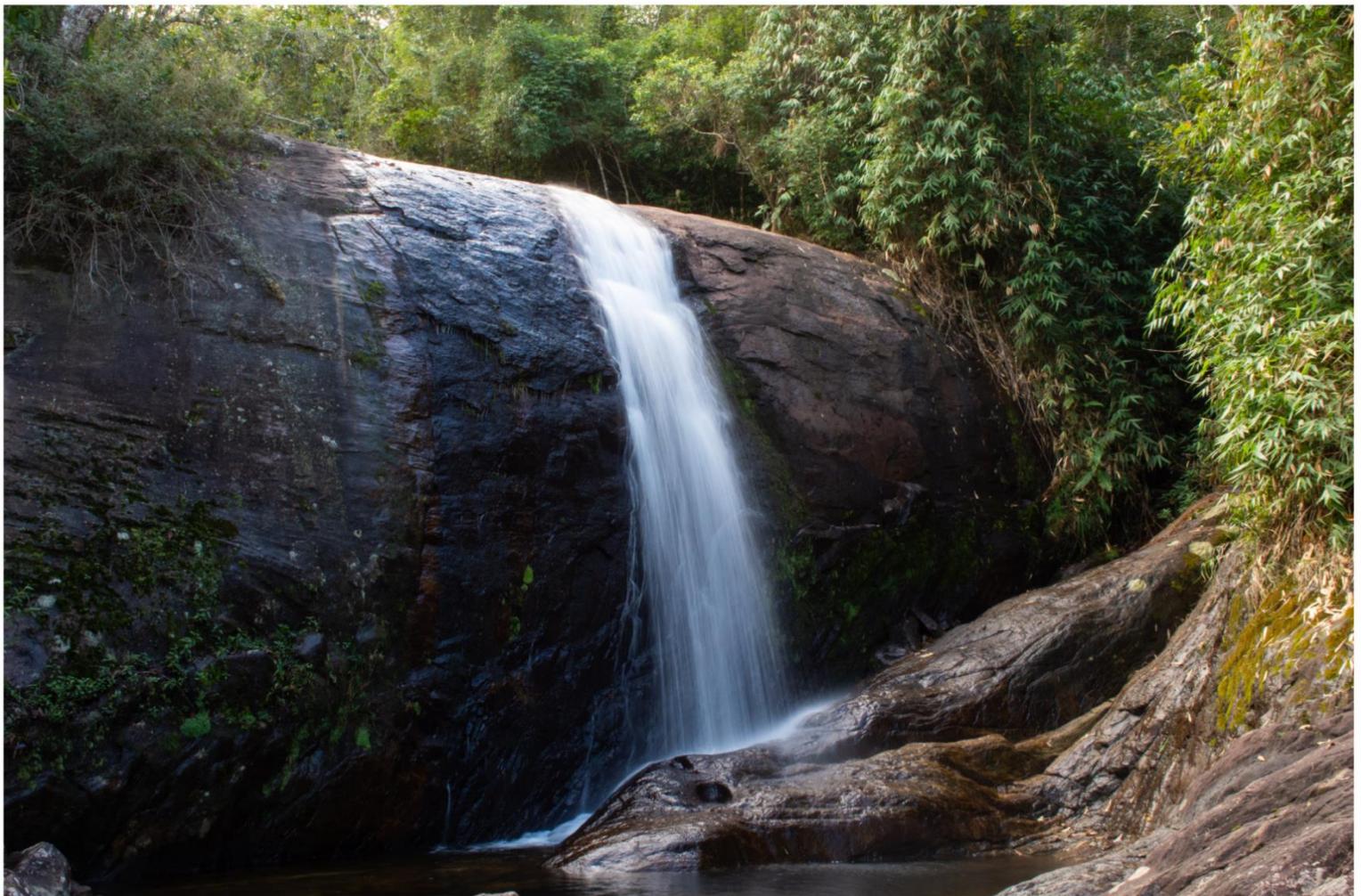




DEFINIÇÃO DO ENQUADRAMENTO E PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITABAPOANA

RELATÓRIO DA ETAPA B ENQUADRAMENTO



Cachoeira Vó Tuti (Patrimônio da Penha/ES)
foto: Micaelly Rupf

FEVEREIRO/2019

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Relatório Técnico da Etapa B (REB) do processo de planejamento dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. O objetivo central deste relatório é apresentar o processo de Enquadramento dos corpos hídricos superficiais em classes de uso, onde foram definidos os usos futuros pretendidos, cenários de Enquadramento e metas progressivas e finais para serem alcançadas no horizonte de planejamento previsto. Ele é parte integrante dos produtos originados do projeto *Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Itabapoana (parte capixaba), Itapemirim, Itaúnas, Novo e São Mateus (parte capixaba) como subsídio fundamental ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos*. O referido projeto foi coordenado pela Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) e pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação (FAPES) e com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA).

COORDENAÇÃO E EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Felipe Dutra Brandão (AGERH)

Monica Amorim Gonçalves (AGERH)

Pablo Medeiros Jabor (IJSN)

Equipe administrativa

Murilo Ribeiro Spala – Geógrafo

Dianne dos Santos Silva – Graduada em Engenharia de Produção

Equipe técnica

Bruna Zuqui Freitas - Economista

Bruno Peterle Vaneli – Engenheiro Ambiental

Carolina Goulart Bezerra – Engenheira Florestal

Catarina Eya Campiello Contipelli – Historiadora

Daniely Marry Neves Garcia – Engenheira Florestal

Felipe Andrade Silva – Engenheiro Ambiental

Fernando Mieis Caus - Geógrafo

Gisele Gavazza Lamberti – Engenheira Ambiental

Gustavo Lazarini Forreque – Engenheiro Ambiental

Jéssica Broseghini Loss – Engenheira Agrônoma

Juliana Pereira Louzada Valory – Engenheira Ambiental

Larissa Bertoldi – Oceanógrafa

Lorena Gregório Puppim – Oceanógrafa

Luana Lavagnoli Moreira – Engenheira Ambiental

Marcus Vinícius Oliveira Sartório - Geógrafo

Maycon Chaga da Silva – Bacharel em Ciências Econômicas

Micaelly Bueno Rupf – Fotógrafa

Rafael Rezende Novais – Engenheiro Ambiental

Rayelle Gusmão Tessarollo – Engenheira Ambiental

Rosangela Maioli Langa – Geógrafa

Simone Patrocínio - Jornalista

Taísa da Rosa Barros Proêza – Bacharel em Serviço Social

Equipe de apoio

Bruna Bergamin Aguiar – Graduanda em Economia

Érica Cristina Leocardio Zaninho – Graduanda em Geografia

Pedro Henrique Zanoni Filho – Graduando em Economia

LISTA DE SIGLAS

AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Águas

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

CCBH ITABAPOANA – Comitê Capixaba da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ES – Espírito Santo

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

MG – Minas Gerais

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PRH – Plano de Recursos Hídricos

REA – Relatório da Técnico da Etapa A

REB – Relatório Técnico da Etapa B

REC – Relatório Técnico da Etapa C

RJ – Rio de Janeiro

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SEAMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SIGERH/ES – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Espírito Santo

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TED – Termo de Execução Descentralizada

UFF – Universidade Federal Fluminense

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UP – Unidade de Planejamento

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Resumo das oficinas realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	17
Quadro 3.1 – Descrição dos trechos propostos para Enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	20
Quadro 5.1 - Padrões Estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.	34
Quadro 5.2 - Projeções futuras para as captações de água superficiais para abastecimento público na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	35
Quadro 5.3 - Captação Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	36
Quadro 5.4 - Contribuição per capita dos parâmetros considerados na modelagem.	38
Quadro 5.5 - Cargas unitárias adotadas para os tipos de uso do solo das bacias (kg/km ² /dia).....	39
Quadro 6.1 - Características das ETEs existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	46
Quadro 6.2 - Concentrações dos principais parâmetros lançados pelas ETEs da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	46
Quadro 6.3 - Dados de lançamento das sedes e localidades da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	46
Quadro 6.4 - Concentrações dos principais parâmetros lançados nas sedes e localidades da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	47
Quadro 7.1 – Enquadramento Proposto para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	54
Quadro 8.1 - Metas Progressivas e horizontes temporais de Enquadramento.	58
Quadro 8.2 - Metas progressivas representadas por classes de qualidade na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	59
Quadro 8.3 - Vazões e concentrações lançadas pelas ETEs nos cenários intermediários e de Enquadramento.	60
Quadro 8.4 - Lançamentos brutos remanescentes nas sedes municipais e localidades.	61
Quadro 9.1 - Intervenções em Esgotamento sanitário para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana para alcance das metas de Enquadramento.	64
Quadro 9.2 - Intervenções sugeridas no Sistema de Tratamento de Esgotos.....	65
Quadro 10.1 - Sistema de coleta de esgotos sanitários (preço por habitante).	67

Quadro 10.2 - Custos referentes aos incrementos no índice de cobertura da rede de coleta de esgotos.....	67
Quadro 10.3 - Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto e os custos relativos à sua implantação.	68
Quadro 10.4 - Custos estimados das Estações de Tratamento de Esgotos.....	68
Quadro 10.5 - Síntese dos custos estimados para Esgotamento Sanitário em Apiacá, Bom Jesus do Norte, Dores do Rio Preto, Divino de São Lourenço, Guaçuí, Mimoso do Sul, São José do Calçado.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Classes de enquadramento e sua relação com a qualidade da água e seus usos.....	14
Figura 1.2 - Classes de Enquadramento das águas doces e usos respectivos.....	14
Figura 1.3 - Classes de Enquadramento das águas salobras e usos respectivos.....	15
Figura 1.4 - Classes de Enquadramento das águas salinas e usos respectivos.	15
Figura 2.1 - Fluxograma da metodologia empregada na elaboração da Proposta de Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	18
Figura 3.1 - Rio do Veado - trecho 2, à margem da rodovia ES-493 (cerca de 3 km a montante da cidade de Divino de São Lourenço).....	25
Figura 3.2 - Rio do Veado - trecho 3, na sede do município de Divino de São Lourenço.	25
Figura 3.3 - Córrego Frio - trecho 7, à margem da rodovia ES-190 (cerca de 500 m a montante do distrito de Mundo Novo).	26
Figura 3.4 - Córrego São Pedro - trecho 20, próximo à mancha urbana do distrito de São Pedro de Itabapoana (Mimoso do Sul).....	26
Figura 3.5 – Rio Muqui do Sul - trecho 23, à margem da rodovia ES-391 (cerca de 4,5 km a jusante da mancha urbana do distrito de Santo Antônio do Muqui).....	27
Figura 3.6 - Rio Muqui do Sul - trecho 25, na sede do município de Mimoso do Sul.....	27
Figura 3.7 - Rio Muqui do Sul - trecho 25, na sede do município de Mimoso do Sul.....	28
Figura 3.8 – Rio Preto - trecho 27, na interseção da rodovia BR-101 sobre o referido rio....	28
Figura 3.9 - Córrego Morobá - trecho 31, na interseção da rodovia ES-162.	28
Figura 4.1 - Exemplo de análise das etiquetas de usos por trecho de rio.....	30
Figura 4.2 - Pré-Enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	31
Figura 5.1 - Estações amostrais de qualidade da água da AGERH e da Rede Complementar utilizadas na calibração do modelo matemático.	41
Figura 6.1 - Classes de qualidade no cenário atual (2017) na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.....	50
Figura 6.2 - Classes de qualidade do cenário futuro tendencial (20 anos) na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	52
Figura 7.1- Enquadramento Proposto para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.	55

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
1 INTRODUÇÃO	12
2 PROCESSO DE DEFINIÇÃO DO ENQUADRAMENTO	16
3 DEFINIÇÃO DOS TRECHOS PARA O ENQUADRAMENTO	19
3.1 TRECHOS PARA ENQUADRAMENTO.....	19
4 PRÉ-ENQUADRAMENTO	29
5 MODELAGEM DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	32
5.1 DADOS DE ENTRADA PARA O MODELO	33
5.1.1 Parâmetros Ambientais simulados	33
5.1.2 Captações	34
5.1.3 Lançamentos de Cargas Pontuais	36
5.1.4 Lançamentos de Cargas Difusas.....	39
5.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS GERADOS	39
5.3 DETERMINAÇÃO DA CLASSE GERAL DO TRECHO.....	42
6 CENÁRIOS DE ENQUADRAMENTO	43
6.1 PROJEÇÃO DAS CARGAS DE POLUENTES: EFLUENTES DE ORIGEM DOMÉSTICA E ANIMAL	45
6.2 PROJEÇÃO DAS CARGAS DE POLUENTES: LANÇAMENTOS INDUSTRIAIS ..	48
6.3 RESULTADO DO CENÁRIO ATUAL POR MEIO DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO	48
6.4 RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO TENDENCIAL POR MEIO DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO	51
7 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO ITABAPOANA	53
8 METAS INTERMEDIÁRIAS DE ENQUADRAMENTO	58
9 PROGRAMA DE EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO	63
9.1 INTERVENÇÕES DE MELHORIA NO ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA ALCANCE DE META DE ENQUADRAMENTO	63

9.1.1	Lançamentos Pontuais	63
9.1.2	Carga Difusa	66
10	CUSTOS PARA A EFETIVAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO	67
10.1	INVESTIMENTOS PREVISTOS PARA A BACIA DO RIO ITABAPOANA.....	70
11	REFERENCIAS	72
	ANEXO A	76
	ANEXO B	77
	ANEXO C	87

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Nº 9.433/1997, representa um marco na gestão integrada dos recursos hídricos brasileiros ao adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) como organismo de decisão, devendo este processo decisório ser descentralizado e ter a participação do Poder Público, dos usuários e da sociedade civil organizada.

A legislação incorporou os princípios do desenvolvimento sustentável, ao definir a água como um recurso de disponibilidade limitada e, portanto, dotado de valor econômico (Salim, 2004). A fim de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos diversos usos, a PNRH disponibiliza um conjunto de instrumentos jurídico-político-administrativos, sendo eles: os Planos de Recursos Hídricos, elaborados por bacia hidrográfica, por estado e para o País; o Enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes da água; a Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a Cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Destaca-se o Enquadramento dos corpos d'água como o principal instrumento de planejamento entre o uso da água, o zoneamento de atividades e o estabelecimento de medidas para o controle da poluição. E, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA Nº 357/2005, pode ser definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

As principais regulamentações para o Enquadramento são resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), sendo elas:

- Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, alterando e complementando a Resolução CONAMA nº 357 de 2005;

- Resolução CNRH Nº 91, de 05 de novembro de 2008, que estabelece os procedimentos gerais para o Enquadramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos;
- Resolução CONAMA Nº 396, de 03 de abril de 2008, que estabelece classificação e diretrizes ambientais para o Enquadramento das águas subterrâneas.

O arcabouço legal estadual aplicável ao Enquadramento dos corpos d'água em classes no Estado do Espírito Santo é:

- Lei Nº 10.179 de 17 de março de 2014, que revogou a Lei Nº 5.818/1998, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos - SIGERH/ES.
- Resolução CERH Nº 28, de 15 de fevereiro de 2011, que estabelece que os enquadramentos dos corpos de água em classes sejam elaborados de forma articulada com os Planos de Bacias Hidrográficas.

De acordo com a Agência Nacional das Águas - ANA (2009), o Enquadramento de um rio, ou de qualquer outro corpo de água, deve considerar três aspectos principais:

- “O rio que temos”, que representa a condição atual do corpo d'água e condiciona seus usos;
- “O rio que queremos”, que representa a vontade da sociedade, expressa pelos usos atuais e futuros que ela deseja para o corpo d'água, geralmente sem considerar as limitações tecnológicas e de custos;
- “O rio que podemos ter”, que representa uma visão mais realista, incorporando as limitações técnicas e econômicas existentes para tentar transformar o “rio que temos” no “rio que queremos”.

A classe do Enquadramento de um corpo d'água deve ser definida em pacto acordado pela sociedade e deve proporcionar o uso múltiplo das águas, entre os quais se destacam: preservação das comunidades aquáticas, abastecimento doméstico, recreação, irrigação, dessedentação animal, uso industrial, navegação, produção de energia, dentre outros.

Os usos da água são condicionados pela sua qualidade, sendo que as águas com maior qualidade permitem a existência de usos mais exigentes, enquanto águas com pior qualidade permitem apenas os usos menos exigentes. As águas doces são

classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em cinco classes: classe especial e classes de 1 a 4, em uma ordem decrescente de qualidade, ou seja, a classe especial é a que tem melhor qualidade da água e a classe 4 é a de pior qualidade (Figura 1.1). Já para as águas salobras ou salinas são quatro classificações, a classe especial e as de números 1 a 3.

Figura 1.1 - Classes de Enquadramento e sua relação com a qualidade da água e seus usos.



Fonte: ANA (2013).

A Figura 1.2, a Figura 1.3 e a Figura 1.4 apresentam, respectivamente, a associação entre as classes de Enquadramento e os usos respectivos a que se destinam as águas doces, salobras e salinas.

Figura 1.2 - Classes de Enquadramento das águas doces e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
		ESPECIAL	1	2	3	4
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral				
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS			Mandatório em Terras Indígenas			
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO						
AQUICULTURA						
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO						
PESCA						
IRRIGAÇÃO			Hortalças consumidas cruas ou frutas ingeridas com película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS						
NAVEGAÇÃO						
HARMONIA PAISAGÍSTICA						

Fonte: ANA (2013).

Figura 1.3 - Classes de Enquadramento das águas salobras e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS SALOBRAS		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA			
		ESPECIAL	1	2	3
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral			
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS					
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO					
AQUICULTURA					
ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO			Após tratamento convencional ou avançado		
IRRIGAÇÃO			Hortaliças, frutas, parques, jardins e campos de esporte		
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO					
PESCA					
NAVEGAÇÃO					
HARMONIA PAISAGÍSTICA					

Fonte: ANA (2013).

Figura 1.4 - Classes de Enquadramento das águas salinas e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS SALINAS		CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA			
		ESPECIAL	1	2	3
PRESERVAÇÃO DO EQUILÍBRIO NATURAL DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS		Mandatório em UC de Proteção Integral			
PROTEÇÃO DAS COMUNIDADES AQUÁTICAS					
RECREAÇÃO DE CONTATO PRIMÁRIO					
AQUICULTURA					
RECREAÇÃO DE CONTATO SECUNDÁRIO					
PESCA					
NAVEGAÇÃO					
HARMONIA PAISAGÍSTICA					

Fonte: ANA (2013).

2 PROCESSO DE DEFINIÇÃO DO ENQUADRAMENTO

O processo de formulação e implementação do Enquadramento dos corpos de água, conforme a Resolução CNRH nº 91/2008, é dividido em quatro etapas principais:

- Diagnóstico;
- Prognóstico;
- Proposta de metas relativas às alternativas de Enquadramento e;
- Programa para a Efetivação do Enquadramento.

As etapas de elaboração do Diagnóstico e Prognóstico já foram concluídas e constam no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. A partir de então, iniciou-se a elaboração da proposta de Enquadramento.

As informações geradas no relatório supracitado foram utilizadas, em especial nos aspectos relacionados com o Enquadramento, tais como: socioeconomia, uso do solo, balanço hídrico quali-quantitativo, fontes pontuais de poluição, unidades de conservação, dentre outros. Da mesma forma, o Prognóstico realizado possibilita internalizar, no estudo do Enquadramento, fatores como o crescimento econômico e demográfico tendencial esperado para as regiões analisadas.

Na elaboração da proposta de Enquadramento, definiu-se trechos da bacia a serem enquadrados. Após essa definição, foram determinados os usos pretendidos para os mesmos e, em seguida, foram elaborados os cenários futuros sob a óptica da qualidade da água através da modelagem matemática, melhor detalhada no Capítulo 5. Desta maneira, uma proposição de classes de qualidade foi realizada para se estabelecer o Enquadramento dos corpos de água para a porção capixaba da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

O processo de Enquadramento foi realizado na porção capixaba da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, sendo a participação ativa da sociedade por meio de Oficinas com o respectivo CBH, em todas as etapas do processo (Figura 2.1), fundamental para o sucesso do mesmo.

A etapa A do Plano de Bacias (Diagnóstico e Prognóstico), foi dividida em Oficina de Contextualização e Atividades Preliminares; Oficina Intermediária e Oficina Final. Nas etapas B e C do Plano de Recursos Hídricos (Enquadramento e Plano de Ações), foram realizadas a Oficina de Manifestação de Vontades; a Oficina de Enquadramento

e Plano de Ações e a Oficina Final do Plano de Ações. As oficinas realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana estão apresentadas no Quadro 2.1.

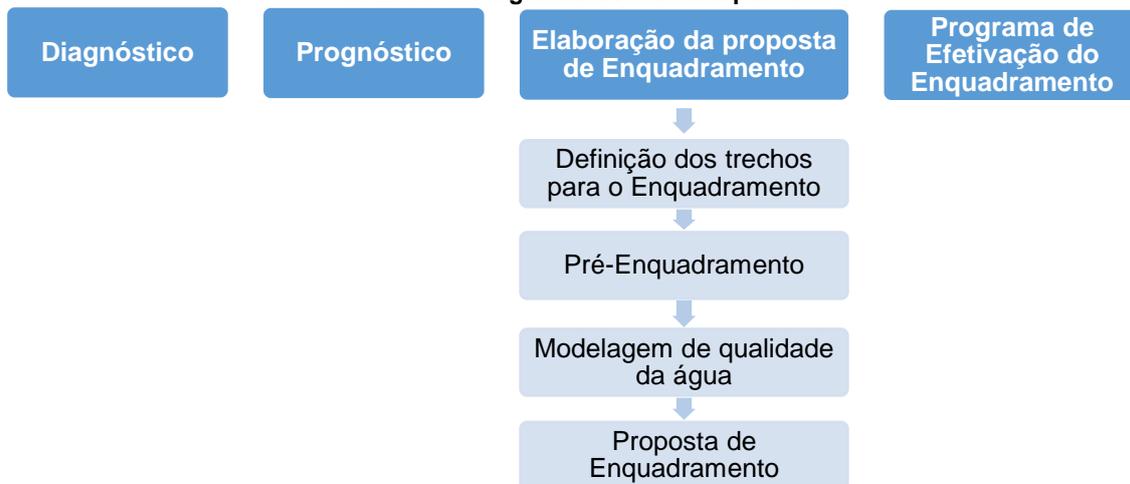
Quadro 2.1- Resumo das oficinas realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Oficina	Pauta da Oficina	Objetivos	Local/Data
Oficina de Contextualização e Atividades Preliminares	Instrumento de Percepção Ambiental; Plano de Comunicação e Mobilização Social; Histórico da Ocupação da Bacia; Variáveis a serem levantadas; Unidades de Planejamento (UPs).	Validar as informações sobre os aspectos históricos da ocupação da bacia, as variáveis a serem levantadas, o plano de comunicação e mobilização social e as Unidades de Planejamento.	21/06/17 em Guaçuí
Oficina Intermediária	Ações já realizadas e cronograma das atividades previstas; Ações de comunicação e mobilização social; Andamento da pesquisa socioeconômica e ambiental na bacia; Informações e dados sobre a coleta de qualidade de água.	Informar ao CBH e à sociedade as atividades que tinham sido realizadas, que estavam em andamento e as ações futuras.	23/08/17 em São José do Calçado
Oficina Final	Dinâmica Social e Econômica; Uso e Ocupação do Solo; Usos da água; Eventos hidrológicos críticos; Qualidade da água; Disponibilidades Hídricas; Demandas Hídricas; Balanço Hídrico.	Apresentar o diagnóstico dos recursos hídricos, obter contribuições e validar as informações.	13/12/17 em Mimoso do Sul
Oficina de Manifestação de Vontades	Definição dos trechos a serem enquadrados; Pré-enquadramento.	Definir os trechos a serem enquadrados e obter informações sobre os usos da água desejados pela população, com vistas ao enquadramento de corpos de água.	04/04/18 em Guaçuí
Oficina de Enquadramento e Plano de Ações	Validação do enquadramento; Priorização das metas e atividades dos planos de ações.	Validar a proposta de enquadramento e obter priorização das metas para o Plano de Ações.	14/08/18 em Mimoso do Sul
Oficina Final do Plano de Ações	Apresentação dos eixos, metas e ações do Plano de Ações; Apresentação do Manual Operativo; Apresentação das diretrizes de outorga e de cobrança.	Apresentar e validar o Plano de Ações, o Manual Operativo para o Plano de Ações e as diretrizes para a outorga e a cobrança pelo uso da água.	01/11/18 em Presidente Kennedy

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

A Figura 2.1 apresenta o fluxograma da metodologia empregada no processo de Enquadramento.

Figura 2.1 - Fluxograma da metodologia empregada na elaboração da Proposta de Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

3 DEFINIÇÃO DOS TRECHOS PARA O ENQUADRAMENTO

A seleção dos cursos d'água de interesse foi estabelecida a partir da rede hidrográfica principal e secundária previamente determinada no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Posteriormente à escolha dos cursos de água, ocorre a segmentação da bacia hidrográfica em trechos de rio. O processo de segmentação consiste em dividir a hidrografia escolhida em trechos menores, para os quais serão definidas as classes de qualidade, conforme a Resolução CONAMA Nº 357/2005.

A definição dos cursos de água e a segmentação dos mesmos em trechos contaram com a participação ativa dos membros do CBH Rio Itabapoana. Para a segmentação da rede de drenagem em trechos, foi realizado um estudo prévio da bacia e foram definidos alguns critérios que poderiam provocar alteração significativa na qualidade da água, sendo eles: mancha urbana, unidades de conservação, interferência do tributário sobre o rio principal (ou, ainda, sobre outro corpo d'água) e uso e ocupação do solo.

Adicionalmente, outros critérios foram considerados, como: UP (um trecho não poderia estar inserido em mais de uma Unidade de Planejamento); existência de pontos amostrais de qualidade de água; e importância regional do trecho de corpo hídrico. Em relação ao critério "importância regional", este foi considerado devido às contribuições recebidas durante as oficinas realizadas com o CBH Rio Itabapoana, no âmbito do Projeto "Consolidação do Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água como subsídio ao Enquadramento e Plano de Recursos Hídricos", onde foram citados cursos de água importantes para a região do ponto de vista social, ambiental e econômico.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana foram definidos 19 corpos d'água a serem enquadrados, os quais foram segmentados em 31 trechos.

3.1 TRECHOS PARA ENQUADRAMENTO

O Quadro 3.1 apresenta os trechos definidos no processo de Enquadramento, com suas coordenadas e principais características, bem como os critérios utilizados para sua segmentação. Vale ressaltar que as coordenadas são apresentadas seguindo a projeção UTM, Sirgas 2000, zona 24S.

