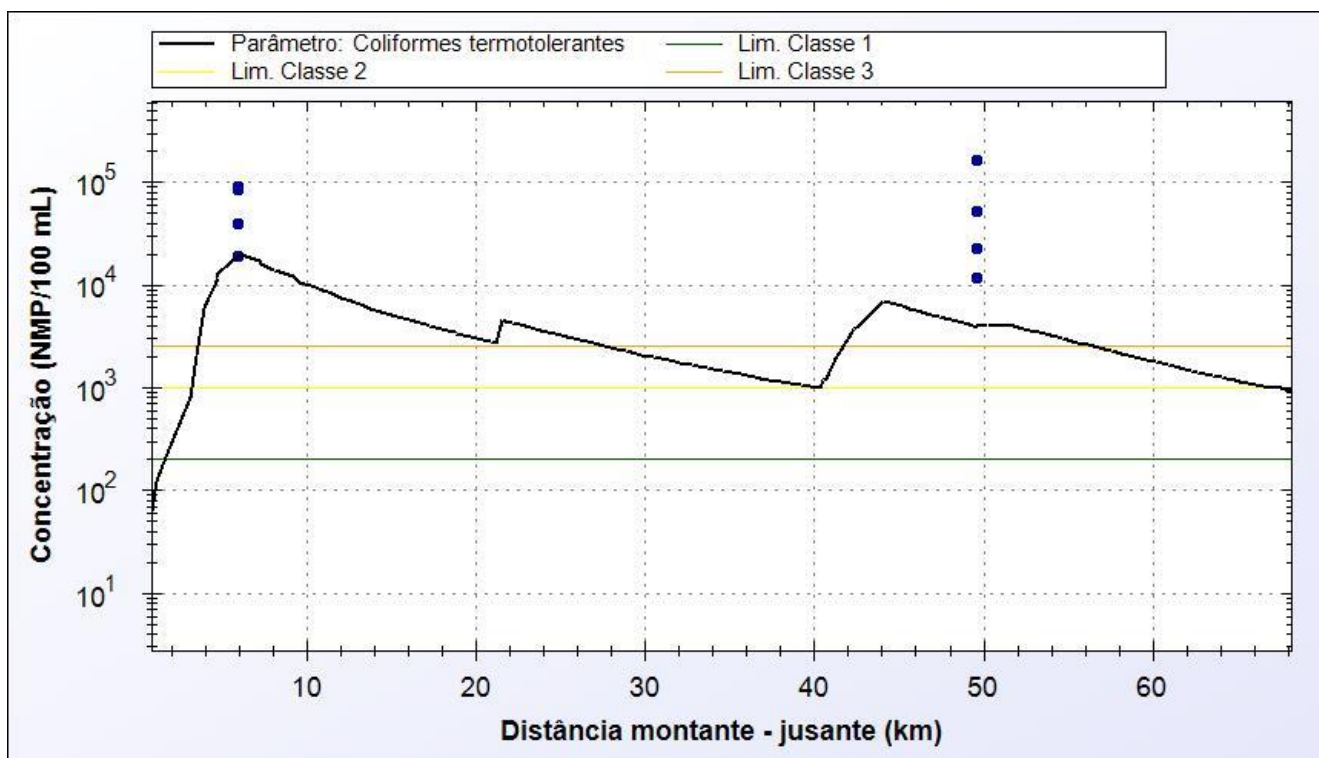
Figura 5.45 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Oxigênio Dissolvido.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

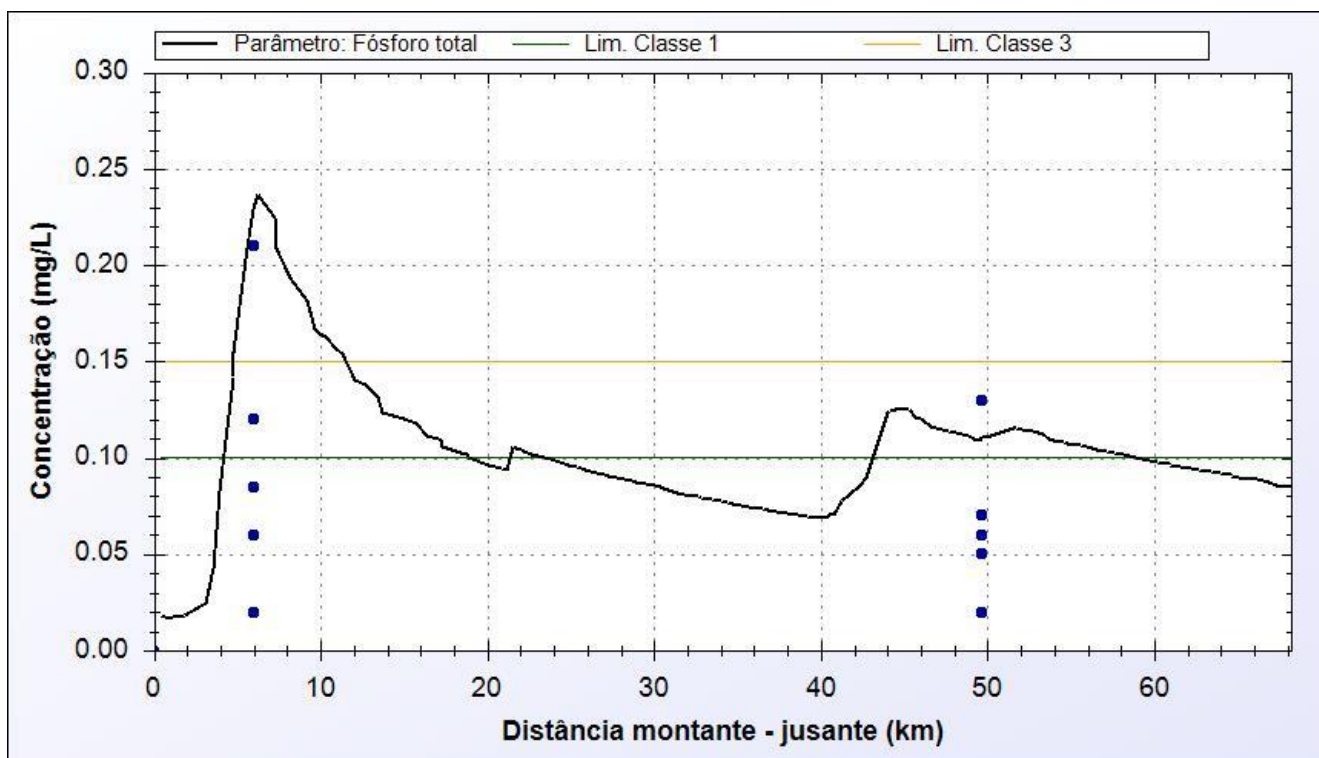


Figura 5.46 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Coliformes Termotolerantes.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

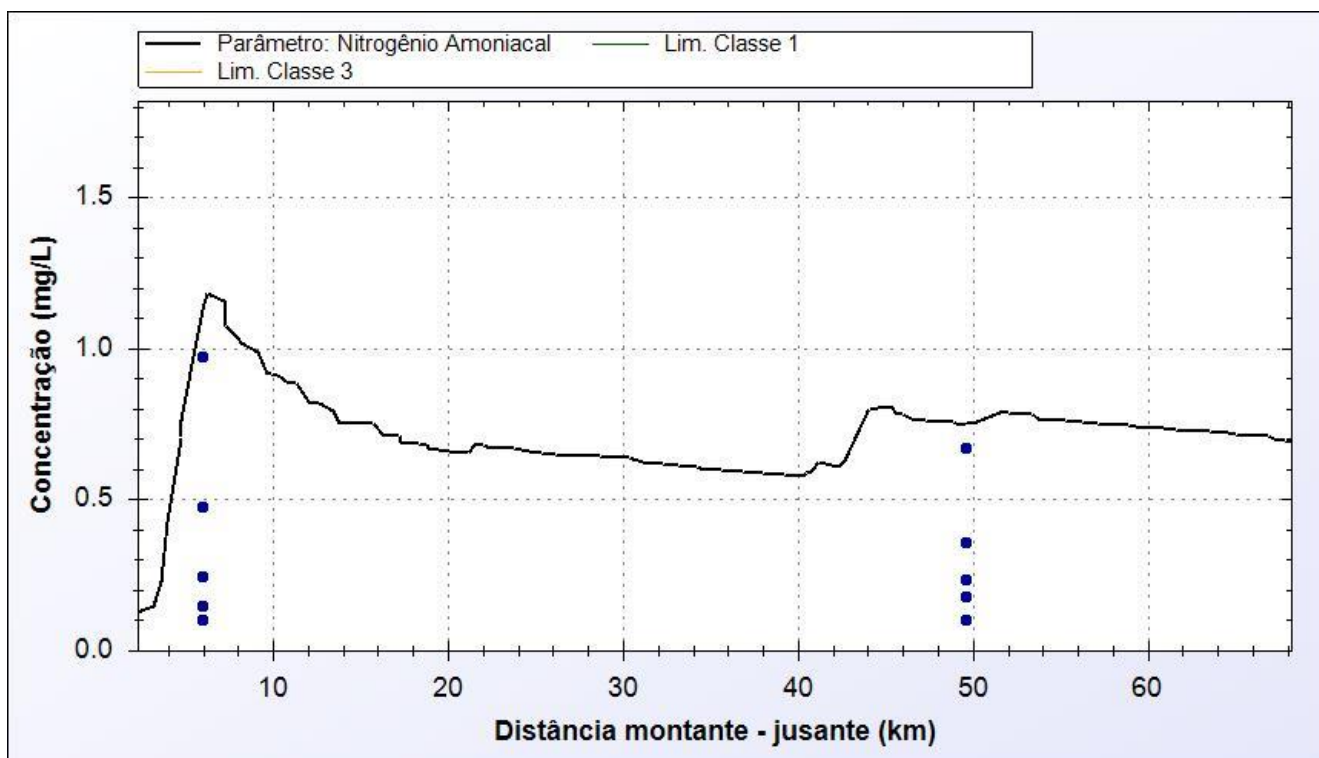
Figura 5.47 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Fósforo Total.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

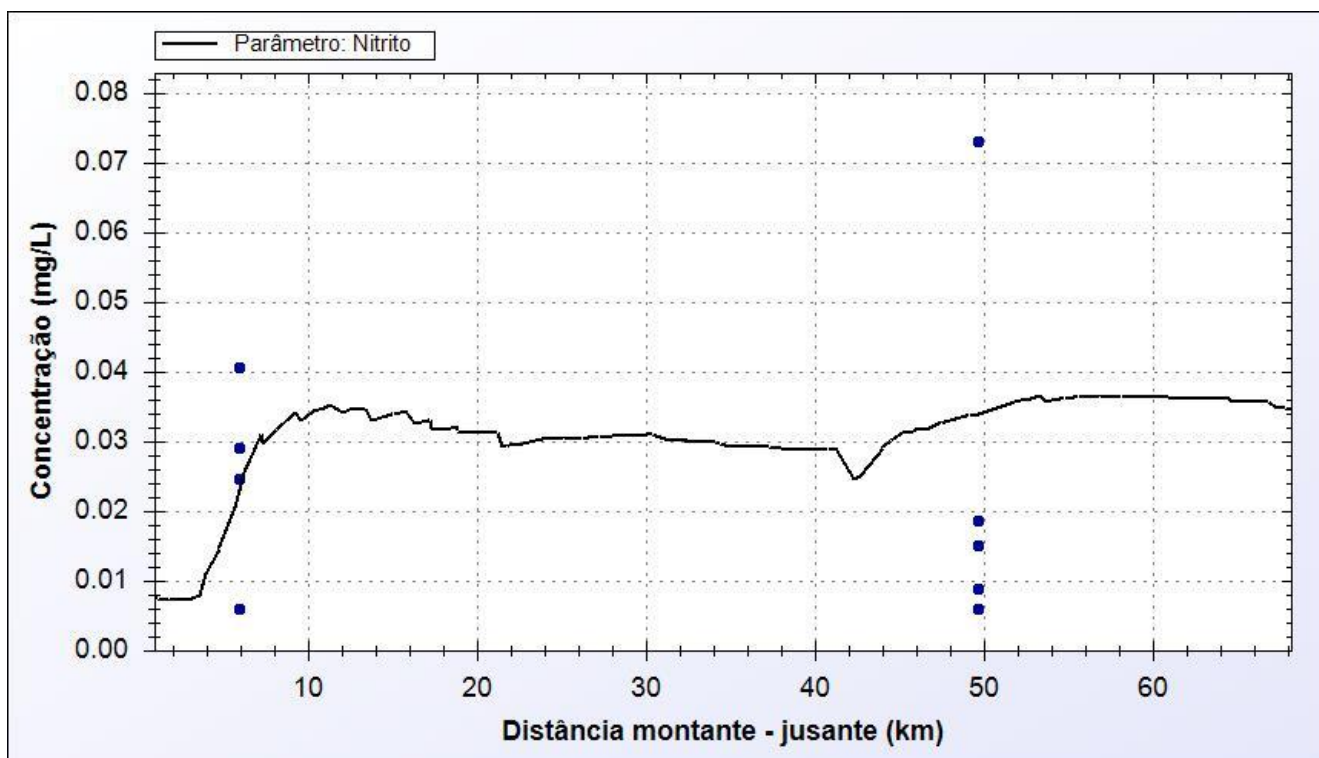


Figura 5.48 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrogênio Amoniacal.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.

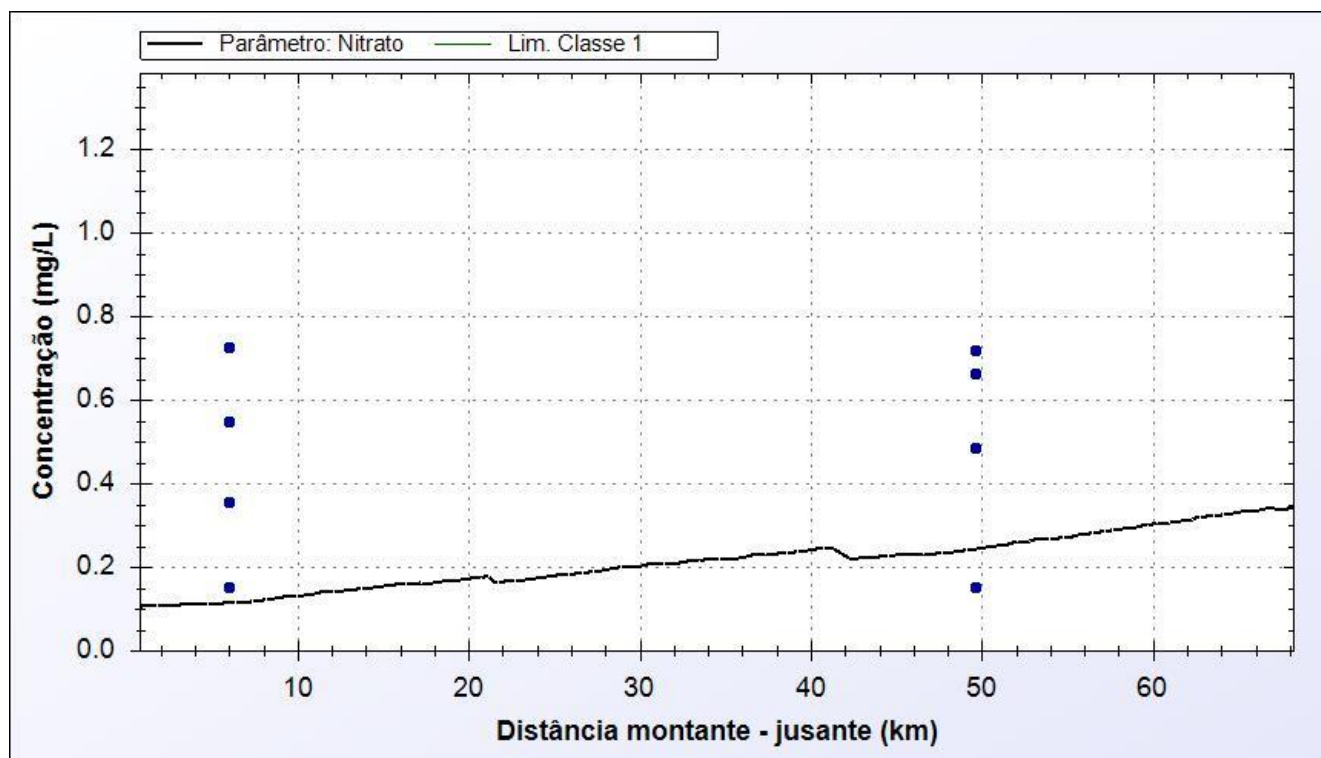
Figura 5.49 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrito.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
Fonte: elaboração própria.



Figura 5.50 - Perfil de concentração ao longo do Rio São João: Nitrato.



Nota: os pontos azuis representam os valores de concentrações observadas (máximos, mínimos e quartis intermediários).  
 Fonte: elaboração própria.

### 5.2.2. Resultados do Cenários Tendencial

A seguir, são apresentados os resultados da modelagem qualitativa para o Cenário Tendencial e considerando duas cenas ao longo do horizonte de planejamento: atual (2021) e de longo prazo (2041). Os resultados são apresentados de forma resumida por UHP, considerando a média ponderada das concentrações de todos os ototrechos de cada Unidade de Planejamento, utilizando a vazão como fator de peso, de forma a se colocar mais evidência sobre os trechos com maior disponibilidade hídrica.

O Quadro 5.7 apresenta os valores resultantes em cada UHP na cena atual (2021) para sete parâmetros avaliados, onde a cor da célula representa a classe de enquadramento equivalente, segundo a resolução CONAMA nº 357/2005. O quadro também apresenta a classe de enquadramento resultante, obtida pelo percentil 80% entre a classe resultante dos sete parâmetros de qualidade avaliados. Ressalta-se que este valor de classe resultante não representa o enquadramento, e sim a condição de qualidade verificada no respectivo cenário. A partir do quadro, podemos verificar as piores condições de qualidade na UHPs do Rio Buranhém, Itaúnas e Peruípe, cujos trechos foram identificados em condições semelhantes à classe 4.



Quadro 5.7. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial – cena atual (2021)

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
UHP-1-Rio Buranhém	5,66	7,19	5361,98	0,15	0,84	0,04	0,1	4
UHP-2-Rio Jucuruçu	4,15	7,64	3675,66	0,12	0,69	0,03	0,13	3
UHP-3-Rio Itanhém	3,25	7,76	2316,92	0,11	0,69	0,03	0,19	3
UHP-4-Rio Peruípe	26,25	4,4	18720,18	0,78	4,82	0,23	0,54	4
UHP-5-Rio Itaúnas	6,46	6,06	7907,53	0,18	1,06	0,05	0,11	4
UHP-6-Rio Itapemirim	4,41	8,35	4906,16	0,08	0,43	0,01	0,1	3
UHP-7-Rio Itabapoana	2,78	7,08	2447,83	0,08	0,55	0,03	0,21	2

\* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.

O Quadro 5.8 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP para a cena 2041 do cenário tendencial. Observa-se a ocorrência de alterações pouco expressivas, sendo o maior aumento verificado na Bacia do Rio Itabapoana, com acréscimos em torno de 15%. Este aumento acarretaria uma elevação da classe de enquadramento de coliformes, elevando a classificação da unidade também.

Quadro 5.8. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário Tendencial – cena de longo prazo (2041).

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
UHP-1-Rio Buranhém	5,66	7,19	5361,98	0,15	0,84	0,04	0,1	4
UHP-2-Rio Jucuruçu	4,15	7,64	3675,98	0,12	0,69	0,03	0,13	3
UHP-3-Rio Itanhém	3,35	7,71	2410,45	0,12	0,71	0,03	0,2	3
UHP-4-Rio Peruípe	27,57	4,31	19728,97	0,82	5,07	0,24	0,57	4
UHP-5-Rio Itaúnas	6,43	6,07	7864,76	0,18	1,06	0,05	0,11	4
UHP-6-Rio Itapemirim	4,5	8,34	5061,37	0,09	0,44	0,01	0,1	3
UHP-7-Rio Itabapoana	3,2	6,82	2927,58	0,09	0,64	0,03	0,22	3

\* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

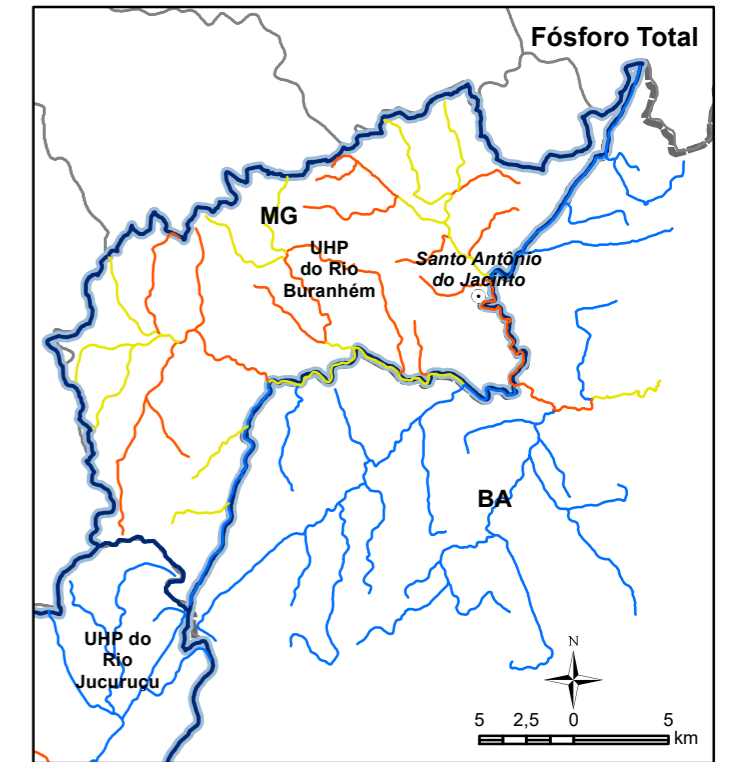
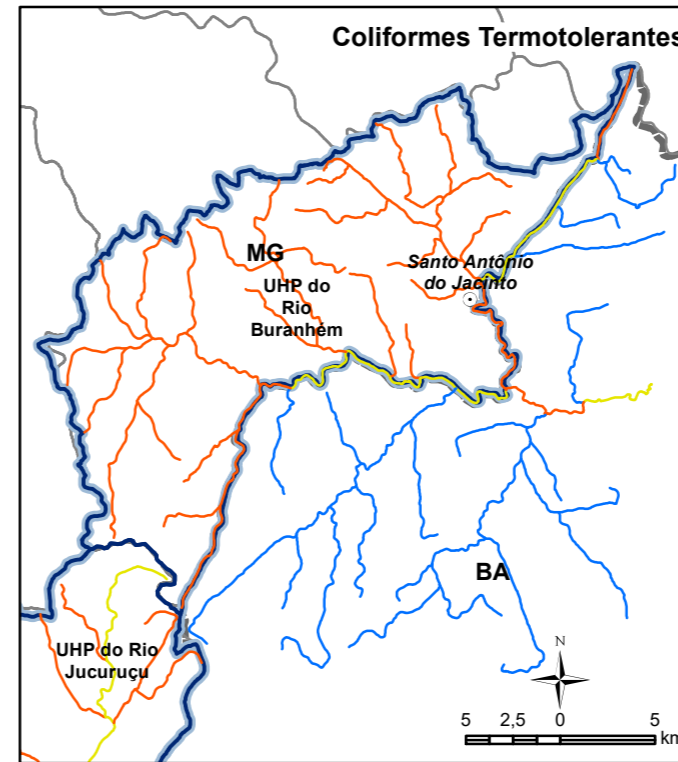
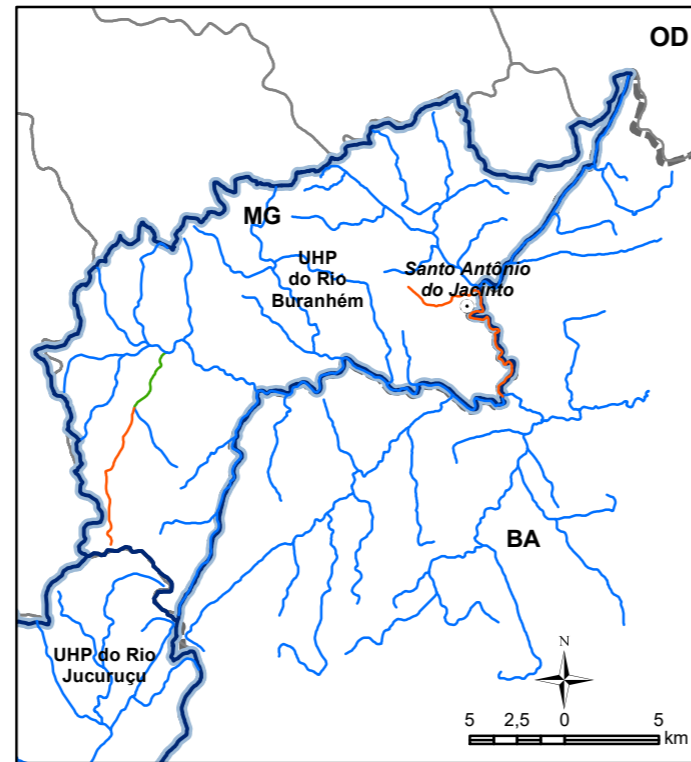
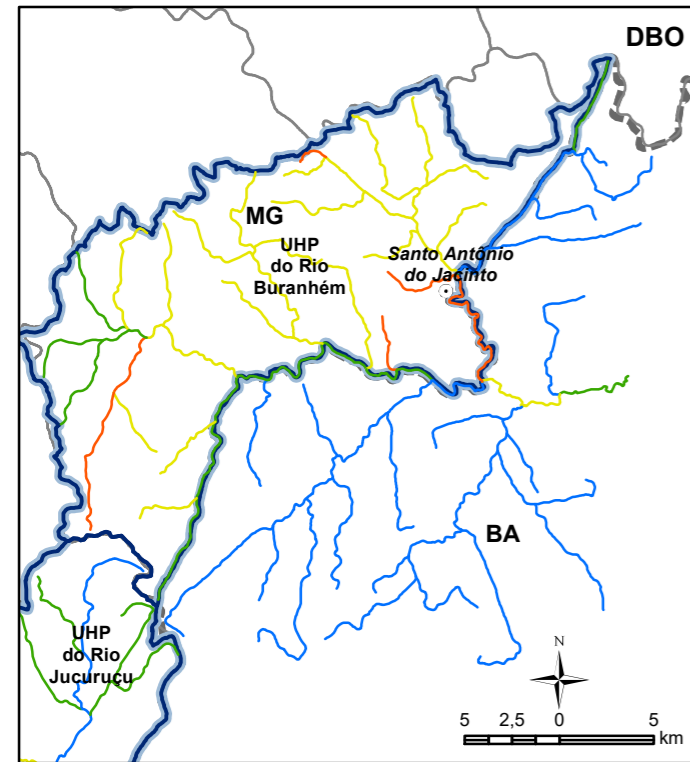
Fonte: elaboração própria.

A distribuição dos resultados de qualidade no cenário tendencial para as cenas atual e de longo prazo é realizada do Mapa 5.7 ao Mapa 5.13 considerando os seguintes parâmetros: DBO, oxigênio dissolvido, coliformes e fósforo total.

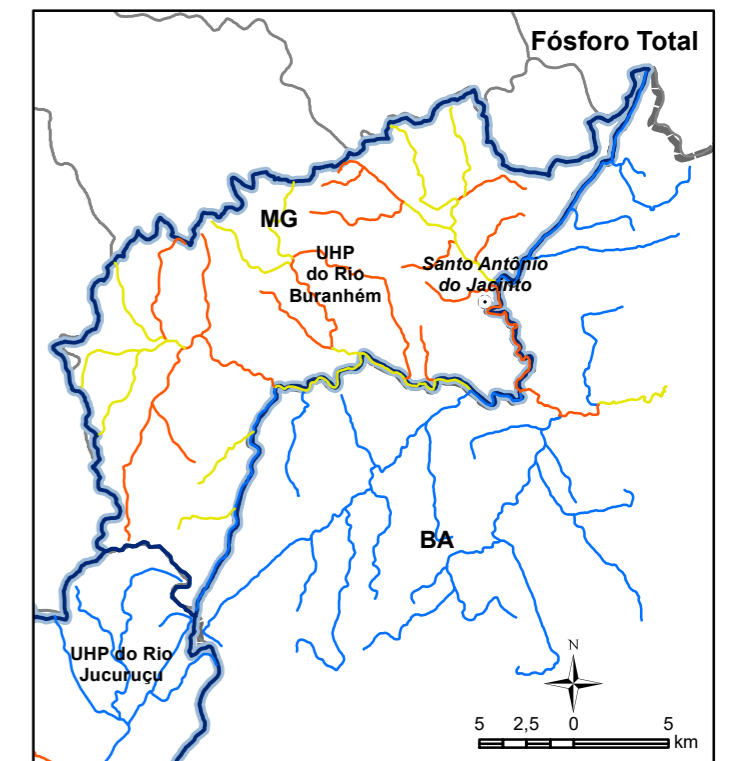
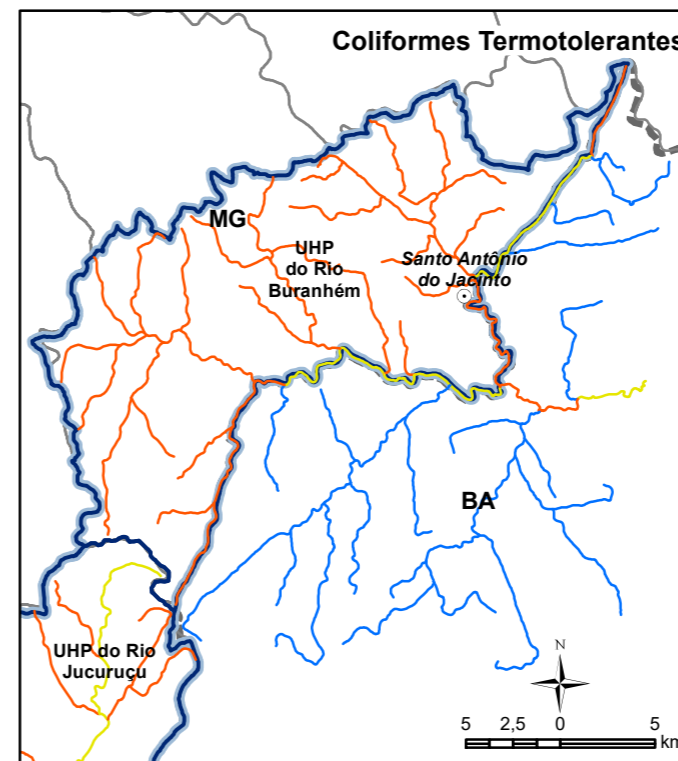
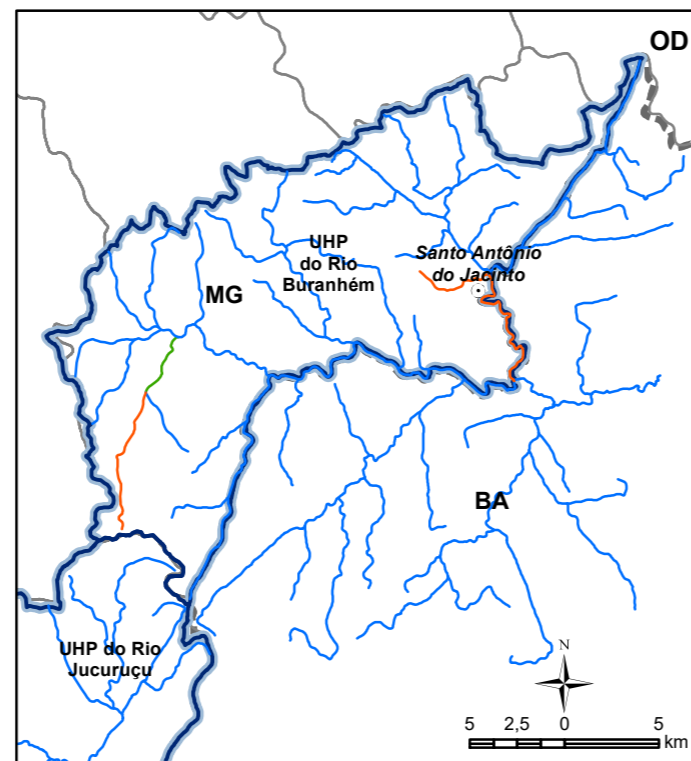
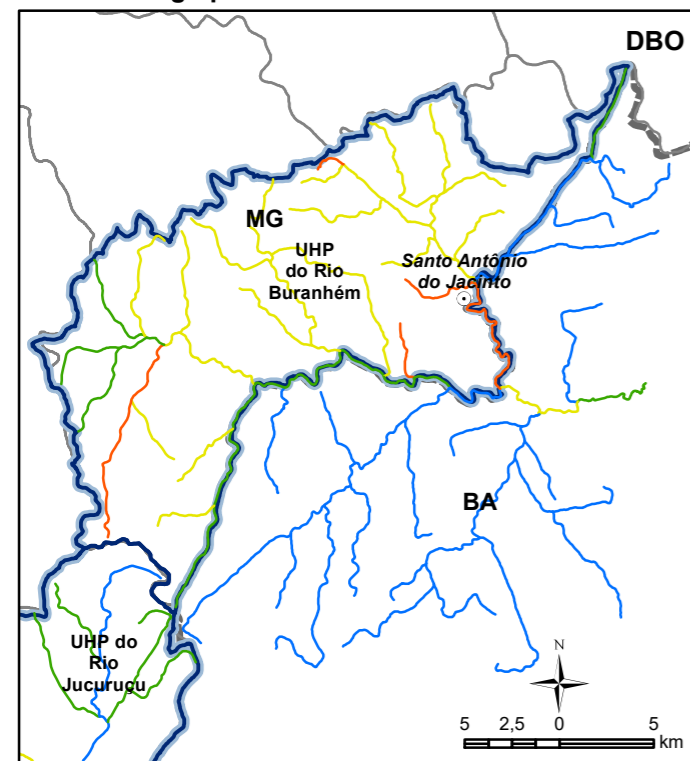




Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ⬭ Limite UHPs
- ⬭ Bacias dos Rios do Leste
- ⬭ Limite Municipal
- ⬭ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

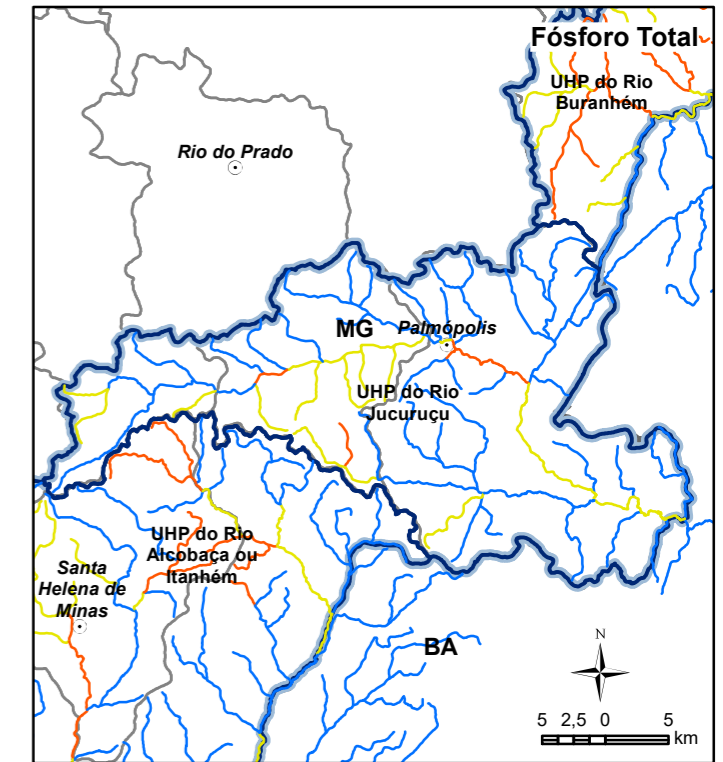
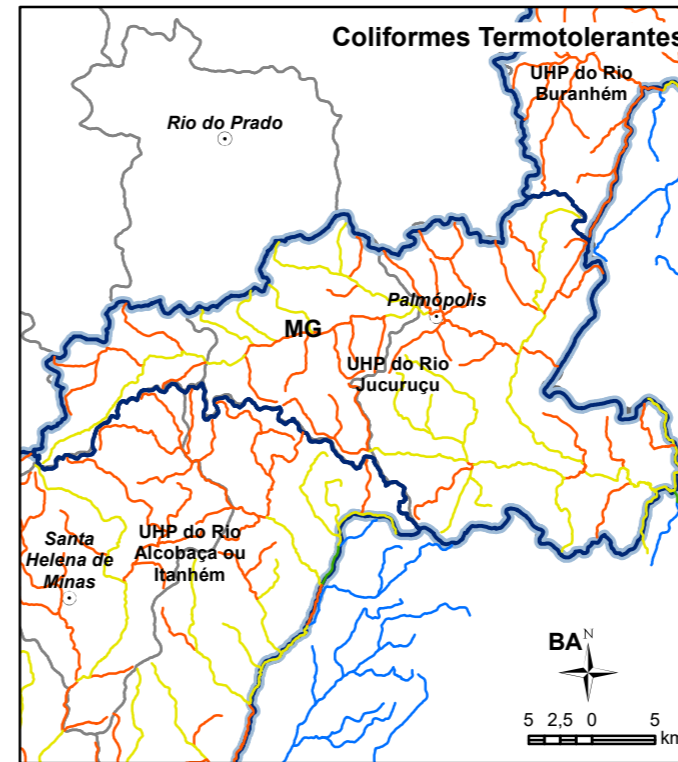
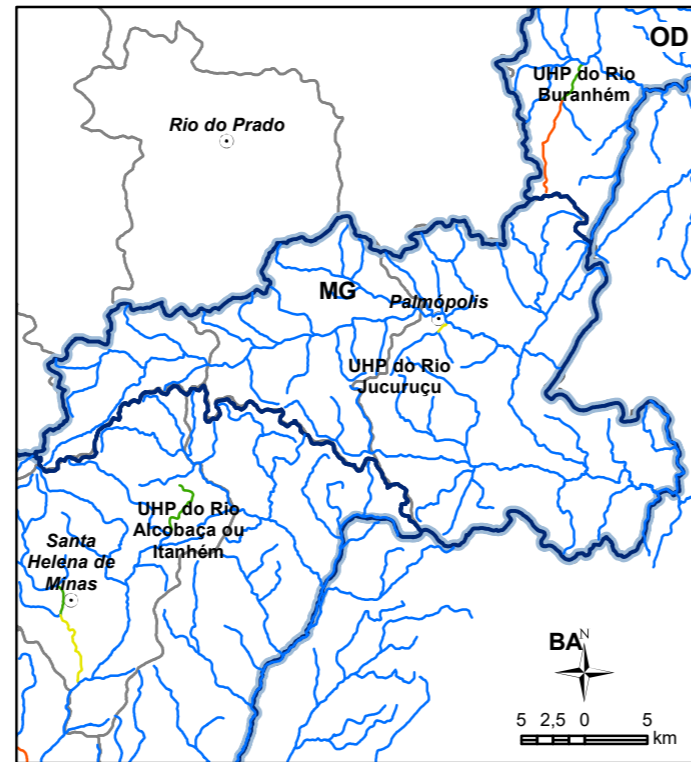
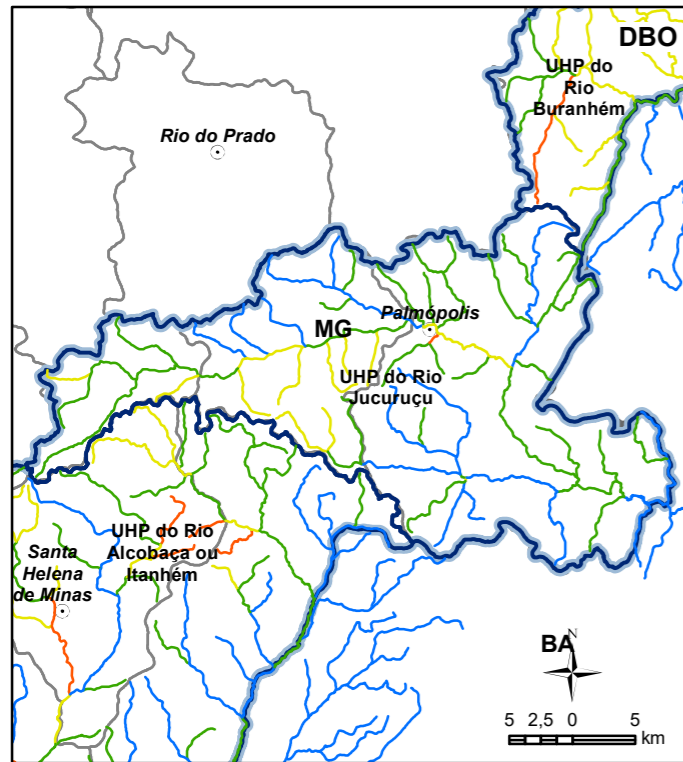


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

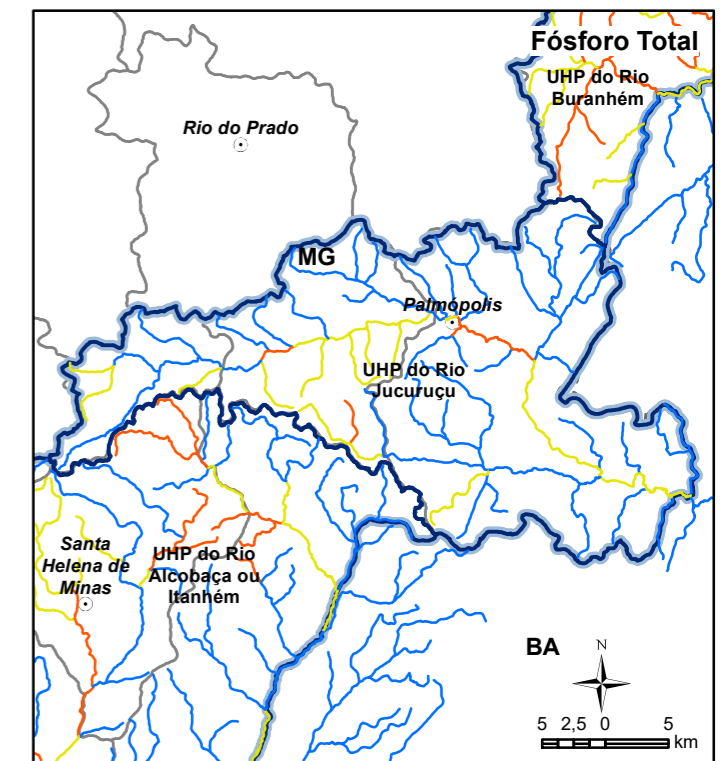
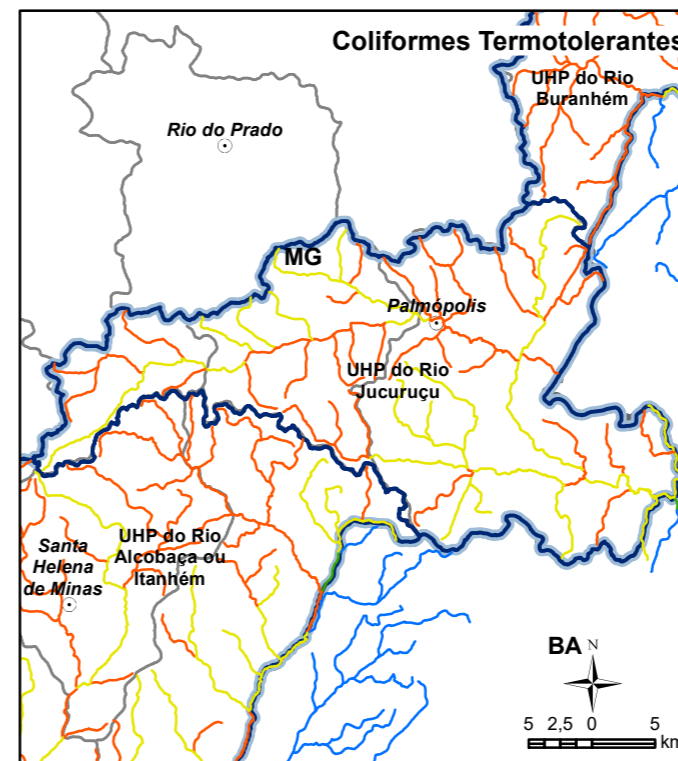
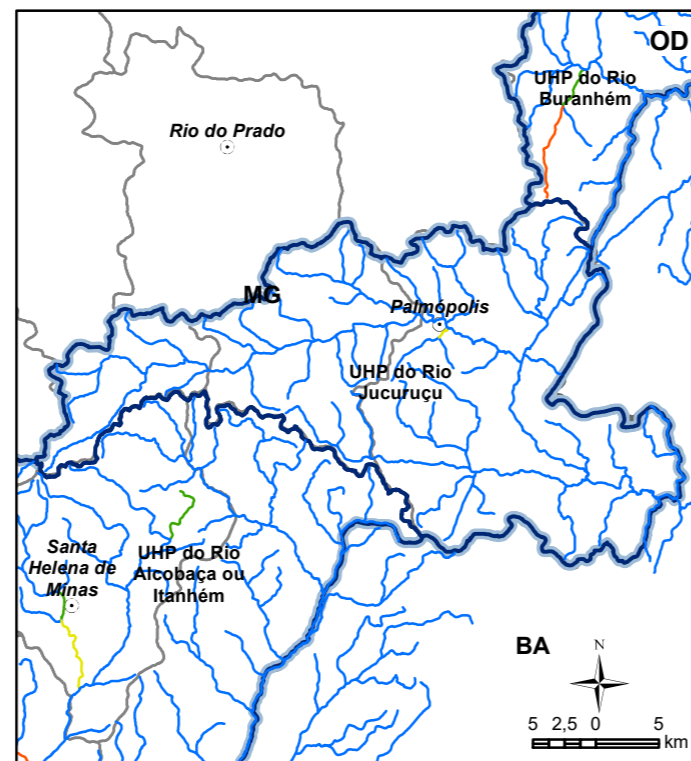
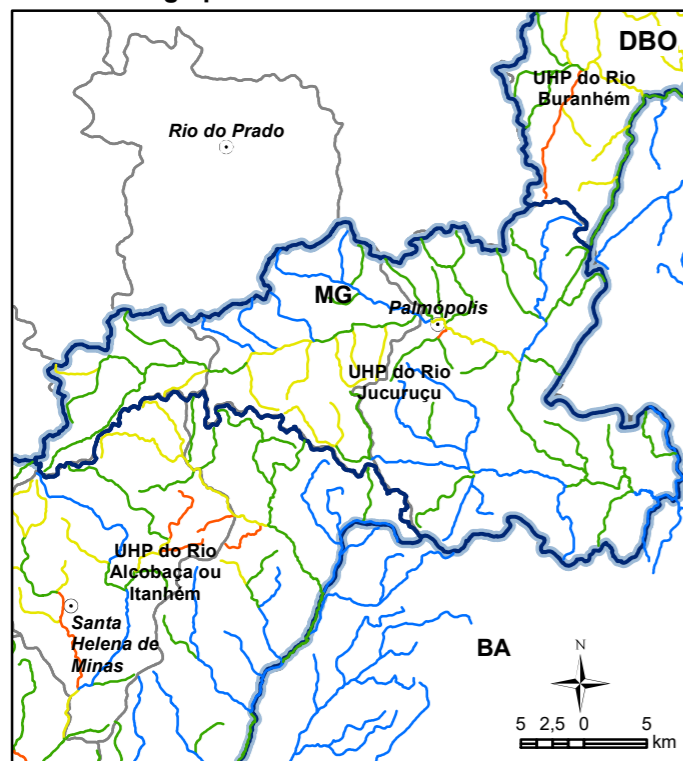
Mapa 5.7 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Buranhém. (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ⬭ Limite UHPs
- ⬭ Bacias dos Rios do Leste
- ⬭ Limite Municipal
- ⬭ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

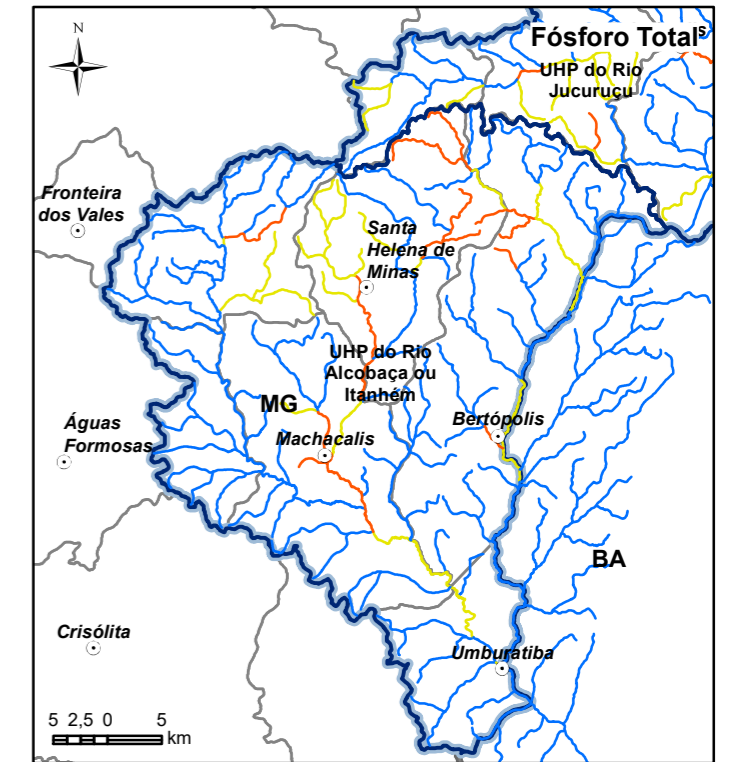
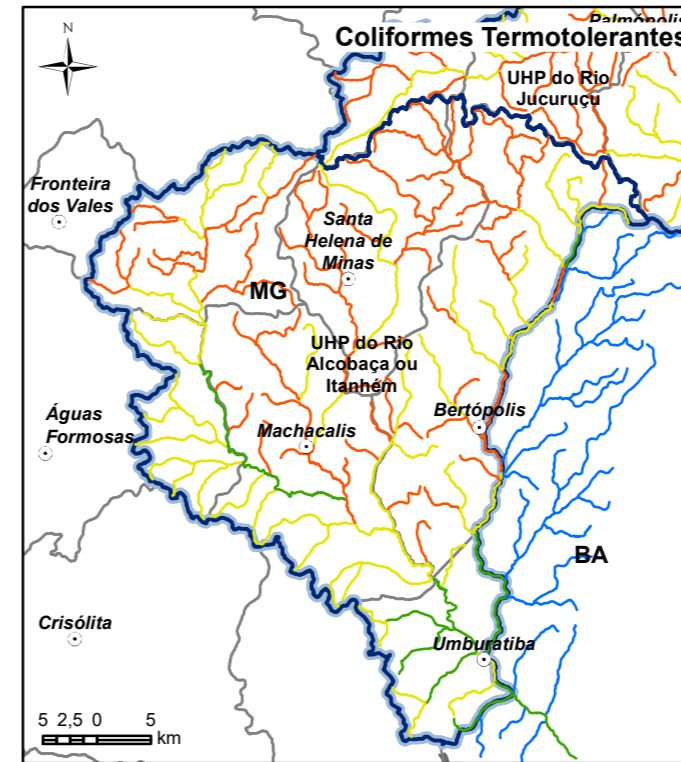
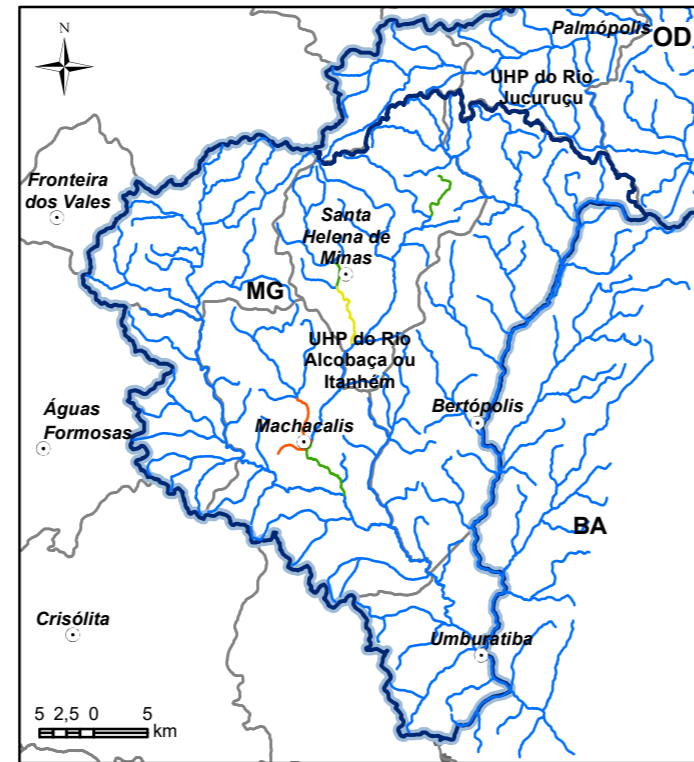
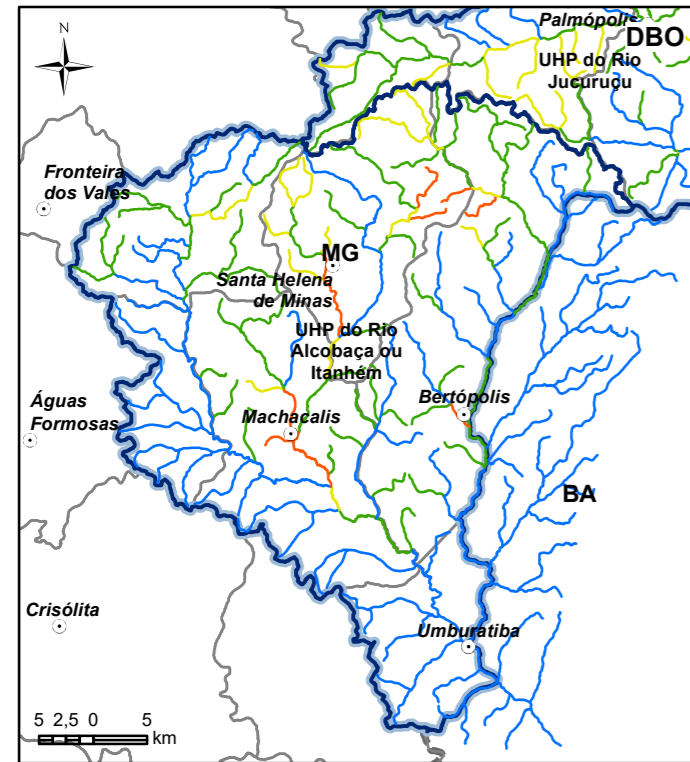