Quadro 3.1 – Descrição dos trechos propostos para Enquadramento na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Trecho/ (UP)	Corpo hídrico	Coordenadas		Descrição do início e término	Principais usos do solo no entorno do trecho	Critério de segmentação	Extensão (km)
		Início	Fim				
1 (RDV)	Rio do Veado	Início	X - 210523; Y - 7730380	Das nascentes do rio do Veado até o limite do Parque Nacional do Caparaó	Mata nativa	Unidade de conservação	5,8
		Fim	X - 214985; Y - 7727839				
2 (RDV)	Rio do Veado	Início	X - 214985; Y - 7727839	Do limite do Parque Nacional do Caparaó até a montante da mancha urbana da cidade de Divino de São Lourenço	Pastagem	Mancha urbana	17,9
		Fim	X - 220218; Y - 7717739				
3 (RDV)	Rio do Veado	Início	X - 220218; Y - 7717739	Da montante da mancha urbana da cidade de Divino de São Lourenço até a confluência com o ribeirão São Tiago	Pastagem	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	27,6
		Fim	X - 222845; Y - 7704868				
4 (RDV)	Rio do Veado	Início	X - 222845; Y - 7704868	Da confluência com o ribeirão São Tiago até a confluência com o ribeirão Santa Catarina	Pastagem	Mancha urbana e interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	4,5
		Fim	X - 221432; Y - 7701234				
5 (RDV)	Rio do Veado	Início	X - 221432; Y - 7701234	Da confluência com o ribeirão Santa Catarina até a confluência com o Rio Itabapoana	Pastagem e área edificada	Interferência de um tributário sobre o rio principal	14,6
		Fim	X - 215164; Y - 7693467				
6 (RDV)	Córrego Frio	Início	X - 207634; Y - 7720946	Das nascentes do córrego Frio até o limite do Parque Nacional do Caparaó	Mata nativa	Unidade de conservação	2,2
		Fim	X - 207893; Y - 7719036				
7 (RDV)	Córrego Frio	Início	X - 207893; Y - 7719036	Do limite do Parque Nacional do Caparaó até a confluência com o rio Preto	Pastagem e cultivo agrícola (café)	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	5,5
		Fim	X - 207358; Y - 7714995				
8 (RDV)	Rio Caparaozinho	Início	X - 209549; Y - 7709367	Das nascentes do rio Caparaozinho até a confluência com o rio Preto	Pastagem e cultivo agrícola (café)	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	10,0
		Fim	X - 202076; Y - 7706078				

Trecho/ (UP)	Corpo hídrico	Coordenadas		Descrição do início e término	Principais usos do solo no entorno do trecho	Critério de segmentação	Extensão (km)
9 (RDV)	Ribeirão São Tiago	Início	X - 212406; Y - 7714901	Das nascentes do ribeirão São Tiago até a confluência com o rio do Veado	Pastagem	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	18,5
		Fim	X - 222845; Y - 7704868				
10 (RDV)	Ribeirão Santa Catarina	Início	X - 226510; Y - 7691128	Das nascentes do ribeirão Santa Catarina até a confluência com o rio do Veado	Pastagem	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água e importância regional	14,5
		Fim	X - 221470; Y - 7701344				
11 (RCA)	Córrego do Palmital (também conhecido como córrego São Lourenço)	Início	X - 221949; Y - 7682882	Das nascentes do córrego do Palmital (também conhecido como córrego São Lourenço) até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem	Importância regional e interferência de um tributário sobre o rio principal	8,1
		Fim	X - 218023; Y - 7677564				
12 (RCA)	Córrego Jacá e Córrego Serrinha	Início	X - 231090; Y - 7678056	Das nascentes do córrego Jacá até a confluência do córrego Serrinha com o rio Calçado	Pastagem	Importância regional e interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	10,8
		Fim	X - 224328; Y - 7672567				
13 (RCA)	Rio Calçado	Início	X - 224865; Y - 7675522	Da confluência do córrego das Perobas e o ribeirão Alto Calçado (início do rio Calçado) até a montante da mancha urbana da cidade de São José do Calçado	Pastagem	Mancha urbana	2,9
		Fim	X - 224413; Y - 7672945				
14 (RCA)	Rio Calçado	Início	X - 224413; Y - 7672945	Da montante da mancha urbana da cidade de São José do Calçado até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem e mata nativa	Interferência de um tributário sobre o rio principal	16,4
		Fim	X - 217691; Y - 7663764				
15 (RCA)	Córrego Alto do Jardim (também	Início	X - 232505; Y - 7672918	Das nascentes do córrego Alto do Jardim até a confluência com o rio Barra Alegre	Pastagem	Importância regional e interferência de um tributário sobre	18,4

Trecho/ (UP)	Corpo hídrico	Coordenadas		Descrição do início e término	Principais usos do solo no entorno do trecho	Critério de segmentação	Extensão (km)
	conhecido como córrego Batatal)	Fim	X - 225713; Y - 7660586			outro corpo d'água	
16 (RCA)	Rio Barra Alegre	Início	X - 236144; Y - 7673513	Das nascentes do rio Barra Alegre até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem	Interferência de um tributário sobre o rio principal	25,7
		Fim	X - 225188; Y - 7659684				
17 (RCA)	Rio Apiacá	Início	X - 236804; Y - 7666983	Das nascentes do rio Apiacá até a montante da mancha urbana da cidade de Apiacá	Pastagem	Mancha urbana	11,9
		Fim	X - 233188; Y - 7659785				
18 (RCA)	Rio Apiacá	Início	X - 233188; Y - 7659785	Da montante da mancha urbana da cidade de Apiacá até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem e área edificada	Interferência de um tributário sobre o rio principal	3,5
		Fim	X - 232975; Y - 7656814				
19 (RCA)	Córrego Trindade	Início	X - 238594; Y - 7661681	Das nascentes do córrego Trindade até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem	Interferência de um tributário sobre o rio principal e importância regional	8,5
		Fim	X - 234390; Y - 7656490				
20 (RCA)	Córrego São Pedro	Início	X - 240475; Y - 7668686	Das nascentes do córrego São Pedro até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem	Interferência de um tributário sobre o rio principal	30,1
		Fim	X - 252029; Y - 7653932				
21 (RMS)	Rio Muqui do Sul	Início	X - 233388; Y - 7685578	Das nascentes do rio Muqui do Sul até a confluência com o córrego Conceição	Pastagem e cultivo agrícola (café)	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	16,3
		Fim	X - 240272; Y - 7679279				
22 (RMS)	Rio Muqui do Sul	Início	X - 240272; Y - 7679279	Da confluência com o córrego Conceição até a montante da mancha urbana do distrito de Santo Antônio do Muqui	Pastagem e cultivo agrícola (café)	Mancha urbana	9,0
		Fim	X - 243692; Y - 7675058				

Trecho/ (UP)	Corpo hídrico	Coordenadas		Descrição do início e término	Principais usos do solo no entorno do trecho	Critério de segmentação	Extensão (km)
23 (RMS)	Rio Muqui do Sul	Início	X - 243692; Y - 7675058	Da montante da mancha urbana do distrito de Santo Antônio do Muqui até a montante da mancha urbana da cidade de Mimoso do Sul	Pastagem	Mancha urbana	22,0
		Fim	X - 253926; Y - 7669192				
24 (RMS)	Córrego Santa Marta	Início	X - 256402; Y - 7675962	Das nascentes do córrego Santa Marta até a confluência com o rio Muqui do Sul	Pastagem	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água e importância regional	9,7
		Fim	X - 254543; Y - 7668774				
25 (RMS)	Rio Muqui do Sul	Início	X - 253926; Y - 7669192	Da montante da mancha urbana da cidade de Mimoso do Sul até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem e mata nativa	Interferência de um tributário sobre o rio principal	25,5
		Fim	X - 257716; Y - 7652831				
26 (CMO)	Rio Paraíso	Início	X - 262550; Y - 7670584	Das nascentes do rio Paraíso até a confluência com o rio Preto	Pastagem	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	8,2
		Fim	X - 268157; Y - 7666801				
27 (CMO)	Rio Preto	Início	X - 269447; Y - 7672631	Das nascentes do rio Preto até a confluência com o rio Paraíso	Pastagem e mata nativa	Interferência de um tributário sobre outro corpo d'água	7,2
		Fim	X - 268157; Y - 7666801				
28 (CMO)	Rio Preto	Início	X - 268157; Y - 7666801	Da confluência com o rio Paraíso até a interseção com estrada vicinal no par de coordenadas X - 273539 e Y - 7650684	Pastagem	Importância regional	18,7
		Fim	X - 273539; Y - 7650684				
29 (CMO)	Rio Preto	Início	X - 273539; Y - 7650684	Da interseção com estrada vicinal no par de coordenadas X - 273539 e Y - 7650684, até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem	Interferência de um tributário sobre o rio principal	4,7
		Fim	X - 278093; Y - 7651094				
30 (CMO)	Córrego Morobá	Início	X - 282569; Y - 7665919	Das nascentes do córrego Morobá até a montante da mancha urbana da	Pastagem	Mancha urbana	4,3

Trecho/ (UP)	Corpo hídrico	Coordenadas		Descrição do início e término	Principais usos do solo no entorno do trecho	Critério de segmentação	Extensão (km)
		Fim	X - 286728; Y - 7665675	cidade de Presidente Kennedy			
31 (CMO)	Córrego Morobá	Início	X - 286728; Y - 7665675	Da montante da mancha urbana da cidade de Presidente Kennedy até a confluência com o rio Itabapoana	Pastagem e brejo	Interferência de um tributário sobre o rio principal	26,0
		Fim	X - 291821; Y - 7648668				

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Legenda: RDV - Rio do Veado; RCA - Rio Calçado; RMS - Rio Muqui do Sul; CMO - Córrego Morobá.

A seguir, são apresentadas fotografias (Figura 3.1 a Figura 3.9) que ilustram alguns dos trechos enquadrados na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Figura 3.1 - Rio do Veado - trecho 2, à margem da rodovia ES-493 (cerca de 3 km a montante da cidade de Divino de São Lourenço).



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.2 - Rio do Veado - trecho 3, na sede do município de Divino de São Lourenço.



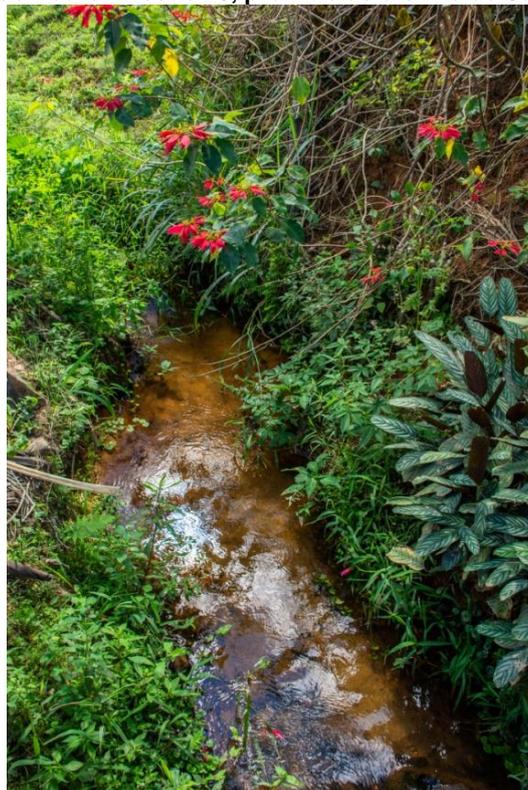
Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.3 - Córrego Frio - trecho 7, à margem da rodovia ES-493 (cerca de 500 m a montante do distrito de Mundo Novo).



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.4 - Córrego São Pedro - trecho 20, próximo ao distrito de São Pedro de Itabapoana.



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.5 – Rio Muqui do Sul - trecho 23, à margem da rodovia ES-391 (cerca de 4,5 km a jusante da mancha urbana do distrito de Santo Antônio do Muqui).



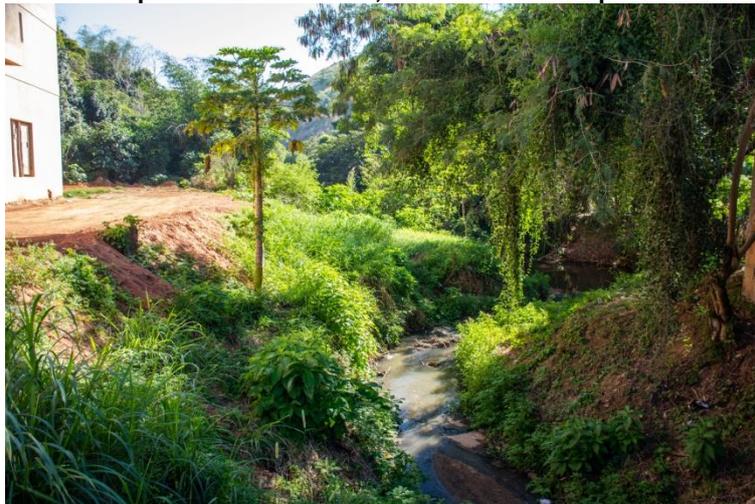
Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.6 - Rio Muqui do Sul - trecho 25, na sede do município de Mimoso do Sul.



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.7 - Rio Muqui do Sul - trecho 25, na sede do município de Mimoso do Sul.



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.8 – Rio Preto - trecho 27, na interseção com a rodovia BR-101.



Fonte: Acervo da equipe.

Figura 3.9 - Córrego Morobá - trecho 31, na interseção com a rodovia ES-162.



Fonte: Acervo da equipe.

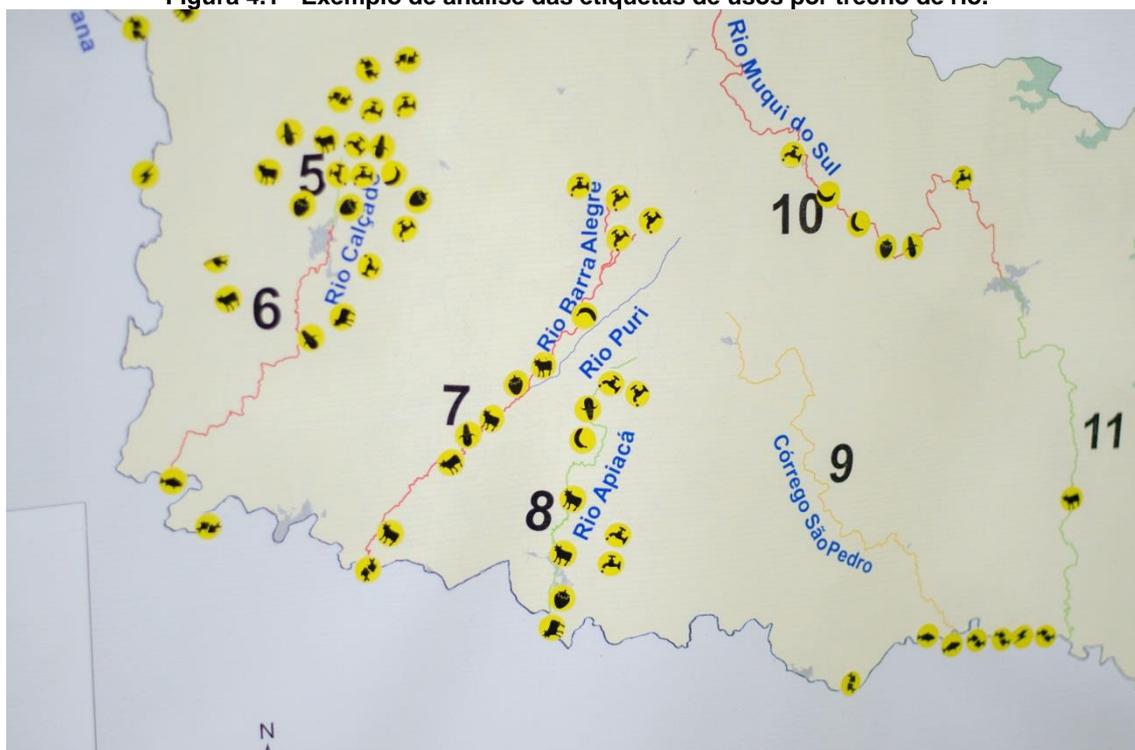
4 PRÉ-ENQUADRAMENTO

Segundo a ANA (2013), o processo de Enquadramento deve ser realizado mediante consultas públicas, encontros técnicos ou oficinas de trabalho, e deve contar com a participação dos diferentes atores envolvidos na bacia, tais como: órgãos públicos, lideranças da região, empresários, agricultores, pescadores, organizações não governamentais e população em geral. Deste modo, o Pré-Enquadramento baseou-se na oficina de manifestação de vontades, que teve dois grandes objetivos: obter a validação dos participantes sobre os trechos a serem enquadrados e obter a manifestação de vontades sobre os usos atuais e futuros da água pretendidos pela sociedade da bacia.

Como resultado da oficina de manifestação de vontades, reuniram-se os usos atuais e/ou pretendidos por trecho, destacaram-se os conflitos de interesses entre usuários nos trechos, além do entendimento por parte dos participantes que a garantia de água em quantidade e qualidade é determinante para o desenvolvimento sustentável da bacia. Os usos pretendidos da água (atuais ou futuros), por trecho de rio, foram convertidos, por meio da Resolução CONAMA Nº 357/2005, em classes de qualidade de acordo com o próprio conceito de Enquadramento.

Na metodologia empregada para se determinar as classes do Pré-enquadramento, o qual é apresentado na Figura 4.2, fez-se o levantamento das etiquetas da manifestação de vontade por trecho, conforme apresentado na Figura 4.1. Objetivou-se encontrar a classe de qualidade que representaria aproximadamente 80% dos usos identificados no trecho. Por exemplo, em um dado trecho com poucas etiquetas que representam os usos típicos de Classe 1, várias etiquetas referentes aos usos de Classe 2 e poucas que representem Classe 3, o Pré-enquadramento foi definido como Classe 2.

Figura 4.1 - Exemplo de análise das etiquetas de usos por trecho de rio.



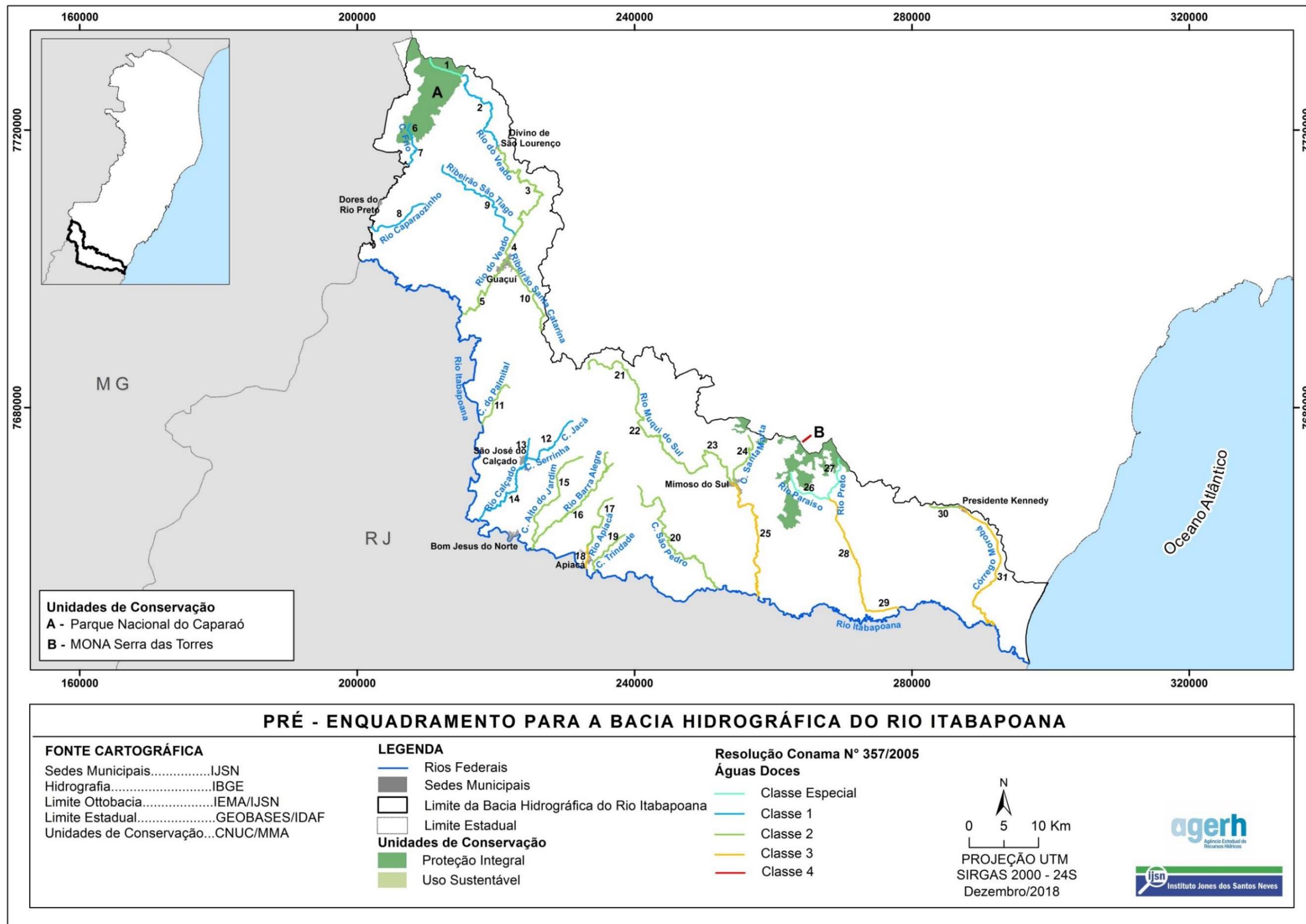
Fonte: Acervo da equipe.

A Figura 4.2 apresenta o resultado do Pré-Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, nos quais os trechos da rede hidrográfica são coloridos com as cores correspondentes às Classes da Resolução CONAMA Nº 357/2005 dos usos expressados nas oficinas.

As informações levantadas na oficina em relação à manifestação de vontades fazem parte do processo de Enquadramento dos corpos hídricos, uma vez que serão comparadas, em cada trecho de curso d'água, as vontades manifestadas com a viabilidade técnica, econômica e social das ações necessárias para alcance dos usos preponderantes em cada trecho.

Mais detalhes sobre o desenvolvimento da oficina de manifestação de vontades estão disponíveis no Relatório da Etapa B - Oficina de Manifestação de Vontades da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Figura 4.2 - Pré-Enquadramento para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

5 MODELAGEM DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

O processo de planejamento de recursos hídricos exige, em diversos estágios da sua implementação, a necessidade de tomadas de decisão. Para isso são utilizados os modelos matemáticos de simulação dos processos hidrológicos, hidráulicos, e de qualidade das águas como forma de representação da realidade da bacia e de geração de cenários futuros (COSTA, 2016). Dentre os modelos matemáticos, os que reproduzem a qualidade das águas são de fundamental importância para a indicação das ações recomendadas a fim de que as metas do enquadramento sejam alcançadas (ANA, 2009).

O modelo matemático de qualidade da água é uma ferramenta metodológica básica, pois permite identificar a dinâmica de diferentes constituintes no corpo hídrico. São formados por uma gama de expressões matemáticas que definem os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no corpo d'água, realizam o cálculo das cargas poluidoras geradas na bacia, cargas estas de origem pontual ou difusa, além do transporte de poluentes na rede de drenagem principal. (Porto et al, 2007; Saldanha, 2007).

Dentre os principais objetivos da ferramenta de modelagem aplicada a este estudo estão:

- Avaliar os impactos do lançamento de cargas poluidoras, bem como analisar os cenários de intervenção e as medidas de controle necessárias dentro da bacia;
- Estender os dados de monitoramento pontuais (provenientes da AGERH, da Rede Complementar e da ANA) para resultados lineares, ao longo de todos os cursos d'água considerados;
- Estudar o comportamento da qualidade das águas para cenários futuros e gestão dos recursos hídricos;
- Verificar os índices de coleta e tratamento necessários para se alcançar as metas de enquadramento propostas;
- Verificar pontos prioritários de ação dentro da bacia.

O modelo de qualidade da água utilizado neste trabalho foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e, faz parte do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools, que consiste num conjunto de operações que visa facilitar a gestão de bacias hidrográficas em um ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), já tendo sido aplicado no

Espírito Santo, nas Bacias dos Rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Este modelo possibilita, a partir de uma base hidrográfica pré-definida, a inserção de dados de disponibilidade hídrica e de usos de água (retiradas, lançamentos de efluentes e reservatórios), permitindo a simulação quali-quantitativa e a verificação dos impactos dos usos sobre a disponibilidade e a qualidade da água.

O modelo opera em modo permanente, representando estatísticas das séries hidrológicas como a $Q_{7,10}$ (vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos) ou a Q_{95} (vazão com 95% da curva de duração), entre outros indicadores. Esta ferramenta permite simulação de constituintes ao longo do rio, como: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Oxigênio Dissolvido (OD); nitrogênio total e suas frações (orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato); fósforo total e suas frações (orgânico e inorgânico); coliformes termotolerantes ou *E. Coli*. As equações utilizadas são apresentadas em von Sperling (2007).

5.1 DADOS DE ENTRADA PARA O MODELO

5.1.1 Parâmetros Ambientais simulados

Em relação à escolha dos parâmetros de qualidade da água adotados no processo de Enquadramento, a Resolução CNRH N° 91/2008 estabelece que devem ser definidos com base nos usos pretendidos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, considerando os diagnósticos e prognósticos elaborados, e podem ser utilizados como base para as ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade das águas da bacia hidrográfica.

De acordo com Porto (2002) e ANA (2009), a adoção de um menor número possível de parâmetros de qualidade da água visa um processo de Enquadramento mais eficiente, uma vez que as metas são definidas de acordo com os reais problemas demandados pela bacia, de forma a conduzir a soluções com menor custo e auxiliar na comunicação e no entendimento pelos atores envolvidos e pela população em geral.

De acordo com von Sperling (2018), a DBO é amplamente utilizada para se medir o potencial de poluição de um efluente por matéria orgânica, uma vez que os critérios de dimensionamento de vários processos de tratamento de esgotos são expressos em termos da DBO. Adicionalmente, a legislação para lançamento de efluentes e, conseqüentemente, a avaliação do cumprimento aos padrões de lançamento, são geralmente baseadas nesse parâmetro.

Neste trabalho, além do parâmetro DBO, o módulo de qualidade utilizado simulou a variação da concentração dos seguintes constituintes ao longo do rio: OD; nitrogênio total e suas frações (orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato); fósforo total e suas frações (orgânico e inorgânico); e coliformes termotolerantes.

No Quadro 5.1 está apresentada a concentração desses parâmetros, de acordo com a classe de Enquadramento de águas doces, preconizados pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Quadro 5.1 - Padrões Estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Parâmetros ambientais	Classes de Enquadramento			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO (mg/L)	3	5	10	-
OD (mg/L)	6	5	4	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	200	1.000	4.000	-
Fósforo total ambiente lótico (mg/L)	0,10	0,10	0,15	-
Nitrato (mg/L N)	10			
Nitrito (mg/L N)	1			
Nitrogênio amoniacal (mg/L N)	3,7, para pH ≤ 7,5 2,0, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5, para pH > 8,5			

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357/2005.

5.1.2 Captações

Para representar as captações de água existentes na bacia, foram trabalhados com basicamente três tipos distintos de captações: captações nas Estações de Tratamento de água (ETAs) para abastecimento público, captações da indústria e captações na porção rural da bacia (abastecimento de comunidades rurais, dessedentação animal e irrigação).

Das captações voltadas ao abastecimento público, foram consideradas as tomadas superficiais e de nascentes de água de acordo com os dados fornecidos Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Para o desenvolvimento das informações dos cenários futuros quanto a este tipo de tomada d'água, foram aplicadas para cada uma a porcentagem de aumento ou diminuição da população prevista para cada município, de acordo com as projeções populacionais realizadas na Etapa A. Já para as captações industriais, foram consideradas apenas aquelas com tomadas diretas no corpo hídrico, sem a utilização de reservatórios que forneceriam a água. Para as indústrias existentes também foram feitas projeções de captação para os cenários futuros de acordo com os dados

fornechos no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Ao todo foram identificadas trinta captações distintas na bacia direcionadas ao abastecimento público, apresentadas no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Projeções futuras para as captações de água superficiais para abastecimento público na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município	Nome do curso d'água	Coordenadas (UTM)		Captação (m³/s)			
		X	Y	Atual	2021	2029	2037
Divino de São Lourenço	Córrego Azul	219652	7717588	0,008	0,00789	0,00771	0,00763
	Córrego Forquilha	212277	7721896	0,003	0,00296	0,00289	0,00286
	Córrego Malazarte	218591	7718679	0,008	0,00789	0,00771	0,00763
Dores do Rio Preto	Córrego Frio	207158	7716269	0,002	0,00201	0,00203	0,00204
	Córrego São Bento	208029	7726256	0,0104	0,01047	0,01058	0,01063
	Rio Preto	204146	7709568	0,0104	0,01047	0,01058	0,01063
	Rio Preto	205961	7725112	0,003	0,00302	0,00305	0,00307
Mimoso do Sul	Córrego Santa Cruz	243253	7674761	0,008	0,00798	0,00795	0,00794
	Córrego Torres	267233	7670684	0,008	0,00798	0,00795	0,00794
	Nascente 01 – Geraldo Astolpho	239007	7680233	0,008	0,00798	0,00795	0,00794
	Rio Itabapoana	244619	7653734	0,008	0,00798	0,00795	0,00794
	Rio Muqui do Sul	253735	7669381	0,08	0,07981	0,07951	0,07938
São José do Calçado	Córrego Primavera	240238	7668067	0,004	0,00399	0,00398	0,00397
	Córrego São Benedito	227545	7681158	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
	Rio Calçado	224552	7673353	0,036	0,03595	0,03588	0,03585
Guaçuí	Córrego Trindade	235200	7658017	0,018	0,01795	0,01787	0,01784
	Córrego Santa Catarina	225137	7701060	0,03	0,03050	0,03129	0,03164

Município	Nome do curso d'água	Coordenadas (UTM)		Captação (m³/s)			
		X	Y	Atual	2021	2029	2037
	Ribeirão São Tiago	219781	7709835	0,100417	0,10210	0,10473	0,10589
	Córrego São Domingos	208468	7700779	0,005	0,00508	0,00521	0,00527
Bom Jesus do Norte	Rio Itabapoana	221618	7662224	0,024476	0,02461	0,02481	0,02491
Presidente Kennedy	Rio Itabapoana	298619	7654484	0,001	0,00101	0,00104	0,00105
	Rio Itabapoana	293428	7654420	0,001	0,00101	0,00104	0,00105
	Rio Itabapoana	295615	7645588	0,002	0,00203	0,00207	0,00210
	Rio Itabapoana	298619	7654484	0,001	0,00101	0,00104	0,00105

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Em relação às informações de captação de água industrial utilizadas, estas são apresentadas no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Captações Industriais na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Indústria	Captações (m³/s)			
	Atual	2021	2029	2037
Lenita Polido de Macedo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
Engenho Do Vovô Ltda Me	0,0010	0,0011	0,0014	0,0017
Antonio Luiz Mota	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Clécio Luiz Ribeiro Lemos	0,0005	0,0006	0,0007	0,0009
Cooperativa Laticínios Guaçuí	0,0006	0,0007	0,0008	0,0010

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

As informações sobre captação na porção rural da bacia, assim como as projeções nos cenários futuros estão disponibilizados no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

5.1.3 Lançamentos de Cargas Pontuais

Uma das informações de entrada do modelo qualitativo são as fontes poluidoras da bacia hidrográfica, que podem ser divididas, quanto a sua origem, em dois tipos: pontuais e difusas. Para representar os lançamentos pontuais ao longo da bacia e, desta forma, as inserções de cargas poluidoras, foram considerados os lançamentos industriais e lançamentos de esgoto doméstico.

As informações sobre os lançamentos industriais estão disponíveis no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana e foram atualizadas com os processos de

outorga de lançamento disponibilizados pela AGERH. No entanto, para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, não foram identificados lançamentos outorgados cujos processos estivessem concluídos para serem considerados na modelagem.

Em relação aos pontos de lançamentos referentes às cargas poluidoras advindas dos esgotos domésticos, foram considerados os despejos das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e as frações não coletadas e tratadas das sedes municipais e localidades.

Para obter as informações de quantidade e qualidade dos lançamentos provenientes da bacia, e permitir a elaboração de cenários futuros com proposições de melhoramentos nos parâmetros do saneamento, optou-se por trabalhar com os índices de coleta e tratamento de esgoto de cada município e as ETEs em operação na bacia. Com base nestas informações, foi possível localizar os lançamentos e associar a estes pontos as concentrações dos efluentes.

Complementarmente às informações de população atendida e vazão de lançamento das ETEs levantadas no Relatório Técnico da Etapa A (REA), utilizou-se informações do Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017) e dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Nos casos em que não havia informação para determinado município, o índice de esgoto tratado foi considerado nulo.

A partir das informações obtidas, foi possível calcular a vazão tratada por ETE, conforme equação a seguir.

$$Q_{trat} = Pop \cdot Id_{trat} \cdot QPC \cdot R$$

Onde:

Q_{trat} é a vazão tratada por ETE;

Pop é a população atual (habitantes);

Id_{trat} é o índice de atendimento da população quanto ao tratamento de esgoto (adimensional);

QPC é a cota per capita de água (L/hab.dia);

R é o coeficiente de retorno esgoto/água (adimensional).

Os dados de população dos municípios foram retirados do Relatório Técnico da Etapa A (REA). Os índices de atendimento da população quanto ao tratamento de esgoto

foram retirados do Atlas Esgotos e os valores de consumo de água per capita foram obtidos do SNIS. Já o valor o típico do coeficiente de retorno, ou seja, fração de água captada para abastecimento público que de fato retorna para a rede de coleta na forma de esgoto, foi obtido de von Sperling (2007).

Os valores de população nas localidades e sedes utilizados, bem como a vazão de efluente doméstico gerada para o ano de 2017 e a projeção de efluente gerada para os horizontes de tempo (20 anos) estão apresentados no Capítulo 6.

Para o cálculo das concentrações dos efluentes domésticos de cada ETE, utilizou-se índices típicos encontrados na literatura, em termos de quantidade (gramas) por habitante por dia, para as características quantitativas físico-químicas. Já para as características biológicas, em termos de organismos por habitante por dia.

No Quadro 5.4 estão apresentados os valores utilizados de contribuição per capita das características quantitativas físico-químicas e biológicas típicas de esgoto sanitário predominantemente doméstico.

Quadro 5.4 - Contribuição per capita dos parâmetros considerados na modelagem.

Parâmetro	Contribuição per capita
DBO (g/hab.d)	54
Fósforo inorgânico (g/hab.d)	0,3
Fósforo orgânico (g/hab.d)	0,7
Nitrogênio orgânico (g/hab.d)	3,5
Nitrogênio amoniacal (g/hab.d)	4,5
Nitrito e nitrato (g/hab.d)	0
Coliformes termotolerantes (org/hab.dia)	10 ⁹

Fonte: von Sperling (2007).

Os valores apresentados no Quadro 5.4 foram multiplicados pela população cujo esgoto é tratado por cada ETE e divididos pela vazão de cada uma. As informações de concentração dos lançamentos de efluentes domésticos estão resumidas no Capítulo 6 do presente documento.

Para aplicar o abatimento de carga ocasionado pelo tratamento nas ETEs, esses valores foram multiplicados pela respectiva eficiência de remoção de DBO, descrita no Capítulo 6. Além disso, foi adotada uma redução de 40% da carga para as frações de fósforo e nitrogênio, e de 99,9% para os coliformes termotolerantes. No caso do lançamento de efluentes não tratados nas sedes e localidades, foram desconsiderados estes índices de abatimento e, para ambos os lançamentos, os cenários futuros foram traçados pela substituição da população atual na equação acima por aquelas previstas no horizonte de tempo de 20 anos.

5.1.4 Lançamentos de Cargas Difusas

Para o cálculo das cargas difusas foram buscados na literatura valores típicos de carga por unidade de área, de acordo com o tipo de uso do solo. No Os dados referentes à carga difusa foram utilizados somente no cenário atual, e ajustados de forma com que os mesmos representem uma condição razoável, em comparação com os pontos de monitoramento. O fato de que o regime de vazões adotado para o Enquadramento é referente à Q_{90} , ou seja, sob uma condição de estiagem, onde, teoricamente, não haveria o carregamento de cargas difusas para a calha do rio, justifica a não utilização desta carga nos demais cenários simulados.

Quadro 5.5 é apresentada a correlação das cargas para os tipos de uso do solo presentes na bacia simulada. Os valores dos parâmetros adotados foram então multiplicados pelas respectivas áreas do tipo de uso do solo identificado pelo modelo.

Os dados referentes à carga difusa foram utilizados somente no cenário atual, e ajustados de forma com que os mesmos representem uma condição razoável, em comparação com os pontos de monitoramento. O fato de que o regime de vazões adotado para o Enquadramento é referente à Q_{90} , ou seja, sob uma condição de estiagem, onde, teoricamente, não haveria o carregamento de cargas difusas para a calha do rio, justifica a não utilização desta carga nos demais cenários simulados.

Quadro 5.5 - Cargas unitárias adotadas para os tipos de uso do solo (kg/km²/dia).

Uso	DBO	Colif ^[1]	P. inorg.	P. org.	N. org.	Amônia	Nitrito	Nitrato
Agricultura	4,91	10 ⁵	0,049	0,091	0,137	0,274	0,0685	0,8905
Campo	1,08	10 ⁹	0,0195	0,0105	0,17	0,34	0,085	1,105
Mata	1,17	10 ⁸	0,0105	0,0195	0,082	0,164	0,041	0,533
Floresta	1,17	10 ⁸	0,0105	0,0195	0,082	0,164	0,041	0,533
Exposto	0,5	5 x 10 ⁸	0,00525	0,00975	0,05	0,1	0,025	0,325
Urbano	16	10 ⁹	0,0945	0,1755	0,233	0,466	0,1165	1,5145
Brejo	1,17	10 ⁸	0,0105	0,0195	0,082	0,164	0,041	0,533
Restinga	0,5	5 x 10 ⁸	0,00525	0,00975	0,05	0,1	0,025	0,325
Outros	1,17	10 ⁸	0,0105	0,0195	0,082	0,164	0,041	0,533

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Nota: Colif - Coliformes termotolerantes; P. inorg. - fósforo inorgânico; P. org. – fósforo orgânico; N. org. - nitrogênio orgânico.

[1] NMP/km²/dia.

5.2 CALIBRAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS GERADOS

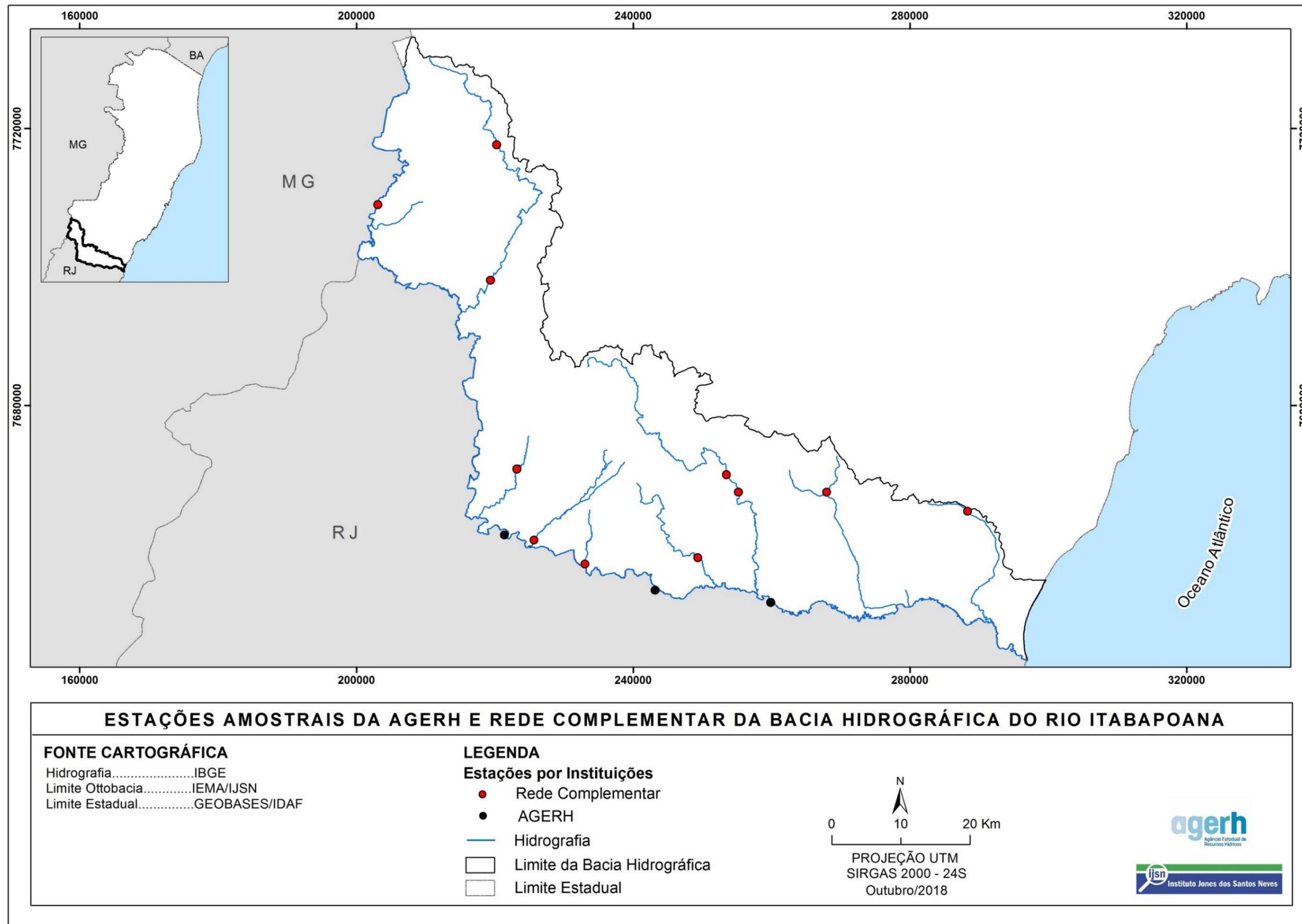
A calibração é o processo utilizado para determinar os parâmetros encontrados nas equações de um modelo matemático, de modo a obter resultados preditos pela modelagem próximos aos valores reais observados na área em estudo, ou seja, a calibração do modelo é realizada para ajustar os coeficientes das equações constituintes, de modo a adequá-las às realidades químicas, físicas e biológicas da área em estudo.

A calibração do modelo foi realizada com base nos dados experimentais das estações de monitoramento da AGERH e da Rede Complementar. Das estações da AGERH foram retiradas para cada parâmetro, o valor máximo de concentração, percentil 75, mediana, percentil 25 e mínimos. A calibração do modelo teve por objetivo aproximar a concentração em cada trecho abrangido por uma estação amostral da mediana observada nesta, para os casos das estações da AGERH, enquanto que, para as estações da Rede Complementar buscaram-se valores médios entre as duas campanhas realizadas.

O cenário de simulação da qualidade de água escolhido para calibração foi o cenário que representa as características atuais do corpo hídrico, na vazão média, uma vez que a probabilidade das medições em campo terem sido feitas em situações próximas a esta é maior do que na vazão de referência (Q90). Nas simulações para a calibração foi considerada toda a carga proveniente das redes difusas, diferentemente das simulações com a Q90, visto que, com a ausência de precipitação característica, não ocorre a lavagem do solo ou ocorre de maneira muito reduzida.

A Figura 5.1 apresenta a localização das estações amostrais utilizadas no processo de calibração.

Figura 5.1 - Estações amostrais de qualidade de água da AGERH e da Rede Complementar utilizadas na calibração do modelo matemático.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

O quadro com os valores dos coeficientes cinéticos e de decaimento dos parâmetros após calibração, utilizados na modelagem, está apresentado no Anexo A.

5.3 DETERMINAÇÃO DA CLASSE GERAL DO TRECHO

A Classe Geral dos trechos a serem enquadrados foi definida a partir dos resultados das concentrações dos parâmetros ambientais: DBO, OD, coliformes termotolerantes e fósforo total, estimados pela modelagem da qualidade da água. Determinou-se, como metodologia da classe geral do trecho, a classe que atendia 75% das concentrações limitantes dos parâmetros analisados.

Cabe destacar que o objetivo de determinar uma classe geral foi aplicado simplesmente para sintetizar em um único resultado a condição de qualidade obtida para um conjunto de 4 parâmetros nos estudos de modelagem de qualidade das águas.

Para a definição da classe geral de cada trecho, não se utilizou as informações das concentrações de nitrato e nitrito, pois estes parâmetros ambientais não apresentam um valor distinto para cada classe. Ademais, também não foi considerada a informação da concentração do nitrogênio amoniacal, pois o mesmo é variável de acordo com o pH, e este não é passível de simulação pelo modelo.

Deste modo, uma classificação geral foi apresentada por trecho de rio a ser enquadrado e em termos de classes segundo a Resolução CONAMA Nº 357/2005, tanto para a situação atual, quanto para cenários futuros de qualidade das águas. Os trechos que apresentarem desconformidade com a classe pretendida apontada na oficina de manifestação de vontades foram identificados e medidas de despoluição foram propostas e avaliadas por meio da modelagem matemática da qualidade da água.

6 CENÁRIOS DE ENQUADRAMENTO

Os cenários de Enquadramento estabelecidos na Etapa B foram fundamentados nos três aspectos abordados por ANA (2009), sendo eles “o rio que temos”, “o rio que queremos” e “o rio que podemos”, conforme Capítulo 1.

A condição atual dos cursos de água foi estabelecida com base nos dados de monitoramento qualitativo dos recursos hídricos. Para isso, foram consideradas as séries históricas de qualidade de água das estações de monitoramento da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) e da ANA. Além das informações das malhas amostrais supracitadas, foram utilizados os dados da Rede Complementar do monitoramento qualitativo da Etapa A do Plano de Bacias. A saber, a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana possui 11 estações de amostragem da Rede Complementar, 3 estações de monitoramento mantidas pela AGERH e 10 estações pela ANA, totalizando 24 estações de monitoramento de qualidade das águas, apresentadas com maior detalhe no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

O monitoramento indica a qualidade das águas em determinado ponto, e reflete a situação do corpo hídrico no momento em que a amostra é coletada. Assim, a fim de complementar a elaboração de prognósticos da condição atual de qualidade da água dos cursos de água, foi realizada a modelagem da qualidade da água. Neste trabalho, o modelo matemático de simulação permitiu quantificar automaticamente a concentração de um determinado parâmetro no corpo receptor e analisar medidas de controle da poluição que promovessem a adequação das concentrações de parâmetros de qualidade de água.

Em relação aos cenários futuros tendenciais, estes foram simulados com base nas informações estabelecidas no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, considerando o horizonte de planejamento de 20 anos. Foram analisadas as tendências de evolução populacional e as projeções resultantes das demandas hídricas, além dos projetos e programas previstos para a bacia.

Neste contexto, para a realização do processo de Enquadramento, foram considerados os quatro cenários, elencados a seguir:

- Cenário atual

Representa a condição atual do corpo d'água, a qual condiciona seus usos. Este cenário considera na sua elaboração as captações de água e os lançamentos de

efluentes existentes na bacia. Em relação às captações, foram consideradas as destinadas ao abastecimento público (ETAs), à irrigação e à indústria, bem como as captações difusas (abastecimento de comunidades rurais, dessedentação animal e irrigação). Quanto aos lançamentos, estes foram atribuídos aos efluentes industriais e esgotamento sanitário ao longo da bacia, bem como as fontes difusas de poluição.

- Cenário futuro tendencial

Esse cenário foi desenvolvido com base na previsão da situação futura (20 anos) da qualidade da água, considerando o aumento tendencial de demandas (populacionais, animais e industriais), estimadas no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, bem como os planos, programas e projetos existentes para as bacias. Dessa forma, possibilitou mostrar ao CBH a situação futura dos recursos hídricos da bacia, considerando a efetiva implantação de medidas atualmente previstas.

- Cenário futuro tendencial com intervenção

Baseado na previsão da situação futura (20 anos) da qualidade da água, considerando intervenções de despoluição necessárias na bacia, a fim de alcançar a classe definida no Pré-Enquadramento. As medidas de controle para melhoria da qualidade da água, consideradas neste cenário, dizem respeito às atividades de esgotamento sanitário, sendo: o aumento dos índices de coleta e tratamento de efluentes dos municípios; o aumento das eficiências das estações de tratamento de efluentes existentes; e a inserção de novas unidades do sistema de esgoto sanitário, quando necessário. Essas reduções de cargas poluidoras são necessárias para que haja uma melhoria na qualidade da água no trecho, de modo que seja possível alcançar a classe de qualidade almejada, em conformidade com a proposta de Pré-Enquadramento, na vazão de referência estabelecida.

- Cenário alternativo

Sugestão de atribuição de classe de qualidade alternativa à classificação determinada no Pré-Enquadramento quando identificada a inviabilidade de atendimento do Enquadramento almejado, após considerar as intervenções sobre o esgotamento sanitário nos municípios, sugeridas no cenário futuro tendencial com intervenção.

Os cenários atuais e futuros de qualidade das águas foram simulados utilizando-se modelagem de qualidade das águas, com a aplicação do modelo matemático WARM-GIS Tools, apresentado no Capítulo 5. Além disso, os cenários futuros considerados

para o Enquadramento foram obtidos considerando como vazão de referência a vazão mínima com 90% de permanência no tempo (Q_{90}).

A simulação da qualidade da água representada nos cenários elaborados neste Plano, configuram-se essencialmente em ferramentas criadas para instrumentalizar o enquadramento (meta final/objetivo), ou seja, esses cenários serviram para subsidiar o Comitê de Bacia para a tomada de decisão do Enquadramento.

6.1 PROJEÇÃO DAS CARGAS DE POLUENTES: EFLUENTES DE ORIGEM DOMÉSTICA E ANIMAL

As cargas poluentes lançadas na rede hidrográfica da bacia do rio Itabapoana foram estimadas com base nas cargas de origem doméstica, animal e industrial, além de lançamentos difusos ao longo da bacia. As cargas domésticas representam a principal fonte de poluição durante os períodos de vazões baixas, época que são observadas concentrações críticas para os parâmetros de qualidade da água analisados.

As informações relacionadas às estações de tratamento de esgoto presentes na bacia são apresentadas no Quadro 6.1 e no Quadro 6.2. A vazão não tratada lançada *in natura*, bem como as concentrações dos efluentes brutos das sedes e localidades são apresentadas no Quadro 6.3 e no

Quadro 6.4, respectivamente.

Quadro 6.1 - Características das ETEs existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município	ETE	População do Município ^[1]				Localidade atendida	Eficiência DBO (%)	Vazão tratada (m³/s)			
		Atual	2021	2029	2037			Atual	2021	2029	2037
Bom Jesus do Norte	ETE de Bom Jesus do Norte	9.593	9.645	9.726	9.762	Sede	91	0,01051	0,01056	0,01065	0,01069
São José do Calçado	ETE Jacá	10.388	10.375	10.354	10.345	Jacá	82,5	0,00071	0,00071	0,00071	0,00071

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Dados estimados no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Quadro 6.2 - Concentrações dos principais parâmetros lançados pelas ETEs da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município	Corpo Receptor	ETE	Concentrações Lançadas (mg/L)								
			DBO	OD	Colif. (NMP/100ml)	P. org.	P. inorg.	N. org.	Amônia	Nitrito	Nitrato
Bom Jesus do Norte	Córrego Mascalube	ETE de Bom Jesus do Norte	38,14	0,00	7.847	1,41	3,30	16,48	21,19	0,00	0,00
São José do Calçado	Córrego Jacá	ETE Jacá	69,49	0,00	7.353	1,32	3,09	15,44	19,85	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Nota: Colif - Coliformes termotolerantes; P. org. – fósforo orgânico; P. inorg. - fósforo inorgânico; N. org. - nitrogênio orgânico.

Quadro 6.3 - Dados de lançamento das sedes e localidades da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município/Localidade	População ^[1]				Vazão Lançada (m³/s)			
	Atual	2021	2029	2037	Atual	2021	2029	2037
Apiacá	7.467	7.446	7.413	7.399	0,01080	0,01077	0,01072	0,01070
Bom Jesus do Norte	9.593	9.645	9.726	9.762	0,00364	0,00366	0,00369	0,00371
Divino de São Lourenço	4.379	4.317	4.220	4.177	0,00581	0,00573	0,00560	0,00555
Dores do Rio Preto	6.494	6.537	6.605	6.635	0,00913	0,00919	0,00929	0,00933
Guaçuí	28.917	29.402	30.159	30.493	0,02581	0,02624	0,02692	0,02722
Mimoso do Sul	25.762	25.701	25.604	25.561	0,03845	0,03836	0,03822	0,03815
Presidente Kennedy	10.658	10.814	11.057	11.165	0,01784	0,01810	0,01851	0,01869
São José do Calçado - Sede	8.691	8.680	8.662	8.655	0,01368	0,01366	0,01364	0,01362
São José do Calçado - Jacá	452	451	450	450	0,00071	0,00071	0,00071	0,00071

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Dados estimados no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Quadro 6.4 - Concentrações dos principais parâmetros lançados nas sedes e localidades da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município/Localidade	Concentrações de Lançamento do Efluente Bruto (mg/L)								
	DBO	OD	Colif. (NMP/100ml)	P. org.	P. inorg.	N. org.	Amônia	Nitrito	Nitrato
Apiacá	432,14	0,00	800.256	2,40	5,60	28,01	36,01	0,00	0,00
Bom Jesus do Norte	423,73	0,00	784.683	2,35	5,49	27,46	35,31	0,00	0,00
Divino de São Lourenço	470,71	0,00	871.688	2,62	6,10	30,51	39,23	0,00	0,00
Dores do Rio Preto	444,37	0,00	822.910	2,47	5,76	28,80	37,03	0,00	0,00
Guaçuí	700,21	0,00	1.296.680	3,89	9,08	45,38	58,35	0,00	0,00
Mimoso do Sul	418,73	0,00	775.434	2,33	5,43	27,14	34,89	0,00	0,00
Presidente Kennedy	373,34	0,00	691.372	2,07	4,84	24,20	31,11	0,00	0,00
São José do Calçado - Sede	397,06	0,00	735.294	2,21	5,15	25,74	33,09	0,00	0,00
São José do Calçado - Jacá	397,06	0,00	735.294	2,21	5,15	25,74	33,09	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Nota: Colif - Coliformes termotolerantes; P. inorg. - fósforo inorgânico; P. org. – fósforo orgânico; N. org. - nitrogênio orgânico.

6.2 PROJEÇÃO DAS CARGAS DE POLUENTES: LANÇAMENTOS INDUSTRIAIS

Em relação aos lançamentos industriais, foi aplicada uma taxa de crescimento de 3,6% ao ano sobre cada ponto de lançamento industrial. As informações de lançamento de efluentes industriais utilizadas estão disponíveis no Relatório Técnico da Etapa A (REA) - Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana e foram atualizadas com os processos de outorga de lançamento disponibilizados pela AGERH.

6.3 RESULTADO DO CENÁRIO ATUAL POR MEIO DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO

O primeiro cenário de enquadramento para a bacia em estudo, chamado de atual (o rio que temos), está apresentado na Figura 6.1. Este cenário baseou-se nos resultados do modelo WARM-GIS Tools simulando, por meio de equações matemáticas, o comportamento (decaimento) das concentrações dos parâmetros ao longo da rede de drenagem, verificando a qualidade da água e a correspondente classe de uso.

Observa-se na Figura 6.1 a degradação dos cursos d'água nos trechos de rios situados no entorno e a jusante das manchas urbanas. Evidencia-se que os cursos de água mais críticos na bacia do rio Itabapoana são: o trecho 5 no rio do Veado, o trecho 14 no rio Calçado, o trecho 18 no córrego Apiacá, o trecho 25 no rio Muqui do Sul e o trecho 31 no córrego Morobá.

O trecho 5, no rio do Veado, encontra-se na parte alta da bacia e está localizado a jusante da sede municipal de Guaçuí. A qualidade de água encontrada (com características de classe 4, segundo a Resolução CONAMA Nº 357/2005) no trecho em questão, pode ser justificada pela quantidade de carga doméstica proveniente da mancha urbana do município supracitado.

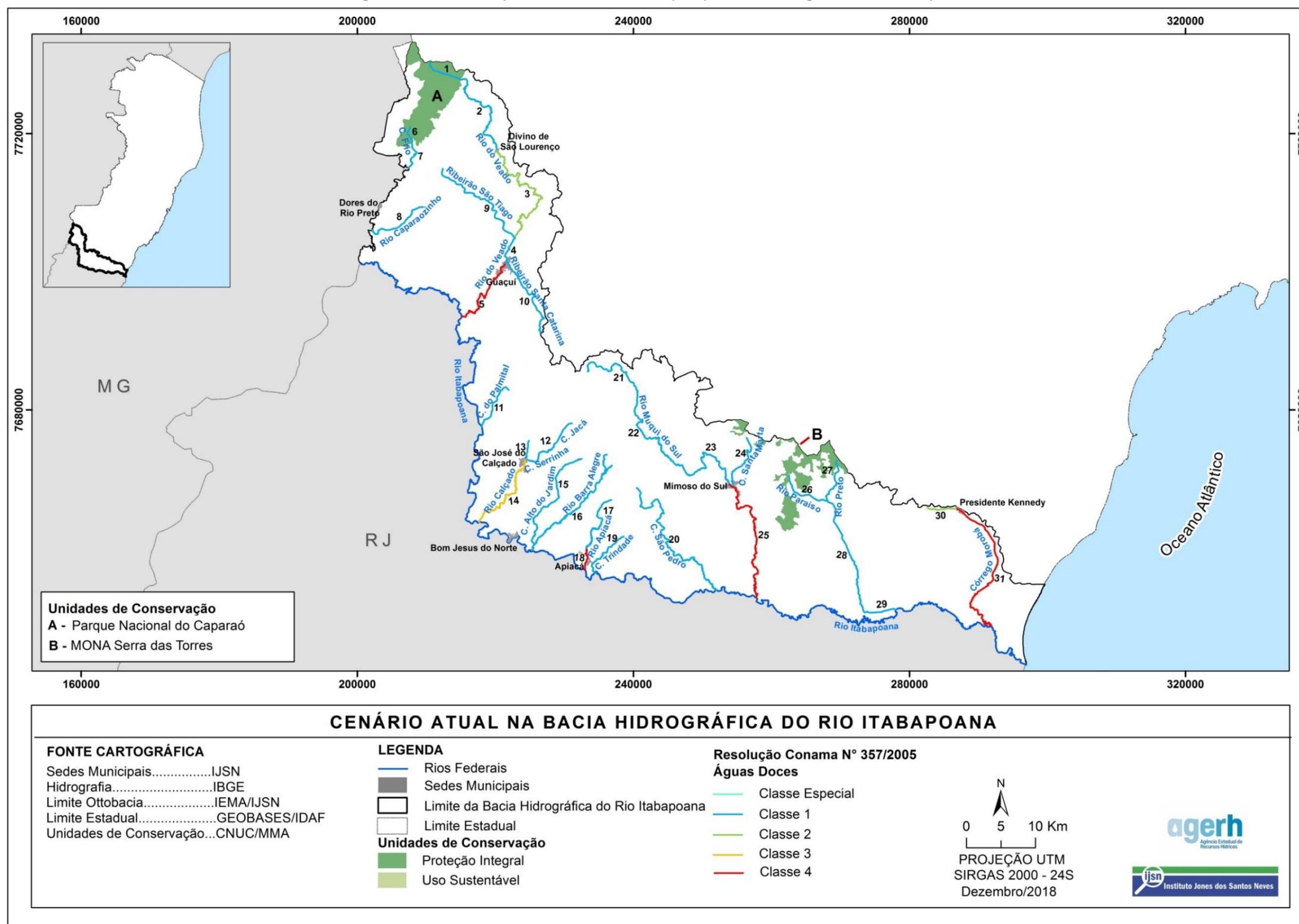
No trecho 14, localizado no rio Calçado, podemos observar características de qualidade da água típicas da classe 3, o que pode ser proveniente dos lançamentos de esgotos domésticos na sede municipal de São José do Calçado.