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

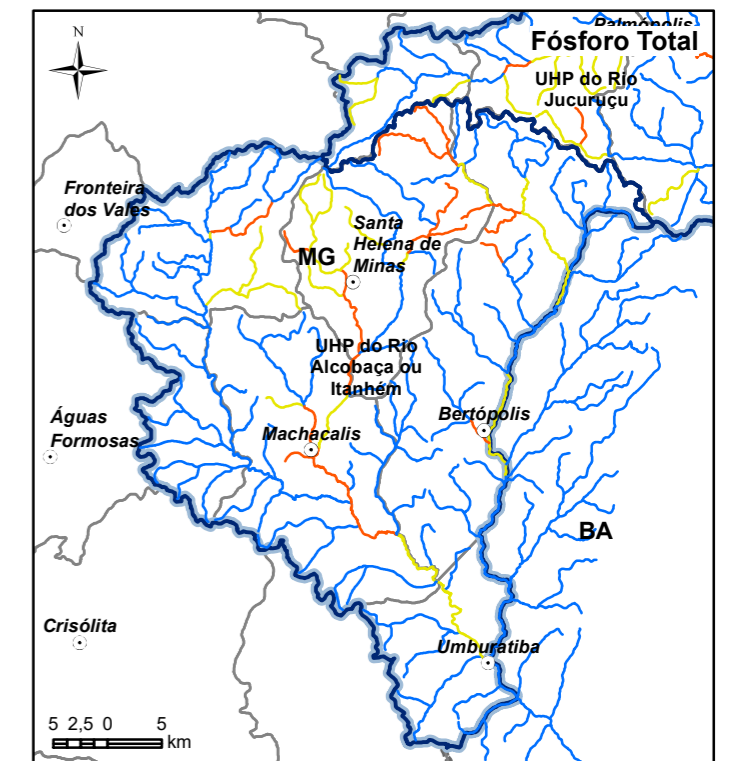
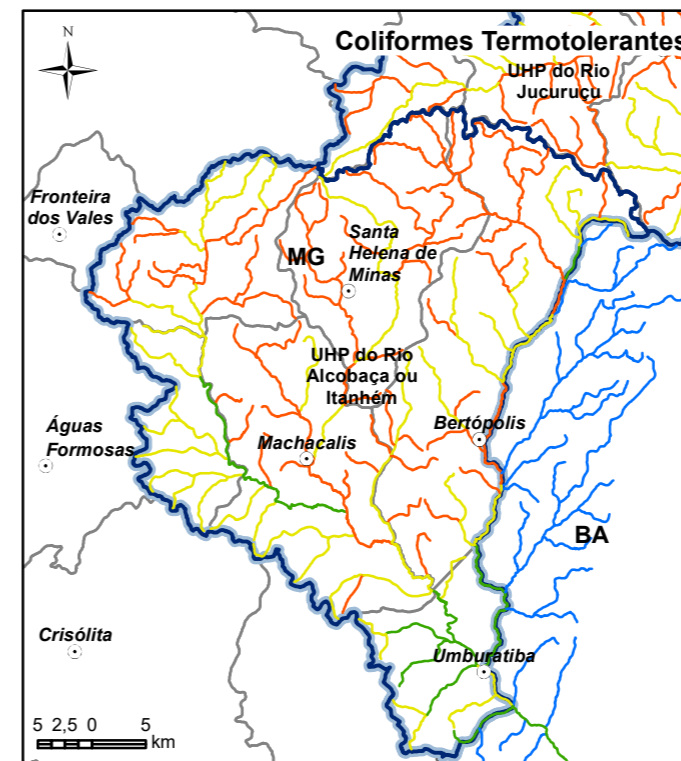
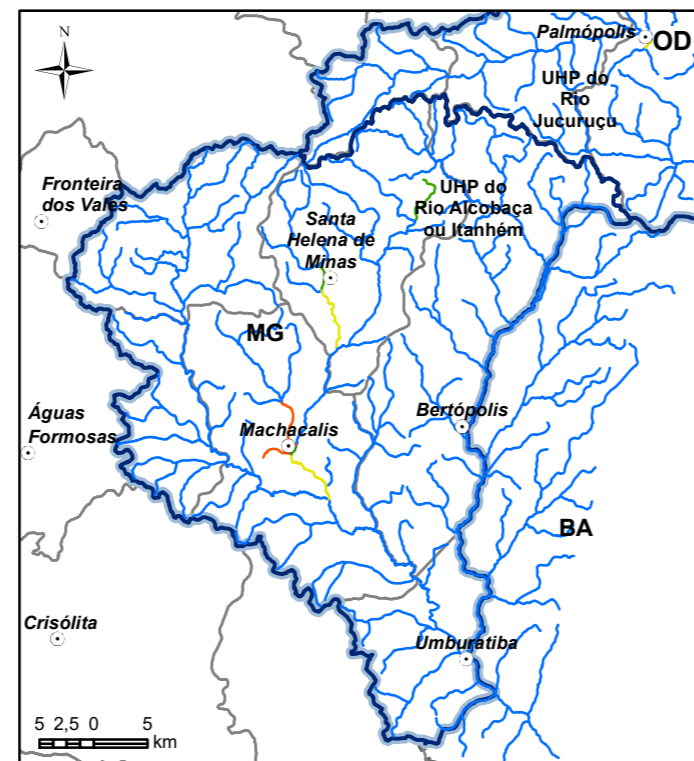
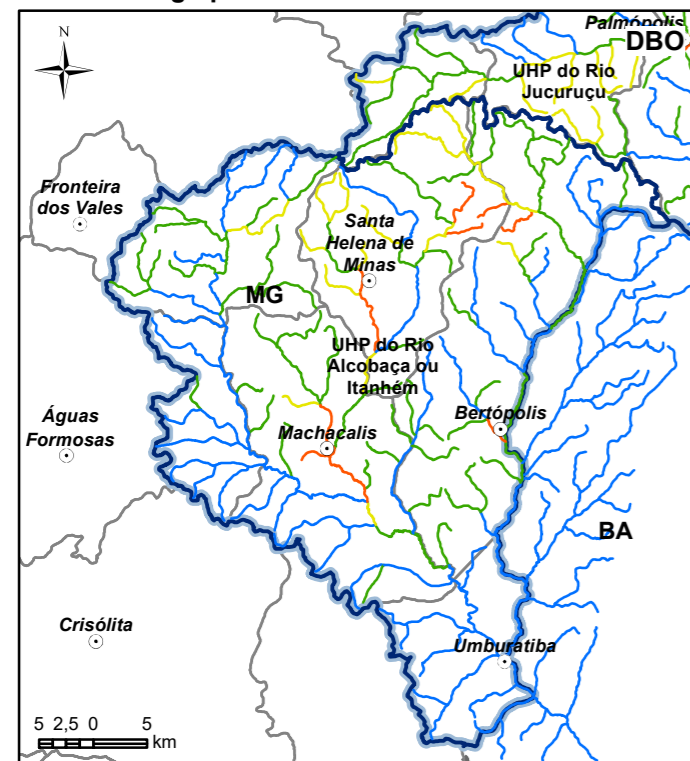
Mapa 5.8 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Jucuruçu (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ▭ Limite UHPs
- ▭ Bacias dos Rios do Leste
- ▭ Limite Municipal
- ▭ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

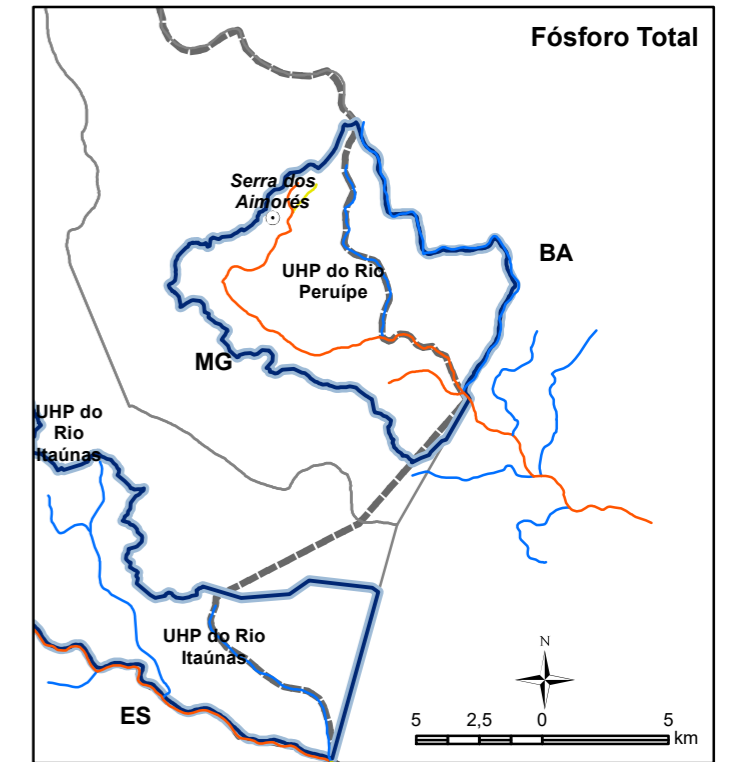
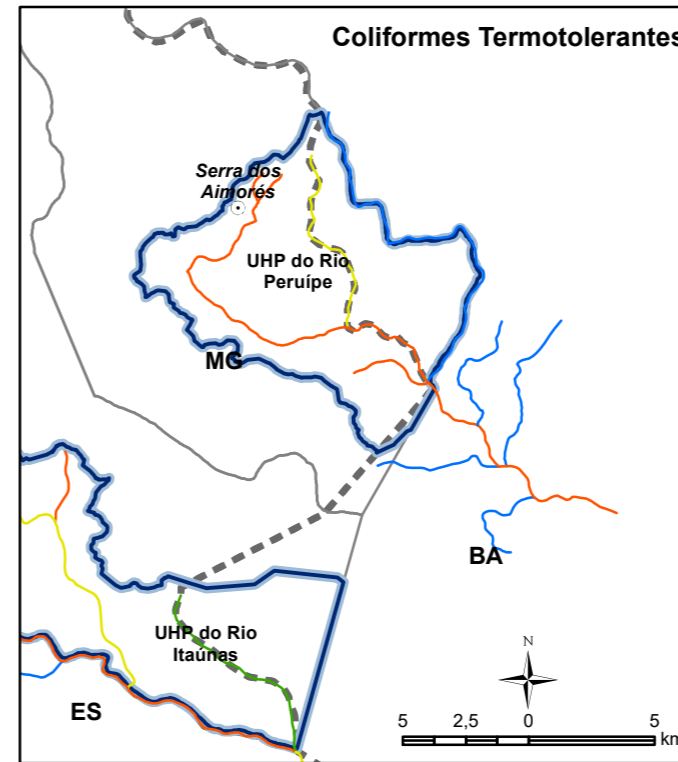
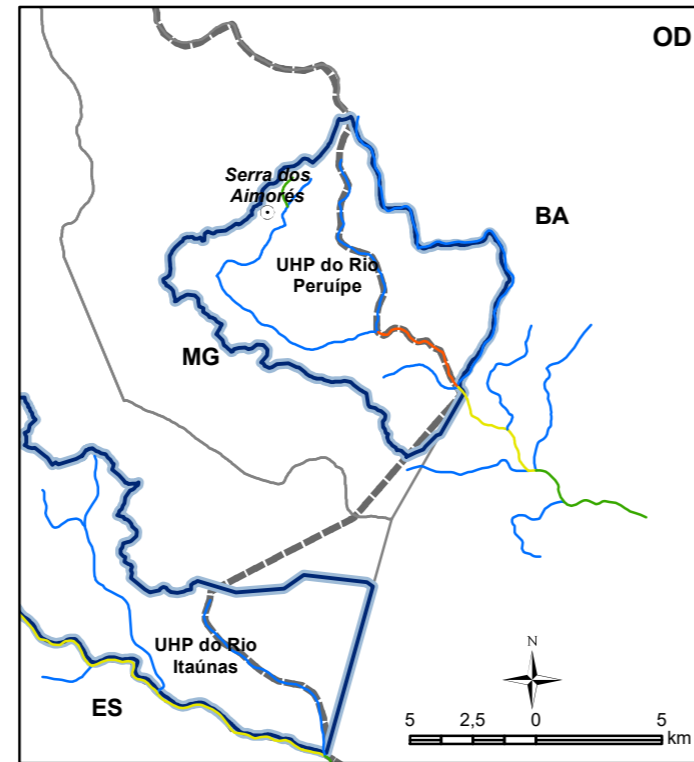
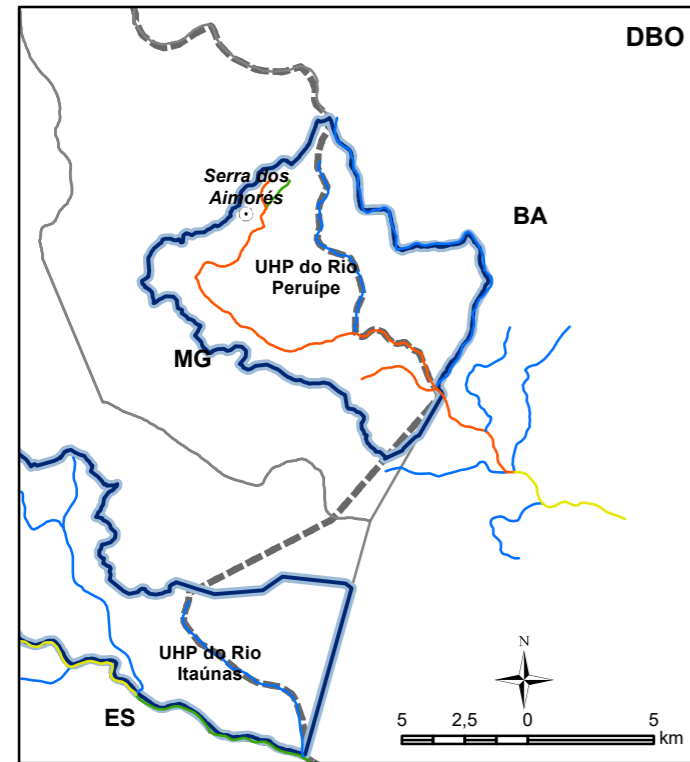


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

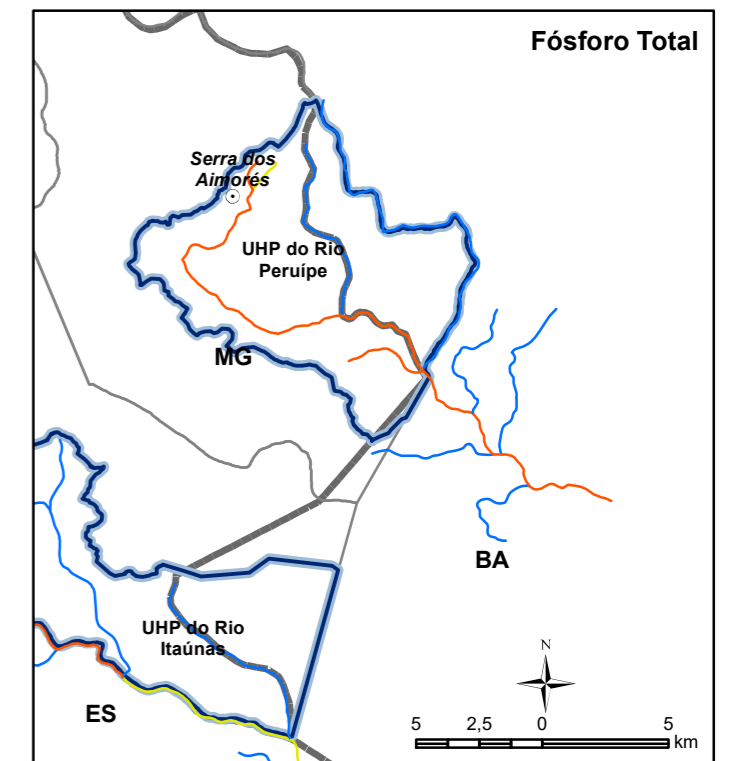
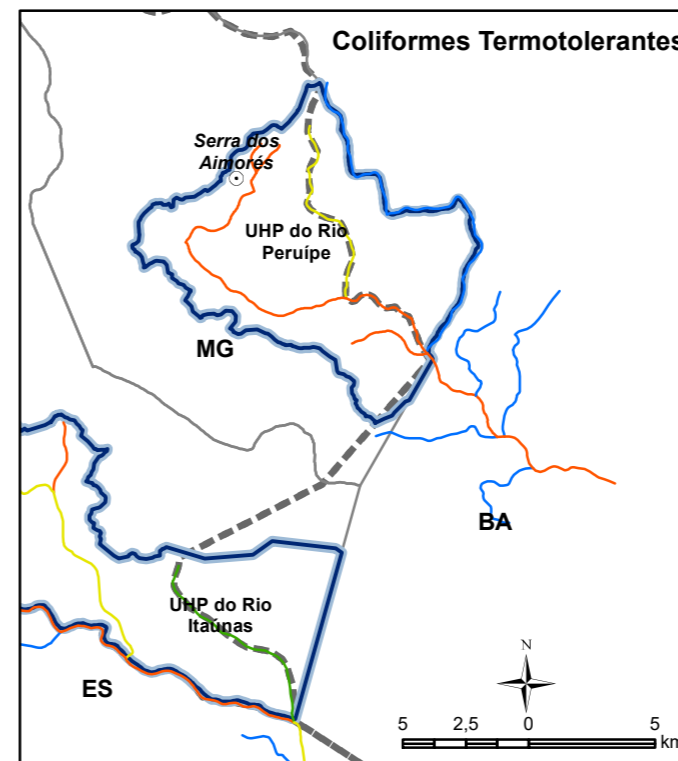
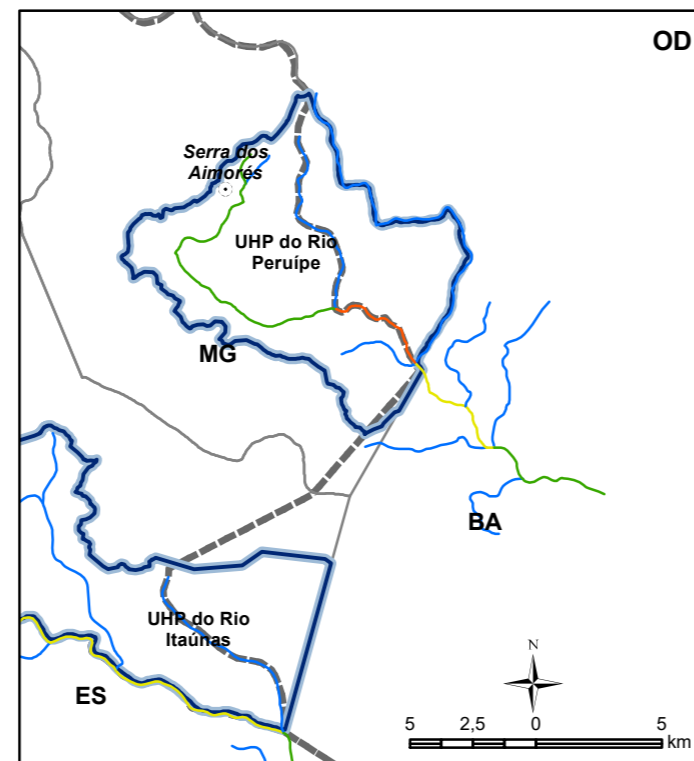
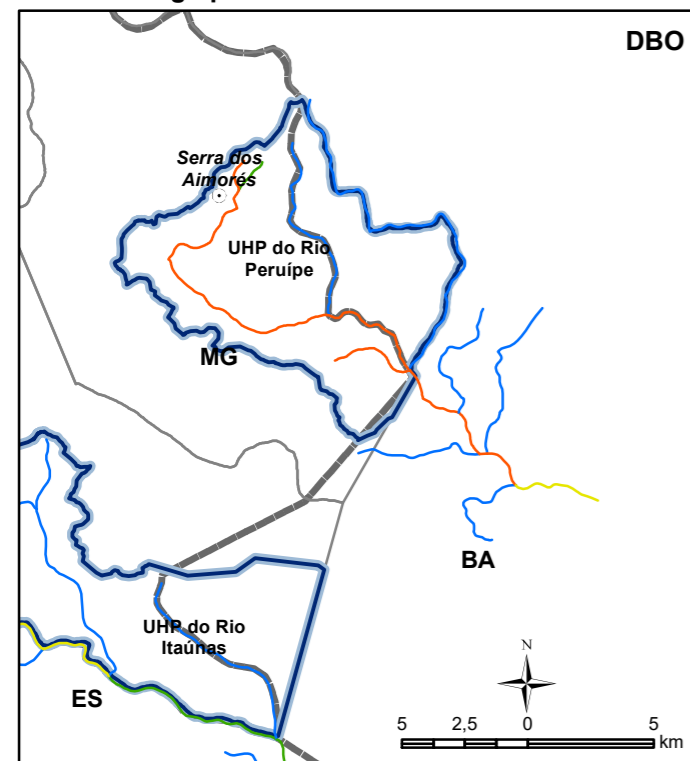
Mapa 5.9 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itanhém (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ⬭ Limite UHPs
- ⬭ Bacias dos Rios do Leste
- ⬭ Limite Municipal
- ⬭ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

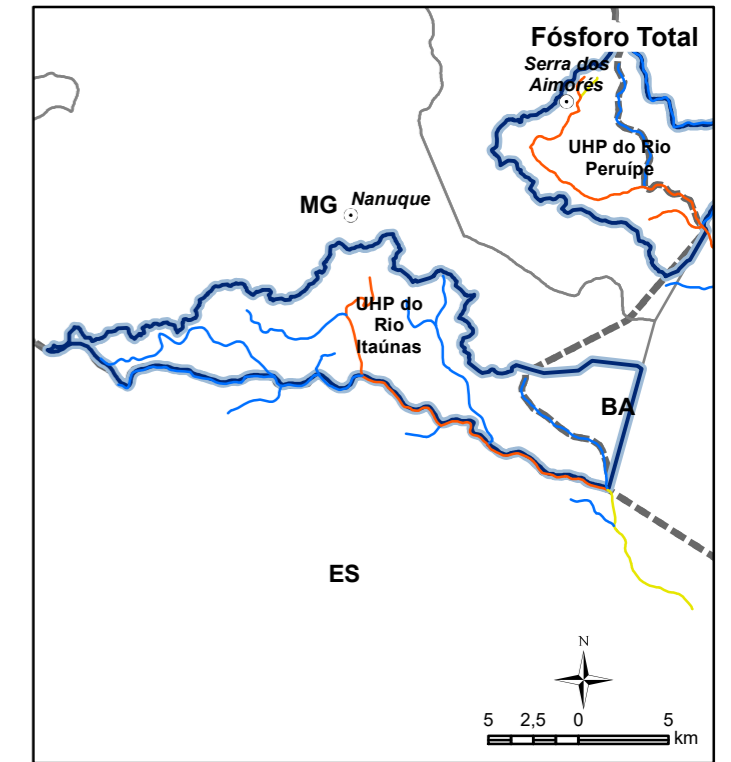
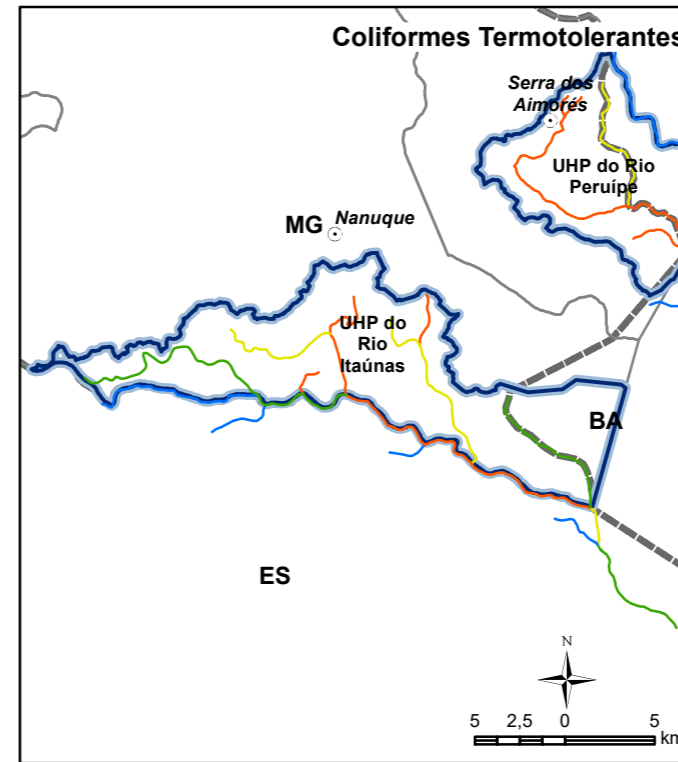
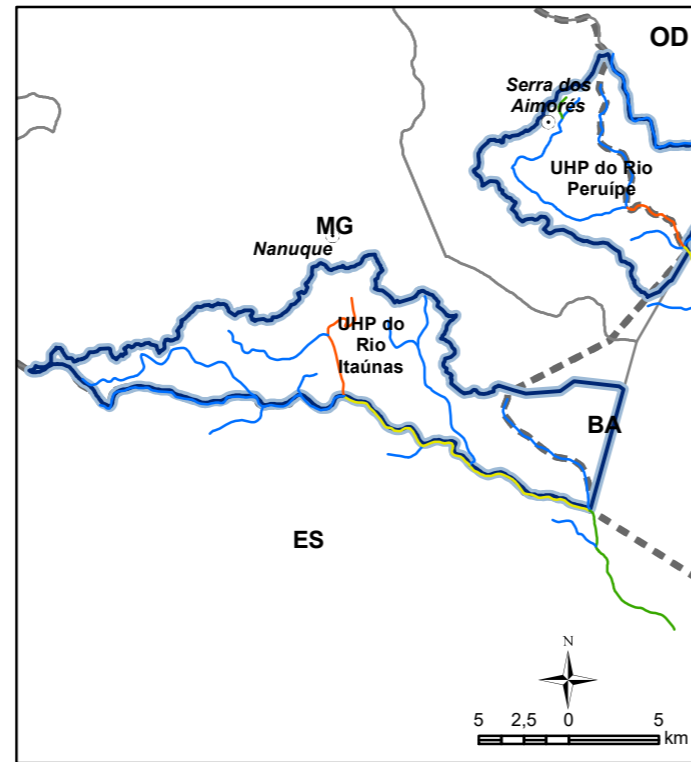
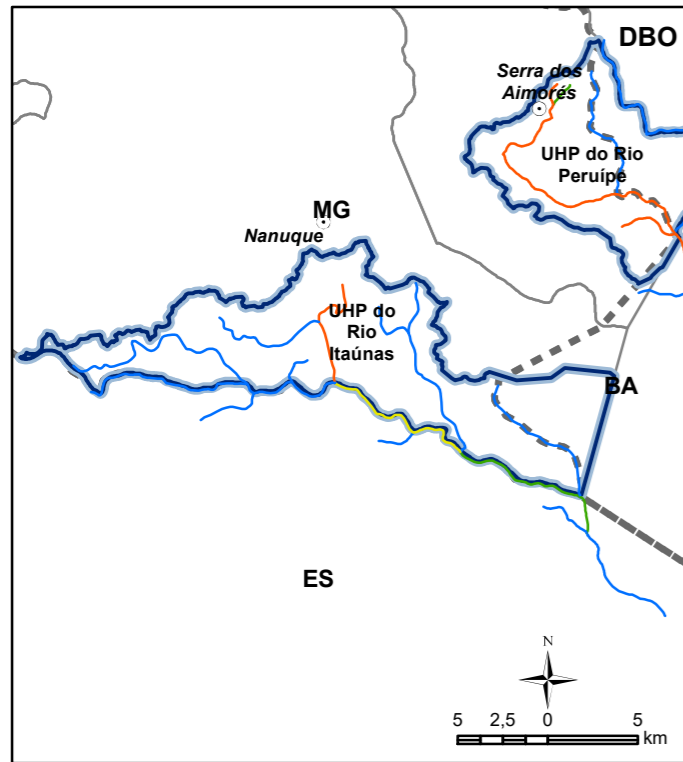