Já o trecho 18, no rio Apiacá, o trecho 25, no rio Muqui do Sul, e o trecho 31, no córrego Morobá, encontram-se com características de classe 4 e sofre os impactos dos despejos das sedes municipais de Apiacá, Mimoso do Sul e Presidente Kennedy, respectivamente.

No período de estiagem a carga pontual que prevalece comumente é a de origem doméstica, embora cargas do setor industrial, de mineração, e agropecuário, mesmo que recolhidas e tratadas, também alcancem os cursos d'água. Este fato destaca a importância deste tipo de carga e a relevância de ações prioritárias voltadas a seu controle.

Os trechos 3 e 30 possuem qualidade equivalente à classe 2. Os demais trechos da bacia, a saber: 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28 e 29, apresentaram características de classe 1.

Figura 6.1 - Classes de qualidade no cenário atual (2017) na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

6.4 RESULTADOS DO CENÁRIO FUTURO TENDENCIAL POR MEIO DAS CLASSES DE ENQUADRAMENTO

O mapa apresentado na Figura 6.2 expõe os resultados da classe dos corpos hídricos de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, conforme os valores calculados pelo modelo na vazão Q_{90} no cenário futuro tendencial (2037).

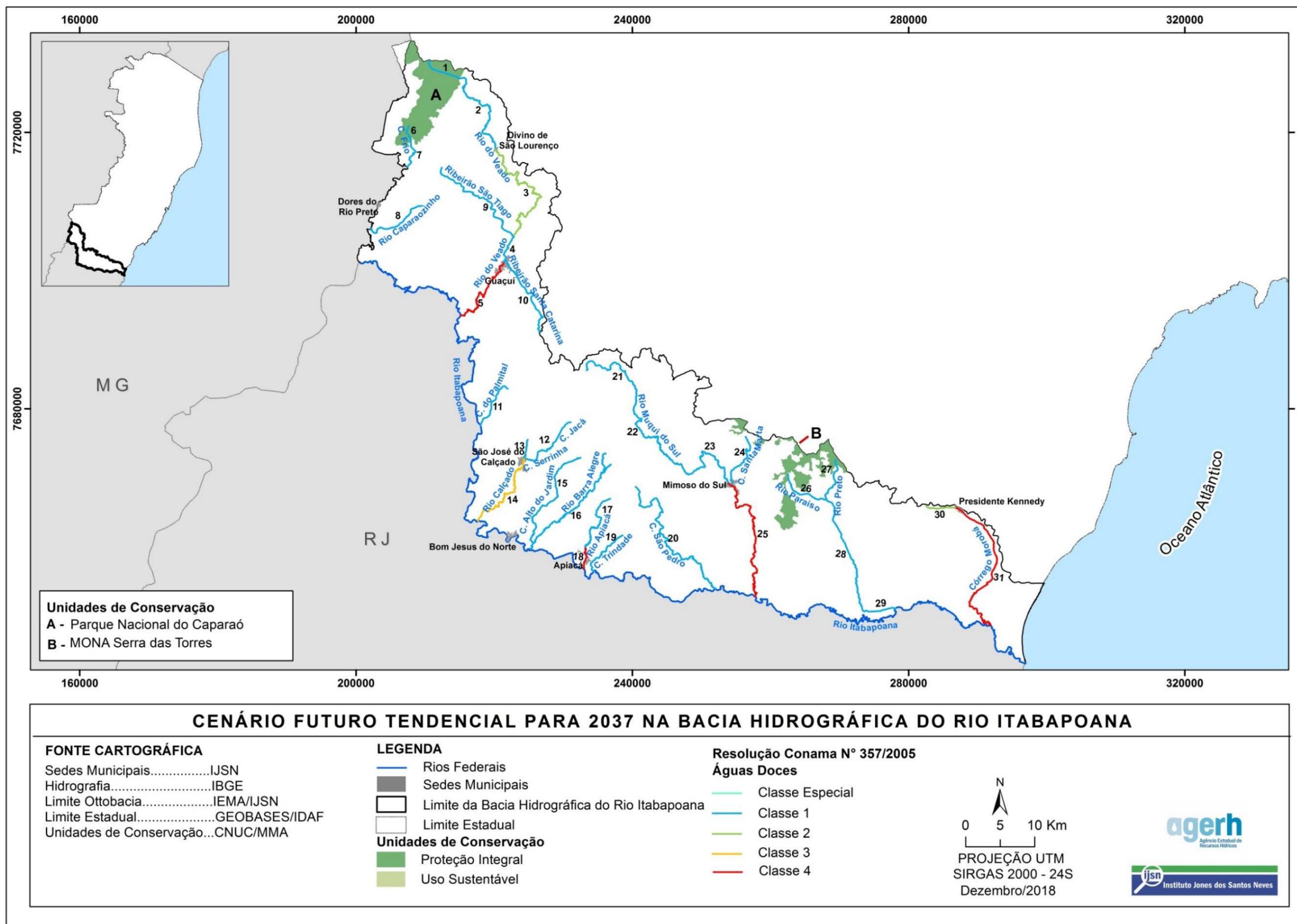
Na comparação entre o cenário atual e o tendencial, verifica-se que os trechos mantiveram suas classificações, o que pode ser justificado pelo fato de que determinados trechos são mais influenciados pelas cargas difusas, não contabilizadas no cenário de Q_{90} . Além disso, pode-se justificar a manutenção das classes do cenário atual no cenário tendencial pela ausência de informações de projetos futuros de melhorias ligados a outros lançamentos que não do esgotamento sanitário.

A maior parte da bacia não apresenta problemas de prognóstico de qualidade da água para efeitos de enquadramento quando se considera as cargas domésticas como fonte de cargas poluidoras. Pode-se notar que a grande maioria dos trechos apresenta um prognóstico como classe 1 na vazão de referência utilizada.

No entanto, deve-se considerar ainda as incertezas inerentes à metodologia utilizada na distribuição dos pontos de lançamento na modelagem da qualidade atual e tendencial das águas, onde foram realizadas maiores simplificações em relação à dinâmica de lançamento de efluentes por trecho de rio.

Os perfis de concentração para os parâmetros ambientais simulados no cenário futuro tendencial (2037) de qualidade de água estão apresentados no Anexo B.

Figura 6.2 - Classes de qualidade no cenário futuro tendencial (20 anos) na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

7 PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO ITABAPOANA

Para a definição da proposta de Enquadramento, foram avaliados os usos existentes e futuros do corpo hídrico, identificados pela manifestação de vontades da sociedade na Oficina de Pré-Enquadramento; e a condição de qualidade da água atual e futura dos trechos de interesse obtidos por meio da ferramenta de apoio à gestão, a modelagem da qualidade de água.

Deste modo, foram identificados os trechos que apresentaram homogeneidade com relação aos usos preponderantes e a condição atual/futuro tendencial e foram identificados também os trechos que apresentam parâmetros em desconformidade em relação à classe pretendida para o corpo d'água.

A partir das informações obtidas nas etapas anteriores e dos resultados da modelagem, foram determinadas quais medidas são necessárias para se conseguir a melhoria da qualidade da água do respectivo corpo hídrico e os respectivos custos e benefícios socioeconômicos e ambientais, bem como os prazos decorrentes.

Assim, tomando como base essas informações, foi elaborada uma proposta de metas de qualidade para 31 trechos de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, apresentada, discutida amplamente e acordada na Oficina de Enquadramento e Plano de Ações, realizada no dia 14/08/2018. Maiores detalhes da oficina supracitada estão disponíveis no Relatório das Etapas B e C - Oficinas de Enquadramento e Plano de Ação.

Dos 31 trechos trabalhados nessa proposta de enquadramento, 4 são classificados como classe especial, 18 como classe 1, 05 como classe 2 e 04 como classe 3.

A Proposta de Enquadramento obtida na Oficina de Enquadramento e Plano de Ações da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana e desenvolvida no âmbito deste estudo é apresentada no Quadro 7.1. A Figura 7.1 mostra a espacialização dos trechos pleiteados ao Enquadramento e suas respectivas classes de qualidade para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

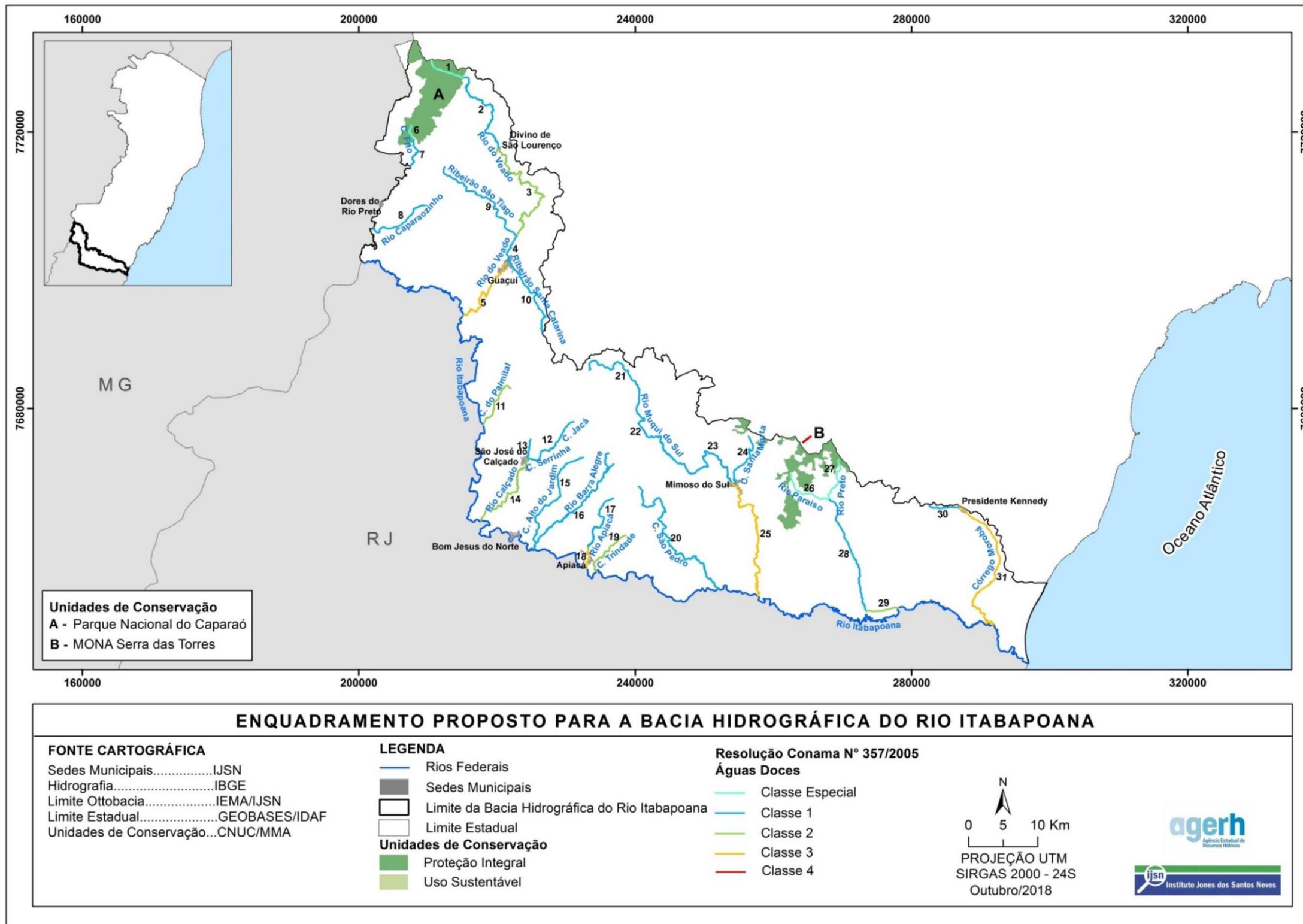
Os perfis de concentração para os parâmetros ambientais simulados no Cenário Futuro Tendencial (2037), considerando intervenções para alcance do Enquadramento estão apresentados no Anexo C.

Quadro 7.1 – Enquadramento Proposto para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Trecho	Nome do corpo hídrico	Enquadramento Proposto
1	Rio do Veado	Classe especial
2	Rio do Veado	1
3	Rio do Veado	2
4	Rio do Veado	1
5	Rio do Veado	3
6	Córrego Frio	Classe especial
7	Córrego Frio	1
8	Rio Caparaózinho	1
9	Ribeirão São Tiago	1
10	Ribeirão Santa Catarina	1
11	Córrego do Palmital (ou córrego São Lourenço)	2
12	Córrego Jacá e córrego Serrinha	1
13	Rio Calçado	1
14	Rio Calçado	2
15	Córrego Alto do Jardim (ou córrego Batatal)	1
16	Rio Barra Alegre	1
17	Rio Apiacá	1
18	Rio Apiacá	3
19	Córrego Trindade	2
20	Córrego São Pedro	1
21	Rio Muqui do Sul	1
22	Rio Muqui do Sul	1
23	Rio Muqui do Sul	1
24	Córrego Santa Marta	1
25	Rio Muqui do Sul	3
26	Rio Paraíso	Classe especial
27	Rio Preto	Classe especial
28	Rio Preto	1
29	Rio Preto	2
30	Córrego Morobá	1
31	Córrego Morobá	3

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura 7.1- Enquadramento Proposto para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.



Fonte: Elaborada pela equipe técnica.

As classes apresentadas acima refletem a **classificação proposta do trecho**, acordado entre os membros do CBH e demais atores da bacia que participaram da Oficina de Enquadramento e Plano de Ações, após uma análise mais criteriosa, considerando os cenários apresentados e as intervenções de esgotamento sanitário para que se alcance a meta de Enquadramento.

Vale ressaltar que, de acordo com a Lei Nº 10.179/2014, o Enquadramento dos corpos de água nas respectivas classes de qualidade, segundo os usos preponderantes, deve ser proposto pelo CBH e, após avaliação técnica pelo Órgão Gestor de Recursos Hídricos, encaminhados para homologação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (CERH).

No que diz respeito à situação dos cursos não enquadrados na rede hidrográfica da bacia, deverá ser observado o disposto no Art. 42 da Resolução CONAMA Nº 357/2005 e no Art. 15 da Resolução CNRH Nº 91/2008 em que cabe à autoridade outorgante, em articulação com o órgão ambiental de meio ambiente definir a classe a ser adotada de forma transitória para a aplicação dos instrumentos de gestão.

Ainda segundo a Resolução CONAMA Nº 357/2005, em seu Art. 8º, o conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de Enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público. A Resolução supracitada preconiza também que os corpos hídricos presentes no interior das Unidades de Conservação de proteção integral devem ser enquadrados em classe especial. Assim, houve proposta de classe especial para quatro trechos de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Ressalta-se que o cenário de Enquadramento foi estabelecido considerando a vazão de referência Q_{90} . Nos casos da ocorrência de vazões inferiores à Q_{90} a classe de enquadramento poderá não ser atendida.

Deve-se considerar, ainda, que a modelagem matemática da qualidade da água e os cenários de simulação elaborados configuram-se essencialmente em ferramentas criadas para instrumentalizar o Enquadramento (meta final/objetivo), ou seja, esses cenários foram utilizados para subsidiar o Comitê de Bacia na tomada de decisão sobre o Enquadramento.

Dos trechos de rios analisados, aqueles situados a jusante das principais sedes municipais e localidades recebem maior volume de lançamentos de efluentes domésticos e alguns deles tiveram como Enquadramento proposto a classe 3. Na Bacia Hidrográfica do Rio

Itabapoana, é o caso dos seguintes trechos: trecho 5 no rio do Veado; trecho 18 no rio Apiacá; trecho 25 no rio Muqui do Sul; e trecho 18 no córrego Morobá.

8 METAS INTERMEDIÁRIAS DE ENQUADRAMENTO

O cenário de enquadramento configura, em certos casos, uma considerável “distância” entre a situação atual e a pretendida no futuro (objetivos finais), com relação à qualidade das águas superficiais da bacia.

Com vistas a atender à Resolução CONAMA N° 357/2005, foram estudadas metas intermediárias e progressivas, ao longo do horizonte temporal (20 anos). Para tanto, foram estabelecidos patamares de remoção de cargas, por meio de percentuais crescentes de população com tratamento de esgotos, com vistas ao alcance do objetivo do Enquadramento, sendo apresentados no Quadro 8.1.

Quadro 8.1 - Metas Progressivas e horizontes temporais de Enquadramento.

Observações	Horizonte de tempo	Metas Progressivas
Finalização de obras e projeto já previstos.	4 anos	20%
Alcançar classe intermediária quando houver diferença de duas classes entre o cenário atual e o cenário de Enquadramento, ou promover abatimentos de 80% na carga orgânica lançada nos corpos hídricos.	12 anos	60%
Objetivo Final – Alcançar meta de Enquadramento.	20 anos	100%

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

A esses escalonamentos de metas progressivas foram associados horizontes temporais também progressivos: curto, médio e longo prazo. No entanto, as ações consideradas no horizonte de curto prazo (4 anos) trataram das atividades já previstas nos Planos Municipais de Saneamento Básico, ou outras atividades prioritárias definidas pelo gestor previamente a este Plano. Ademais, as intervenções sugeridas neste plano foram estabelecidas para serem cumpridas a médio (12 anos) e longo prazos (20 anos), devido aos altos investimentos requeridos para atividades relacionadas às intervenções de esgotamento sanitário.

A metodologia adotada para atingir o Enquadramento considerou os incrementos graduais do índice de coleta de esgotos dos municípios, a ampliação de eficiência de tratamento ao atualmente adotado e a instalação de novas unidades de tratamento, caso necessário.

As metas progressivas propostas para alcançar as classes pretendidas nos trechos de rios são apresentadas no Quadro 8.2 por município da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. O **Fonte: Elaborado pela equipe técnica.**

^[1] Trechos localizados em mais de um município da bacia.

Quadro 8.3 apresenta as vazões tratadas por cada ETE a fim de se atingir o Enquadramento. Já o Quadro 8.4 apresenta as vazões de esgoto remanescentes não tratadas lançadas nas sedes e localidades.

Quadro 8.2 - Metas progressivas representadas por classes de qualidade na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município	Trecho	4 anos		12 anos		20 anos	
		Classe	População Atendida (rede de coleta)	Classe	Polução atendida (rede de coleta)	Classe de enquadramento	População atendida (rede de coleta)
Divino São Lourenço	1	1	0	1	0	Classe Especial	835
	2	1		1			
Guaçuí	3 ^[1]	2	0	2	24.127	2	28.968
	4	1		1			
	5	4		3			
	9	1		1			
	10	1		1			
Dores do rio Preto	6	1	0	1	5.284	Classe Especial	6.303
	7	1		1			
	8	1		1			
São José do Calçado	11	1	428	1	7.358	2	8.649
	12 ^[1]	1		1			
	13	1		1			
	14 ^[1]	3		2			
Bom Jesus do Norte	15	1	7.162	1	7.223	1	7.249
Apiacá	16 ^[1]	1	0	1	0	1	7.029
	17	1		1			
	18	4		4			
Mimoso do Sul	19 ^[1]	1	0	1	0	2	20.449
	20	1		1			
	21	1		1			
	22	1		1			
	23	1		1			
	24	1		1			
	25	4		4			
	26	1		1			
	27 ^[1]	1		1			
	28 ^[1]	1		1			
Presidente Kennedy	29	1	0	1	8.846	Classe Especial	10.607
	30	2		2			
	31	4		4			

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Trechos localizados em mais de um município da bacia.

Quadro 8.3 - Vazões e concentrações lançadas pelas ETEs nos cenários intermediários e de Enquadramento.

Município Atendido	ETE	Vazão lançada (m ³ /s)		População atendida para o enquadramento	Concentrações de Lançamento em 2037 (mg/L)								
		2029	2037		DBO	OD	Coli. ^[3]	P. org.	P. inorg.	N. org.	Amônia	Nitrito	Nitrato
Apiacá	ETE Apiacá ^[1]	0,0000	0,0102	7.029	21,6	0,0	800	1,0	2,2	14,0	18,0	0,0	0,0
Bom Jesus do Norte	ETE Bom Jesus do Norte	0,0107	0,0107	7.249	38,1	0,0	7.847	1,4	3,3	16,5	21,2	0,0	0,0
Divino de São Lourenço	ETE Divino de São Lourenço ^[2]	0,0000	0,0011	835	188,3	0,0	8.717	1,6	3,7	18,3	23,5	0,0	0,0
Dores do Rio Preto	ETE Dores do Rio Preto ^[2]	0,0075	0,0089	6.303	244,4	0,0	8.229	1,5	3,5	17,3	22,2	0,0	0,0
Guaçuí	ETE Guaçuí ^[2]	0,0214	0,0257	28.767	105,0	0,0	12.967	2,3	5,4	27,2	35,0	0,0	0,0
Guaçuí	ETE São Pedro Rates ^[2]	0,0002	0,0002	201	105,0	0,0	12.967	2,3	5,4	27,2	35,0	0,0	0,0
Mimoso do Sul	ETE Mimoso do Sul ^[1]	0,0000	0,0305	20.449	83,7	0,0	7.754	1,4	3,3	16,3	20,9	0,0	0,0
Presidente Kennedy	ETE Praia de Morobá ^[2]	0,0112	0,0134	7.997	37,3	0,0	6.914	1,2	2,9	14,5	18,7	0,0	0,0
Presidente Kennedy	ETE Santo Eduardo ^[2]	0,0036	0,0044	2.610	7,5	0,0	6.914	1,2	2,9	14,5	18,7	0,0	0,0
São José do Calçado - Jacá	ETE Jacá	0,0007	0,0007	427	69,5	0,0	7.353	1,3	3,1	15,4	19,9	0,0	0,0
São José do Calçado	ETE São José do Calçado ^[2]	0,0126	0,0129	8.222	129,0	0,0	7.353	1,3	3,1	15,4	19,9	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Nota: Coli. – coliformes termotolerantes; P. org. – fósforo orgânico; P. inorg. – fósforo inorgânico; N. org. – nitrogênio orgânico

^[1] Sugestão de implantação de nova Estação de Tratamento de Efluente, a fim de alcançar a meta de qualidade.

^[2] Sugestão de ativação de Estação de Tratamento de Efluente, a fim de alcançar a meta de qualidade.

^[3] NMP/100ml.

Quadro 8.4 - Lançamentos brutos remanescentes nas sedes municipais e localidades.

Município	População		Vazão Bruta Lançada (m³/s)		Concentrações de Lançamento do Efluente Bruto (mg/L)								
	2029	2037	2029	2037	DBO	OD	Coli. ^[1]	P. org.	P. inorg.	N. org.	Amônia	Nitrito	Nitrato
Apiacá	7.413	7.399	0,01040	0,00540	432,14	0,00	800.256	2,40	5,60	28,01	36,01	0,00	0,00
Bom Jesus do Norte	9.726	9.762	0,00369	0,00072	423,73	0,00	784.683	2,35	5,49	27,46	35,31	0,00	0,00
Divino de São Lourenço	4.220	4.177	0,00560	0,00444	470,71	0,00	871.688	2,62	6,10	30,51	39,23	0,00	0,00
Dores do Rio Preto	6.605	6.635	0,00186	0,00047	444,37	0,00	822.910	2,47	5,76	28,80	37,03	0,00	0,00
Guaçuí	30.159	30.493	0,00538	0,00136	700,21	0,00	1.296.680	3,89	9,08	45,38	58,35	0,00	0,00
Mimoso do Sul	25.604	25.561	0,03822	0,00763	418,73	0,00	775.434	2,33	5,43	27,14	34,89	0,00	0,00
Presidente Kennedy	11.057	11.165	0,00370	0,00093	373,34	0,00	691.372	2,07	4,84	24,20	31,11	0,00	0,00
São José do Calçado - Sede	8.662	8.655	0,00273	0,00068	397,06	0,00	735.294	2,21	5,15	25,74	33,09	0,00	0,00
São José do Calçado - Jacá	450	450	0,00071	0,00071	397,06	0,00	735.294	2,21	5,15	25,74	33,09	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Nota: Coli. - Coliformes termotolerantes; P. inorg. - fósforo inorgânico; P. org. – fósforo orgânico; N. org. - nitrogênio orgânico.

^[1] NMP/100ml.

Considerando que as intervenções em esgotamento sanitário demandam grande investimento por parte dos municípios e, considerando que é requerido tempo para planejamento orçamentário, optou-se por avaliar os efeitos na qualidade de água decorrente das intervenções sugeridos neste plano, apenas a partir do quarto ano após a aprovação do mesmo.

Os resultados em termos de classe de qualidade de água apresentados no curto prazo (4 anos) reproduzem a qualidade de água atual. Os resultados apresentados no longo prazo (20 anos) representam o Enquadramento proposto para a bacia.

Cabe dizer que nos trechos em que não se observa alteração na classe de qualidade de água entre os horizontes de tempo avaliados, não há uma estagnação na qualidade de água do trecho analisado; o que ocorre é que as melhorias nas concentrações dos parâmetros ambientais não foram suficientes para a troca de classe.

Para alguns trechos que apresentaram uma ótima qualidade em todos os horizontes de tempo avaliados, considerou-se a incerteza inerente ao processo de modelagem, e optou-se por uma classificação mais adequada à realidade do trecho. E, ainda, foi pactuado entre o CBH e órgão gestor a necessidade de investigação sobre a qualidade de água desses trechos por meio da extensão da rede de monitoramento e outras ações, previstas no Relatório Etapa C (REC) - Plano de Ações.

9 PROGRAMA DE EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO

Conforme a Resolução CONAMA Nº 357/2005, o Programa de Efetivação do Enquadramento dos corpos hídricos deve seguir um conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e finais de qualidade de água estabelecidas pela Proposta do Enquadramento.

Com isto, tem-se que as medidas de despoluição podem ser implementadas seguindo um escalonamento de ações, sejam elas pela expansão física do sistema de esgotamento sanitário ou pelo aumento da eficiência do tratamento, tanto em remoção de carga quanto ao número de poluentes a serem tratados, dentro de um período de projeto estabelecido.

Desta forma, neste estudo foi realizado um levantamento dos custos relacionados às ações de expansão do índice de coleta e tratamento dos municípios, de aumento dos níveis de tratamento das ETEs existentes e inserção de novas, quando necessário, sendo apresentados a seguir.

Os custos encontrados para a implementação do Enquadramento são úteis para uma verificação preliminar ou ainda para o auxílio na escolha de alternativas de tratamento que melhor se enquadrem nas disponibilidades de recursos financeiros de uma região, uma vez que os custos adicionais serão valores fixos sobre o custo total da obra (Brites *et al.*, 2011).

9.1 INTERVENÇÕES DE MELHORIA NO ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA ALCANCE DE META DE ENQUADRAMENTO

9.1.1 Lançamentos Pontuais

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, em seus Artigos 24 e 28, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento, não podendo conferir ao curso d'água características em desacordo com as metas obrigatórias do seu Enquadramento.