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

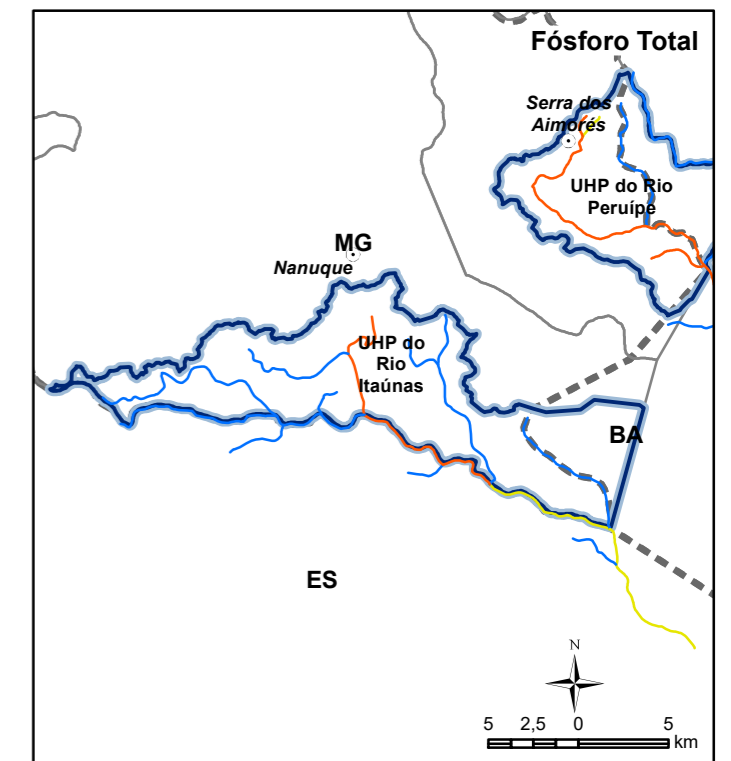
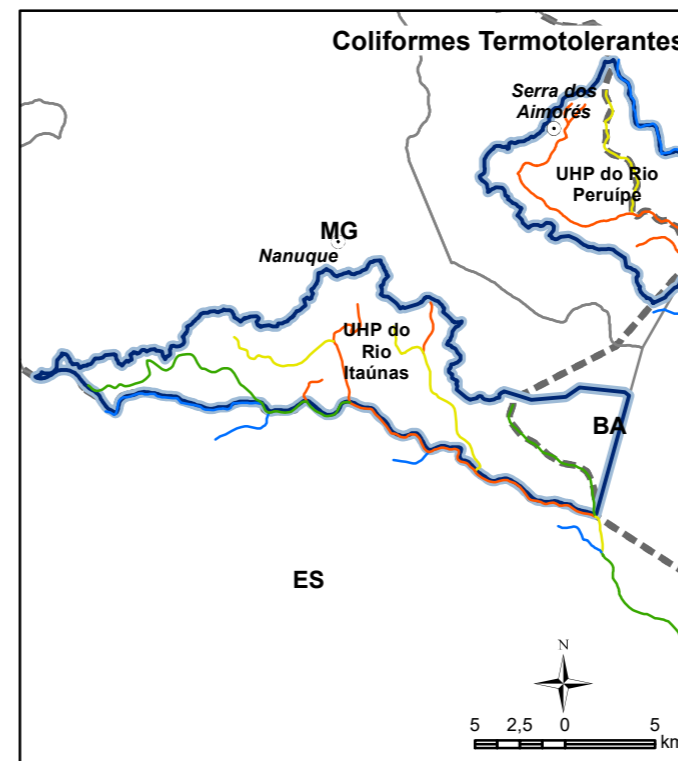
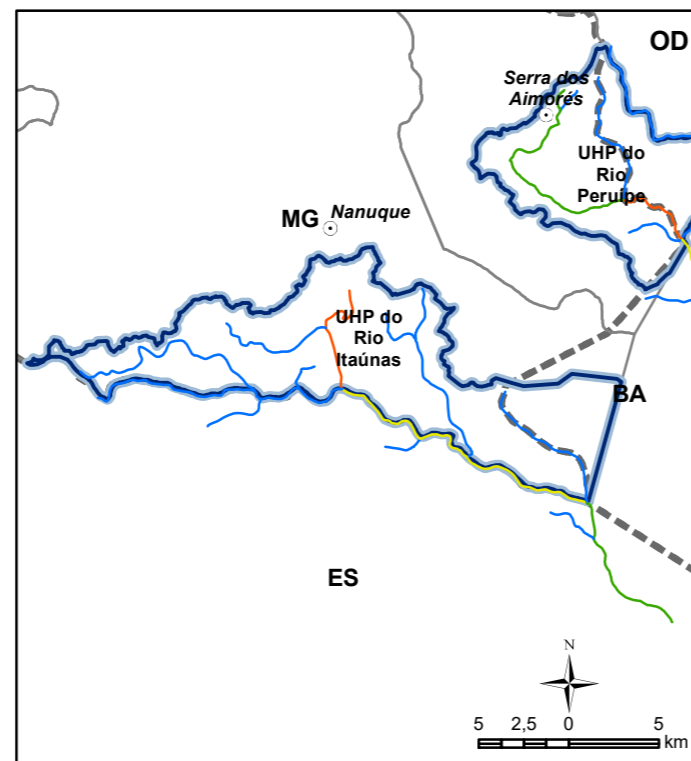
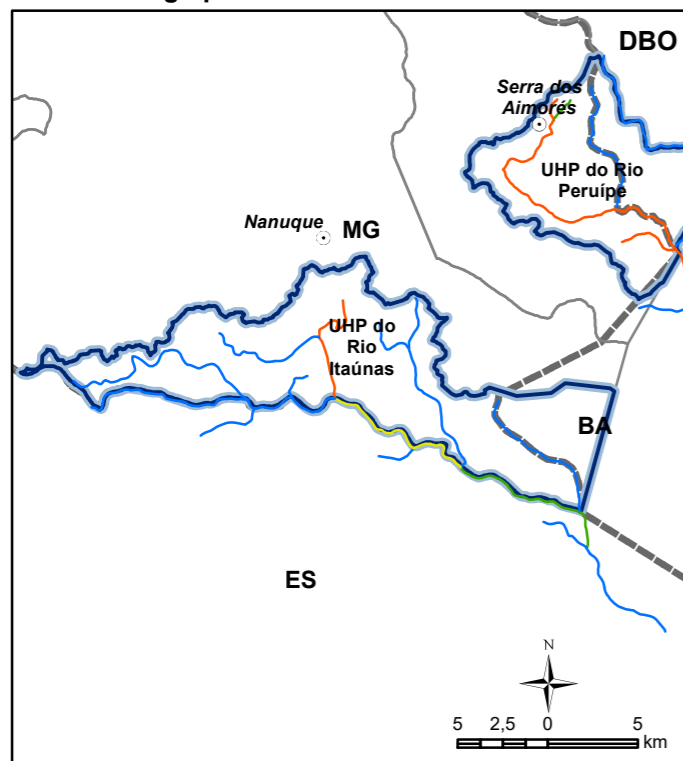
Mapa 5.10 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Peruípe (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ⊞ Limite UHPs
- ⊞ Bacias dos Rios do Leste
- ⊞ Limite Municipal
- ⊞ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

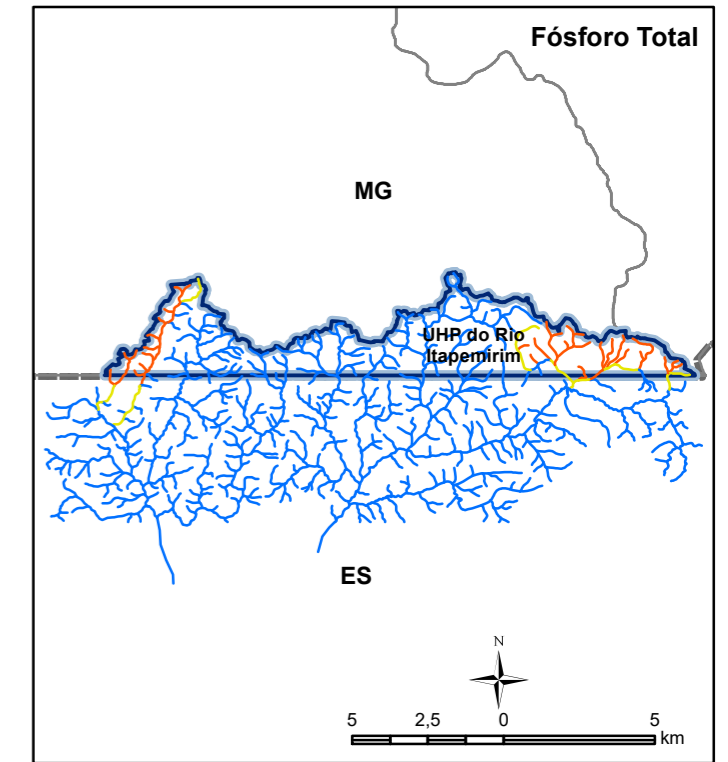
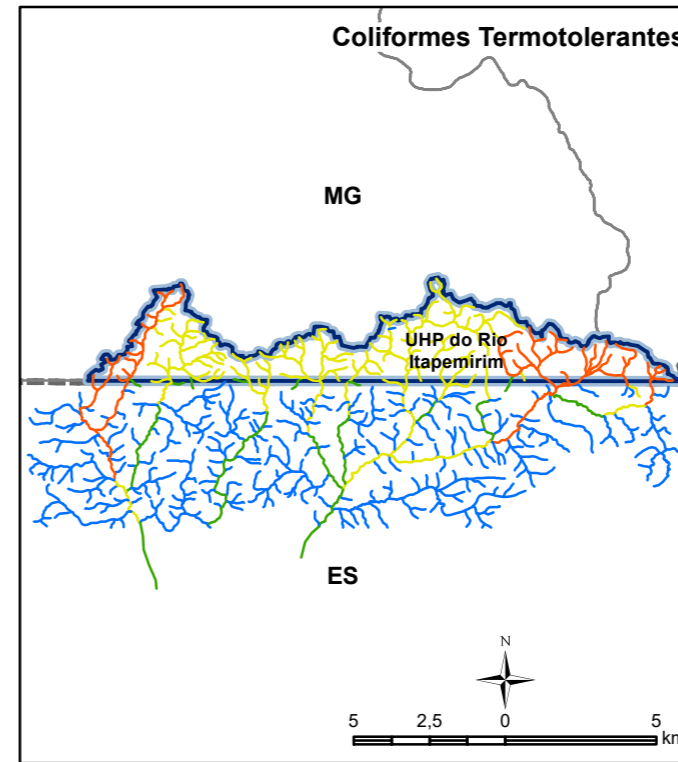
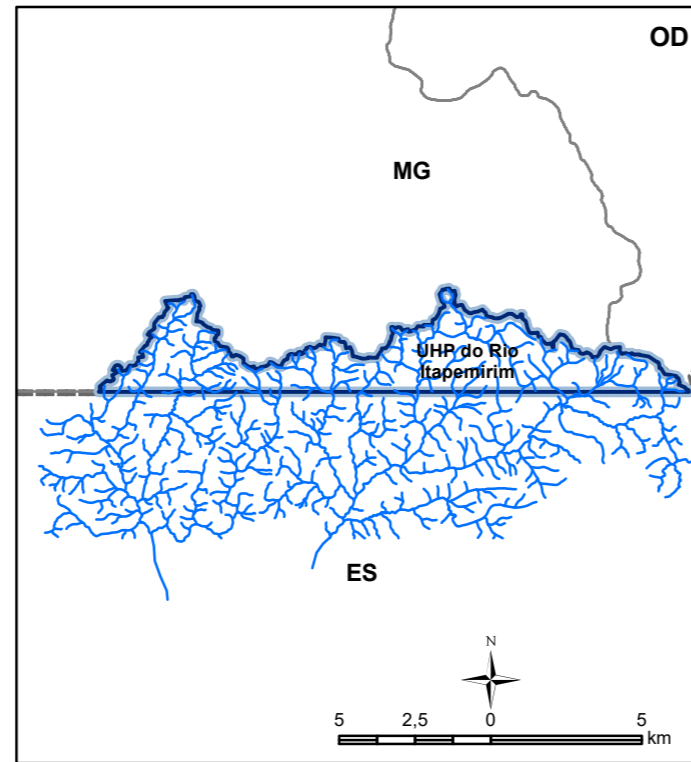
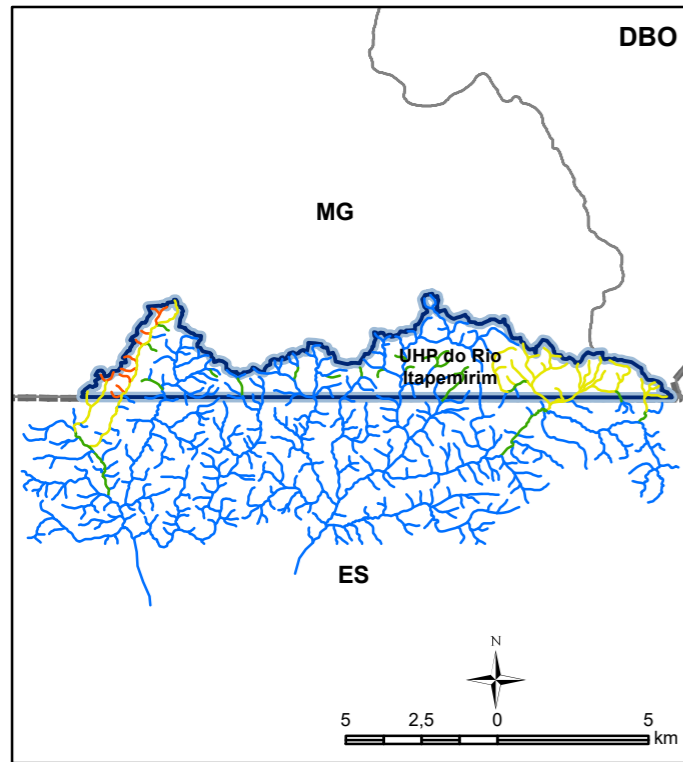


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

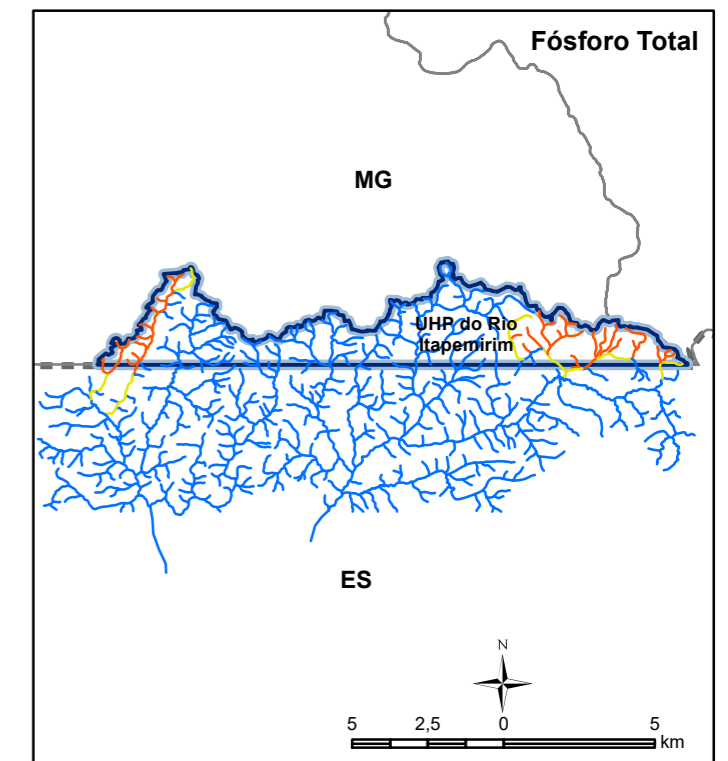
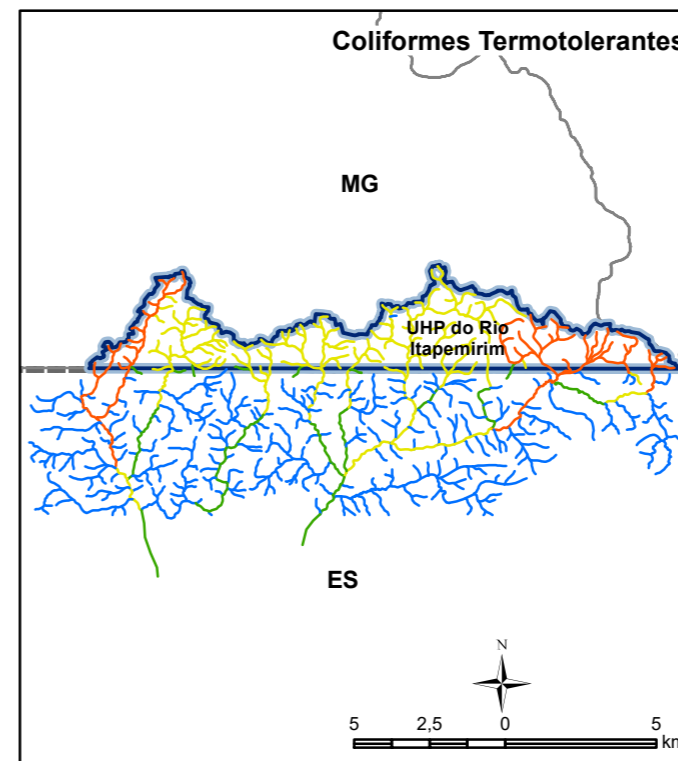
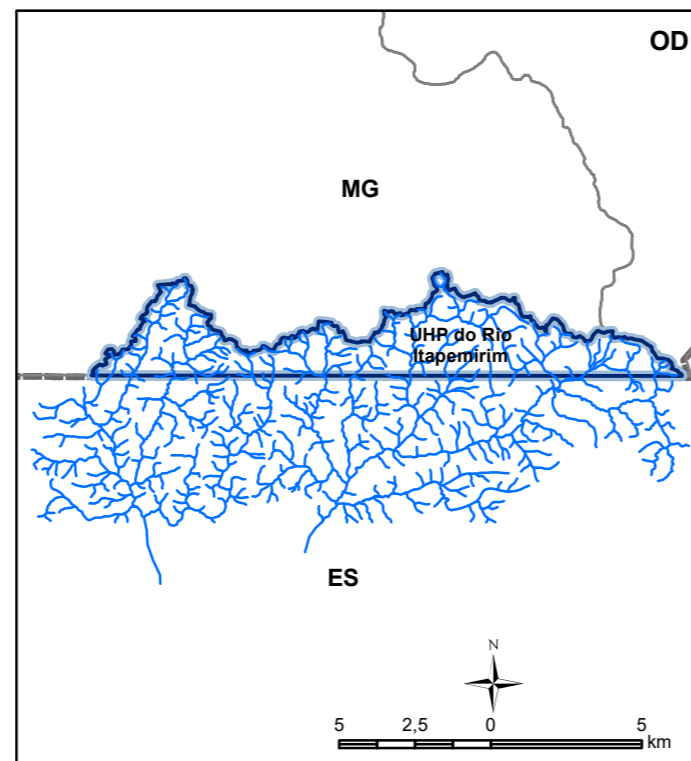
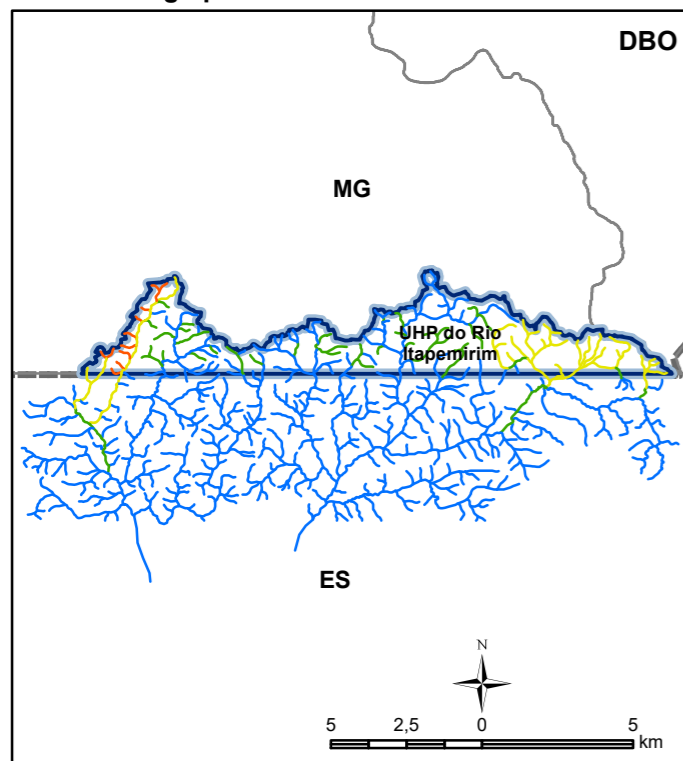
Mapa 5.11 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itaúnas (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Limite UHPs
- Bacias dos Rios do Leste
- Limite Municipal
- Limite Estadual

Qualidade da água no cenário tendencial

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO

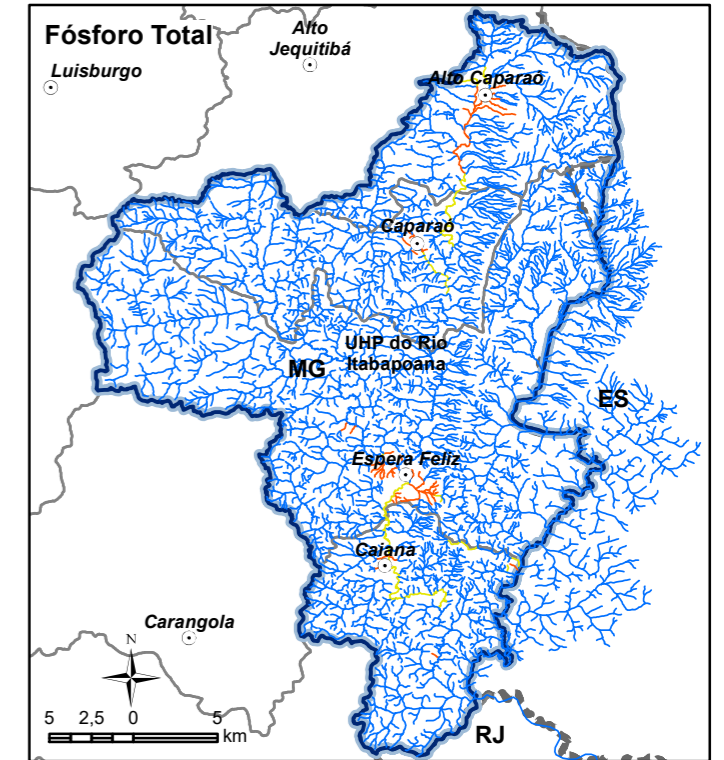
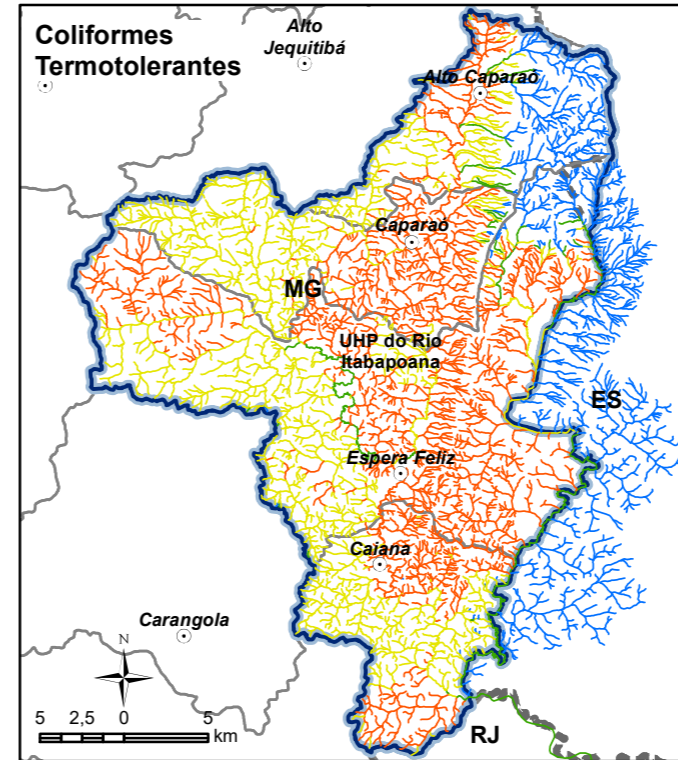
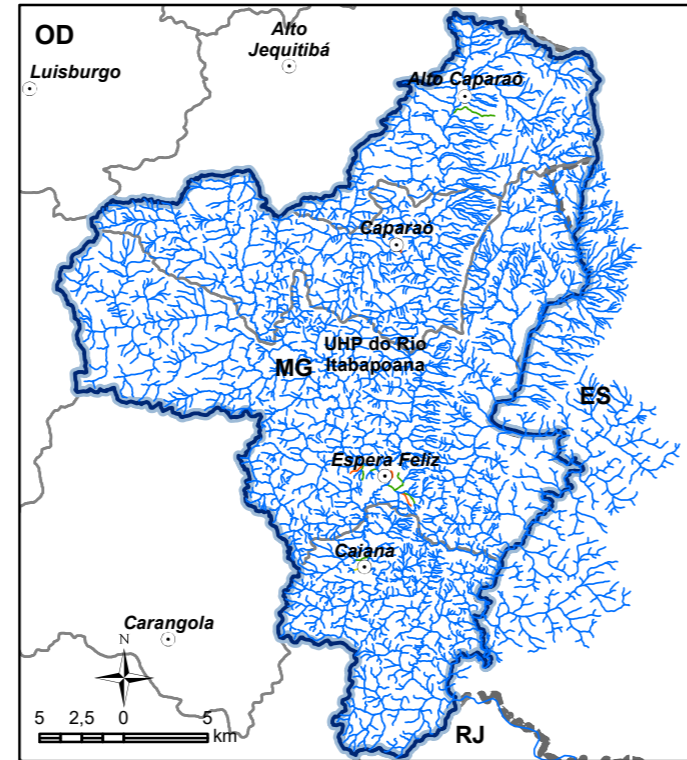
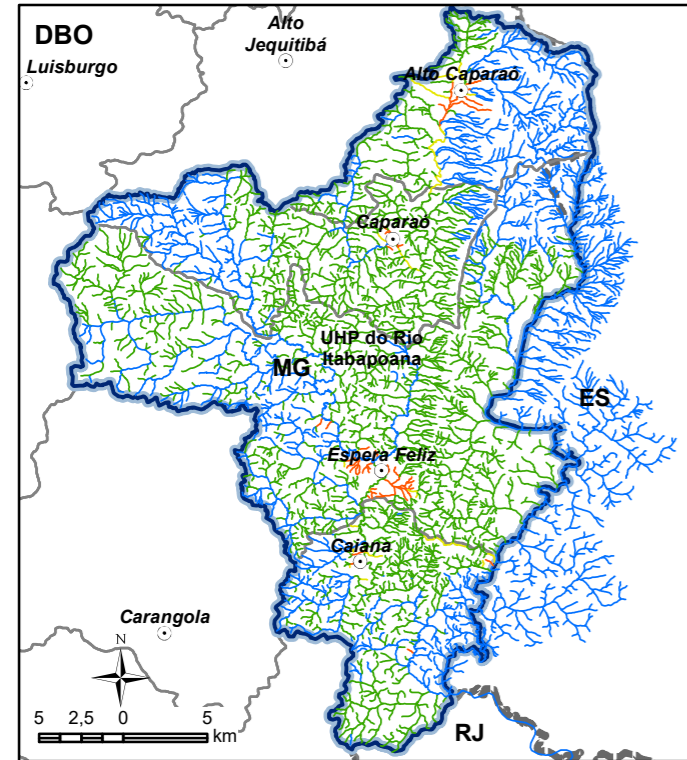


Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

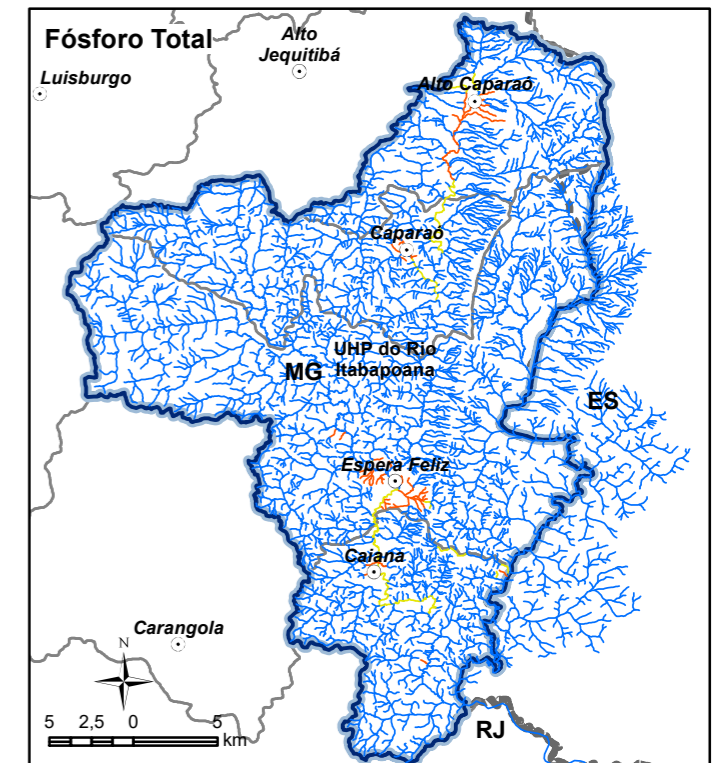
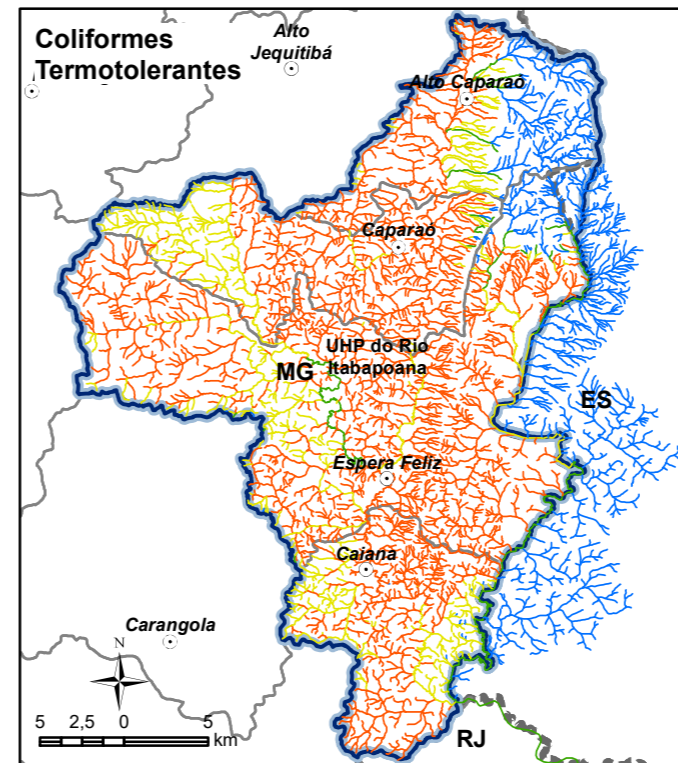
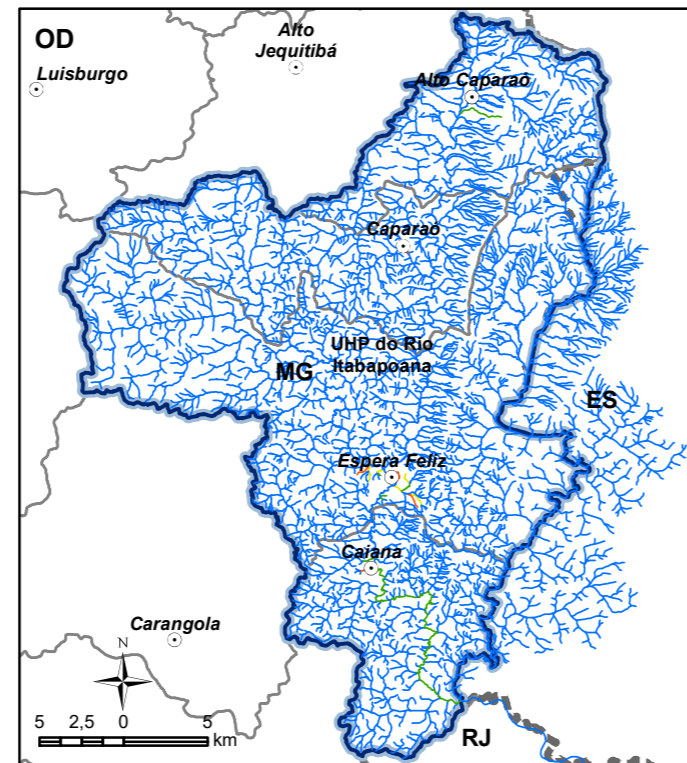
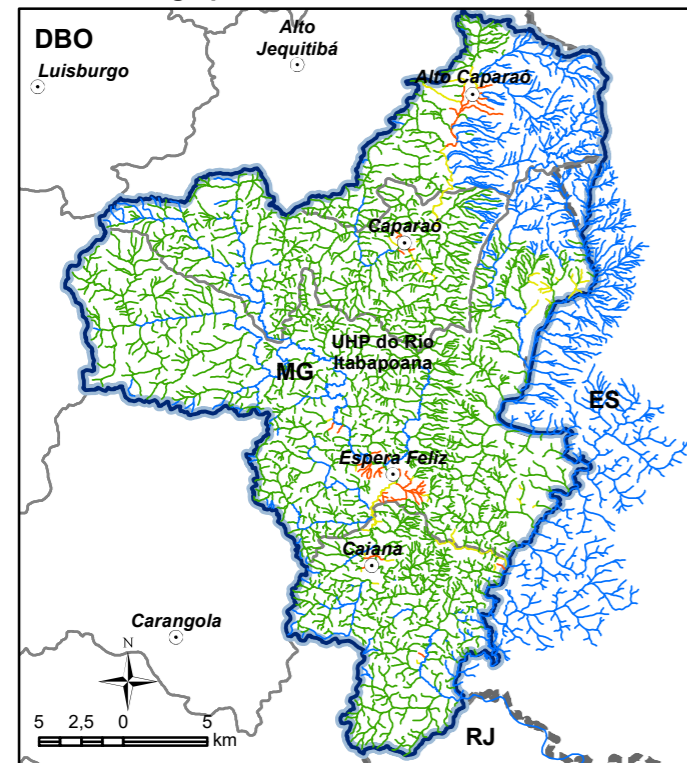
Mapa 5.12 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itapemirim (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

Ano-base 2021:



Cena de longo prazo 2041:



LEGENDA

- Sede Municipal
- ⊞ Limite UHPs
- ⊞ Bacias dos Rios do Leste
- ⊞ Limite Municipal
- ⊞ Limite Estadual

- Qualidade da água no cenário tendencial
- Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE

PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

Mapa 5.13 – Resultados da simulação de qualidade da água no Cenário Tendencial: Bacia do Rio Itabapoana (2021-2041)

Fonte de dados:  
- Sede municipal: IBGE, 2015  
- Limite municipal: IBGE, 2015  
- Limite estadual: IBGE, 2015  
- Limite da UPGRH: Adaptado conforme o limite das Otopobacias - IGAM, 2010  
- Limite das UHPs: Profill, 2018  
- Qualidade da água: Profill, 2021

### 5.2.3. Resultados do Cenário de Contingência Climática

A apresentação dos resultados de qualidade para o Cenário de Contingência Climática objetiva informar quais serão os parâmetros em situação de maior criticidade na ocorrência de um evento de escassez prolongada. Para tanto são apresentados os resultados por parâmetro e por bacia.

O Quadro 5.9 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP em relação a cena (2021) do Cenário de Contingência Climática. Neste caso podemos observar uma elevação expressiva das concentrações, reflexo da redução da capacidade de diluição dos efluentes. Em média, verifica-se um aumento médio em torno de 80% das concentrações dos parâmetros (e redução média de 17% na concentração de oxigênio dissolvido), havendo alterações de classe especialmente para o parâmetro fósforo e DBO. Neste cenário, a maior parte das bacias teria condições de qualidade equivalentes às classes 3 e 4.

Quadro 5.9. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário de Contingência Climática – cena atual (2021)

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
UHP-1-Rio Buranhém	11	5,93	10614,07	0,29	1,68	0,07	0,18	4
UHP-2-Rio Jucuruçu	7,57	6,48	7425,9	0,24	1,38	0,06	0,25	4
UHP-3-Rio Itanhém	6,51	6,59	4630,81	0,21	1,36	0,07	0,37	4
UHP-4-Rio Peruípe	44,71	3,05	32636,79	1,35	8,5	0,41	0,96	4
UHP-5-Rio Itaúnas	11,21	4,63	14454,05	0,33	2,02	0,09	0,21	4
UHP-6-Rio Itapemirim	7,26	8,11	9961,69	0,15	0,78	0,02	0,1	4
UHP-7-Rio Itabapoana	4,94	5,74	4888,17	0,14	1	0,04	0,29	3

\* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
---	----------	---	----------	---	----------	---	----------

Fonte: elaboração própria.

Por fim, o Quadro 5.10 apresenta a média ponderada das concentrações em cada UHP em relação à cena de longo prazo (2041) do Cenário de Contingência Climática. Novamente, observamos pouca alteração em relação a cena atual, no entanto em condições bastante comprometidas em termos de qualidade da água em razão da oferta hídrica reduzida.





Quadro 5.10. Média ponderada por UHP das concentrações dos parâmetros de qualidade simulados em relação ao Cenário de Contingência Climática – cena de longo prazo (2041)

UHP	Concentração (mg/L)							Class. final
	DBO	OD	Colif.*	Fosf.	N. amon.	Nitrito	Nitrato	
UHP-1-Rio Buranhém	11	5,93	10614,07	0,29	1,68	0,07	0,18	4
UHP-2-Rio Jucuruçu	7,57	6,48	7426,52	0,24	1,38	0,06	0,25	4
UHP-3-Rio Itanhém	6,74	6,5	4811,06	0,22	1,42	0,07	0,38	4
UHP-4-Rio Peruípe	46,67	2,9	34148,65	1,41	8,88	0,42	1,01	4
UHP-5-Rio Itaúnas	11,16	4,64	14382,58	0,33	2,01	0,09	0,21	4
UHP-6-Rio Itapemirim	7,44	8,09	10272,92	0,16	0,8	0,02	0,1	4
UHP-7-Rio Itabapoana	5,78	5,22	5830,37	0,17	1,17	0,05	0,32	4

\* valor em NMP/100ml

Legenda:

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4
--	----------	--	----------	--	----------	--	----------

Fonte: elaboração própria.



## 6. COMPATIBILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS

A compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas pode ser entendida como o aspecto central da gestão de recursos hídricos, uma vez que essa se cerca de subsídios e gera informações para que seja viabilizada a sustentabilidade do uso do recurso “água”. Uma vez que esse recurso é escasso e finito no contínuo de sua utilização, cabe à gestão tornar **sustentável – ou compatível** – a quantidade e qualidade do recurso existente frente à sua utilização.

Não é sem razão que uma das informações mais relevantes para o processo de gestão é o **balanço hídrico**, conforme apresentado no capítulo anterior. No desenvolvimento dos processos e instrumentos de gestão o propósito de equilíbrio e preferencialmente de um saldo positivo, que permeia o termo balanço, fica subentendido. Contudo, o exercício de compatibilização das disponibilidades, para as quais a possibilidade de controle é menor, com as demandas, que a princípio podem ser mais controladas, coloca o planejamento em frente à necessidade de traçar estratégias e limites para o alcance e manutenção do equilíbrio entre ambas, tornando os usos sustentáveis e compatíveis com a capacidade de suporte dos sistemas hídricos.

Torna-se relevante tratar de capacidade de suporte dos ambientes nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste para firmar o entendimento de que nem todo o recurso natural existente está disponível para uso das atividades econômicas e manutenção da vida humana. A disponibilidade hídrica é necessária tanto para atender os usos múltiplos da água, quanto para a manutenção da vida aquática e dos ecossistemas.

Outro aspecto a considerar é que a eventual compatibilização entre disponibilidades e demandas é um processo dinâmico. A demanda responde a um conjunto complexo de fatores e pode ser aumentada ou diminuída sem considerar eventuais limitações de disponibilidade. Da mesma forma, a redução da disponibilidade natural também é possível, já que a ocorrência de períodos de escassez associados às variabilidades climáticas pode acarretar uma redução na água disponível, tanto de forma eventual, quanto permanentemente ou para longos períodos. Esses são os fatores preponderantes para a ocorrência de situações como as de racionamento de água, priorização de usos, entre outras que geralmente acarretam prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Sendo assim, as alternativas de compatibilização entre disponibilidades e demandas são selecionadas com o objetivo de assegurar atendimento das demandas atuais e das projetadas, assim como para mitigar os efeitos de eventos de escassez recorrente. Para tal, são propostas alternativas técnicas consideradas viáveis para a compatibilização entre as disponibilidade e demandas hídricas focadas sobre as características das bacias. Por um lado, são analisadas alternativas para a ampliação das disponibilidades, fazendo uso de artifícios que permitam aumentar a garantia e quantidade de



água disponível. Por outro lado, são avaliadas alternativas para a redução das demandas, fazendo uso de tecnologias e gerenciamentos que permitam reduzir o consumo de água, bem como a geração e o lançamento de cargas poluidoras, mesmo num contexto de maior pressão por aumento da demanda.

Essas alternativas, estruturais e não estruturais, assim como a análise dos incrementos positivos ou negativos das demandas, são apresentadas nos itens que seguem.

## **6.1. AVALIAÇÕES DOS INCREMENTOS POSITIVOS OU NEGATIVOS DAS DEMANDAS HÍDRICAS**

A avaliação dos impactos futuros que as alterações nas demandas hídricas podem ter parte da projeção das demandas hídricas apresentada no capítulo 3. O objetivo é compor um quadro analítico que oriente a busca e seleção por alternativas de intervenção e gestão na bacia visando a mitigação e solução dos conflitos através da concertação dos interesses.

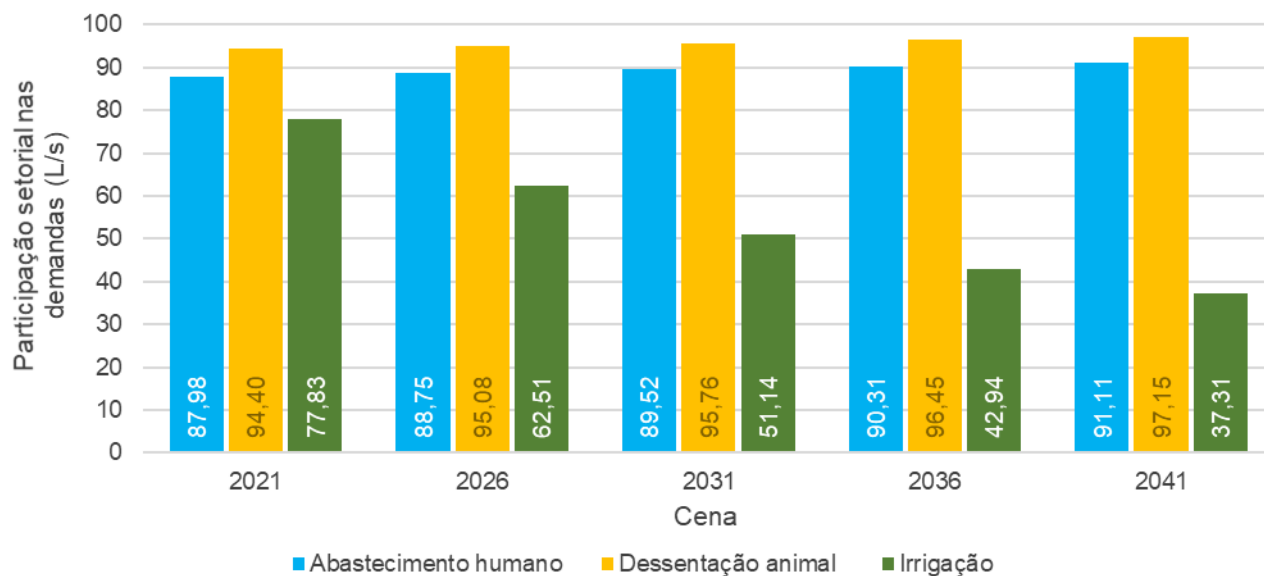
O primeiro aspecto a considerar para esta avaliação é a participação dos setores usuários no total das demandas das bacias. Como abordado no item 3.2.5, as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste se dividem em três perfis de uso das águas: (i) voltado ao abastecimento humano e atividades agropecuárias, onde se enquadram as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém; (ii) voltado às atividades agrícolas, onde se enquadram as bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim; e (iii) voltado ao abastecimento humano com demanda de irrigação crescente, onde se enquadra a Bacia do Rio Itabapoana. É a partir desses três perfis que são avaliados os incrementos de demandas hídricas.

### **6.1.1. Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém**

Nesse conjunto de bacias, os setores que se destacam são o abastecimento humano, a dessedentação animal e a irrigação. A projeção das demandas desses setores nas cenas de planejamento é apresentada na Figura 6.1.



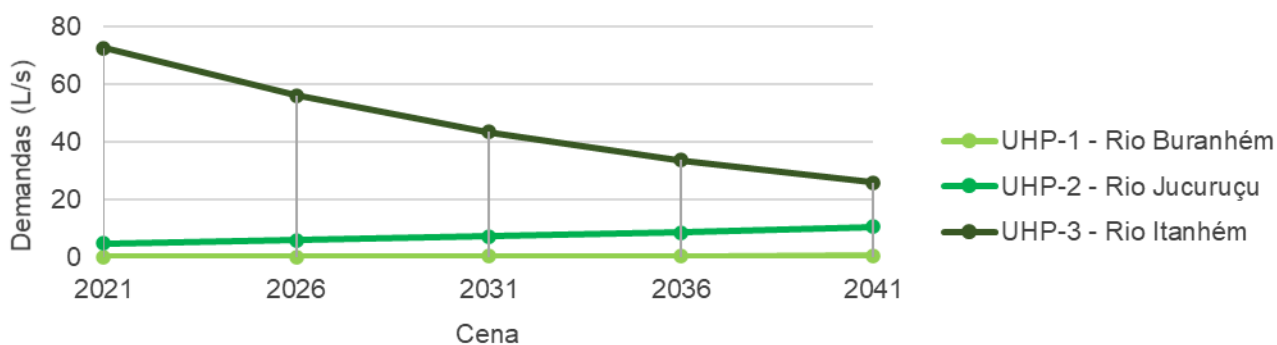
Figura 6.1 - Projeção das demandas dos setores destacados para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém.



Fonte: elaboração própria.

Nota-se que para este conjunto de bacias há um “crescimento estável” para as demandas do abastecimento e da dessedentação animal junto à uma expressiva queda na demanda por irrigação. Essa queda no volume demandado pela irrigação se deve a queda expressiva na Bacia do Rio Itanhém e a um crescimento pouco expressivo das outras duas bacias, como pode ser observado na Figura 6.2.

Figura 6.2 - Projeção das demandas de irrigação para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém.



Fonte: elaboração própria.

A bacia do Rio Itanhém, das três, é a que possui a maior demanda para dessedentação animal e uma tendência de crescimento no uso da água por esse setor usuário. Contudo o decréscimo da demanda de irrigação não seria compensado por um aumento de mesma ordem para a dessedentação animal. Para as três bacias, nota-se que há possibilidades de um maior uso da água, o que com a população e o rebanho se mantendo estáveis, torna a irrigação uma opção viável como forma de melhorar as condições produtivas das bacias.



Os balanços hídricos são favoráveis, mesmo quando considerado o cenário de contingência climática, que reduz em 49% a disponibilidade hídrica. O efeito dessa redução de demanda sobre os balanços é uma melhora no ICH para a cena de longo prazo, mantendo o nível de comprometimento em classe em conformidade (médio). O Quadro 6.1 apresenta os balanços para os dois cenários.

Quadro 6.1 - Balanços hídricos nos exutórios das UHPs para os cenários tendencial e de contingência climática.

UHP	Corpo hídrico	Balanço hídrico (%) Cenário Tendencial					Balanço hídrico (%) Cenário de Contingência Climática				
		2021	2026	2031	2036	2041	2021	2026	2031	2036	2041
UHP-1 - Rio Buranhém	Rio do Peixe	6,77	6,78	6,81	6,84	6,87	14,09	14,12	14,15	14,18	14,23
UHP-2 – Rio Jucuruçu	Rio do Prado ou Rio Jucuruçu	5,58	5,77	6,01	6,29	6,64	11,4	11,8	12,3	12,87	13,48
UHP-3 – Rio Itanhém	Rio Alcobaça ou Itanhém	13,4	12,56	11,87	11,35	10,96	24,65	23,12	21,92	20,99	20,25

Fonte: elaboração própria.

### 6.1.2. Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim

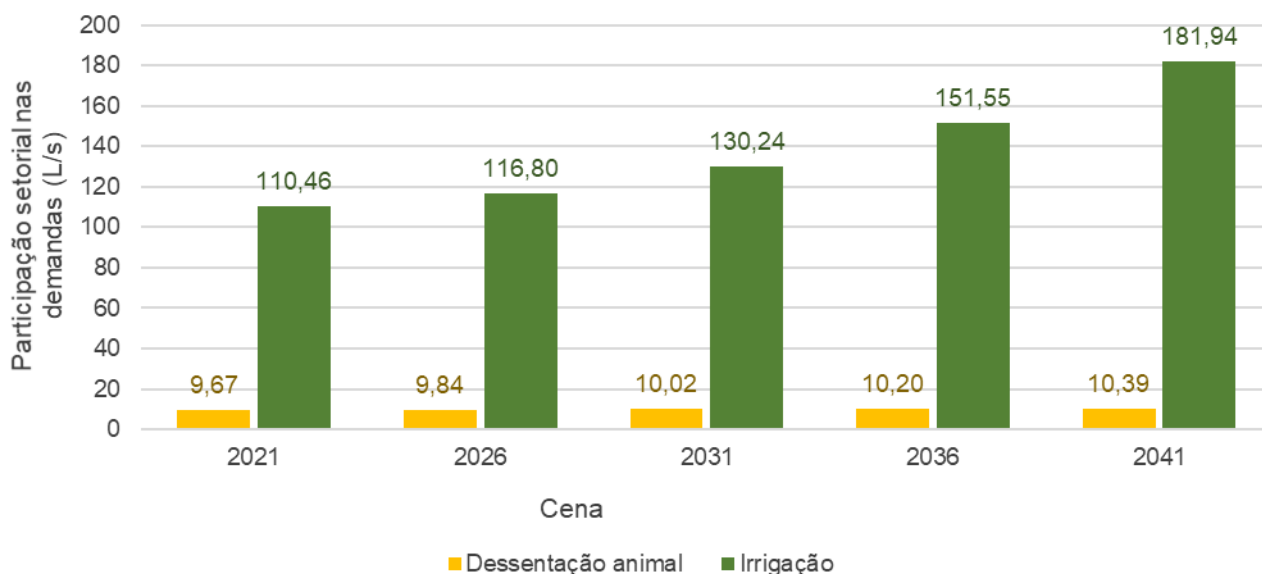
O conjunto de bacias representado pelas Bacias dos Rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim tem o perfil voltado às atividades agrícolas, já que são porções territoriais pouco extensas e localizadas em predominantemente áreas rurais dos municípios de Serra dos Aimorés, Nanuque e Lajinha, respectivamente.

Essas características corroboram com os resultados para a projeção das demandas, onde se destaca o setor de irrigação e, com menor participação, o setor de dessedentação animal. Contudo, cabe destacar que, como já abordado no item 3.2, as áreas dessas bacias são pequenas, o que tona a projeção um desafio, já que os dados disponíveis podem causar distorções em porções territoriais menores, devido a incompatibilidades no detalhamento e escala das informações.

A Figura 6.3 apresenta a participação dos dois setores destacados e a projeção das demandas ao longo do horizonte de planejamento.



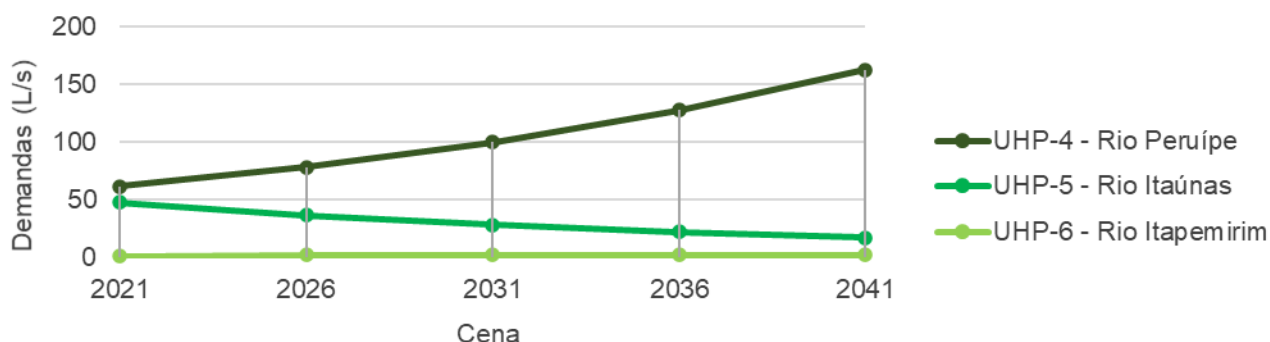
Figura 6.3 - Projeção das demandas dos setores destacados para as bacias dos rios Peruípe, Itaúnas e Itapemirim.



Fonte: elaboração própria.

Identifica-se uma clara tendência de crescimento para o setor de irrigação, contudo esse crescimento não é homogêneo nas três bacias. Enquanto o crescimento é notável na Bacia do Rio Peruípe, uma redução proporcionalmente menor é identificada na Bacia do Rio Itaúnas, enquanto a Bacia do Rio Itapemirim apresenta uma tendência à estabilidade, mas com uma demanda muito reduzida. Essas tendências podem ser observadas na Figura 6.4.

Figura 6.4 - Projeção das demandas de irrigação para as bacias dos rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém.



Fonte: elaboração própria.