Tendo em vista que as principais cargas orgânicas são representadas pelos lançamentos pontuais de esgotos domésticos e industriais, e que estes são facilmente identificados e mensurados, foram considerados, com o auxílio da modelagem da qualidade da água, abatimentos nas cargas orgânicas geradas nos municípios por meio de aumentos progressivos no índice de coleta e tratamento de esgotos dos municípios e; aumento das eficiências das ETEs existentes, de modo que os rios possam assimilar a carga orgânica remanescente e que se alcançasse a meta de Enquadramento proposta. Para os casos em que, mesmo quando utilizadas as duas abordagens supracitadas identificou-se a inviabilidade de se atingir meta de Enquadramento, foi sugerida a implantação de novas ETEs.

Na Quadro 9.1 é apresentado o resumo das intervenções de esgotamento sanitário sugeridas por este Plano para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, após as simulações com o modelo matemático de qualidade de água.

Quadro 9.1 - Intervenções em Esgotamento sanitário para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana para alcance das metas de Enquadramento.

Município	Estações de Tratamento de Efluentes	Eficiência para o alcance do Enquadramento (%)			Índice de coleta e Tratamento (%)	
		DBO	Fósforo	Coliforme	Atual ^[2]	Enq./20 Anos ^[3]
Apiacá	ETE Apiacá ^[1]	95	60	99,9	0	95
Bom Jesus do Norte	ETE Bom Jesus do Norte	91	40	99,9	74	74
São José do Calçado	ETE São José do Calçado	95	60	99,9	0	95
	ETE Jacá					
Mimoso do Sul	ETE Mimoso do Sul ^[1]	80	40	99,9	0	80
Guaçuí	ETE Guaçuí	85	40	99,9	0	95
	ETE São Pedro Rates					
Divino São Lourenço	ETE Divino São Lourenço	60	40	99,9	0	20
Presidente Kennedy	ETE Praia de Morobá	90	40	99,9	0	95
	ETE Santo Eduardo	98	40	99,9		
Dores do Rio Preto	ETE Dores do Rio Preto	95	60	99,99	0	95

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Sugestão de implantação de Estação de Tratamento de Efluente, a fim de alcançar a meta de qualidade.

^[2] Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas da ANA (adaptado).

^[3] Índice de coleta e tratamento (%) necessário para o alcance do Enquadramento, que possui um horizonte de 20 anos correspondendo ao ano de 2037.

As eficiências de remoção de fósforo, apresentadas no Quadro 9.1, foram consideradas para as frações fósforo orgânico e inorgânico. As eficiências de remoção das frações de nitrogênio consideradas na modelagem foram de 50%, para nitrogênio orgânico e amoniacal; e 60% de remoção para nitrito e nitrato. Não foram considerados incrementos de remoção do nitrogênio e suas frações devido às limitações dos atuais sistemas de tratamento existentes.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, de acordo com o Atlas Esgoto – Despoluição de Bacias Hidrográficas (2017), sete municípios ainda não possuem coleta e tratamento de esgoto, gerando uma significativa carga remanescente de DBO e grande motivo de preocupação. No entanto, o município de Bom Jesus do Norte apresenta uma alta taxa de coleta e tratamento, 74% e encontra-se acima da média do Estado (46%).

O Quadro 9.2 apresenta as intervenções sugeridas nos sistemas de tratamento de esgotos para os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Quadro 9.2 - Intervenções sugeridas nos Sistemas de Tratamento de Esgotos.

Município	Prestador de Serviço de Esgotamento Sanitário	Estações de Tratamento de Efluentes	Tipo de Tratamento Existente	Tipo de Tratamento Sugerido
Apiacá	CESAN	ETE Apiacá	[3]	Lodo Ativado Convencional + Filtração Terciária ^[1]
				Lagoa facultativa + infiltração lenta ^[1]
Bom Jesus do Norte	CESAN	ETE de Bom Jesus do Norte	Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	[4]
São José do Calçado	CESAN	ETE São José do Calçado	Reator UASB	Infiltração lenta ^[2]
		ETE Jacá	Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	Infiltração lenta ^[2]
Mimoso do Sul	SAAE	ETE Mimoso do Sul	[3]	Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa + Lagoa de maturação ^[1]
				Tanque Séptico + Infiltração ^[1]
Guaçuí	SAAE	ETE Guaçuí	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]
		ETE São Pedro Rates	Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	[4]
Dores do Rio Preto	CESAN	ETE Dores do rio Preto	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]
Divino São Lourenço	CESAN	ETE Divino São Lourenço	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]
Presidente Kennedy	CESAN	ETE Praia de Morobá	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]
		ETE Santo Eduardo		

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Sugestão de implantação de Estação de Tratamento de Efluente, a fim de alcançar a meta de qualidade.

^[2] Sugestão de complementação ao sistema de tratamento de efluente existente.

^[3] Ausência de sistema de tratamento de efluente no município.

^[4] Manutenção do sistema de tratamento de efluente existente;

Para a adequação das ETEs sugeridas, a fim de alcançar a meta de Enquadramento, são apresentadas duas opções de sistema de tratamento de esgoto, que deverão ser estudadas e definidas após avaliação de alguns critérios, como valor disponível para investimento, áreas requeridas, além da facilidade de operação e manutenção e outros critérios próprios de modo que se adeque às necessidades do município.

9.1.2 Carga Difusa

O controle da carga difusa se dá a partir de um conjunto de medidas estruturais e não estruturais. Medidas não-estruturais visam à prevenção e ao controle da emissão dos poluentes como: o controle do uso do solo, a preservação de áreas verdes, o controle de ligações clandestinas, a varrição de ruas, o controle da coleta e disposição do lixo e ações de educação ambiental. Em relação às medidas estruturais, visam à redução ou remoção dos poluentes do escoamento, como: bacia de retenção seca, bacia de retenção úmida, bacia de retenção seca, bacia de retenção úmida e alagada (wetlands). As ações para controle da poluição difusa devem ser consideradas no Relatório Técnico da Etapa C (REC) - Plano de Ações.

10 CUSTOS PARA A EFETIVAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO

Os investimentos dos municípios e entidades públicas relacionadas com os recursos hídricos dependem de fundos de financiamentos. Portanto, uma articulação institucional e estabelecimento de pactos de cooperação entre os governos federal, estadual e municipal, o setor privado e os diversos segmentos da sociedade das entidades de governo são fundamentais para execução e implementação das ações esperadas para a bacia.

Os custos de implementação do sistema de coleta de esgotos sanitários foram baseados em estimativas informadas no Panorama do Saneamento Básico no Brasil (2014), apresentadas no Quadro 10.1, que estabelece um valor estimado em R\$/habitantes em função do porte da população beneficiada.

Quadro 10.1 - Sistema de coleta de esgotos sanitários (preço por habitante).

Preço médio de coleta (R\$/hab) ^[1]				
Classes populacionais (habitantes)				
Até 5.000	5.001 a 20.000	20.001 a 50.000	50.001 a 200.000	Acima de 200.000
1.086,35	1.216,08	1.464,85	1.523,90	1.705,89

Fonte: Adaptado de Brasil (2014).

^[1] para o Estado do Espírito Santo.

No Quadro 10.2, são apresentados os custos estimados referentes aos incrementos no índice de cobertura da rede de coleta de esgotos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Quadro 10.2 - Custos referentes aos incrementos no índice de cobertura da rede de coleta de esgotos.

Municípios	Índice de coleta sugerido para o Enquadramento	Incremento da População Tratada (habitantes) ^[1]	Total (R\$)
Apiacá	0,95	7.029	8.547.887,12
Bom Jesus do Norte	0,74	^[2]	^[3]
Dores do rio Preto	0,95	6.303	7.665.256,26
Divino São Lourenço	0,2	835	907.536,79
Guaçuí	0,95	28.968	42.434.287,50
Mimoso do Sul	0,8	20.449	29.954.424,68
São José do Calçado	0,95	9.828	11.951.330,22
Presidente Kennedy	0,95	10.607	12.898.656,54

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

^[1] Considerar horizonte de tempo previsto neste plano para atingir o Enquadramento (20 anos).

^[2] Não há necessidade de incremento, pois o índice de coleta sugerido para o Enquadramento é igual ao índice existente.

^[3] Não há custo, pois não há necessidade de incremento da população tratada.

A estimativa de custo de implantação de uma unidade de tratamento de esgoto é complexa devido à grande quantidade de variáveis envolvidas desde a escolha do processo, tecnologia utilizada, qualidade dos equipamentos, variantes ambientais e outras características.

A obtenção dos custos de implantação de novos sistemas de tratamento de esgotos, ou adequação das unidades existentes, sugeridas no presente estudo baseou-se na

metodologia apresentada em diversos Planos de Bacia, como o ‘TOMO V – Programa de Efetivação do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Paranaíba’; ‘Produto 05: Proposta de Enquadramento - Plano da Bacia do Rio Tibagi’ e ‘Enquadramento dos Corpos de Água e Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente’ e utilizou como referência os valores apresentados em von Sperling (2018), apresentados no Quadro 10.3, expressos em R\$/habitante.

Quadro 10.3 - Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgoto e os custos relativos à sua implantação.

Sistemas	Eficiência média de remoção			Custo de Implantação (R\$/hab)
	DBO (%)	P total (%)	Coli (unid. log)	
Lodo Ativado Convencional + Filtração Terciária	93 – 98	50 – 60	03 – 05	300 – 450
Lagoa Facultativa + Infiltração Lenta	90 - 99	> 85	03 – 05	100 – 160 / 50 – 200
Tanque Séptico + Infiltração	90 – 98	> 50	04 – 05	120 – 250
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa+ Lagoa de Maturação	80 – 85	> 50	03 – 05	200 – 370
Infiltração Lenta	90 - 99	> 85	03 – 05	50 – 200

Fonte: Adaptado de von Sperling (2018).

Nota: Os custos per capita aplicam-se dentro das faixas populacionais típicas de utilização de cada sistema de tratamento. Naturalmente, os custos variam sobremaneira em função das condições locais.

No Quadro 10.4, são apresentados os custos estimados para inserção ou adequação de ETEs na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, a fim de alcançar a meta de Enquadramento.

Quadro 10.4 - Custos estimados das Estações de Tratamento de Esgotos.

Município	Estações de Tratamento de Efluentes	Tipo de Tratamento Existente	Tipo de Tratamento Sugerido	População Atendida	Orçamentação (R\$)
Apiacá	ETE Apiacá	[3]	Lodo Ativado Convencional + Filtração Terciária [1]	7.029	R\$ 3.163.050,00
			Lagoa Facultativa + Infiltração Lenta [1]		R\$ 2.530.440,00
Bom Jesus do Norte	ETE Bom Jesus do Norte	Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	[4]	7.249	[5]
São José do Calçado	ETE São José do Calçado	Reator UASB	Infiltração Lenta [2]	8.222	R\$ 1.644.400,00
	ETE Jacá	Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	Infiltração Lenta [2]	427	R\$ 85.400,00
Mimoso do Sul	ETE Mimoso do Sul	[3]	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa+ Lagoa de Maturação [1]	20.449	R\$ 7.566.130,00

Município	Estações de Tratamento de Efluentes	Tipo de Tratamento Existente	Tipo de Tratamento Sugerido	População Atendida	Orçamentação (R\$)
			Tanque Séptico + Infiltração ^[1]		R\$ 5.112.250,00
Guaçuí	ETE Guaçuí	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]	28.767	[5]
	ETE São Pedro Rates	Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	[4]	201	[5]
Dores do Rio Preto	ETE Dores do Rio Preto	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]	6.303	[5]
Divino São Lourenço	ETE Divino São Lourenço	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]	835	[5]
Presidente Kennedy	ETE Praia de Morobá	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]	7.997	[5]
	ETE Santo Eduardo	UASB + Biofiltro aerado submerso	[4]	2.610	[5]

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

[1] Sugestão de implantação de Estação de Tratamento de Efluente, a fim de alcançar a meta de qualidade.

[2] Sugestão de adequação do sistema de tratamento de efluente existente.

[3] Ausência de sistema de tratamento de efluente no município.

[4] Manutenção do sistema de tratamento de efluente existente.

[5] Não há custo envolvido, pois não há alteração do sistema de tratamento de efluente existente.

O investimento em sistemas de tratamento mais eficientes, logo com maior percentual de remoção de carga orgânica, como o Lodo Ativado Convencional em conjunto com Filtração Terciária ou Lagoa Facultativa em conjunto Infiltração Lenta, torna-se fundamental devido à necessidade de atingir a meta de qualidade proposta nos municípios que não possuem Sistemas de Tratamento de Efluentes.

No entanto, outros sistemas de tratamento, como Tanque Séptico em conjunto com Infiltração ou Lagoa Anaeróbia seguida de Lagoa Facultativa e a Lagoa de Maturação também podem atender à necessidade desses municípios.

No município de São José do Calçado há a necessidade de complementar o sistema de tratamento existente, sendo sugerida para essa adequação a Infiltração Lenta. Von Sperling (2018) afirma que os custos per capita aplicam-se dentro das faixas populacionais típicas de utilização de cada sistema de tratamento e variam em função das condições locais.

Os custos envolvidos na efetivação do enquadramento para ações além das atividades de esgotamento sanitário devem ser considerados para as ações referentes à melhoria na qualidade das águas nos programas tratando do tema em questão, assunto que constará no Relatório da Etapa C (REC) – Plano de Ações.

10.1 INVESTIMENTOS PREVISTOS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITABAPOANA

Com a publicação da Lei Federal n.º 11.445/2007, a Lei de Saneamento Básico, todas as prefeituras têm obrigação de elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), que é o documento básico do planejamento, contemplando os modelos de gestão, as metas, os projetos e as respectivas tecnologias, as estimativas dos custos dos serviços e deverá ser elaborado considerando os princípios previstos na referida lei (BRASIL, 2014).

Dessa maneira, o PMSB pretende levantar um diagnóstico do saneamento básico do município, verificando as deficiências e necessidades. Assim, pode-se planejar objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para o estabelecimento e ampliação do acesso aos serviços pela população. No conteúdo mínimo do PMSB, destacam-se também os programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, os PMSBs de sete municípios foram elaborados por meio de um Termo de Execução Descentralizada (TED) de cooperação técnica entre a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e a Universidade Federal Fluminense (UFF), sendo eles: Apicá, Bom Jesus do Norte, Divino de São Lourenço, Dorés do Rio Preto, Guaçuí, Mimoso do Sul e São José do Calçado. Estes PMSBs possuem horizonte previsto de 20 anos (2018-2038). Eles pretendem universalizar o serviço de esgotamento sanitário para as áreas urbanas dos municípios e espera-se, assim, um índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário de 100% na área urbana e de 30% na área rural. Estes índices atendem o esgotamento sanitário necessário para atingir as propostas de Enquadramento dos corpos de água dos municípios supracitados.

O Quadro 10.5 apresenta a síntese dos custos necessários para possibilitar a universalização do serviço de esgotamento sanitário rural e urbano, de acordo com os PMSB dos municípios de Apicá, Bom Jesus do Norte, Divino de São Lourenço, Dorés do Rio Preto, Guaçuí, Mimoso do Sul e São José do Calçado.

Quadro 10.5 - Síntese dos custos estimados para Esgotamento Sanitário de municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Município	Esgotamento Sanitário			
	Área urbana		Área rural	
	Custos Estimados (R\$)	Ano Limite	Custos Estimados (R\$)	Ano Limite
Apicá	2.755.000,00	2028	255.000,00	2038
Bom Jesus do Norte	2.030.000,00	2028	190.000,00	2028
Dorés do Rio Preto	1.152.500,00	2038	255.000,00	2038
Divino de São Lourenço	6.200.000,00	[1]	658.000,00	[1]
Guaçuí	24.009.000,00	2038	425.000,00	2038

Município	Esgotamento Sanitário			
	Área urbana		Área rural	
	Custos Estimados (R\$)	Ano Limite	Custos Estimados (R\$)	Ano Limite
Mimoso do Sul	5.115.000,00	2035	190.000,00	2035
São José do Calçado	3.850.000,00	2038	425.000,00	2038

Fonte: PMSB de Apicá (2018), PMSB de Bom Jesus do Norte (2018), PMSB de Dolores do Rio Preto (2018), PMSB de Divino de São Lourenço (2018), PMSB de Guaçuí (2018), PMSB de Mimoso do Sul (2018), PMSB de São José do Calçado (2018).

[1] Não informado.

Nota: Os custos estimados são referenciais (maio de 2018). Os custos reais deverão ser estimados quando da elaboração de projetos técnicos e orçamentos para as referidas obras.

O município de Muqui possui uma minuta do PMSB com os Eixos: Abastecimento de Água; Esgotamento Sanitário; Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas; Coleta e Destinação Final de Resíduos Sólidos. O mesmo foi elaborado em 2015, a partir de dados levantados junto à Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN, com apoio dos técnicos desta. O plano apresenta a situação institucional dos serviços e o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, e coleta e destinação final de resíduos sólidos, bem como propõe as metas e o Plano de Investimentos para atendimento à demanda futura de serviços, para o horizonte de 20 (vinte) anos. Em relação ao esgotamento sanitário, o município possui metas a serem atingidas no período entre 2014 a 2043, como a implementação do sistema e ampliação da cobertura de atendimento em 100%.

O PMSB do município de Presidente Kennedy foi concebido pelas Secretarias Municipais de Meio Ambiente (SEMMA) e Obras (SEMOB) em parceria com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), com o objetivo de apresentar a situação institucional dos serviços e o diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como propor as metas e o Plano de Investimentos para atendimento à demanda futura de serviços, para o horizonte de 20 (vinte) anos.

Considerando que o sistema de coleta de esgoto existente proporciona uma cobertura de 5%, com a implantação do sistema de tratamento de esgoto previsto no PMSB, o índice de cobertura saltará para 80% em médio prazo aumentando gradativamente com a adesão dos usuários. Ao final do horizonte de planejamento previsto no plano, a meta é alcançar 100% de cobertura, a universalização do saneamento básico, mediante a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao serviço público de esgotamento sanitário. Considerando as metas de curto, médio e longo prazo, a estimativa de investimentos em esgotamento sanitário para Presidente Kennedy é de R\$ 45.600.000,00 (quarenta e cinco milhões e seiscentos mil reais).

11 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (AGERH). **Diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do Rio Itabapoana. Relatório Etapa A.** Vitória, 2018. Disponível em: https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/Itabapoana/REA_DiagnosticoPrognostico_CCBH%20Itabapoana.pdf. Acesso em 14 de junho de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Implementação do Enquadramento em Bacias Hidrográficas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH Arquitetura computacional e Sistemática.** In: Caderno de Recursos Hídricos. vol. 6. Brasil, 2009.

_____. **Planos de recursos hídricos e Enquadramento dos corpos de água.** Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos; v.5. Brasília: SAG, 2013.

_____. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água.** Brasília: ANA, v. 5, 68 p., 2013. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sas/cadernos-de-capacitacao>. Acesso em 22 de novembro 2018.

_____. **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas, 2017.** Disponível em <http://atlasesgotos.ana.gov.br>. Acesso em 22 de novembro de 2018.

_____. **Portal da qualidade das águas - Base Conceitual.** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Enquadramento-bases-conceituais.aspx>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

APIACÁ. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Apiacá: 2018. 162 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/api/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-API-01.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

BOM JESUS DO NORTE. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Bom Jesus do Norte: 2018. 163 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/bjn/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-BJN-01.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

BRASIL. Constituição Federal (1988). Brasília: Senado Federal, 1988.

_____. 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 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Diário Oficial da União. Seção 1, p. 470. Brasília, 09 de janeiro 1997.

_____. Lei nº. 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Brasília: 2007. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

_____. Ministério das Cidades; Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama do saneamento básico no Brasil**. Brasília, 2014. 5 v. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/panorama/vol_05_miolo.pdf. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

BRITES, A. P. Z.; PRZYBYSZ, L. C. B. ; MARIN, M. C. F. C.; YAZAKI, L. F. O.; FERNANDES, C. V. S.; PORTO, M. F. A. (2007). **Utilização das Funções de Custos para Análise de Medidas de Despoluição Hídrica**. In XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo – SP.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). Resolução CERH nº 028, de 15 de fevereiro de 2011. **Estabelecimento dos Enquadramentos dos Corpos de Água em classes de forma articulada com os Planos de Bacias Hidrográficas**. Vitória, 2011. Disponível em http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2013/12/RESOLUCAO_CERH_028_2011.pdf. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, março 2005.

_____. Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Brasília: 2008. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

_____. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Brasília: 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Resolução n. 91 de 05 de novembro de 2008. **Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos**. Brasília: 2009. Disponível em <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/820-resolucao-n-91-de-5-de-novembro-de-2008/file>. Acesso em 24 de janeiro de 2019.

COSTA, C. A. M. **Aplicabilidade de modelos matemáticos para elaboração de Cenários de Enquadramentos de corpos hídricos: o caso da Bacia do Ribeirão Taquaruçu, Palmas - TO**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins. 2016

DIVINO DE SÃO LOURENÇO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Divino de São Lourenço: 2018. 156 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/dsl/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-DSL-01.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

DORES DO RIO PRETO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Dores do Rio Preto: 2018. 162 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/drp/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-DRP-01.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

ESPÍRITO SANTO. Lei n.10.179, de 18 de março de 2014. **Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências.** Disponível em <https://agerh.es.gov.br/legislacao-cerh>. Acesso em 17 de julho de 2017.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 252p.

GUAÇUÍ. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Guaçuí: 2018. 156 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/gua/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-GUA-02.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

LARENTIS, D. G. **Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas – RS.** 177 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2004.

MIMOSO DO SUL. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Mimoso do Sul: 2018. 168 p. Disponível em <http://saneamentomunicipal.com/dpd-ftp/mis/Produto%20K%20-%20PMSB/2018-ES-PMSB-MIS-01.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

MUQUI. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Muqui. 2015. 266 p. Disponível em: <http://camaramuqui.es.gov.br/Arquivo/Documents/LEI/PLANO%20MUNICIPAL%20DE%20SANEAMENTO.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

PORTO, M. F. A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro.** 2002. 131 f. Tese (Livre Docência em Engenharia) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PORTO, M. F. A.; FERNANDES, C. V. S.; KNAPIK, H. G.; FRANÇA, M. S.; BRITES, A. P. Z.; MARIN, M. C. F. C; MACHADO, F. W.; CHELLA, M. R.; SÁ, J. F.; MASINI, L. (2007). **Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão.** Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento. (FINEP/ CT-HIDRO). Projeto concluído.

PRESIDENTE KENNEDY. **Plano Municipal de Saneamento Básico. Módulo de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.** Presidente Kennedy. 2014. 213 p. Disponível em: <https://www.presidentekennedy.es.gov.br/uploads/filemanager/PMSB/Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20de%20Presidente%20Kennedy%20-%20M%C3%93DULOS%20ABASTECIMENTO%20DE%20%C3%81GUA%20E%20ESGOTAMENTO%20SANIT%C3%81RIO.pdf>. Acesso em 05 de Abril de 2019.

SALDANHA, J.C.S. **Análise da influência do Rio Santa Maria da Vitória na Baía de Vitória através da Modelagem Computacional: Uma Contribuição ao Processo de Enquadramento** - Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

SALIM, F.P.C. **Desenvolvimento de sistema de suporte a decisão para o gerenciamento da qualidade das águas em rios considerando múltiplas fontes de poluição pontual.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de

Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2004.

VON SPERLING, M. ***Estudos e modelagem da qualidade da água de rios***. 2. ed. Belo Horizonte: editora UFMG, 2007.

_____. ***Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos***. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2018.

ANEXO A - PARÂMETROS E SEUS RESPECTIVOS VALORES CALIBRADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM

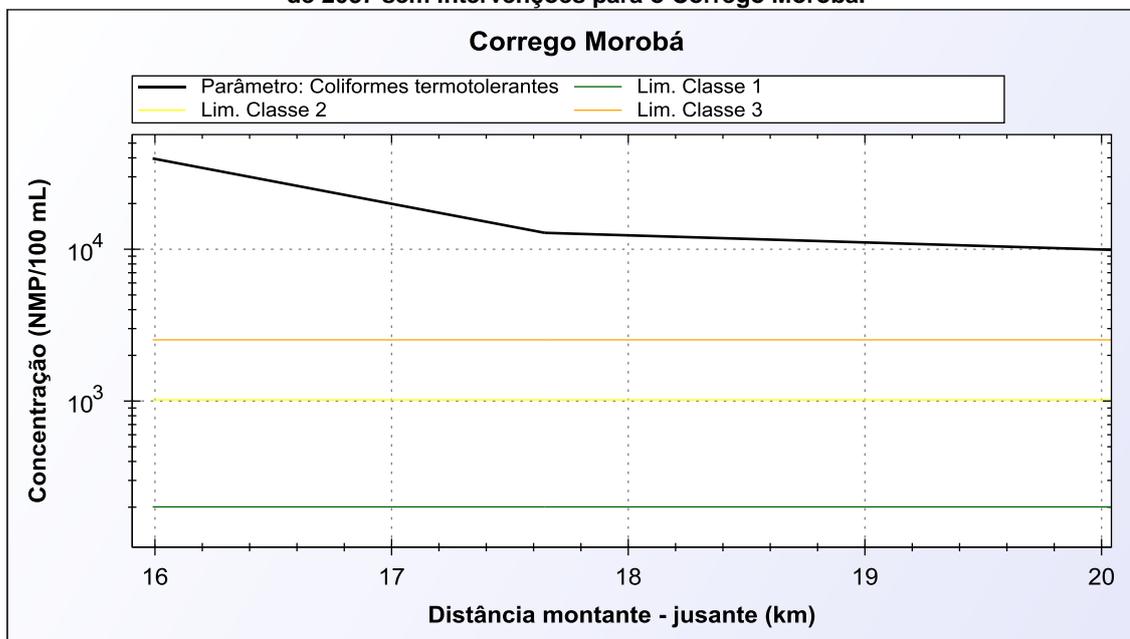
Figura A 1 - Parâmetros e valores calibrados para a Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana.

Parâmetro	Descrição	Valor Calibrado
Kd (deep)	Coeficiente de decomposição DBO	0,25
Kd (shallow)	Coeficiente de decomposição DBO	0,25
Vsmo (m/d)	Velocidade de sedimentação da matéria orgânica	0,01
Ka	Coeficiente de reaeração	0,2
Kcoli	Coeficiente de decaimento bacteriano	1
Koi	Conversão do fósforo orgânico para fósforo inorgânico	0,15
Vspo (m/d)	Velocidade de sedimentação fósforo orgânico	0,005
Vspi (m/d)	Velocidade de sedimentação fósforo inorgânico	0,005
Koa	Taxa de conversão de nitrogênio orgânico para nitrogênio amoniacal	0,2
Kai	Taxa de conversão nitrogênio amoniacal para nitrito	0,15
Kin	Taxa de conversão nitrito para nitrato	0,4

Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

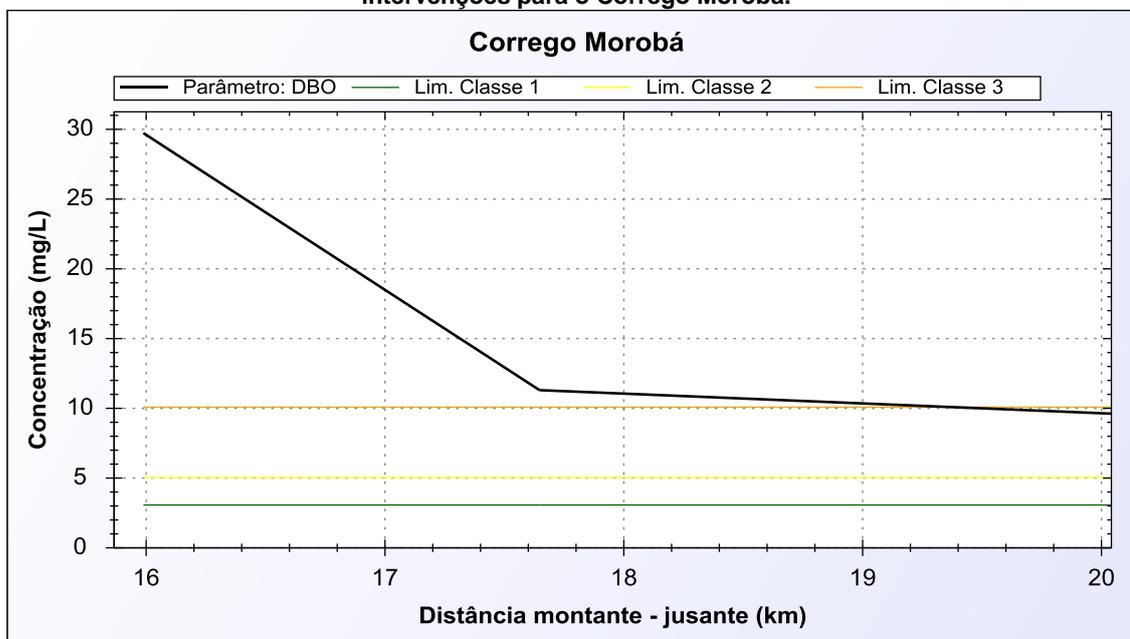
ANEXO B - PERFIS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITABAPOANA, NA VAZÃO Q₉₀, NO CENÁRIO FUTURO TENDENCIAL (2037) SEM INTERVENÇÕES.