A bacia do Rio Itapemirim é a que possui situação mais confortável, já que possui demandas bastante de pequeno porte, mesmo considerando sua área de drenagem. As outras duas bacias apresentam os balanços hídricos mais críticos de todo o conjunto das bacias do leste o que faz com a tendência de aumento na água demandada para a irrigação seja preocupante para a região. A alternativa à impossibilidade de atendimento na demanda é a adoção de técnicas mais eficientes, como as que já estão em uso nas regiões e em seu entorno. Como exemplo, cita-se a produção de cana

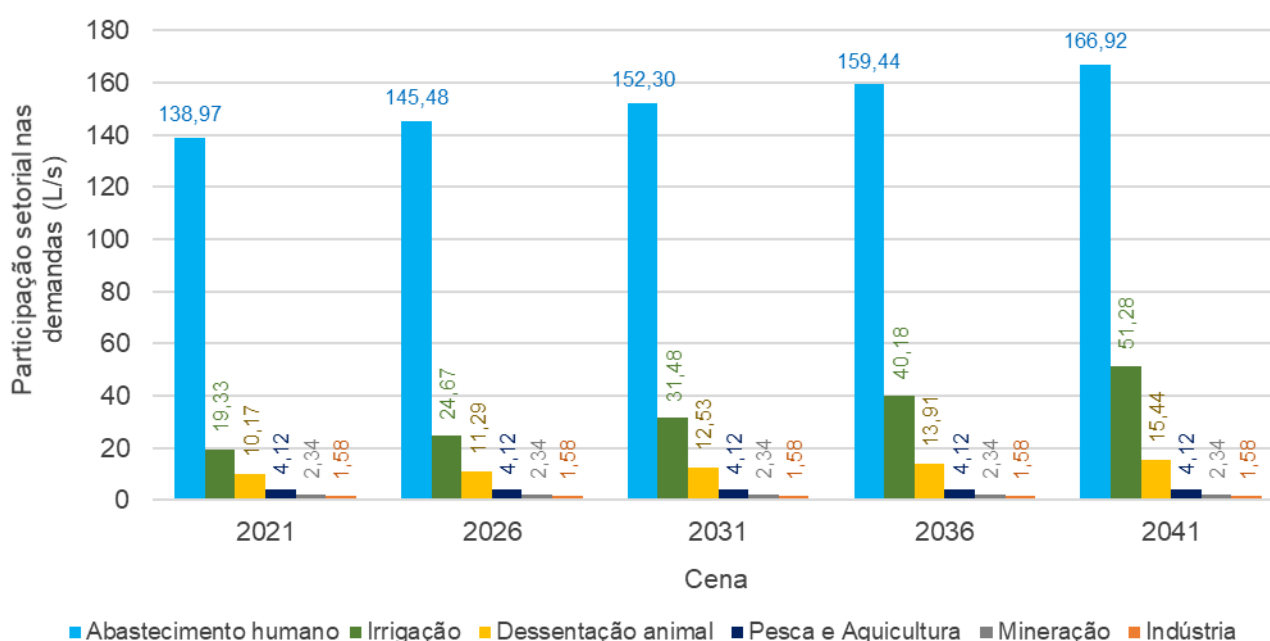


fertirrigada, técnica que se utiliza de água residual da produção da indústria sucroalcooleira para a irrigação em período específico da cana.

### 6.1.3. Bacia do Rio Itabapoana

A Bacia do Rio Itabapoana é a que possui o conjunto demandas mais significativo das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. A demanda mais relevante é a do abastecimento, que na cena atual (2021) representa 78,73% do total demandado e na cena de longo prazo (2041) 69,07% do total demandado. Essa predominância da demanda para o abastecimento fez com que a Bacia do Itabapoana fosse enquadrada em um perfil diferente das demais. Das outras demandas, merecem destaque a irrigação, que em 2021 representa 10,95% e na cena de longo prazo, 21,22% do total demandado; e dessedentação animal, que em 2021 representa 5,76% e em 2041, 6,39% do total demandado. As demandas da indústria, mineração e pesca e aquicultura representam na cena atual (2021) 4,56% e na cena de longo prazo (2041) 3,33% do total demandado. A Figura 6.5 apresenta, em barras, a projeção das demandas ao longo do horizonte de planejamento.

Figura 6.5 - Projeção das demandas nas cenas de planejamento para a Bacia do Rio Itabapoana.

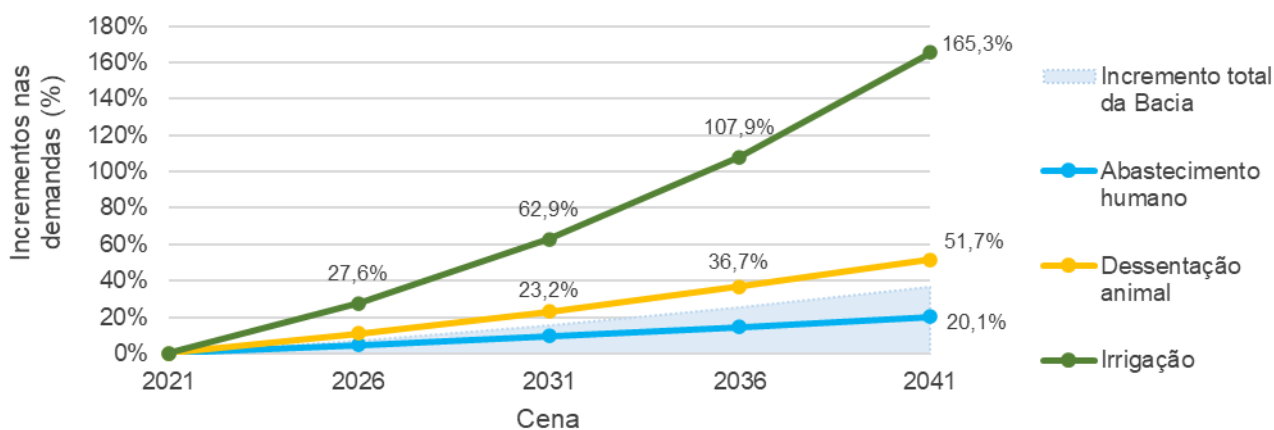


Fonte: elaboração própria.

Apesar da projeção de predominância do abastecimento, as demandas para irrigação são as que apresentam o maior incremento em termos percentuais (165,3%) na bacia, enquanto a demanda total teve um incremento de 36,9%. A Figura 6.6 apresenta os incrementos para os setores.



Figura 6.6 – Projeção dos incrementos das demandas setoriais para a Bacia do Rio Itabapoana.



Fonte: elaboração própria.

O balanço hídrico, mesmo no cenário de contingência climática, onde é considerada uma vazão 49% inferior a vazão de referência, demonstra que há disponibilidade de recurso para suportar um aumento no total demandado, ressaltando que são resultados que devem ser observados trecho a trecho, já que há trechos de rio com comprometimento superior a 50% da vazão de referência na bacia.

## 6.2. ALTERNATIVAS PARA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO NAS BACIAS

Para a obtenção do equilíbrio entre disponibilidade e demanda hídrica, é essencial a atuação em “ambos os lados da balança”, ou seja, é necessária a implementação de ações que possibilitem um incremento de disponibilidade que atenda em termos quantitativos e locacionais as demandas hídricas. Essa atuação tem por objetivo, principalmente, o aumento da garantia de disponibilidade hídrica, aumentando a oferta de água na bacia e a tornando mais regular.

A seguir, são apresentadas alternativas com potencial de aplicabilidade nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, considerando as problemáticas dos cenários propostos.

### 6.2.1. Captação de água subterrânea

A captação subterrânea é uma alternativa para aumento da oferta de água que complementa as captações superficiais, sendo adequada para todos os cenários propostos. A Figura 6.7 apresenta a potencialidade dos aquíferos nas bacias, onde se observa:

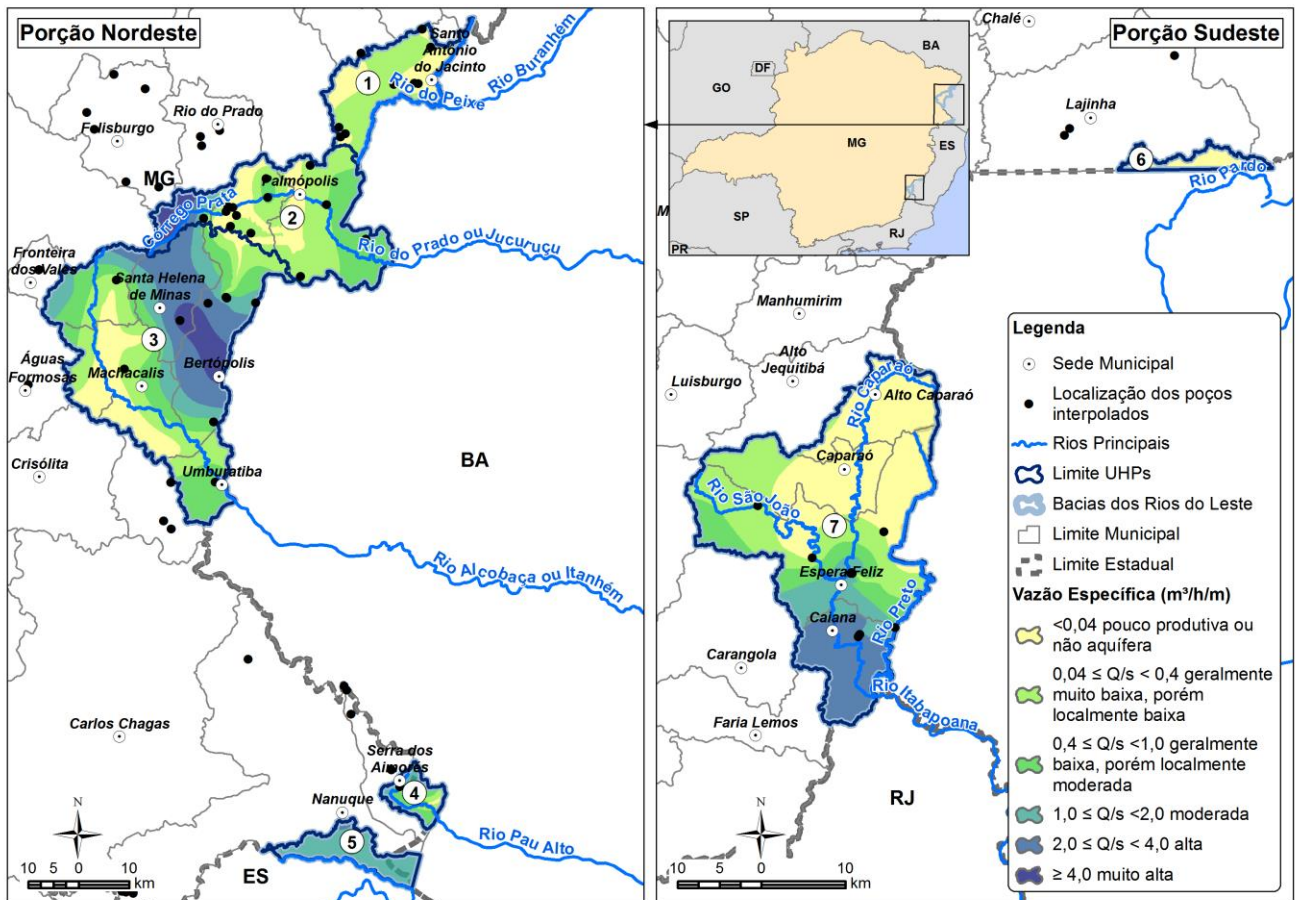
- As Bacias dos Rios Itanhém e Itabapoana são as únicas que apresentam áreas com aquíferos de alta ou muito alta potencialidade;
- A Bacia do Rio Itaúnas apresenta moderada potencialidade;





- Nas Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu, Peruípe e Itapemirim predominam potencialidades baixas ou nulas.

Figura 6.7 – Potencialidade dos aquíferos nas UHPs das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.



Fonte: elaboração própria.

Esses locais identificados como de maior disponibilidade hídrica subterrânea devem ser considerados como tendo maior potencialidade para aumento da captação. De todo modo, a utilização da água subterrânea exige estudos aprofundados, tendo em vista a incerteza relacionada à estimativa de disponibilidade hídrica e os riscos de superexploração.

É importante destacar que as águas subterrâneas estão ligadas às águas superficiais e, portanto, seu uso deve estar associado a um sistema que monitore o impacto em todo o sistema hídrico regional.

### 6.2.2. Proteção de nascentes e mata ciliar

Por lei, as áreas de nascentes devem ser protegidas por um raio de no mínimo 50 metros de vegetação nativa, assim como as margens dos cursos d'água, dependendo da largura destes. Entretanto, nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, observa-se áreas com supressão de mata nativa e áreas com agricultura e pastagem.



A proteção de nascentes é importante para garantir a infiltração da água no solo, manter a vazão natural, controlar a erosão do solo e reduzir o carreamento de sedimentos, garantindo quantidade e qualidade da água no curso hídrico. Portanto, o desmatamento e o desenvolvimento de atividades em áreas de nascente ou em margens dos rios podem comprometer o recurso hídrico e os usos dependentes.

Assim, uma forma de aumentar a disponibilidade e a regularidade dos recursos hídricos, na realidade se aproximar do potencial de produção de água na bacia, é recuperar a capacidade natural de produção de água através da proteção das nascentes e a recomposição da mata ciliar nos cursos hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

### **6.2.3. Conservação do solo e controle da erosão e do assoreamento**

Em solos expostos, a infiltração da água da chuva é reduzida e, conseqüentemente, o escoamento superficial é maior, fazendo com que a chuva atinja rapidamente a calha dos rios. Além disso, a chuva desagrega e carrega partículas do solo, gerando erosão e assoreamento dos rios.

A aplicação de técnicas de manejo e conservação do solo contribui tanto para a quantidade, quanto para a qualidade da água, pois reduz a massa de sedimentos carregados para os rios e aumenta a infiltração da água no solo, alimentando gradualmente o lençol freático e possibilitando a regularização da vazão dos rios, inclusive em períodos de estiagem.

As técnicas podem ser amplamente aplicadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, considerando todos os cenários propostos e de acordo com as particularidades climáticas, do relevo, do solo e dos cultivos de cada região. Algumas técnicas recomendadas, de acordo com CATI (2014), são: o terraceamento, a rotação de culturas e o plantio direto.

### **6.2.4. Construção de barraginhas e curvas de nível com “cochinhas”**

As barraginhas são um sistema de mini açudes capazes de conter as águas das chuvas por represamento (EMBRAPA, 2009). De acordo com a EMBRAPA (2009), o sistema pode ser instalado em áreas de pastagens, lavouras e beiras de estradas onde ocorrem enxurradas, de modo a conter a água e evitar erosões, voçorocas, assoreamentos e amenizar as enchentes.

Desta forma, ao reter a água, ocorre a infiltração no solo, recarregando os aquíferos, que, por sua vez, vão abastecer os mananciais. Além disso, o entorno de cada barraginha fica umedecido propiciando o cultivo de lavouras isoladas. As barraginhas também podem servir de reservatório de água para uso produtivo, como irrigação e dessedentação animal.



Segundo o estudo da EMBRAPA (2009), o sistema tem amplitude de atuação em regiões com precipitações anuais entre 500 mm a 1.800 mm, atuando nos períodos de chuvas intensas. Nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, a variação da precipitação é de 1050 a 1450 mm/ano, sendo apta à instalação de barraginhas.

Tendo em vista o amplo uso do solo para a atividade agropecuária nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, o sistema de barraginhas pode ser instalado amplamente nas propriedades da região.

Como complemento à instalação de barraginhas, também podem ser construídas estruturas de curvas de nível com “cochos sucessivos” ou “cochinchos”, que são valas abertas acompanhando as curvas de nível, atuando de forma semelhante às barraginhas, mas podendo ter maior aplicabilidade em terrenos com diferentes declividades.

### **6.2.5. Construção de barramentos**

A construção de barramentos tem como objetivo reter uma grande quantidade de água para reservação e regularização de vazões, garantindo o armazenamento de água para períodos de seca. Entretanto, a criação de reservatórios implica na inundação de áreas e está associada a diversos potenciais impactos socioeconômicos e ambientais, como a realocação de famílias, perda de patrimônios históricos e culturais, perda da biodiversidade, entre outros.

Desta forma, os projetos de barramentos devem ser bastante minuciosos, considerando todos os impactos ambientais envolvidos e a avaliação do local mais adequado para instalação. Além disso, deve ser dada prioridade para construção nas UHPs com maiores percentuais de não atendimento às demandas hídricas e déficits hídricos.

A instalação de reservatórios é apenas uma das alternativas para aumento da disponibilidade hídrica e deve ser adota em conjunto com outras medidas para redução das demandas hídricas.

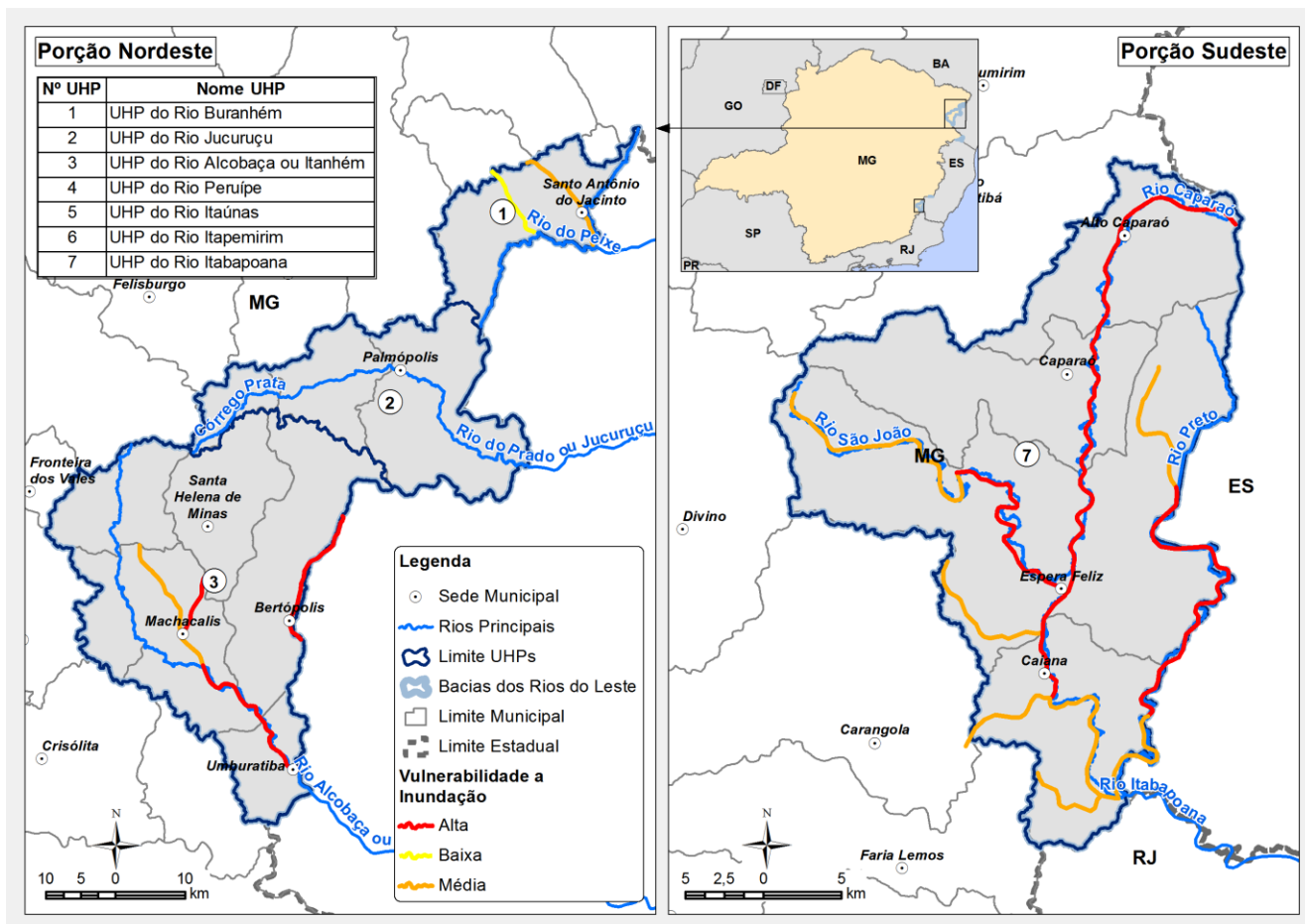
## **6.3. REDUÇÃO DE IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS EXTREMOS**

Os processos de urbanização e, conseqüentemente impermeabilização do solo e canalização de cursos d'água, fez com que rios urbanos passassem a inundar com maior frequência (TUCCI, 2004). Os principais problemas relacionados à drenagem de águas pluviais referem-se ao acúmulo de materiais nas seções de escoamento (resíduos sólidos e sedimentos), que compromete o escoamento, e o lançamento de esgotos sanitários no sistema de drenagem, de forma que as águas pluviais passam a transportar uma alta carga poluente decorrente do arraste de materiais sólidos de áreas urbanas.



Conforme levantado no Diagnóstico (IGAM, 2021), alguns municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste sofreram prejuízos relacionados a enchentes, enxurradas e inundações. Conforme pode ser observado na Figura 6.8, destacam-se trechos de alta e média vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014) na UHP-3 – Rio Jucuruçu e na UHP-7 – Itabapoana. Na UHP-1 foi identificado um trecho de média vulnerabilidade.

Figura 6.8 – Vulnerabilidade a inundações nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.



Fonte: elaborado com base em ANA (2014).

Em virtude desses eventos críticos, além dos danos diretos gerados à população, a qualidade da água e o sistema de abastecimento também podem ser afetados, prejudicando diversos setores. Para garantir água disponível em qualidade e quantidade para a população nestas situações, é necessário adaptar os sistemas de drenagem de acordo com a realidade de cada município, proporcionando o aumento da infiltração da água no solo e a transposição das águas pluviais.

Além disso, em áreas onde os mananciais e/ou as estruturas de tratamento de água são recorrentemente afetados por esses eventos, faz-se necessário planejamento da construção de estruturas de redundância, que permitam um suprimento mínimo à população em situações críticas.



## 6.4. ALTERNATIVAS DE ATUAÇÃO E REGULAÇÃO SOBRE AS DEMANDAS

A capacidade de incremento das disponibilidades hídricas é limitada pelas características da disponibilidade do recurso, muitas delas naturais ou com custos muito elevados para implantação. Desta forma, é necessária a avaliação de alternativas não estruturais que contribuam para o equilíbrio necessário entre a quantidade de água demandada e a quantidade de água disponível. Essas alternativas não estruturais são características da gestão de recursos hídricos, fazendo uso dos seus instrumentos e de tecnologias para atuar e regular as demandas através de ações preventivas, de planejamento e conscientização, de ações diretas sobre a demanda, fazendo uso de mecanismo como a outorga e a cobrança, e, por fim, ações que visam inibir práticas inapropriadas através da identificação de irregularidades por ações de fiscalização.

A seguir, são levantadas e brevemente detalhadas algumas alternativas de atuação e regulação sobre as demandas:

- Planejamento e gestão: implementação do PDRH e elaboração e implementação do Enquadramento para mitigar conflitos e reduzir impactos;
- Regularização de outorgas: disciplina a demanda hídrica crescente;
- Cobrança pelo uso da água: induz a mudança de comportamento dos usuários e financia ações de gestão mais eficientes;
- Fiscalização: incentiva os usuários a regularizarem as outorgas, respeitarem a vazão outorgada para captação e as exigências de qualidade dos efluentes lançados;
- Educação ambiental: permite melhor compreensão, por parte dos usuários, das funções dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos; informa aos usuários a respeito da importância do consumo consciente e da necessidade da implantação de medidas que reduzam o consumo de água.

Em especial, em períodos críticos de escassez, é necessária a priorização de usos em detrimento de determinadas atividades, entrando em ação mecanismos de alocação de água. A gestão de conflitos torna-se importante neste cenário, uma vez que não será possível atender todas as demandas da região e pode ser necessária a suspensão de novas outorgas. Já no cenário de aperfeiçoamento da gestão, o foco é na busca da plena implementação de todos os instrumentos de gestão e a integração entre a fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente.

As alternativas mencionadas devem ser adotadas em conjunto com alternativas estruturais, que juntas resultam na redução da quantidade de água demandada em diversos setores, tais como:



- Redução das perdas de água no sistema abastecimento urbano: as perdas de abastecimento podem chegar a mais de 30% em alguns municípios, representando um significativo valor da demanda hídrica;
- Coleta e armazenamento da água da chuva: a água da chuva pode ser utilizada para irrigação, descargas, entre outros usos;
- Utilização de métodos de irrigação mais eficientes: a eficiência adequada de métodos de irrigação pode gerar significativa redução das demandas, especialmente se forem utilizados métodos de irrigação localizados em detrimento de pivôs centrais ou sistemas de aspersão;
- Reuso da água na indústria: dependendo do tipo de indústria, é possível a reutilização da água em processos, reduzindo a demanda.

## 6.5. REDUÇÃO DE CARGAS POLUIDORAS

A presença e o crescimento populacional, mesmo que moderado, e o desenvolvimento das atividades setoriais nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, representam pressões relacionadas à qualidade da água, uma vez que geram efluentes que são despejados nos corpos hídricos. A retirada de água para estes usos diminui a vazão dos cursos hídricos, podendo agravar ainda mais a situação da qualidade. Como consequência, podem ser gerados prejuízos à vida aquática, à saúde da população e à economia da bacia, devido à restrição de usos em detrimento da qualidade inadequada da água.

A proposição de alternativas para redução de cargas poluidoras é feita com base nos resultados da projeção de cargas e no balanço qualitativo nos trechos dos rios. Destaca-se que a baixa densidade de pontos de monitoramento da qualidade da água dificulta a análise de situações pontuais nas UHPs e acaba caracterizando de forma genérica os corpos d'água.

O percentual de tratamento dos esgotos domésticos urbanos coletados é pouco satisfatório nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, onde muitos municípios não possuem tratamento implantado. Isso resulta em lançamentos de cargas orgânicas elevadas nos corpos hídricos. Analisando-se o balanço qualitativo para o parâmetro DBO, observa-se:

- Bacia do Rio Buranhém: 61,71% dos trechos em condições equivalentes à Classe 3 e 16,23% dos trechos em condições equivalentes à Classe 4;
- Bacia do Rio Jucuruçu: 50,10% dos trechos em condições equivalentes à Classe 2 e 33,89% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1;
- Bacia do Rio Itanhém: 50,92% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e 34,65% dos trechos em condições equivalentes à Classe 2;



- Bacia do Rio Peruípe: 62,87% dos trechos em condições equivalentes à Classe 4 e 32,95% dos trechos em condições equivalentes à Classe 2;
- Bacia do Rio Itaúnas: 86,2% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e 13,80% dos trechos em condições equivalentes à Classe 4;
- Bacia do Rio Itapemirim: 57,81% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e 26,59% dos trechos em condições equivalentes à Classe 3;
- Bacia do Rio Itabapoana: 59,14% dos trechos em condições equivalentes à Classe 2 e 37,76% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1;

De maneira geral, os trechos em condições de Classe 3 e 4 estão associados à proximidade com os lançamentos ou a existência de núcleos populacionais. A capacidade de diluição dos corpos hídricos é bastante limitada, fazendo com que mesmo em casos em que as cargas lançadas não sejam elevadas, os corpos d'água não possuam capacidade de suporte para diluir os poluentes. Destaca-se, nesse sentido, a bacia do Rio Peruípe, onde a carga elevada nas regiões de cabeceira decai lentamente ao longo do percurso dos corpos hídricos, resultando em uma porcentagem grande (62,87%) de trechos em condições de Classe 4. Na Bacia do Rio Itabapoana a carga é mais elevada, devido ao maior quantitativo populacional e a inexistência de tratamento, o que acarreta um impacto bastante severo no lançamento, mas devido à maior capacidade de diluição dos corpos hídricos, há um decaimento mais acelerado, resultando em uma porcentagem menor de trechos com condições de Classe 3 e 4.

Frente a esta situação, são levantadas as seguintes alternativas:

- Implantação do enquadramento dos corpos d'água: definição de metas de enquadramento de acordo com os usos preponderantes;
- Ampliação do monitoramento qualitativo: instalação de novas estações de monitoramento da qualidade da água em locais representativos da bacia;
- Ampliação da capacidade de tratamento das ETEs: ampliação da capacidade através da alteração do sistema de tratamento atual ou ampliação das estruturas existentes;
- Ampliação da rede de coleta de esgotos: instalação de estruturas para atender maior percentual da população;
- Construção de novas ETEs: construção de ETEs em municípios com elevada carga urbana potencial e que ainda não possuem tratamento dos efluentes sanitários;
- Implantação de soluções de atendimento individual de esgotos para a população rural: seleção de alternativas de tratamento do esgoto (ex.: fossa seca, tanque séptico, vermifiltro etc.), de destinação do efluente tratado e destinação do lodo;



- Implantação de soluções de atendimento coletivo de esgotos para a população rural: seleção de alternativas de rede coletora (sistema unitário, misto ou separador absoluto) e de estações de tratamento de esgoto;
- Redução da poluição difusa em corpos hídricos: contenção e redução de cargas difusas poluidoras de origem urbana e rural, através do gerenciamento adequado de resíduos sólidos urbanos, redução de poluentes, manejo adequado de resíduos agropecuários, redução do uso de agrotóxicos, entre outros;
- Redução da carga poluidora de atividades industriais: implementação ou adequação dos sistemas de controle ambiental em indústrias, aumento da fiscalização e incentivo à melhoria da qualidade dos efluentes lançados.





## 7. ANÁLISE DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA

### 7.1. COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

A cobrança pelo uso da água é um instrumento econômico de gestão, fundamentando-se na água como recurso natural limitado e dotado de valor econômico. A água tem valor econômico em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade. De acordo com a Lei nº 9.433/97, a cobrança pelo uso da água possui os seguintes objetivos:

- I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II – incentivar a racionalização do uso da água;
- III – obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A cobrança não é um imposto, mas sim uma remuneração pelo uso de um bem público, que visa estimular o uso mais consciente da água, garantindo-a para os atuais usos e para as gerações futuras. O valor da cobrança é determinado em conjunto com os usuários da água, a sociedade civil e o poder público no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Nos rios de domínio da União, compete à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a arrecadação e o repasse dos valores à Agência de Água da Bacia, ou à entidade delegatária das funções de Agência de Água, conforme determina a Lei nº 10.881/2004. De acordo com a Lei 9.984/2000, são competências da ANA:

- I – Implementar a cobrança em articulação com os Comitês de Bacias Hidrográficas;
- II – Elaborar estudos técnicos para subsidiar o Conselho Nacional de Recursos Hídricos na definição dos valores a serem cobrados;
- III – Efetuar a Cobrança, podendo delegá-la às Agências de Água<sup>6</sup>.

Em 2017, de acordo com a ANA (2019), 6 bacias hidrográficas possuíam cobrança em rios de domínio da União, a saber: Bacia do Rio Paraíba do Sul, Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e

---

<sup>6</sup> Conforme a Lei nº 10.881/04, a delegação da cobrança pelo uso de recursos hídricos não é permitida às entidades delegatárias de funções de Agência de Água, escolhidas dentre organizações civis de recursos hídricos, conforme definidas no art. 47 da Lei nº 9.433.



Jundiaí, Bacia do Rio São Francisco, Bacia do Rio Doce, Bacia do Rio Paranaíba e Bacia do Rio Verde Grande. De forma geral, os valores finais da cobrança são determinados através da multiplicação do Preço Público Unitário (PPU) por diversos coeficientes, que variam de acordo com o volume captado, a classe do ponto de captação, carga orgânica e outras características específicas de cada usuário, como índice de perdas na distribuição e método de irrigação.

No Estado de Minas Gerais, apenas 12 bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais possuem cobrança implementada, sendo a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (CRH/MG) regulamentada pelo Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021, que dispõe sobre as condições para implementação da cobrança, mecanismos para a definição de valores e aplicação dos recursos. Os recursos arrecadados podem ser utilizados para os financiamentos de programas e ações previstas pelos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas (PDRH), visando à qualidade da água e sua melhoria.

O Quadro 7.1 apresenta os normativos legais a respeito da cobrança pelo uso da água em Minas Gerais, de acordo com o site do IGAM.

Quadro 7.1 – Normativos legais sobre a cobrança pelo uso da água no Estado de Minas Gerais.

<b>Norma</b>	<b>Descrição</b>
Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Decreto 41.578, de 08 de março de 2001	Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.
Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004	Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais
Deliberação Normativa CERH nº 27, de 18 de dezembro de 2008	Dispõe sobre os procedimentos para arrecadação das receitas oriundas da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.
Deliberação Normativa CERH n.º 19, de 28 de junho de 2006	Regulamenta o art. 19, do Decreto 41.578/2001 que dispõe sobre as agências de bacia hidrográfica e entidades a elas equiparadas e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH n.º 22, de 25 de agosto de 2008	Dispõe sobre os procedimentos de equiparação e de desequiparação das entidades equiparadas à agência de bacia hidrográfica e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH n.º 23, de 12 de setembro de 2008	Dispõe sobre os contratos de gestão entre o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e as entidades equiparadas a Agências de Bacias Hidrográficas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais.
Resolução Conjunta ANA/IGAM nº 779, de 20 de outubro de 2009	Dispõe sobre a integração das bases de dados de uso de recursos hídricos entre a ANA e o IGAM, prioritariamente nas bacias em que a cobrança pelo uso de recursos hídricos estiver implementada.



<b>Norma</b>	<b>Descrição</b>
Deliberação CERH-MG nº 215, de 15 de dezembro de 2009	Aprova a indicação do Agente Financeiro e do Agente Técnico para a cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais.
Deliberação CERH-MG nº 216, de 15 de dezembro de 2009	Aprova o Manual Financeiro e o Manual Técnico da cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais
Portaria IGAM nº 038, de 21 de dezembro de 2009	Institui o valor mínimo anual de cobrança pelo uso de recursos hídricos para fins de emissão do Documento de Arrecadação Estadual - DAE; dispõe sobre o parcelamento do débito consolidado, e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEF/SEMAD/IGAM nº 4.179, de 29 de dezembro de 2009	Dispõe sobre os procedimentos administrativos relativos à arrecadação decorrente da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais (CRH/MG), e dá outras providências.
Deliberação Normativa CERH nº 34, de 16 de agosto de 2010.	Define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos que menciona e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEMAD/SEPLAG/SEF/IGAM/ nº 1349, de 01 de agosto de 2011	Aprova o Manual Financeiro e o Manual Técnico da cobrança pelo uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais
Deliberação Normativa CERH nº 62, de 17 de junho de 2019.	Altera Deliberação Normativa CERH-MG nº 09, de 16 de junho de 2004.
Portaria IGAM nº 52, de 25 de outubro de 2019.	Estabelece procedimentos e normas para aplicação dos recursos, prestação e deliberação das contas com recurso da cobrança pelo uso de recursos hídricos, no âmbito das Agências de Bacias Hidrográficas e das Entidades a elas equiparadas do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Decreto nº 48.160, de 24 de março de 2021.	Regulamenta a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais.
Manual Econômico-Financeiro da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos	Estabelece diretrizes e orienta os proponentes, o agente financeiro e a Agência de Bacia Hidrográfica ou Entidade a ela Equiparada quanto à aplicação dos recursos arrecadados com a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos
Manual de Procedimentos Técnicos para Aplicação de Recursos da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos	Estabelece normas, condições e procedimentos para aplicação de recursos financeiros provenientes da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos

Fonte: adaptado de IGAM (2020).

## 7.2. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA

Em função da DN CERH-MG 68/2021 (CERH-MG, 2021) o estado de Minas Gerias conta com uma metodologia que visa a simplicidade e transparência para a cobrança. As fórmulas são compostas pela base de cálculo e seu respectivo preço, sem coeficientes. O Quadro 7.2. apresenta as fórmulas de cálculo definidas de acordo com os setores usuários.



Quadro 7.2 – Fórmulas para a cobrança do uso da água de acordo com a DN CERH-MG 68/2021.

Finalidade	Fórmula
Agropecuária	$\text{Valor}_{\text{cap}} = [(Q_{\text{out}} + Q_{\text{med}})/2] \times \text{PPU}$
Saneamento	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{med}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Rebaixamento do nível de água para mineração	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{med}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Demais finalidades	$\text{Valor}_{\text{cap}} = Q_{\text{out}} \times \text{PPU}_{\text{cap}}$
Lançamento de efluentes	$\text{Valor}_{\text{lanç}} = \text{CO DBO}_{5,20} \times \text{PPU}_{\text{lanç}}$

Fonte: adaptado de CERH-MG (2021).

Sendo,

$\text{Valor}_{\text{cap}}$  : valor anual da cobrança pela derivação, captação ou extração de água [R\$/ano];

$Q_{\text{out}}$  : volume outorgado [m<sup>3</sup>/ano];

$Q_{\text{med}}$  : volume medido [m<sup>3</sup>/ano];

PPU : Preço Público Unitário para derivação, captação ou extração outorgada [R\$/m<sup>3</sup>];

CO DBO<sub>5,20</sub>: carga orgânica efetivamente lançada em corpos hídricos de domínio do estado de Minas Gerais em kg/ano, conforme declarado pelo usuário junto ao IGAM;

$\text{PPU}_{\text{lanç}}$  : Preço Público Unitário para carga orgânica lançada, em R\$/kg.

Entretanto, para que a simplicidade desejada não se torne obstáculo para a observância de outros parâmetros, conforme previsto pelo artigo 25 da Lei Estadual nº 13.199/1999, os preços passam a ser diferenciados conforme critérios específicos como: o tipo de uso, a finalidade, o porte de utilização da água, a disponibilidade hídrica local, o enquadramento dos corpos d'água e a racionalidade e eficiência do uso de recursos hídricos. Além disso, os preços são diferenciados por zona, considerando o enquadramento do corpo hídrico, a disponibilidade e o grau de regularização da oferta hídrica local, conforme descrito abaixo.

- **Zona A** – áreas de conflito (DAC) associadas a bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial e Classe 1;
- **Zona B** – áreas de conflito (DAC) associadas a bacias de contribuição a cursos d'água de Classe 2, Classe 3 ou Classe 4;
- **Zona C** – bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial, Classe 1 ou captações subterrâneas;
- **Zona D** – demais áreas

Os valores dos preços públicos unitários devem ser limitados a quatro casas decimais e devem ser atualizados anualmente de acordo com o IPCA ou índice que vier a sucedê-lo. O Quadro



7.3 apresenta os valores mínimos de PPU para o exercício de 2022, de acordo com as zonas e as finalidades de uso.

Quadro 7.3 – Valores mínimos de PPU, de acordo com as finalidades e as zonas.

Finalidade	Zona	PPU <sub>cap</sub> (R\$/m <sup>3</sup> )	PPU <sub>lanç</sub> (R\$/kg DBO)
Abastecimento público	A	0,0320	0,2100
	B	0,0320	0,1900
	C	0,0320	0,1750
	D	0,0320	0,1600
Agropecuária	A	0,0042	-
	B	0,0038	-
	C	0,0035	-
	D	0,0032	-
Demais finalidades	A	0,0420	0,2100
	B	0,0380	0,1900
	C	0,0350	0,1750
	D	0,0320	0,1600

Fonte: adaptado de CERH-MG (2021).

As demandas calculadas na etapa de Diagnóstico (IGAM, 2021a) do PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste foram estimadas com base em diversas fontes de dados, tendo como objetivo subsidiar o balanço hídrico para a análise da criticidade. Utilizar estas vazões para o cálculo da cobrança superestimaria o valor arrecadado. Desta forma, a estimativa de arrecadação anual apresentada neste Prognóstico foi realizada pelo IGAM (IGAM, 2021b), considerando os volumes outorgados consolidados em 2020, porém, sem o tratamento dos dados referentes a outorgas em áreas de conflito. Em relação ao lançamento de efluentes, o cálculo foi realizado apenas para o setor de saneamento, considerando-se que 80% do volume captado retorna aos corpos hídricos em forma de efluente e com concentração de carga orgânica igual a 300 mg/L.

A opção pela apresentação da estimativa realizada por IGAM (2021b) é realizada tendo como base o roteiro preconizado pelo Termo de Referência, que indica para a etapa de Prognóstico uma análise do potencial de arrecadação, a qual se entende como subsídio à avaliação de viabilidade das alternativas de intervenção selecionadas (objetos do item 9.1). Para a etapa seguinte do PDRH, Plano de Ação, o Termo de Referência indica um detalhamento do potencial de arrecadação, quando da abordagem das diretrizes para os instrumentos de gestão, o qual se entende como subsídio à construção do Plano de Ação.

Assim sendo, IGAM (2021b) parte de duas hipóteses para o cálculo da arrecadação:

- Hipótese 1: considera apenas os volumes outorgados para captação;
- Hipótese 2: considera os volumes outorgados para captação e os volumes e cargas estimados para o lançamento de efluentes.



Tendo em vista que a base de cálculo da metodologia aprovada pelo CERH/MG utiliza as medições dos usuários, foram realizadas simulações considerando três situações:

- Situação 1: arrecadação atinge o valor máximo, dada a vazão outorgada dos usuários;
- Situação 2: arrecadação atinge o valor mínimo, dada a vazão outorgada dos usuários;
- Situação 3: os usuários captam 80% da vazão outorgada;

A partir desta metodologia, IGAM (2021) obteve os resultados apresentados no Quadro 7.4 para a arrecadação anual da cobrança. Neste são estimados os potenciais de arrecadação para as Bacias Hidrográficas dos Rio Itanhém, Itaúnas e Itabapoana. As Bacias dos Rios Buranhém, Jucuruçu, Peruípe e Itapemirim não possuem “volume outorgado para cálculos”.

Quadro 7.4 – Estimativa de arrecadação anual pelo uso da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

		Arrecadação nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste (R\$)		
Hipótese	Situação	Itanhém (IN1)	Itaúnas (IU1)	Itabapoana (IB1)
Hipótese 1	Situação 1	R\$ 22.033,85	R\$ 14,50	R\$ 128.081,03
	Situação 2	R\$ 178,56	R\$ 70,75	R\$ 70.827,25
	Situação 3	R\$ 17.662,79	R\$ 127,35	R\$ 116.630,27
Hipótese 2	Situação 1	R\$ 48.045,91	R\$ 141,50	R\$ 196.720,04
	Situação 2	R\$ 178,56	R\$ 70,75	R\$ 70.827,25
	Situação 3	R\$ 26.729,56	R\$ 127,35	R\$ 1.117.643,81

Fonte: IGAM (2021).

A Bacia do Rio Itaúnas, por sua pequena área territorial possui um potencial de arrecadação bastante reduzido, contudo a Bacia do Rio Itanhém e, especialmente, a Bacia do Rio Itabapoana possuem estimativas superiores, quando considerada a cobrança apenas dos volumes para captação, a estimativa de arrecadação nessa última bacia varia de R\$ 70.827,25 (situação 2) a R\$ 128.081,03 (situação 1) e, na hipótese em que também são cobrados os lançamentos de carga orgânica do setor de saneamento nos corpos hídricos, a arrecadação chega a R\$ 1.117.643,81, na situação 3.



## **8. ARTICULAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE INTERESSES INTERNOS E EXTERNOS**

A articulação e a compatibilização de interesses das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, com os interesses externos a elas, toma como base planos e outros instrumentos existentes para bacias hidrográficas vizinhas e que influenciem ou podem ser influenciados pelas decisões de planejamento e, conseqüente, pela implementação da gestão de Recursos Hídricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.





Do que se pode observar da articulação interna, é destacada a importância da articulação entre os municípios da bacia, seja a associação por meio de consórcio ou outros instrumentos de atuação direta em conjunto, seja por meio da atuação articulada em ações específicas.

A área de abrangência do PDRH das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste é a contida no estado de Minas Gérias, mas as articulações externas das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste envolvem as porções das bacias inseridas nos estados da Bahia, do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, onde estão localizadas porções à jusante das bacias, e bacias vizinhas, localizadas nos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, todas apresentadas no Mapa 8.1.





**LEGENDA**

-  Rios principais
-  Limite Estadual
-  Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste
-  Bacias vizinhas



**PLANOS DIRETORES DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS DO LESTE**

PROGNÓSTICO



Sistema de Coordenadas UTM  
Datum SIRGAS2000  
Zona 24S  
Escala: Indicada

**Mapa 8.1- Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste em Minas Gerais, porções no Espírito Santo e Rio de Janeiro e bacias hidrográficas vizinhas**

Fonte de dados:  
- Limite Estadual: IBGE, 2015  
- Hidrografia: Trecho de drenagem BHO ANA, 2017  
- Bacias hidrográficas: Elaboradas a partir das áreas de drenagem da BHO ANA, 2017



As Bacias Hidrográficas dos Rios Buranhém, Jucuruçu, Itanhém e Peruípe, localizadas na porção nordeste das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, possuem parte do território no Estado de Minas Gerais e outra parte na Bahia. Na porção mineira, estas bacias não possuem comitê, enquanto na porção baiana há o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu (CBHPIJ) e o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Frades, Buranhém e Santo Antônio (CBH FRABS). Ainda não foi elaborado o Plano de Bacia Hidrográfica<sup>7</sup>, nem a proposta de Enquadramento dos Corpos de Água da porção baiana, tornando interessante a articulação para compatibilização de interesses em ambas as porções.

A porção mineira das Bacias Hidrográficas dos Rios Buranhém, Jucuruçu e Itanhém são vizinhas da Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha, a qual possui Plano Diretor de Recursos Hídricos elaborado e Enquadramento aguardando aprovação. Já a Bacia Hidrográfica do Rio Peruípe em Minas Gerais, assim como a do Rio Itanhém, é vizinha da porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, que se encontra com o PDRH e ECA em elaboração, simultaneamente à elaboração dos instrumentos das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

As Bacias Hidrográficas dos Rios Itaúnas, Itapemirim e Itabapoana possuem parte do território no Estado de Minas Gerais e parte no Espírito Santo, sendo que todas possuem comitê de bacia na porção capixaba, assim como Plano de Bacia Hidrográfica e Enquadramento já elaborados.

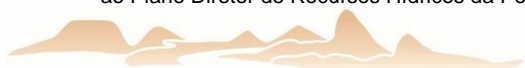
A porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas é limitada pela porção da Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri também inserida em MG, que, conforme explanado antes, está com PDRH e ECA atualmente em elaboração. Já porção mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim faz limite com a Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu, que se encontra com Plano de Recursos Hídricos em atualização e o Enquadramento dos Corpos de Água em elaboração.

A Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, na porção mineira, faz limite com a Bacia do Rio Manhuaçu e com a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé, que está com o Plano de Recursos Hídricos em atualização e o Enquadramento em elaboração.

A Bacia do Itabapoana possui, também, uma parte de sua área no território do Estado do Rio de Janeiro, inserida, na divisão hidrográfica estadual, na Região Hidrográfica IX – Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Os instrumentos de gestão para essa região estão parcialmente implementados e sofrem pelo arranjo institucional complexo, uma vez que a Bacia do Rio Paraíba do Sul possui entidade delegatária instituída e de forte atuação junto aos comitês e órgãos gestores. Isto resulta em cenário

---

<sup>7</sup> Instrumento da Gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia e do Estado do Espírito Santo equivalente ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.



de heterogeneidade da implementação da gestão na Região Hidrográfica, sendo que porção fluminense da Bacia do Itabapoana não possui Enquadramento proposta, mas encontra-se com Plano de Recursos Hídricos em elaboração.

Destaca-se que, de acordo com o art. 6º da Deliberação Normativa CERH-MG nº 66/2020, as bacias hidrográficas não compreendidas nas UEG e nas CH devem ser objeto de integração com estas. Desta forma, recomenda-se, a seguir, possíveis integrações das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste com bacias vizinhas.

Com base no Plano de Informação e Mobilização Social (PROFILL, 2018), sugere-se a integração das Bacias Hidrográficas dos Rios Itanhém, Itaúnas e Peruípe ao Comitê dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri, devido à afinidade e a rede de influência dos municípios localizados nestas bacias, com Teófilo Otoni como principal polo regional. Quanto as Bacias Hidrográficas dos Rios Buranhém e Jucuruçu, cabe destacar que alguns municípios dessas possuem como polo local o município de Almenara, que enseja uma discussão sobre possibilidade de integração com a Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha, ou, alternativamente, à Bacia do Rio Mucuri.

A Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim localiza-se na área rural do município de Lajinha, sendo recomendada a integração ao Comitê da Bacia Hidrográfica Águas do Rio Manhuaçu, do qual o restante do município de Lajinha faz parte. Em relação à Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, é sugerida a integração ao Comitê da Bacia dos Rios Pomba e Muriaé, tendo em vista o vetor de polarização apresentado no Plano de Informação e Mobilização Social (PROFILL, 2018).

O PDRH do Rio Mucuri e os Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rio Manhuaçu e dos Rios Pomba e Muriaé estão em elaboração ou atualização, assim como o Enquadramento dos Corpos de Água, permitindo maior integração e articulação com as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

O Quadro 8.1 apresenta uma síntese das bacias vizinhas e das porções em outros estados das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. Destaca-se a importância da integração e articulação com os comitês de bacia existentes e a necessidade de organização com as bacias ainda sem Plano de Recursos Hídricos e sem Enquadramento.

Quanto à articulação interestadual, é necessária a articulação junto a ANA, uma vez que os corpos hídricos principais das bacias hidrográficas são de domínio federal. Sem a participação da agência, a articulação fica limitada à compatibilização dos planejamentos e, no limite, à integração de ações pontuais.



Quadro 8.1 – Relação entre as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, as porções em outros estados, as bacias vizinhas, comitês de bacia, plano de recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água e integração sugerida.

Bacias dos Rios do Leste - MG	Bacias vizinhas/ porções em outros estados	UF	CBH	Plano de Recursos Hídricos	Enquadramento dos Corpos d'Água	Integração sugerida para as Bacias dos Rios do Leste - MG
<b>Buranhém</b>	Médio e Baixo Jequitinhonha	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	Sim	Aguardando aprovação	CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri
	Buranhém - BA	BA	CBH Frades, Buranhém e Santo Antônio	Não	Não	
<b>Jucuruçu</b>	Médio e Baixo Jequitinhonha	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	Sim	Aguardando aprovação	
	Jucuruçu - BA	BA	CBH Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	Não	Não	
<b>Itanhém</b>	Médio e Baixo Jequitinhonha	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha	Sim	Aguardando aprovação	
	Mucuri - MG	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri	Em elaboração	Em elaboração	
	Itanhém - BA	BA	CBH Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	Não	Não	
<b>Peruípe</b>	Mucuri - MG	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri	Em elaboração	Em elaboração	
	Peruípe - BA	BA	CBH Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	Não	Não	
<b>Itaúnas</b>	Mucuri - MG	MG	CBH dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri	Em elaboração	Em elaboração	
	Itaúnas - ES	ES	CBH Itaúnas	Sim	Sim	
<b>Itapemirim</b>	Manhuaçu (Doce)	MG	CBH Águas do Rio Manhuaçu	Em atualização	Em elaboração	CBH Águas do Rio Manhuaçu
	Itapemirim - ES	ES	CBH Itapemirim	Sim	Sim	
<b>Itabapoana</b>	Muriaé e Pomba (PS)	MG	CBH dos Rios Pomba e Muriaé	Em atualização	Em elaboração	CBH dos Rios Pomba e Muriaé
	Manhuaçu (Doce)	MG	CBH Águas do Rio Manhuaçu	Em atualização	Em elaboração	
	Itabapoana - ES	ES	CCBH Itabapoana	Sim	Sim	
	Itabapoana - RJ	RJ	CBH do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana	Em elaboração	Não	

Fonte: elaboração própria.



## 9. ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÕES

A seleção de alternativas de intervenções tem como objetivo principal melhorar a oferta de água para os usos múltiplos da bacia hidrográfica, através da compatibilização, de forma qualitativa e quantitativa, das disponibilidades e das demandas hídricas. Estas alternativas têm como base as informações apresentadas no capítulo 0 e irão subsidiar o desenvolvimento do Plano de Ações.

Neste capítulo são retomados alguns aspectos relevantes relacionados a cada UHP e são apresentadas as alternativas de intervenções levantadas de forma direcionada para cada UHP, ou seja, de acordo com as características de cada bacia.

Apesar das alternativas selecionadas serem apresentadas de forma pontual, destaca-se que a adoção de alternativas isoladas possivelmente não seja suficiente para melhorar efetivamente as condições para os usuários das bacias. Para se obter sucesso na compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas, geralmente é necessário um conjunto de alternativas que envolvam tanto o incremento hídrico ou redução das demandas, quanto a melhoria da qualidade da água. Este será um dos desafios da etapa de planejamento do PDRH.

### 9.1. SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

Neste item, são apresentadas as alternativas selecionadas, tendo em vista os cenários propostos e as particularidades das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. As alternativas selecionadas estão agrupadas de duas formas. Inicialmente são apresentadas as alternativas selecionadas que se entende como aplicáveis de maneira geral às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, ainda que possam ser priorizadas para algumas bacias. Em seguida, as alternativas são organizadas por bacia, buscando articular as características específicas de cada bacia com alternativas mais adequadas a cada situação.

As intervenções comuns à todas as bacias são:

- Utilização de métodos de irrigação mais eficientes e com menor consumo de água;
- Adoção de práticas de manejo e conservação do solo;
- Redução do uso de agrotóxicos e de pesticidas;
- Manejo adequado de resíduos agropecuários;
- Implantação de estações de monitoramento de qualidade da água;
- Construção de sistema de barraginhas em propriedades rurais;
- Proteção de nascentes e da mata ciliar;
- Uso amplo de instrumentos de gestão dos recursos hídricos;



- Integração da fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente;
- Racionamento de água em períodos de escassez;
- Alocação de demandas, com priorização de usos.

A seguir, são apresentados os principais aspectos críticos de cada bacia, identificados na etapa de diagnóstico do PDRH, e as potenciais alternativas de intervenções, de acordo com os cenários. Algumas alternativas são pertinentes a diversas bacias, porém, não a todas, e por isso são repetidas, mas apenas nas bacias pertinentes.

### **9.1.1. Bacia Hidrográfica do Rio Buranhém**

Na Bacia Hidrográfica do Rio Buranhém, a demanda hídrica mais significativa é para abastecimento humano (13,07 l/s), seguida pela dessedentação animal (11,84 l/s). Mais de 80% da área é destinada a pastagens e a demanda para irrigação é a menor das Bacias dos Rios do Leste, de 0,20 l/s, sendo que predomina o cultivo de milho.

A demanda hídrica total é uma das menores das Bacias dos Rios do Leste, de 25,11 l/s. O balanço hídrico realizado na cena atual (2021) indica que todas as demandas são atendidas na bacia e o ICH é classificado como em conformidade (baixo), se mantendo assim para as projeções ao longo de todo o horizonte de planejamento.

A carga orgânica lançada é estimada em 475,11 kg DBO/dia para a cena atual, o que implica na análise da qualidade da água em relação ao parâmetro DBO, indica que 61,71% dos trechos de rios encontram-se em condições equivalentes à Classe 3, 20,22% em Classe 2, 16,23% em Classe 4 e 1,84% dos trechos em Classe 1.