Figura A 2 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o Córrego Morobá.



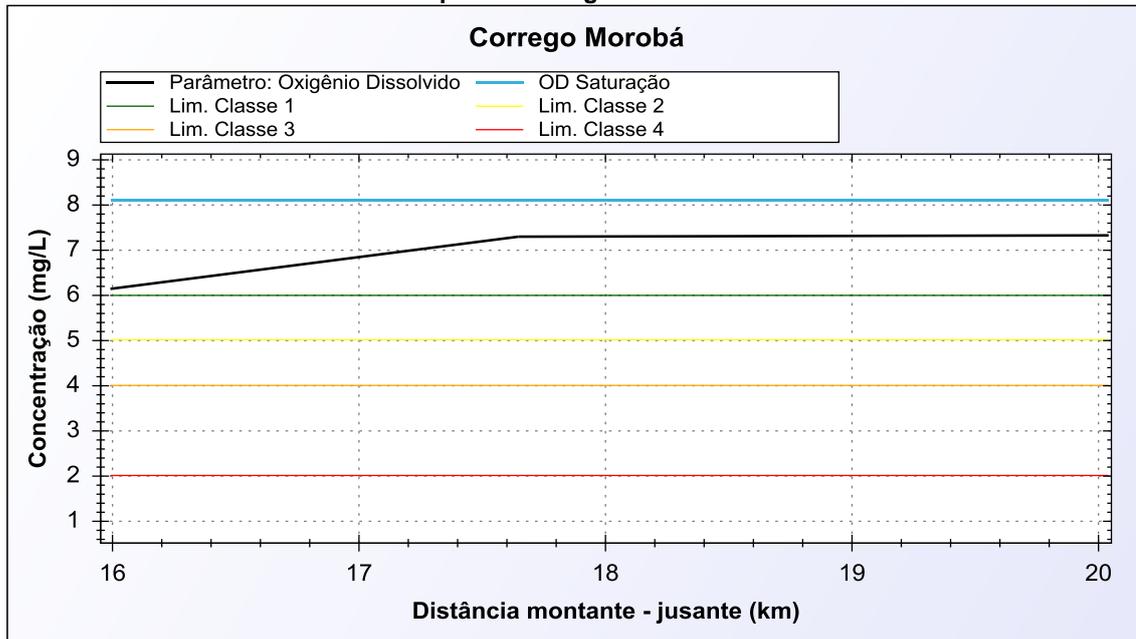
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 3 -Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o Córrego Morobá.



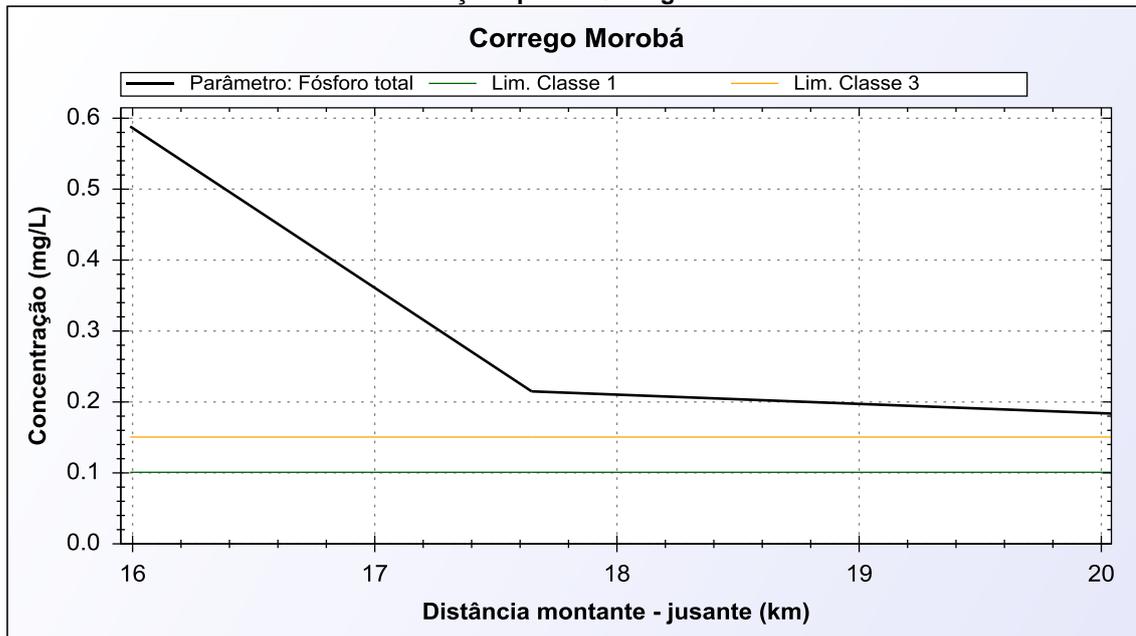
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 4 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o Córrego Morobá.



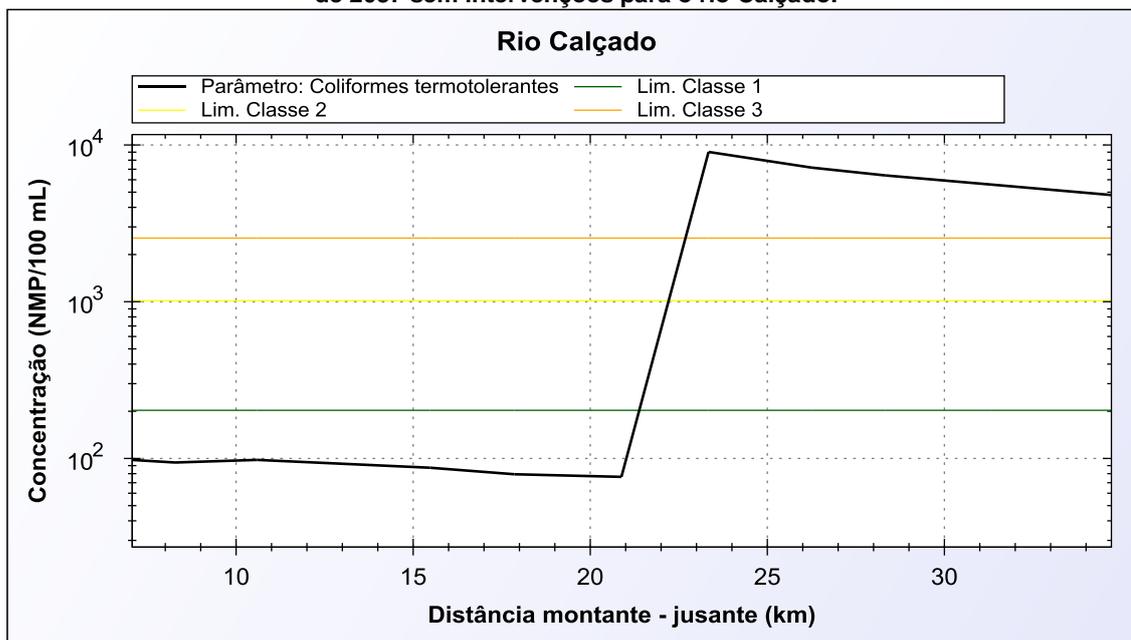
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 5 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o Córrego Morobá.



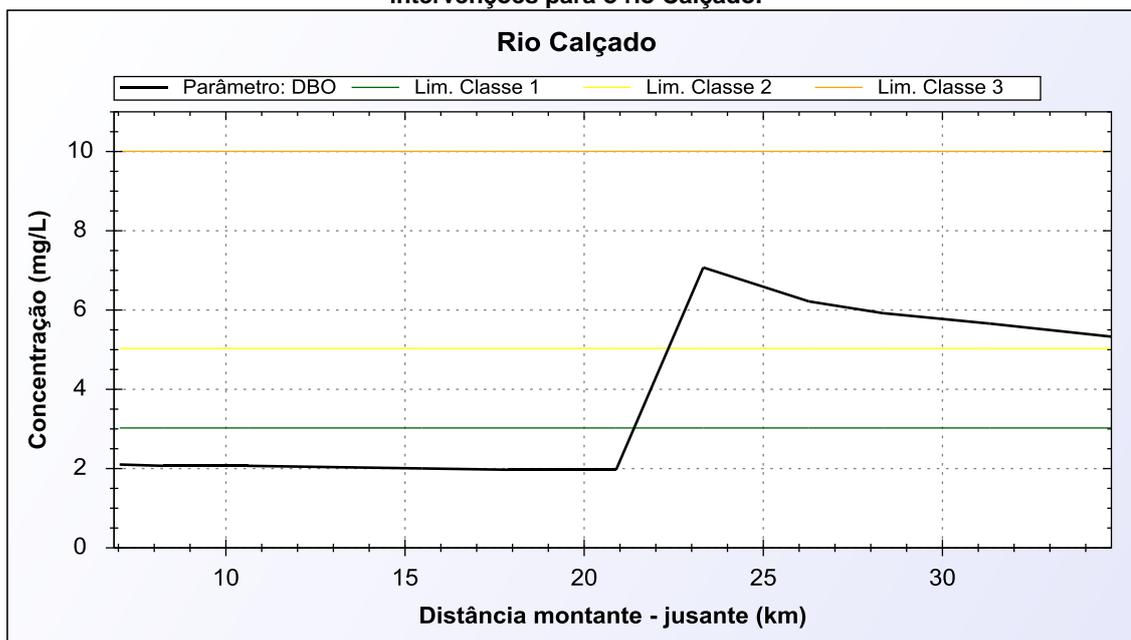
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 6 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Calçado.



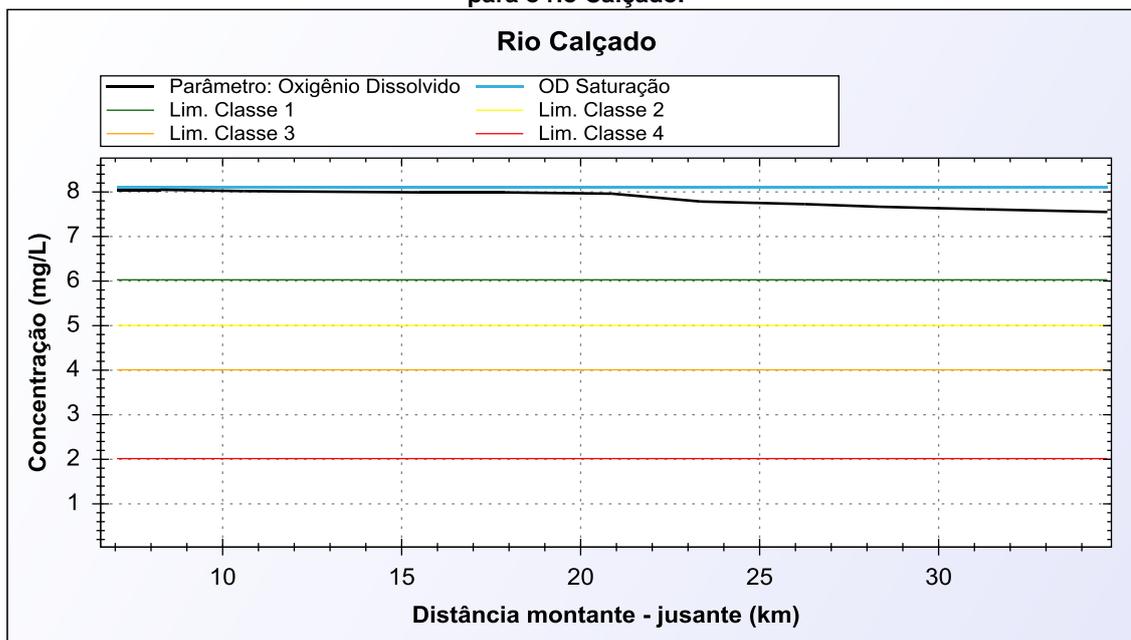
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 7 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Calçado.



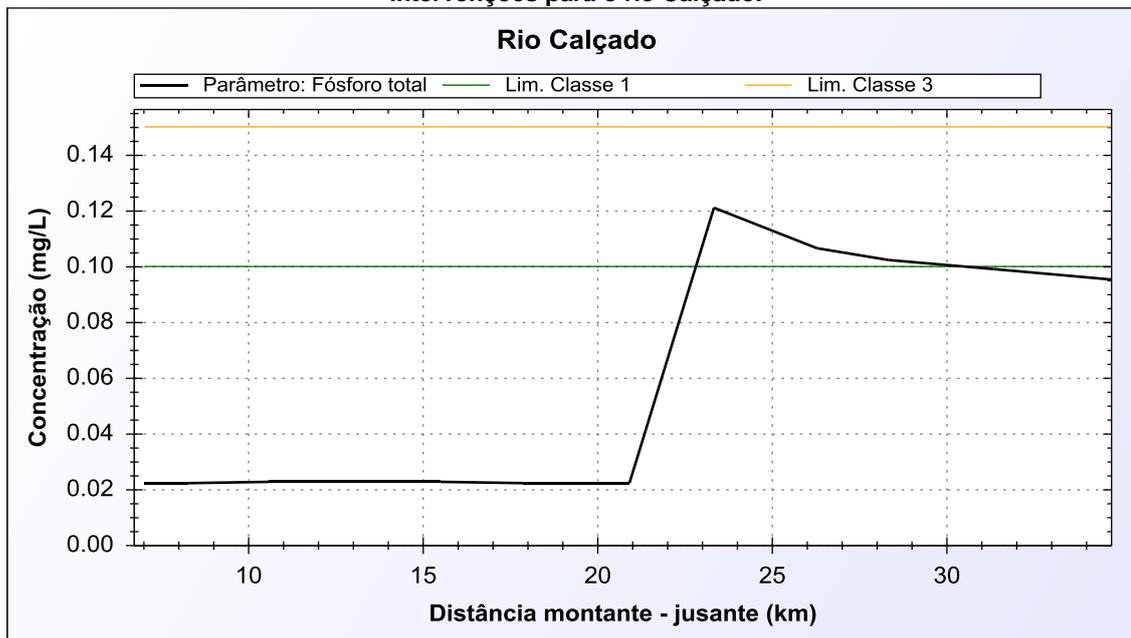
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 8 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Calçado.



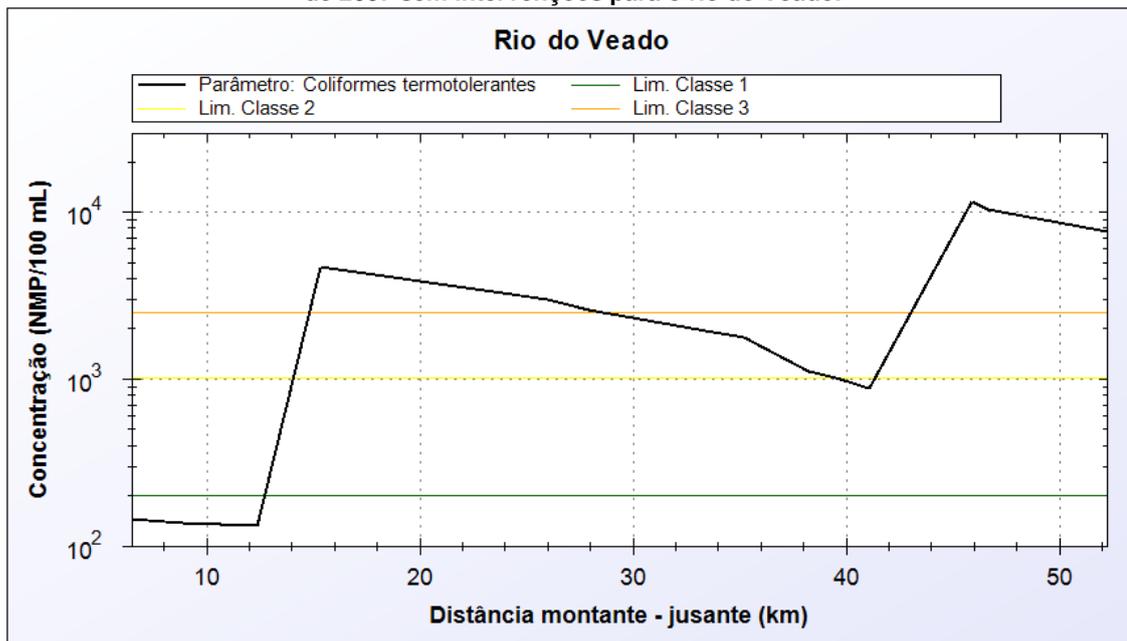
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 9 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Calçado.



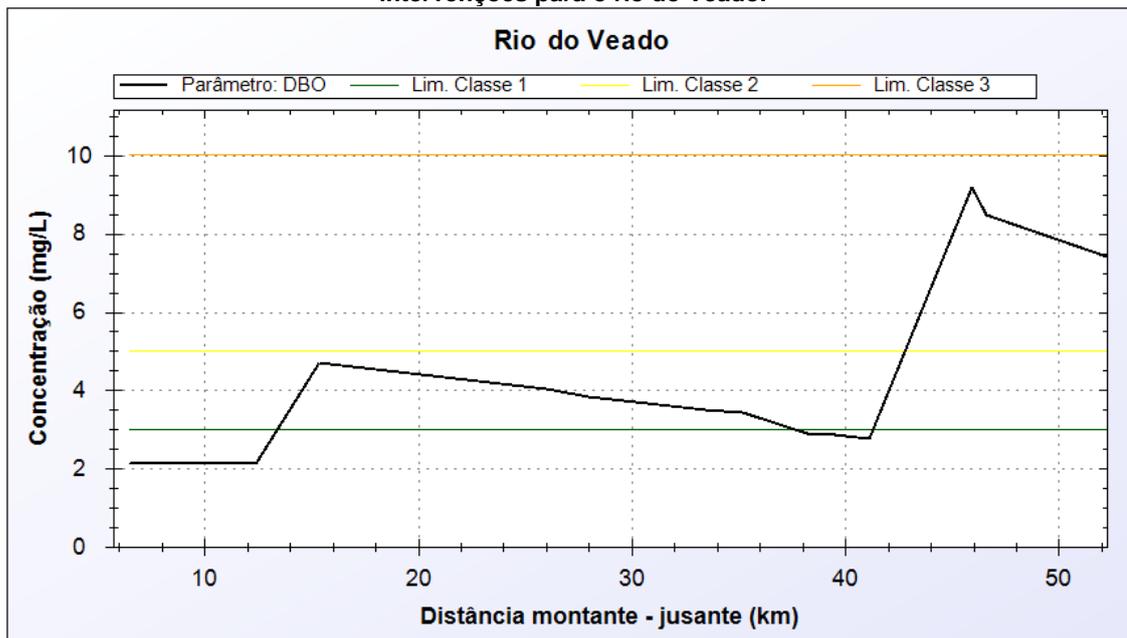
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 10 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio do Veado.



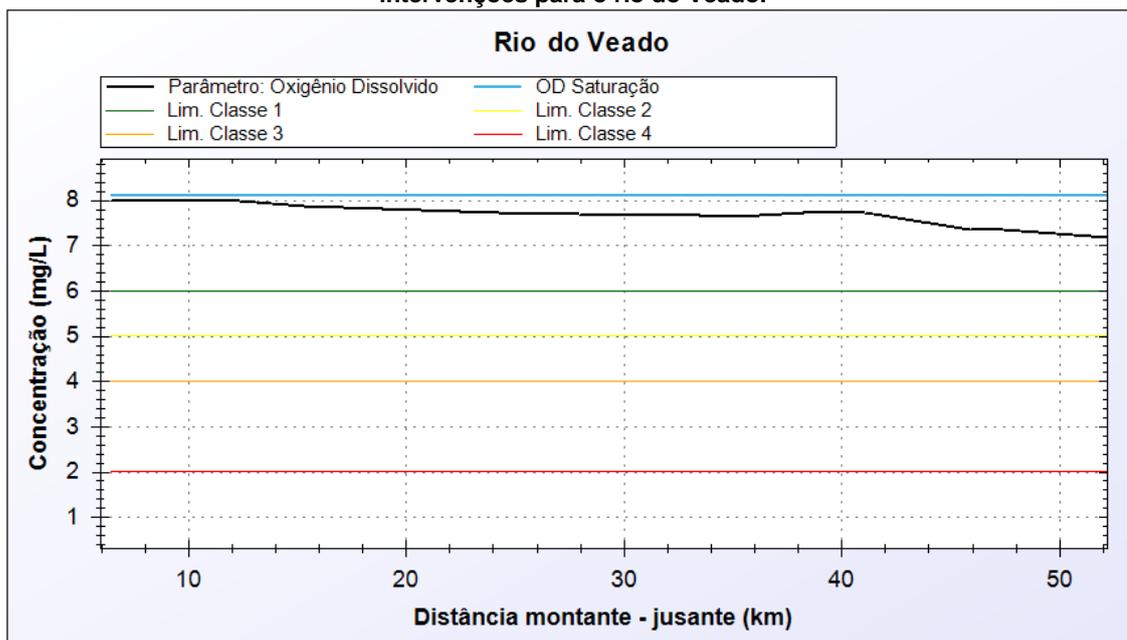
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 11 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio do Veado.



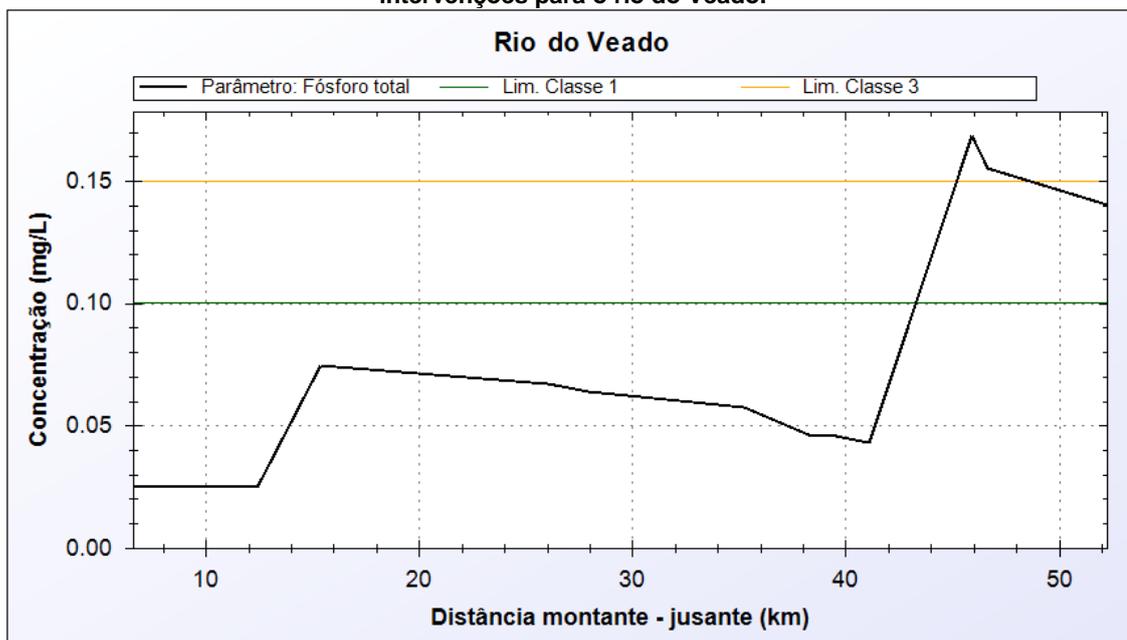
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 12 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio do Veado.



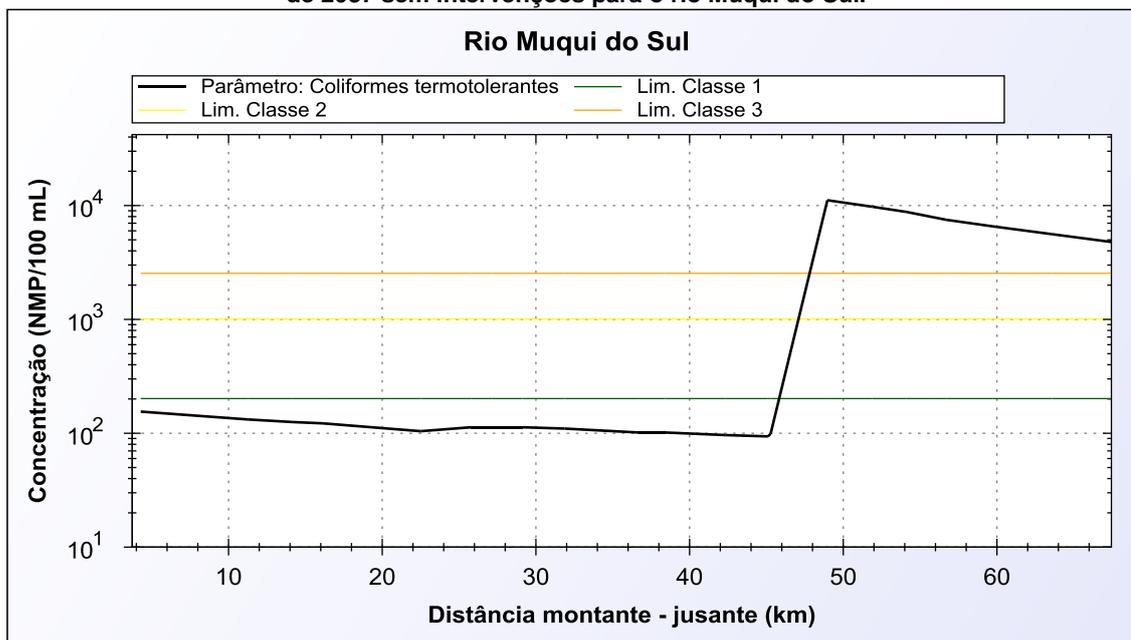
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 13 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio do Veado.



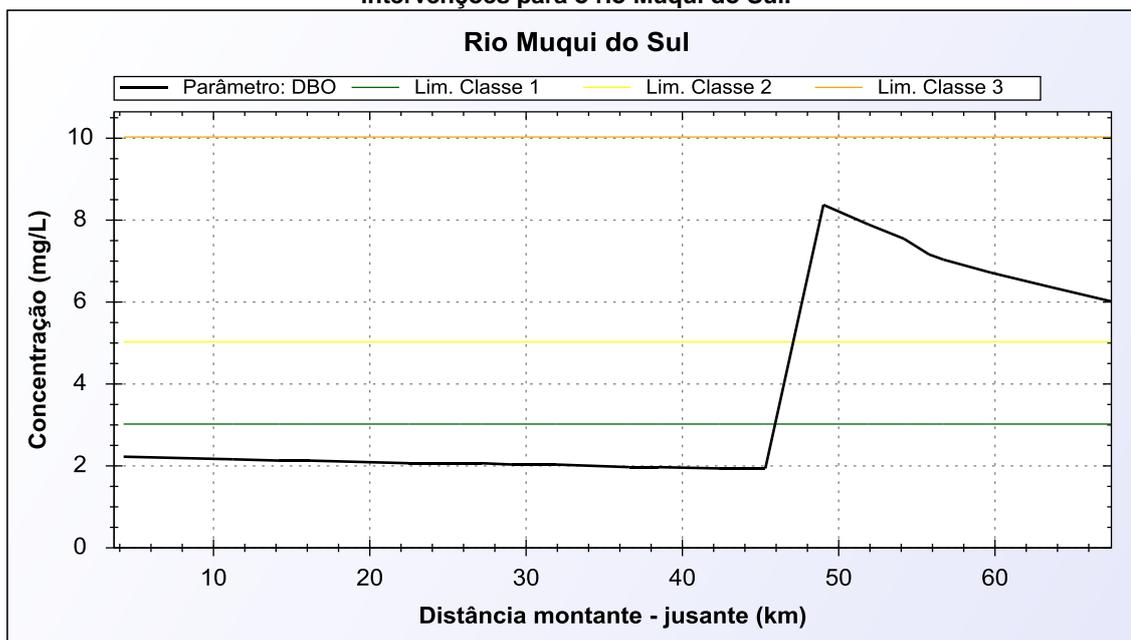
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 14 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Muqui do Sul.



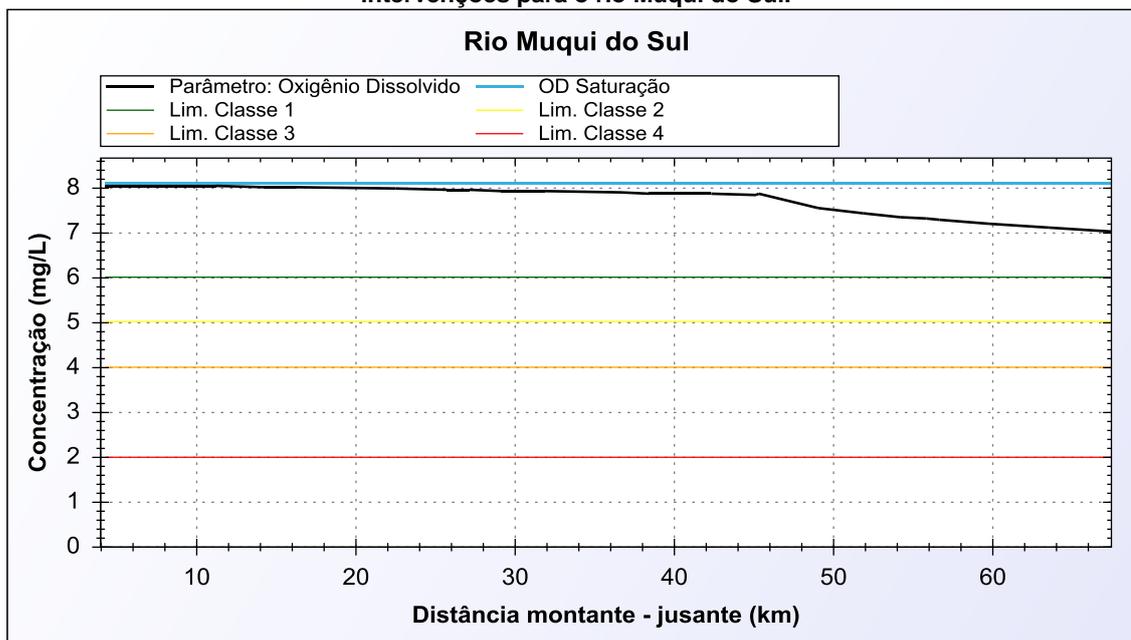
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 15 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q_{90} e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Muqui do Sul.



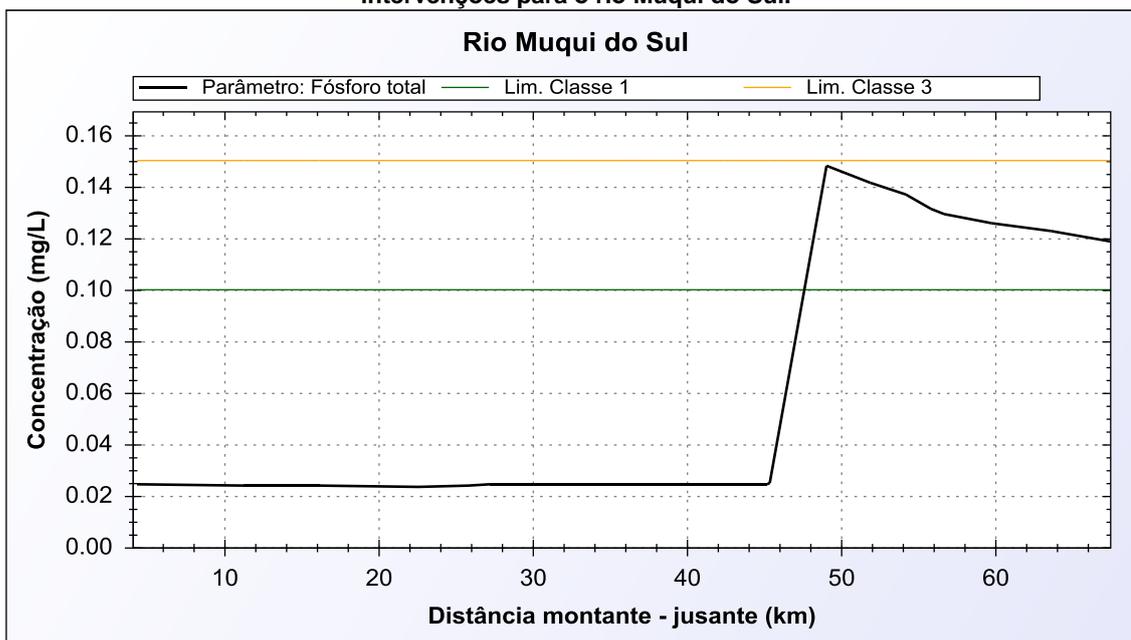
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 16 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q90 e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Muqui do Sul.



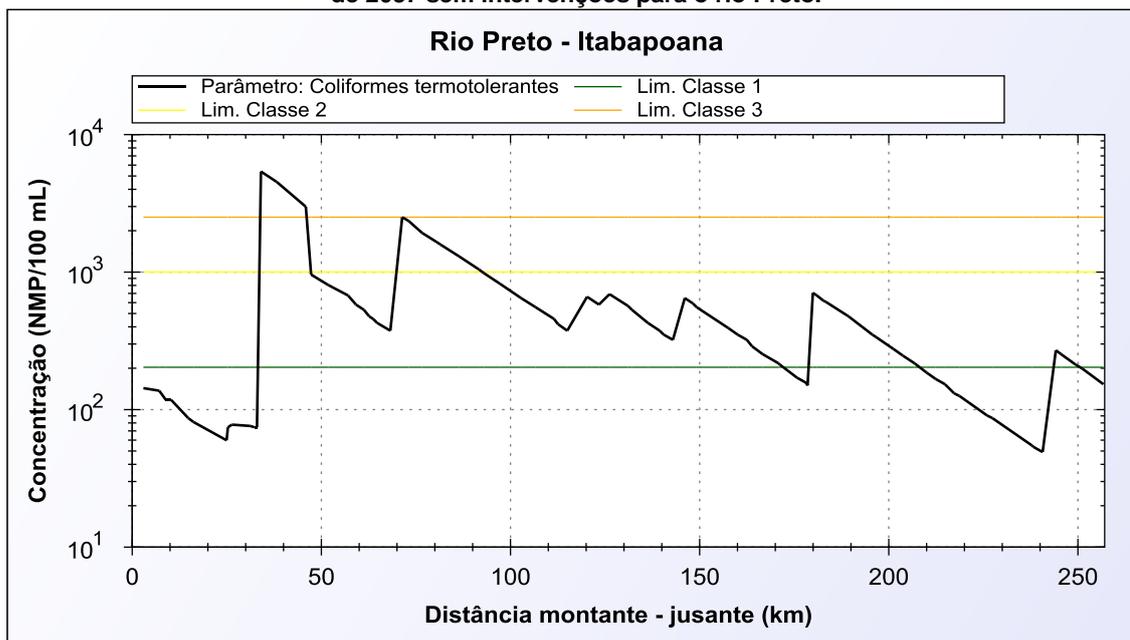
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 17- Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q90 e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Muqui do Sul.



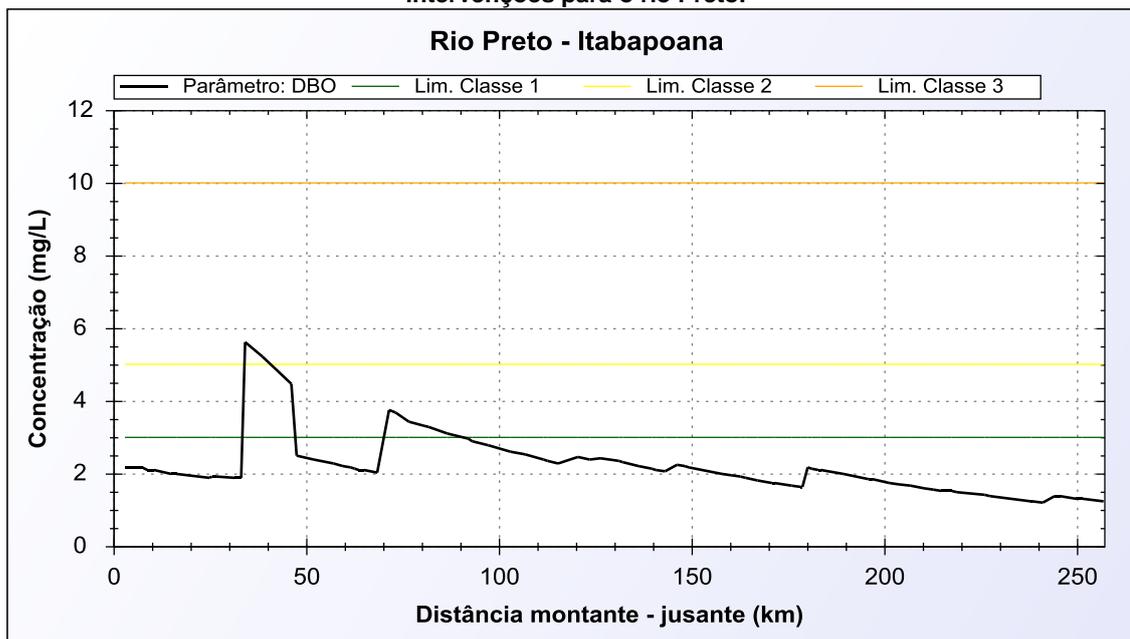
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 18 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q90 e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Preto.



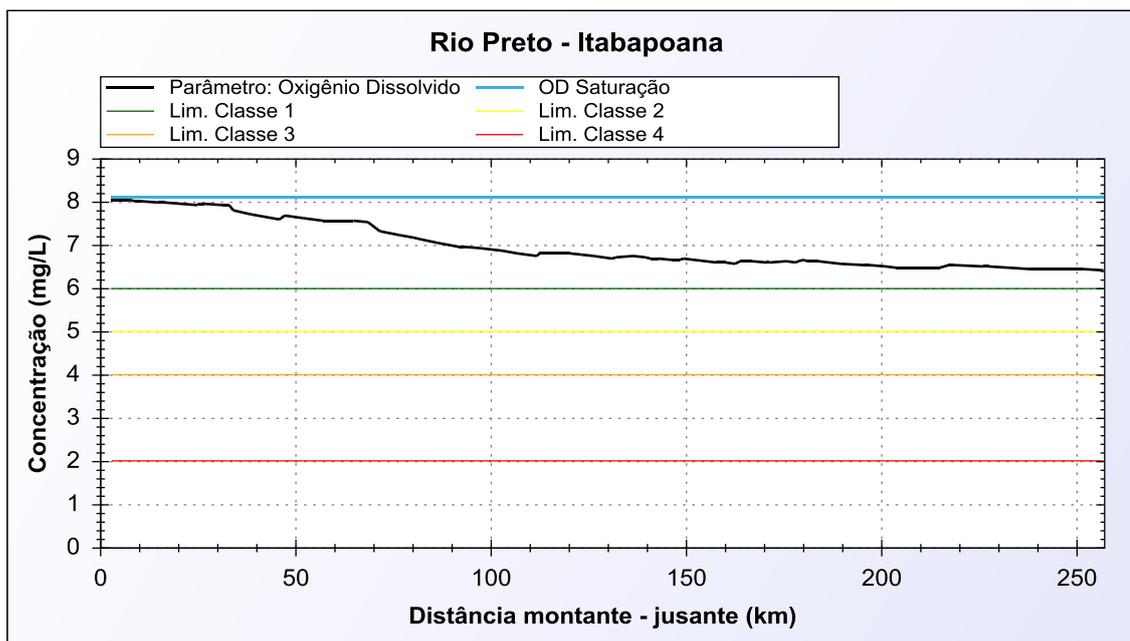
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 19 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q90 e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Preto.



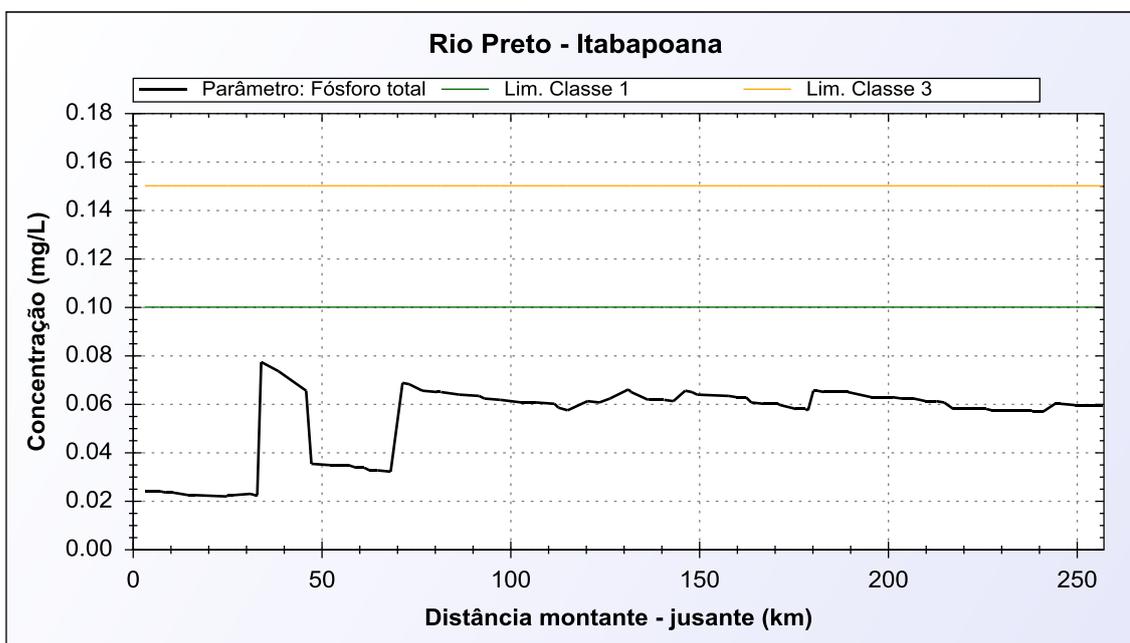
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 20 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Preto.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

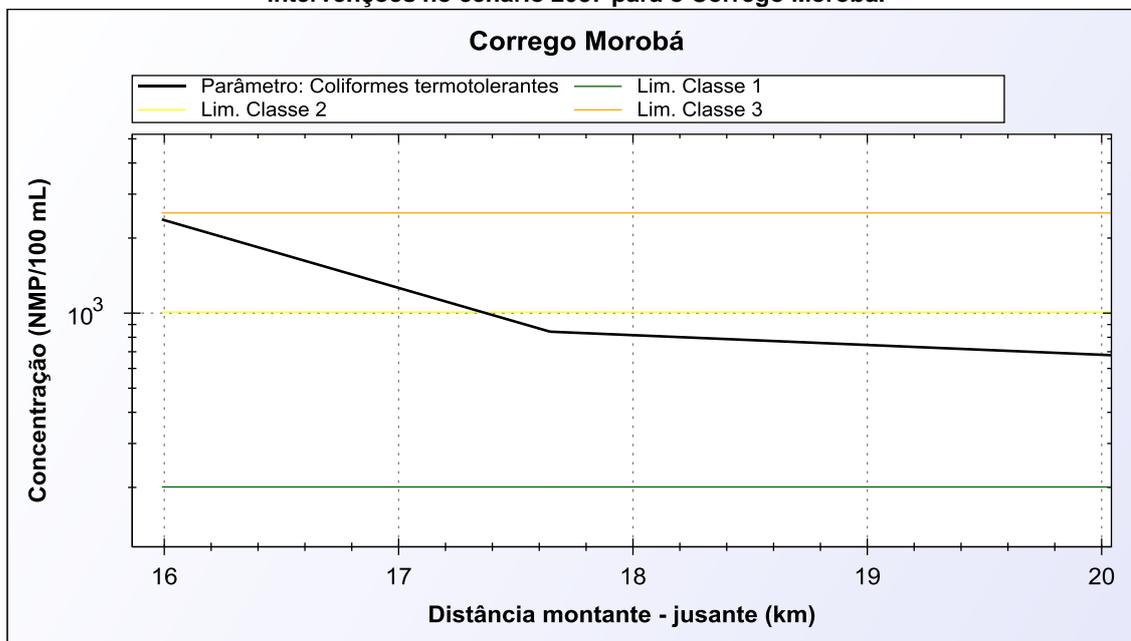
Figura A 21 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q₉₀ e no cenário de 2037 sem intervenções para o rio Preto.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

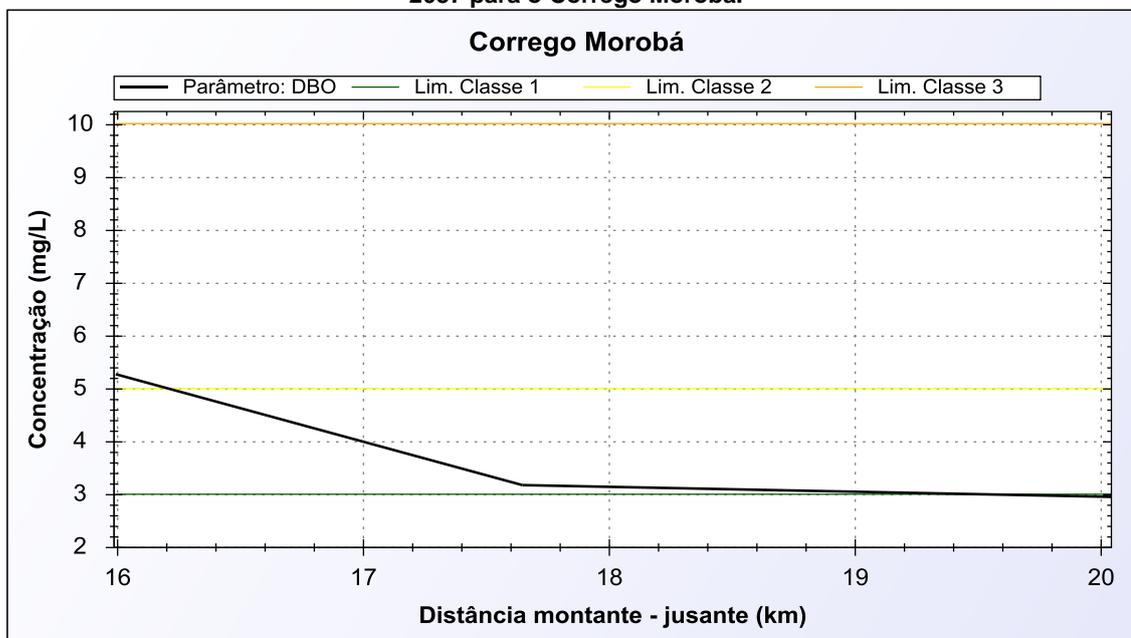
ANEXO C - PERFIS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA A BACIA DO RIO ITABAPOANA APÓS AS INTERVENÇÕES NO CENÁRIO FUTURO TENDENCIAL (2037) NA VAZÃO DE REFERÊNCIA Q₉₀.

Figura A 22- Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o Córrego Morobá.



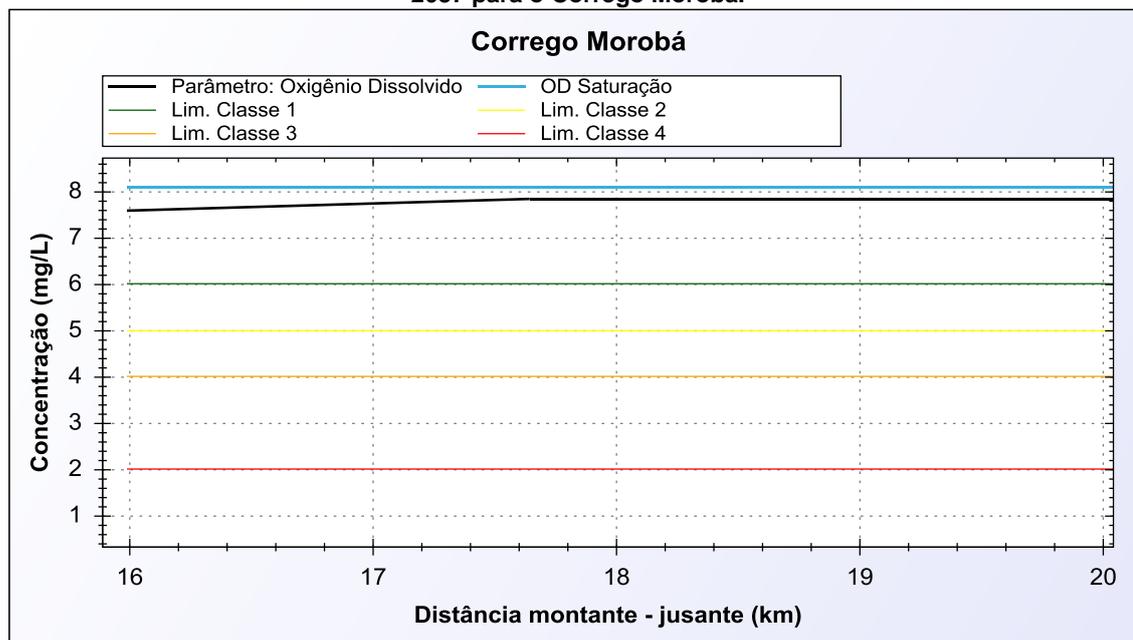
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 23 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o Córrego Morobá.



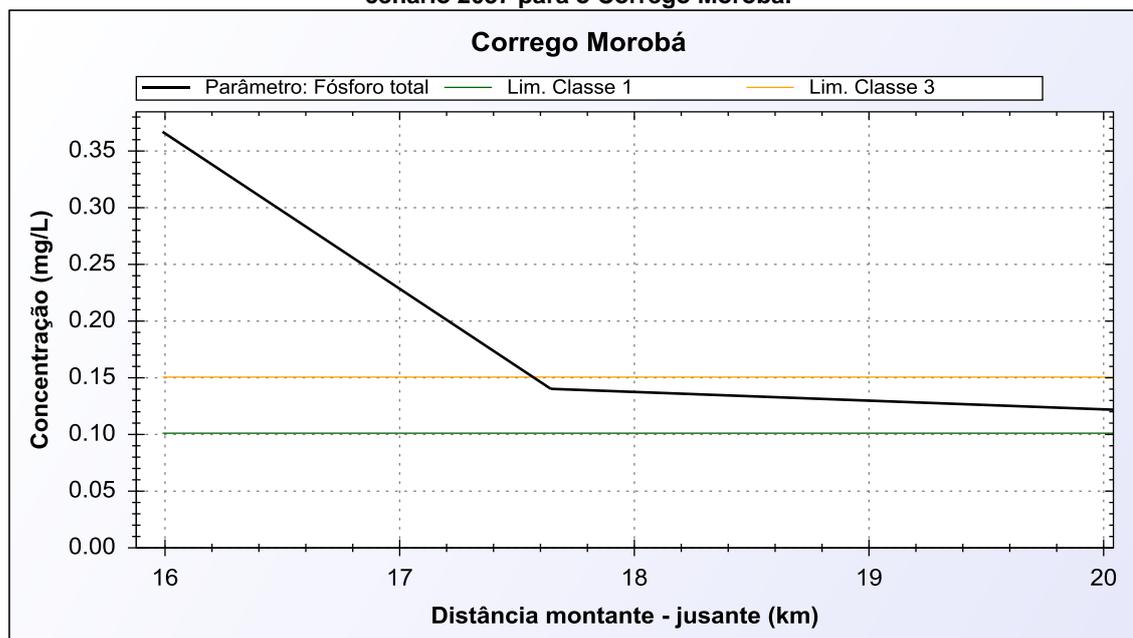
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 24 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o Córrego Morobá.



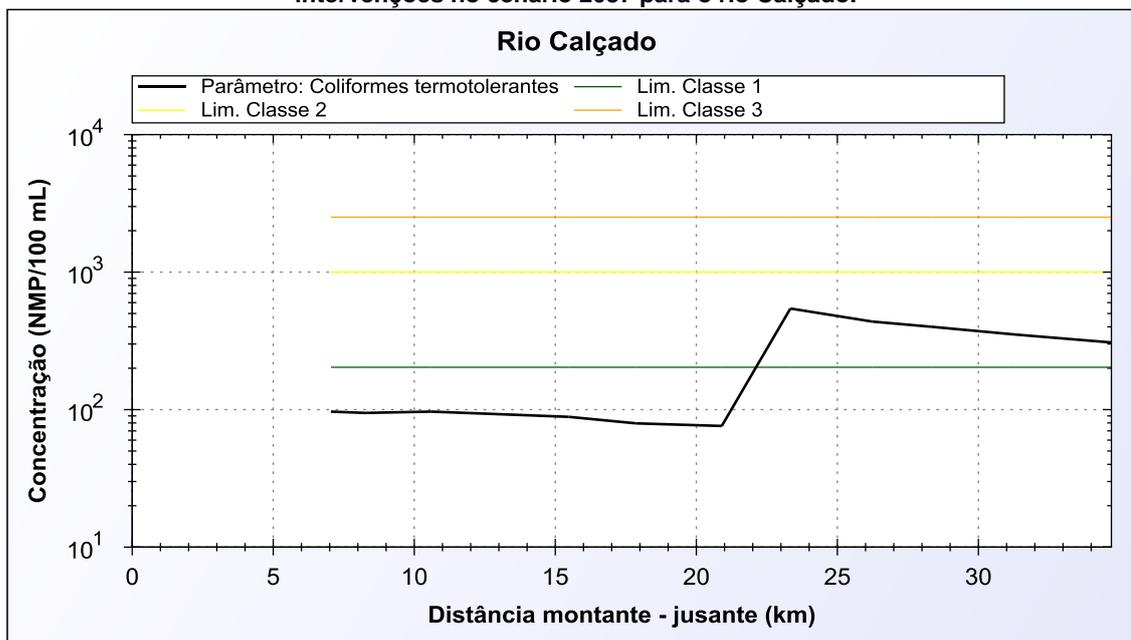
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 25 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o Córrego Morobá.



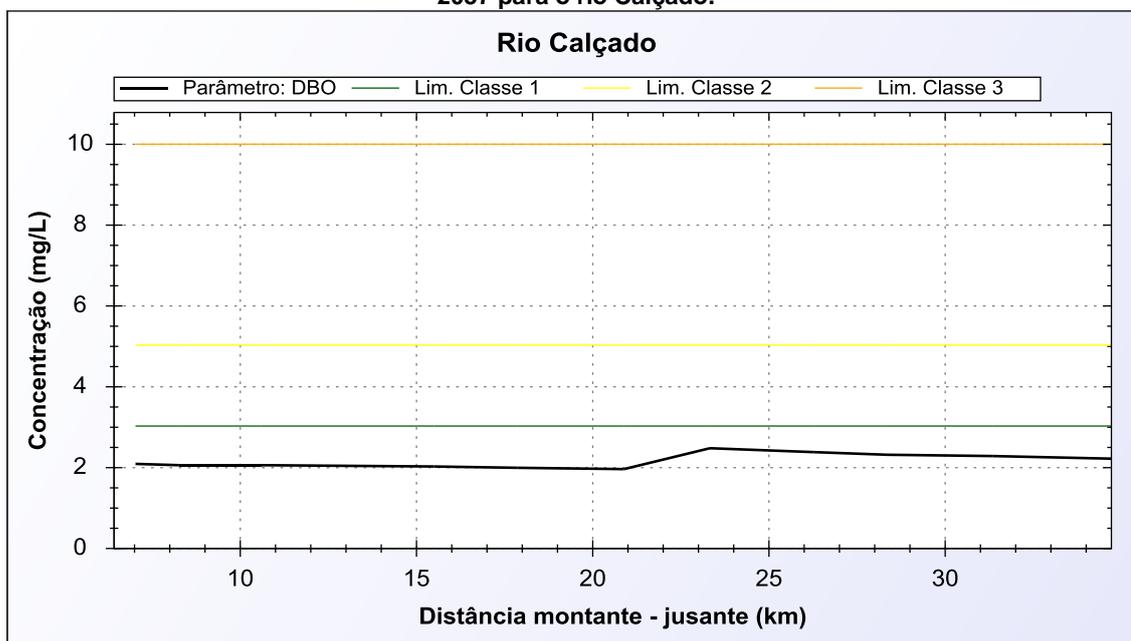
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 26 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q_{90} , após as intervenções no cenário 2037 para o rio Calçado.