Desta forma, as intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Buranhém estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para abastecimento humano e dessedentação animal. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:

- Construção de nova ETE;
- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural.

### **9.1.2. Bacia Hidrográfica do Rio Jucuruçu**

A principal demanda hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jucuruçu é para dessedentação animal (18,52 l/s), o que corrobora com a destinação de mais de 54% das áreas para pastagens. A



demanda para abastecimento humano é de 6,32 l/s e, de acordo com o balanço hídrico para a cena atual, o ICH é classificado como em conformidade (baixo), se mantendo assim para as projeções ao longo de todo o horizonte de planejamento.

A carga orgânica lançada é estimada em 341,84 kg DBO/dia para a cena atual, o que implica na análise da qualidade da água em relação ao parâmetro DBO, indica que 50,10% dos trechos de rios encontram-se em condições equivalentes à Classe 2, 33,89% em Classe 1, 15,72% em Classe 3 e 0,30% dos trechos em Classe 4.

As intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Jucuruçu estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para a dessedentação animal e o abastecimento humano. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:

- Construção de novas ETEs;
- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural.

### **9.1.3. Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém**

Na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém se observa, em comparação às demais UHPs, a maior demanda hídrica para irrigação (72,65 l/s) e para dessedentação animal (64,04 l/s) para a cena atual. De acordo com o balanço hídrico da cena atual, 8,10% da demanda não é atendida na cena atual, percentual que reduz para 6,30% na cena de longo prazo (2041), efeito da tendência de redução na demanda de irrigação. Destaca-se que mais de 65% da área é destinada a pastagens, sendo observado o maior número de cabeças de gado entre as Bacias dos Rios do Leste.

No setor de saneamento, a Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém apresenta há a segunda maior para abastecimento humano (68,59 l/s) na cena atual. A população urbana é a segunda maior dentre as UHPs, resultando na segunda maior carga orgânica lançada nas Bacias dos Rios do Leste, de 888,05 kg DBO/dia na cena atual. Em relação à análise do parâmetro DBO, 50,92% dos trechos de rios encontram-se em condições equivalentes à Classe 1, 34,65% Classe 2, 8,89% Classe 3 e 5,54% Classe 4.

As intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhém estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda hídrica quali-quantitativa para a irrigação, dessedentação animal e abastecimento humano. Complementarmente às intervenções gerais



aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:

- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Perfuração de poços para captação subterrânea;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Construção de novas ETEs;
- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural;
- Ampliação do sistema de drenagem.

#### **9.1.4. Bacia Hidrográfica do Rio Peruípe**

A Bacia Hidrográfica do Rio Peruípe é marcada pela forte presença da agricultura, com mais de 60% da área destinada a esta atividade e com demanda hídrica de 61,32 l/s para irrigação na cena atual, que representa 94,77% da demanda total da UHP. A segunda maior demanda é para dessedentação animal, de 2,94 l/s. A área total de agricultura, pastagem e mosaico de agricultura e pastagem ocupa mais de 95% da área da bacia.

O balanço hídrico quantitativo é bastante crítico, com não atendimento de 69% da demanda na cena atual e ICH em classe de não conformidade (médio).

Em relação ao saneamento, a carga orgânica lançada estimada é de 243,09 kg DBO/dia na cena atual. Quanto ao abastecimento de água, a demanda é pequena, de 0,44 l/s, mas observa-se alto índice de perdas na distribuição, de 52,07%.

Em relação à análise da qualidade da água, os resultados são bastante variáveis, com 32,95% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e 62,87% em Classe 4.

Portanto, as intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Peruípe estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para o setor agropecuário. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:

- Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público;
- Expansão da rede de coleta de esgoto urbano;
- Ampliação da capacidade de tratamentos das ETEs.



### 9.1.5. Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas

A Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas possui 67,88% a área destinada à agricultura, sendo a demanda hídrica equivalente a 47,39 l/s na cena atual e com tendência à redução no próximos 20 anos. A demanda para dessedentação animal, segunda maior, é bastante inferior, de 6,19 l/s.

De acordo com o balanço hídrico para a cena atual, 70,10% da demanda não é atendida, valor que cai na cena de longo prazo para 30,10% devido a redução na demanda para irrigação. O ICH é considerado em conformidade (médio).

Em relação ao esgotamento sanitário, a estimativa de carga lançada é 117,92 kg DBO/dia, uma das menores das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. A análise da qualidade da água em relação ao parâmetro DBO indica 86,20% dos trechos em condições equivalentes à Classe 1 e 13,80% em Classe 4.

As intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para irrigação. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, abaixo são listadas algumas alternativas específicas para a bacia:

- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural;

### 9.1.6. Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim

A menor demanda hídrica total é observada na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, com 2,42 l/s, sendo 1,75 l/s destinados à irrigação e 0,54 l/s à dessedentação animal, na cena atual. O percentual da área ocupada por mosaico de agricultura e pastagem é de 46,73%, com destaque para o cultivo de café, milho e feijão. A análise do balanço hídrico indica o atendimento de todas as demandas.

Em relação à qualidade da água, 57,81% dos trechos encontram-se em condições equivalentes à Classe 1, 26,59% à Classe 3, 10,54% à Classe 2 e 5,06% à Classe 4. Efeito de uma carga lançada diária de apenas 60,67 kg DBO/dia.

As intervenções necessárias na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para irrigação. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:





- Perfuração de poços para captação subterrânea.

### 9.1.7. Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana

A Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana é a que possui maior população urbana e rural das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, sendo a maior demanda hídrica destinada ao abastecimento humano, de 138,97 l/s. A segunda maior demanda é para irrigação (19,33 l/s) e a terceira para dessedentação animal (10,17 l/s). A área destinada à agropecuária ocupa mais de 60% da área da UHP.

Também se observa a presença da atividade mineradora, principalmente no município de Espera feliz, e industrial, nos municípios de Alto Caparaó, Caiana e Espera Feliz. O balanço hídrico da cena atual indica déficit de 1,70% no atendimento das demandas para a cena atual e de 2,50% na cena de longo prazo. O ICH é classificado em conformidade (baixo) ao longo de todo o horizonte de planejamento.

Em relação ao esgotamento sanitário, a carga lançada é estimada em 1.956,61 kg DBO/dia. Com isso, 59,14% dos trechos encontram-se em condições equivalentes à Classe 2 para o parâmetro DBO, de acordo com a simulação de qualidade da água. Em condições de Classe 1 estão 37,76%, enquanto 3,11% estão em condições de Classes 3 e 4.

Destaca-se os eventos de enxurradas, inundações, enchentes e alagamentos ocorridos na bacia, sendo necessário aprimorar estruturas que permitam a drenagem adequada durante a ocorrência de chuvas fortes.

As intervenções necessárias na Bacia do Rio Itabapoana estão relacionadas, principalmente, à necessidade de atender à demanda quali-quantitativa para abastecimento urbano, irrigação e dessedentação animal. Complementarmente às intervenções gerais aplicáveis às Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, apresentadas no início do item 9.1, são listadas alternativas específicas para a bacia:

- Construção de novas ETEs;
- Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural;
- Ampliação do sistema de drenagem.



---

## 9.2. SÍNTESE DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS

As Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste têm forte presença do setor agropecuário, com grande parte do uso do solo destinado à irrigação e criação animal, sendo que estas demandas representam aproximadamente 58% da demanda total. Destaca-se que a dessedentação animal pode ser atendida em corpos hídricos com enquadramento até Classe 3, enquanto para a irrigação há restrições relacionadas aos tipos de culturas, de acordo com as Classes da Resolução CONAMA 357/2005.

Também há elevada demanda para o abastecimento urbano, devido à concentração populacional na bacia, em especial na Bacia do Rio Itabapoana. Em relação ao consumo humano, são exigidos tratamentos mais eficientes de acordo com as Classes de Enquadramento, o que acaba encarecendo os custos relacionados ao tratamento da água em mananciais de pior qualidade.

As alternativas selecionadas para a compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas devem garantir a água no presente e para as gerações futuras, através de ações que previnam a deterioração da qualidade da água e a redução da quantidade disponível. Desta forma, espera-se reduzir possíveis prejuízos econômicos e sociais relacionados à falta de água e à qualidade inadequada para os usos múltiplos da bacia.

A gestão integrada é extremamente importante para garantir a segurança hídrica, sendo necessárias intervenções em todos os setores. As principais intervenções selecionadas abrangem o aumento do percentual de coleta e tratamento de esgotos domésticos urbanos, soluções para o saneamento rural, manejo e conservação do solo, perfuração de poços, utilização de métodos mais eficientes na irrigação, redução de perdas na distribuição de água e implementação e aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão. Em períodos críticos de escassez, devem ser aplicadas alternativas mais restritivas, como o racionamento da água e a priorização de usos, com possível restrição para novas outorgas.

O Quadro 9.1 apresenta, de forma compilada, as alternativas de intervenção selecionadas para cada bacia.



Quadro 9.1 - Alternativas de intervenção selecionadas por bacia.

Alternativa de intervenção	UHP-1-Rio Buranhém	UHP-2-Rio Jucuruçu	UHP-3-Rio Itanhém	UHP-4-Rio Peruipe	UHP-5-Rio Itaúnas	UHP-6-Rio Itapemirim	UHP-7-Rio Itabapoana
Alocação de demandas, com priorização de usos							
Ampliação do sistema de drenagem							
Construção de nova ETE							
Ampliação da capacidade de tratamentos das ETEs							
Expansão da rede de coleta de esgoto urbano							
Implantação de soluções de atendimento de esgotos individual e coletivo para a população rural							
Implantação de estações de monitoramento de qualidade da água							
Adoção de práticas de manejo e conservação do solo							
Construção de sistema de barraginhas em propriedades rurais							
Integração da fiscalização de recursos hídricos e de meio ambiente							
Manejo adequado de resíduos agropecuários							
Redução do uso de agrotóxicos e de pesticidas							
Utilização de métodos de irrigação mais eficientes e com menor consumo de água							
Perfuração de poços para captação subterrânea							
Proteção de nascentes e da mata ciliar							
Racionamento de água em períodos de escassez							
Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público							
Uso amplo de instrumentos de gestão dos recursos hídricos							

Fonte: elaboração própria.



## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de cenários e a consequente projeção de balanços hídricos futuros para as Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste possibilita a análise dos desafios que se apresentam para o desenvolvimento futuro das bacias e como o sistema de gestão de recursos pode atuar a partir de seus instrumentos de planejamento e regulação.

As alternativas de intervenção apresentadas na parte final deste Prognóstico ensejam os principais objetos de realização do Plano de Ação do PDRH.

Os maiores desafios estão ligados à melhoria do ambiente para as atividades produtivas ligadas à conservação do solo e o avanço na temática do saneamento básico em todas as áreas, com destaque especial ao tratamento de esgotos urbanos. Esse prognóstico também encaminha uma questão chave para o futuro da gestão de recursos hídricos nas bacias, que é a integração das bacias do Leste à Circunscrições Hidrográficas para que essas passem a integrar um Comitê de Bacia Hidrográfica.

Nesse sentido o que poderia ser identificado como uma lacuna de informações do Prognóstico é efeito do processo construtivo que se propõe, responder a pergunta: “quais os resultados da realização do Cenário de Aperfeiçoamento da Gestão?” é tarefa das próximas etapas de elaboração do PDRH, especialmente no que concerne à articulação da Gestão de Recursos Hídricos nessas bacias.

Essa temática deve ser foco das ações a partir do encerramento da etapa de prognóstico, uma vez que sem a organização e orientação do “como e com quem” irá ocorrer a articulação para a gestão dessas bacias, não há como se elaborar um Plano de Ações que possua uma implementação possível. Que parta das alternativas de intervenção listadas neste Prognóstico e às converta em uma série de ações, metas e indicadores a serem implementados por atores das bacias junto aos demais atores da Gestão de Recursos Hídricos.

Essa conversão das alternativas de intervenção em ações e plano irá depender do contexto de gestão em que cada uma das bacias será inserida, uma vez que será necessária a integração do Plano de Ação das Bacias dos Rios do Leste aos Planos de Ação do Comitês que receberão essas bacias. Se a articulação entre os instrumentos é necessária quando tratamos de sobreposição de áreas ou diferentes níveis de gestão, mais relevante ainda é quando tratamos de uma integração de fato.

Outros desafios se desenham no horizonte da elaboração do Plano de Ação, como a articulação com as regiões à jusante das bacias localizada em outra Unidade da Federação e a



---

proposição de um conjunto articulado, mas completamente congruente com as características de cada uma das bacias.

Para tanto, um conjunto robusto de reuniões e eventos será realizado para a construção do documento a ser gerado e, especialmente, para articulação entre os atores estratégicos e dispostos a compor a rede de gestão dos recursos hídricos para as Bacias hidrográficas dos Rios do Leste.



## 11. REFERÊNCIAS

AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos. Definição do Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus – Relatório da Etapa B - Enquadramento. 2019. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/cbh-sao-mateus>. Acesso em: mar. 2021

AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus – Relatório da Etapa A - Diagnóstico e Prognóstico. 2018. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/cbh-sao-mateus>. Acesso em: mar. 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Histórico da Cobrança. 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/cobranca/historico-da-cobranca>. Acesso em: fev. 2021

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Esgotos: Estações de Tratamento de Esgoto 2019 - Planilha. 2020. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>. Acesso em: mar. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portal Hidroweb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em mai. 2021.

BRASIL. Lei Nº 10.881, de 9 de junho de 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm). Brasília, 2004. Acesso em: fev. 2021.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso em: fev. 2021.

BRASIL. Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm). Acesso em: fev. 2021



BUARQUE, Sérgio C. Metodologia e Técnicas de Construção de Cenários Globais e Regionais. Brasília: IPEA, 2003 (Texto para Discussão Nº. 939) 75 p. Disponível em: [http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0939.pdf](http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0939.pdf). Acesso em 13/06/2019.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. PL 1121/2019. Projeto de Lei. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2208679&ord=1>. Acesso em: abr. 2021.

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI 2014. 38p. ilus. 23cm (Manual Técnico, 81).

CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 66, de 16 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52900>. Acesso em: fev. 2021.

CERH-MG. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH-MG nº 68, de 22 de março de 2021. Estabelece critérios e normas gerais sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (CRH) em bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53592>. Acesso em: mar. 2021.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Barraginhas: Água da chuva para todos. Brasília, DF. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-agua-de-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>. Acesso em: fev. 2021.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Base de dados. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: ago. 2019

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneos. Belo Horizonte, MG, 2018. Recebido em mídia física de Setor de Cadastro do IGAM.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019. Estabelece normas suplementarem para regularização dos recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>. Acesso em: mar. 2021.



IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Normativos legais sobre a Cobrança pelo uso da água. 2020. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos/1456-normativos-legais-sobre-a-cobranca-pelo-uso-da-agua>. Acesso em: fev. 2021.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Relatório de Diagnóstico. Plano Diretor de Recursos Hídricos e Enquadramento de Corpos de Água das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste. Elaborado por Profill Engenharia e Ambiente. 2021a.

IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Estimativas - Bacias do Leste. Mensagem recebida por <eng.cart.montenegro@gmail.com> em 29 mar. 2021. 2021b.

IPEA INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ASSECOR ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIDORES DA CARREIRA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. Brasil 2023: cenários para o desenvolvimento. Brasília: Ipea, Assecor, 2017. 320 p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30156](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=30156). Acesso em jul/2019. ANA – Agência Nacional de Águas. Monitor de Secas. Disponível em <http://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=5&ano=2020>. Acesso em 19 jun. 2020.

KAYSER, R. H. B.; COLLISCHONN, W. Integrando Sistema de Suporte à Decisão para Gerenciamento de Recursos Hídricos a um SIG de Código Aberto. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013, Bento Gonçalves. Anais do XX SBSR. Porto Alegre: ABRH, 2013.

MINAS GERAIS. Decreto N° 44.046, de 13 de junho de 2005. Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Estado. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=4771>. Acesso em: fev. 2021.

MINAS GERAIS. Decreto N° 47.860, de 7 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre a implantação da Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos no Estado e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=50661>. Acesso em: fev. 2021.

SEMAD. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. IGAM. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Resolução Conjunta SEMAD-IGAM n° 1.548, de 29 de março de 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Disponível em: <http://igam.mg.gov.br/images/stories/CTIG/4-r-c-semad-igam-no-1548-versao-publicada.pdf>. Acesso em: mar. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). PLIRHINE, Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil. Recife, 1980





---

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2016. Brasília, 2017b. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: out. 2018.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. UFMG. 2007.



## ANEXOS



---

## ANEXO I – ATUALIZAÇÃO DA ESTIMATIVA DE CARGAS POLUIDORAS



## 1. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Esta Nota Técnica tem como objetivo apresentar a atualização de dados referentes a Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), ao tratamento de esgotos coletados e à projeção de cargas poluidoras nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, para a etapa de Prognóstico. Também será apresentada a adoção de coeficientes de abatimento de nutrientes e coliformes termotolerantes, de acordo com os sistemas de tratamento de esgotos.

Os dados utilizados no Diagnóstico foram obtidos a partir do Atlas Esgotos, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com ano base 2013 e o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), com ano base 2018. Em 2020, a ANA publicou uma nova base de dados com atualização de ETEs, referente ao ano de 2019. Desta forma, com o intuito de dotar o Prognóstico com informações atualizadas, foram considerados os novos dados de ETEs para a projeção de cargas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

Além destas atualizações, foram adotados coeficientes de abatimento de nutrientes e coliformes termotolerantes para esgotos urbano e foram consolidadas as faixas de remoção de cargas poluentes relativas a fossas sépticas, com base em Von Sperling (2005). Desta forma, foi possível projetar as cargas poluidoras para a cena atual (2021) e para a cena futura (2041), representando o mais próximo possível da realidade das Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

Esse processo de atualização também visa aprimorar os subsídios dos estudos de prognóstico à elaboração do Enquadramento dos Corpos de Água, onde o tema do esgotamento sanitário é chave, não só para conhecimento da situação atual e definição de metas, mas também para a definição do que é possível, uma vez que as soluções para o esgotamento devem representar uma parcela relevante dos custos associados às ações do PDRH e ECA.

### INFORMAÇÃO DISPONÍVEIS

O Quadro 1 apresenta os as informações das ETEs consideradas na etapa de Diagnóstico, com base nos dados do Atlas Esgotos (ANA, 2013) e do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caiana (PMC, 2017). Nesta base de informações, apenas 5 dos 16 municípios inseridos parcial ou totalmente nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste, constavam com ETEs em 2013.



Quadro 1 – Dados técnicos das ETEs inseridas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste - Diagnóstico.

Município	UHP	Nome da ETE	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção de DBO (%)	Corpo receptor
Águas Formosas	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio Pampa
Alto Caparaó	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	Rio Caparaó
Bertópolis	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio das Umburanas
Caiana	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	Rio São João
Caparaó	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	Ribeirão da Fama
Espera Feliz	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	Rio São João
Felisburgo	UHP-2-Rio Jucuruçu	Não há	-	-	Córrego José Ferreira e Rio Rubim do Sul
Fronteira dos Vales	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio Pampa
Lajinha	UHP-6-Rio Itapemirim	Não há	-	-	Ribeirão São Domingos
Machacalis	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Córrego Água-Branca e Rio do Norte
Nanuque	UHP-5-Rio Itaúnas	Não há	-	-	Rio Mucuri e Córregos Guaribas e São Mateus
Palmópolis	UHP-1-Rio Buranhém, UHP-2-Rio Jucuruçu e UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio do Pardo ou Jucuruçu
Rio do Prado	UHP-2-Rio Jucuruçu	Não há	-	-	Rio Barracão
Santa Helena de Minas	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio do Norte
Santo Antônio do Jacinto	UHP-1-Rio Buranhém	Não há	-	-	Córregos Oliveira e Manuel Santos
Serra dos Aimorés	UHP-4-Rio Peruípe	ETE de Serra dos Aimorés	UASB	65	Córrego da Estiva (ETE) e Córrego do Barroso (sem tratamento)
Umburatiba	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	Rio Itanhém

Fonte: elaborado com base em ANA (2013), PMC (2017).

O Quadro 2 apresenta os dados de ETEs de acordo com a atualização do Atlas Esgotos (ANA, 2020), com o ano base de 2019. Foram adicionadas ETE nos municípios de Fronteira dos Vales, Nanuque e Santa Helena de Minas contribuindo para a redução das cargas poluidoras nestes locais. Também foi atualizada a eficiência de remoção de DBO em Serra dos Aimorés. Desta forma, 4 municípios do total de 17 inseridos parcial ou totalmente nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste contam com ETE.



Quadro 2 – Dados técnicos atualizados das ETEs inseridas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste - Prognóstico.

Município	UHP	Nome da ETE	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção de DBO (%)	Corpo receptor
Águas Formosas	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	-
Alto Caparaó	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	-
Bertópolis	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	-
Caiana	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	-
Caparaó	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	-
Espera Feliz	UHP-7-Rio Itabapoana	Não há	-	-	-
Felisburgo	UHP-2-Rio Jucuruçu	Não há	-	-	-
Fronteira dos Vales	UHP-3-Rio Itanhém	ETE Fronteira dos Vales	Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico	73	Rio Pampã
Lajinha	UHP-6-Rio Itapemirim	Não há	-	-	Ribeirão São Domingos
Machacalis	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	
Nanuque	UHP-5-Rio Itaúnas	ETE Nanuque	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	68	Rio Mucuri
Palmópolis	UHP-1-Rio Buranhém, UHP-2-Rio Jucuruçu e UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	
Rio do Prado	UHP-2-Rio Jucuruçu	Não há	-	-	
Santa Helena de Minas	UHP-3-Rio Itanhém	ETE Santa Helena de Minas	Reator Anaeróbio + Lagoa Decantação/Facultativa/Maturação/Polimento	80	Córrego Sebastião
Santo Antônio do Jacinto	UHP-1-Rio Buranhém	Não há	-	-	-
Serra dos Aimorés	UHP-4-Rio Peruípe	ETE de Serra dos Aimorés	Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	85	'
Umburatiba	UHP-3-Rio Itanhém	Não há	-	-	'

Fonte: elaborado com base em ANA (2020).

A base de dados da ANA (2020) também serviu para confrontar dados do SNIS (2018), relativos à coleta e tratamento de esgotos, utilizados no Diagnóstico. Em municípios que possuíam índice de tratamento de esgotos (SNIS, 2018) superior a 0%, mas não foram identificadas ETEs (ANA, 2020), adotou-se 0% como índice de tratamento, adotando por princípio a precaução. O Quadro 3 apresenta a relação dos municípios que tiveram seu índice de tratamento de esgotos zerado para o cálculo de cargas no prognóstico.

Quadro 3 – Dados do índice de tratamento de esgoto coletado nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

Município	Índice de tratamento do esgoto coletado <sup>1</sup> (%)	Índice de tratamento do esgoto coletado – consolidado <sup>2</sup> (%)
Bertópolis	100	0
Umburatiba	100	0

Fonte: elaborado com base em 1- SNIS (2018); 2- ANA (2020).  
ni: não informado.



## 2. COEFICIENTES DE ABATIMENTO

Para calcular as cargas poluidoras urbanas na cena atual (2021) e na cena de longo prazo (2041), foram adotadas eficiências de remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes de acordo com os tipos de tratamento das ETEs. O Quadro 4 apresenta os coeficientes de abatimento adotados com base em Von Sperling (2005).

Quadro 4 – Eficiências de remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes adotadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

Sistema de tratamento	Eficiências de Tratamento			
	N. amon.	N. Total	P total	Colif.
Reator Anaeróbio (RAFA, RALF, UASB, DAFA)	25%	30%	20,00%	90%
Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico	25%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Filtro Anaeróbio/Biológico + Decantador	25%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Filtro Aeróbio + Decantador	70,0%	30%	20,00%	95%
Reator Anaeróbio + Lagoa Decantação/Facultativa/Maturação/Polimento	60,00%	60,00%	70%	99,99%

Fonte: elaborado com base em Von Sperling (2005).

Na etapa de Diagnóstico, havia sido adotado 40% de remoção de fósforo, 40% de nitrogênio e 99% de coliformes termotolerantes para municípios com coleta e tratamento de esgotos, com base no Atlas Esgotos (ANA, 2017).

Em relação ao saneamento rural, considerou-se que 100% da população utiliza solução individual de tratamento de esgotos, que corresponde à fossa séptica. As eficiências de remoção adotadas são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Eficiência de remoção de fossas sépticas adotadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste.

Parâmetros	Eficiência de tratamento	
	Etapa Diagnóstico <sup>1</sup>	Etapa Prognóstico <sup>2</sup>
DBO	50%	35%
N total	20%	20%
P total	20%	20%
Coliformes	80%	40%

Fonte: elaborado com base em 1- ANA (2017); 2- Von Sperling (2005).

Em relação ao Diagnóstico, havia sido adotado 50% de remoção de DBO e 80% de coliformes, sem alteração para os demais parâmetros (ANA, 2017).



### 3. RESULTADOS

O Quadro 6 apresenta as cargas poluidoras calculadas para a cena atual (2021), assim como os abatimentos médios adotados para cada UHP. Para a cena de 2041, considerou-se o crescimento das cargas poluidoras de acordo com o crescimento populacional por UHP, admitindo que eventuais aumentos seriam acompanhados por incrementos proporcionais nas taxas de tratamento.

Quadro 6 – Estimativa da carga lançada por UHP e abatimento em relação à carga potencial – cena atual (2021)

UHP	Carga lançada (kg/dia)				Abatimento (%)			
	DBO	Fosf.	Coli*.	Nit.	DBO	Fosf.	Coli.	Nit.
Rio Buranhém	475,11	9,38	8,60E+12	75,02	13,3%	7,6%	15,2%	7,6%
Rio Jucuruçu	341,84	6,97	6,12E+12	55,77	19,1%	10,9%	21,8%	10,9%
Rio Itanhém	888,05	17,88	1,54E+13	145,59	23,8%	17,2%	28,5%	15,7%
Rio Peruípe	243,09	6,39	4,33E+12	48,95	33,5%	5,6%	36,1%	9,7%
Rio Itaúnas	117,92	2,22	2,17E+12	17,80	16,7%	15,1%	17,2%	15,1%
Rio Itapemirim	60,67	1,38	1,04E+12	11,06	35,0%	20,0%	40,0%	20,0%
Rio Itabapoana	1965,61	39,02	3,55E+13	312,13	14,4%	8,2%	16,4%	8,2%
<b>Total</b>	<b>4092,28</b>	<b>83,25</b>	<b>7,32E+13</b>	<b>666,31</b>	<b>18,7%</b>	<b>10,7%</b>	<b>21,4%</b>	<b>10,6%</b>

Fonte: elaboração própria

\* valor em NMP/dia





---

#### 4. REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos da ANA, 2013. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/> Acesso em: out. 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília-DF, 2017. Disponível em: [https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo\\_livro.pdf](https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf). Acesso em: out. 2018.

COPASA. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Relatório Setorial. 2018. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/sites/default/files/transicao-governamental/Sistema%20Operacional%20de%20Cidades%20e%20Integra%C3%A7%C3%A3o%20Regional/Documento%20de%20Transi%C3%A7%C3%A3o%20-%20COPASA.pdf>. Acesso em: mar. 2021.

PMC - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAIANA. Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de Caiana - MG. 2017.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.





 **Igam**  
Instituto Mineiro de Gestão das Águas



**PROFILL**

A. Iguaçu, 451, 6o andar, Petrópolis.  
Porto Alegre - RS. CEP: 90470-430

Fone | Fax: (51) 3211-3944  
[www.profill.com.br](http://www.profill.com.br)