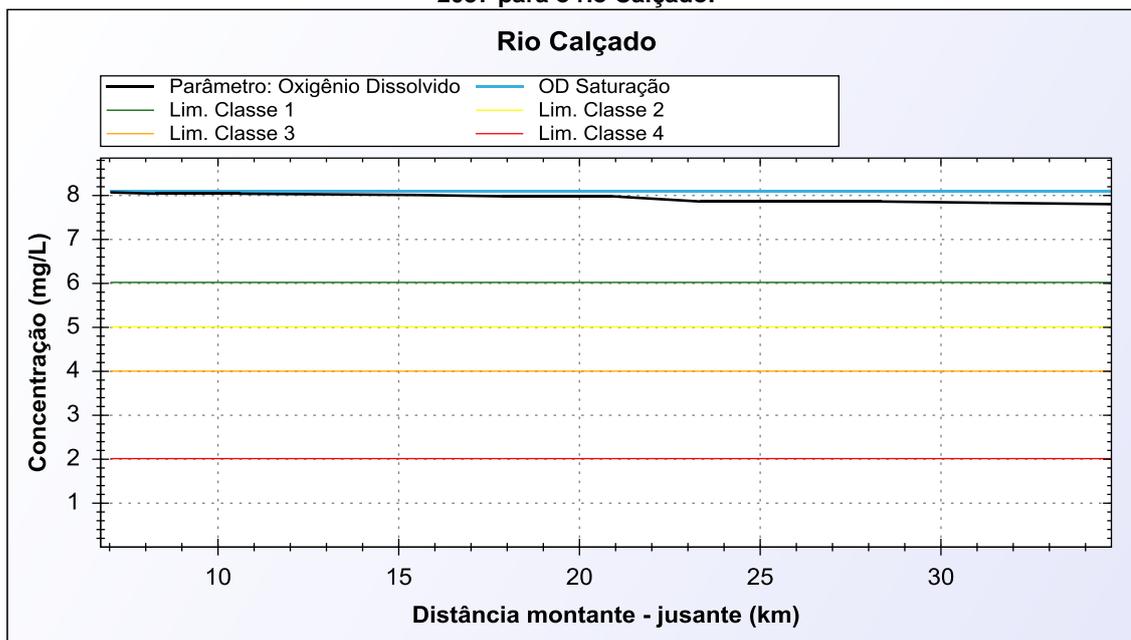
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 27 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q_{90} , após as intervenções no cenário 2037 para o rio Calçado.



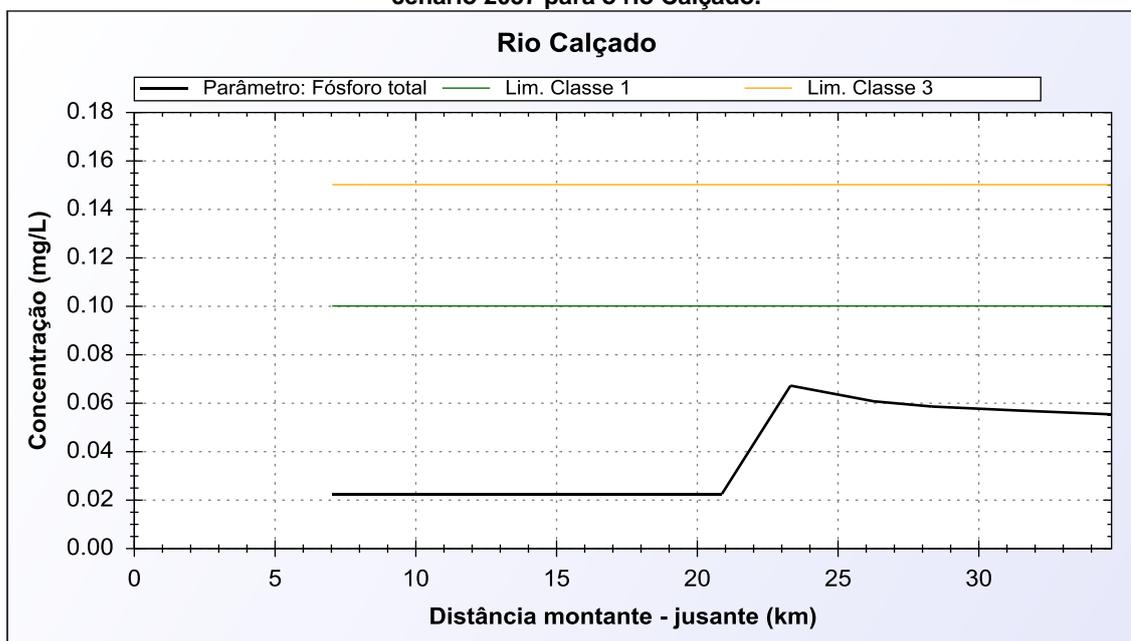
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 28 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Calçado.



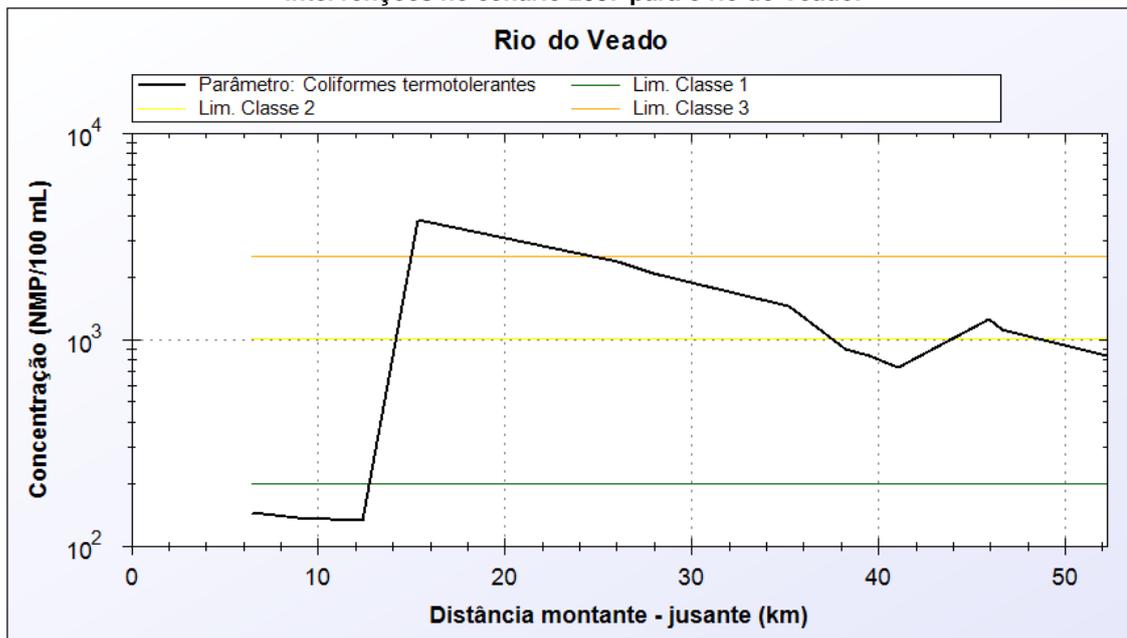
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 29 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Calçado.



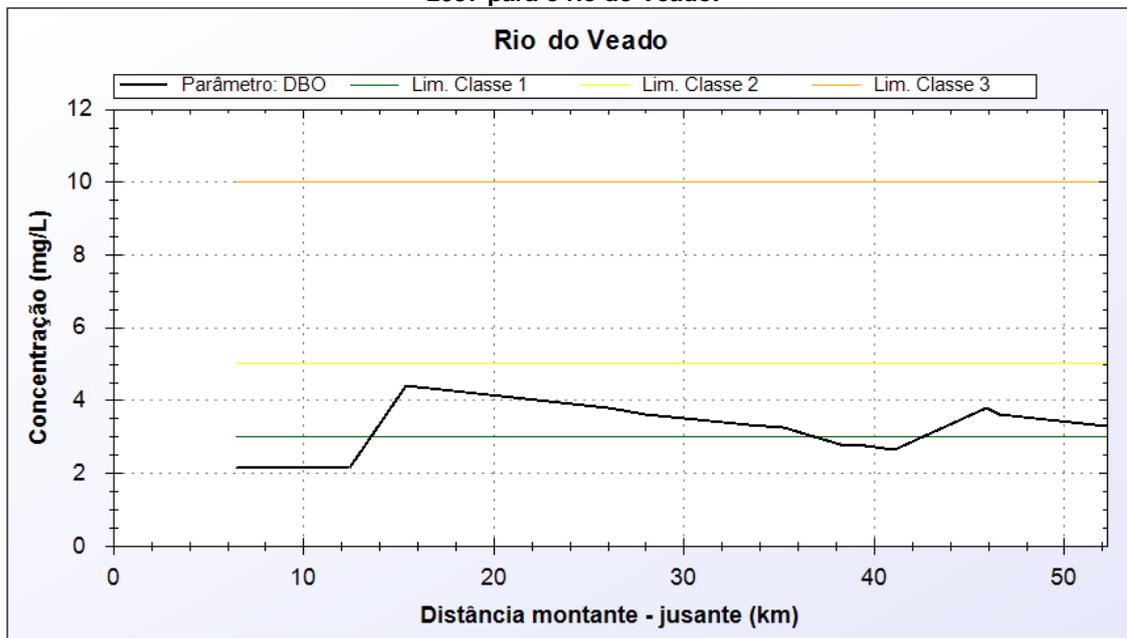
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 30 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio do Veado.



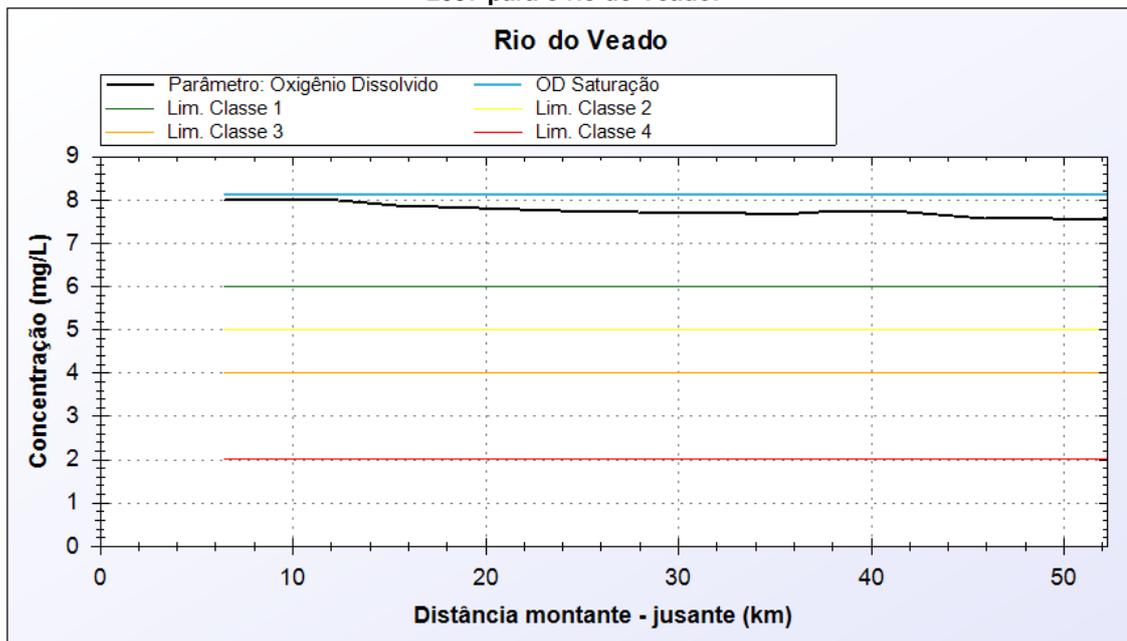
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 31 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio do Veado.



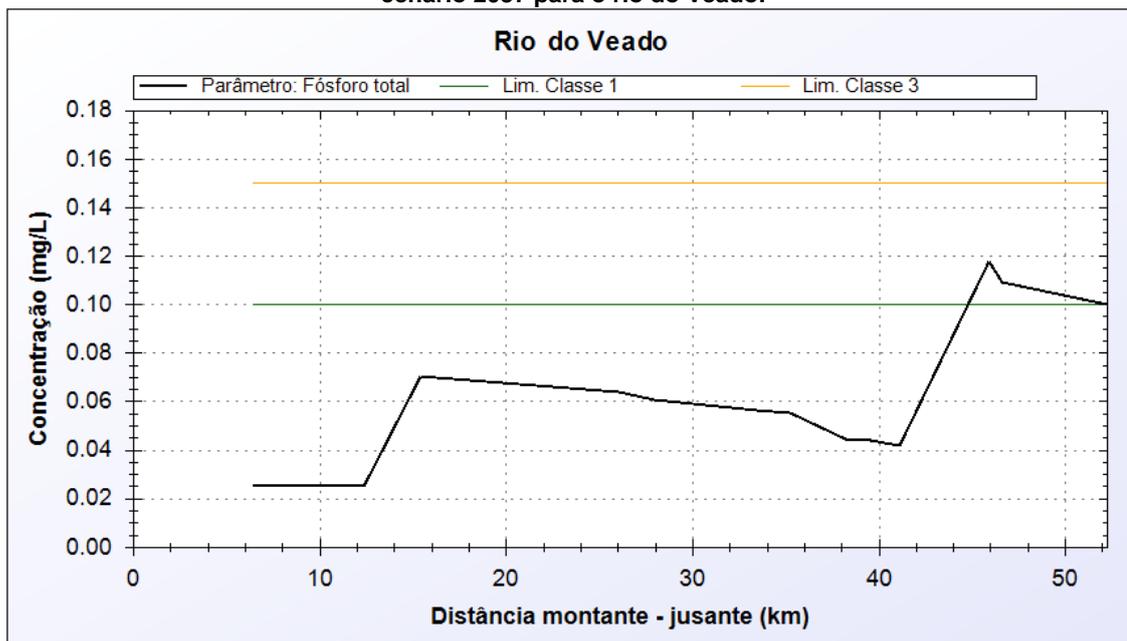
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 32 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q_{90} , após as intervenções no cenário 2037 para o rio do Veado.



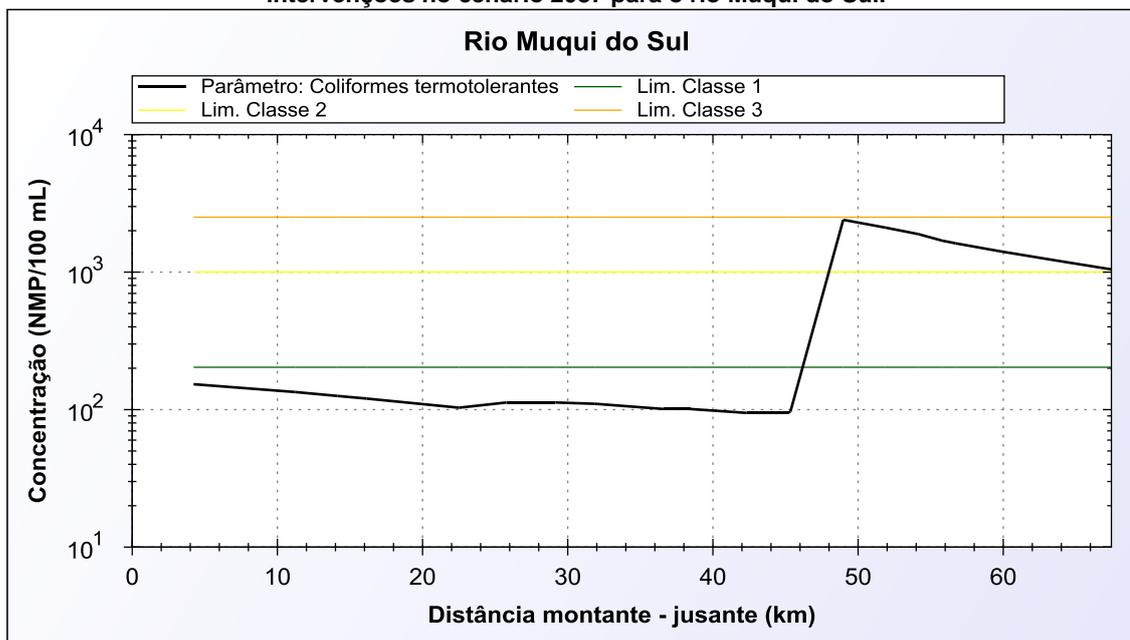
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 33 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q_{90} , após as intervenções no cenário 2037 para o rio do Veado.



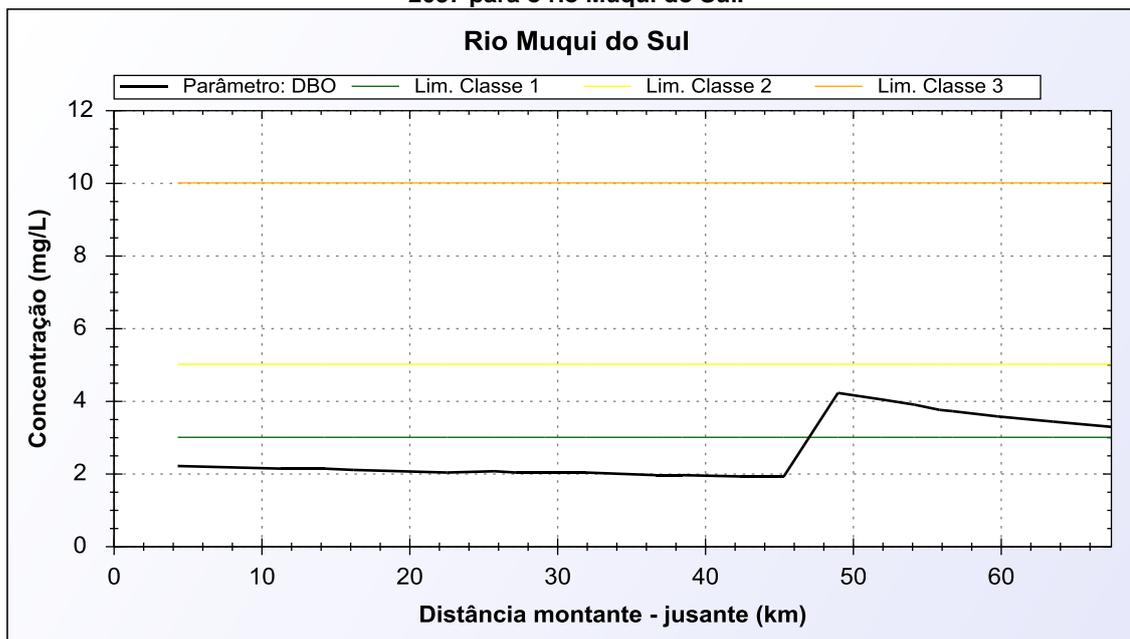
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 34 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Muqui do Sul.



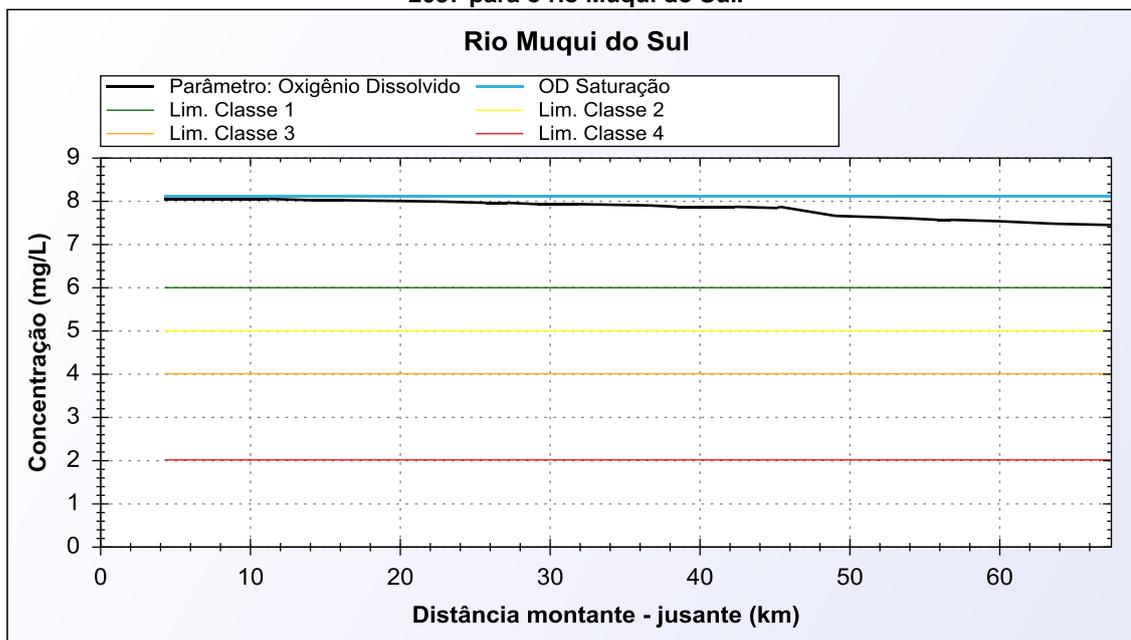
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 35 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Muqui do Sul.



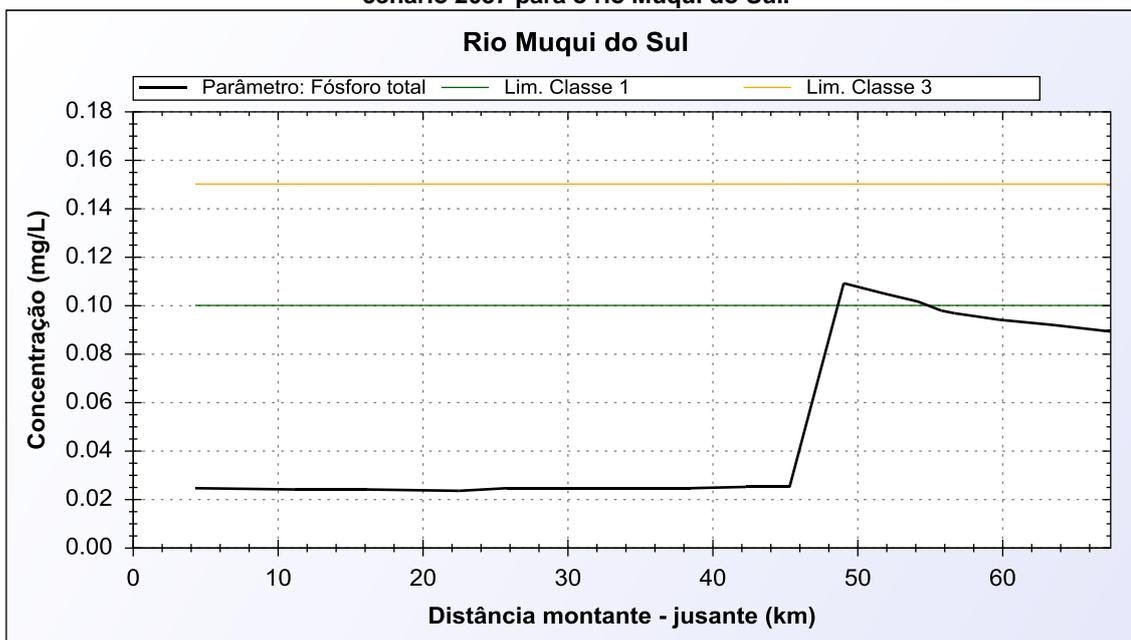
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 36 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q90, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Muqui do Sul.



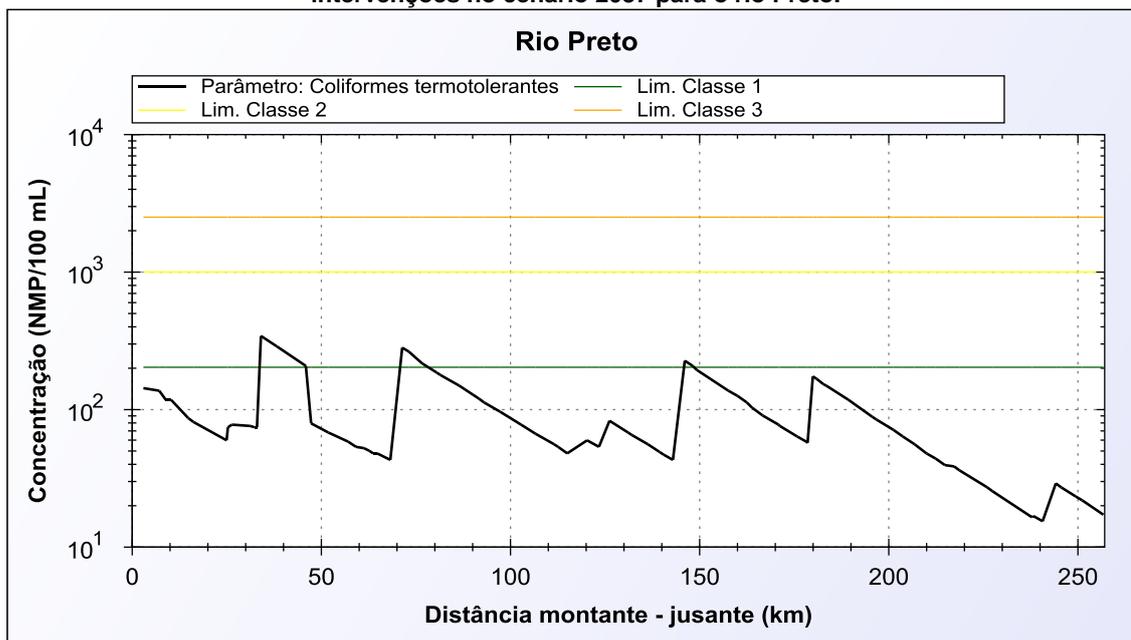
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 37 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q90, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Muqui do Sul.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 38 - Perfil de Concentração do parâmetro coliformes termotolerantes na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Preto.



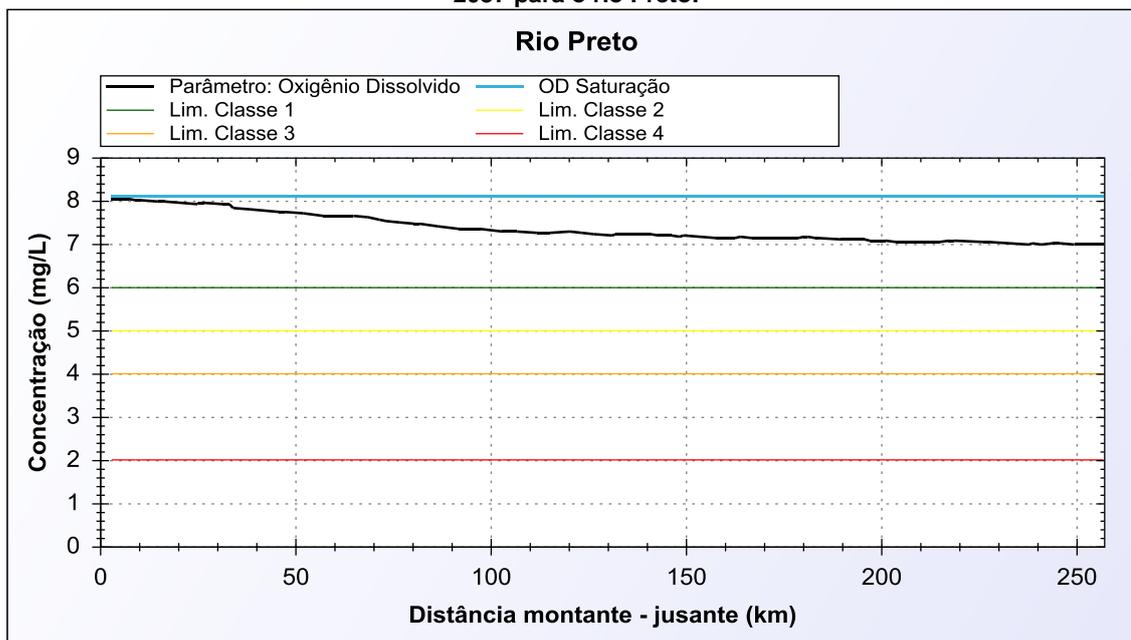
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 39 - Perfil de Concentração do parâmetro DBO na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Preto.



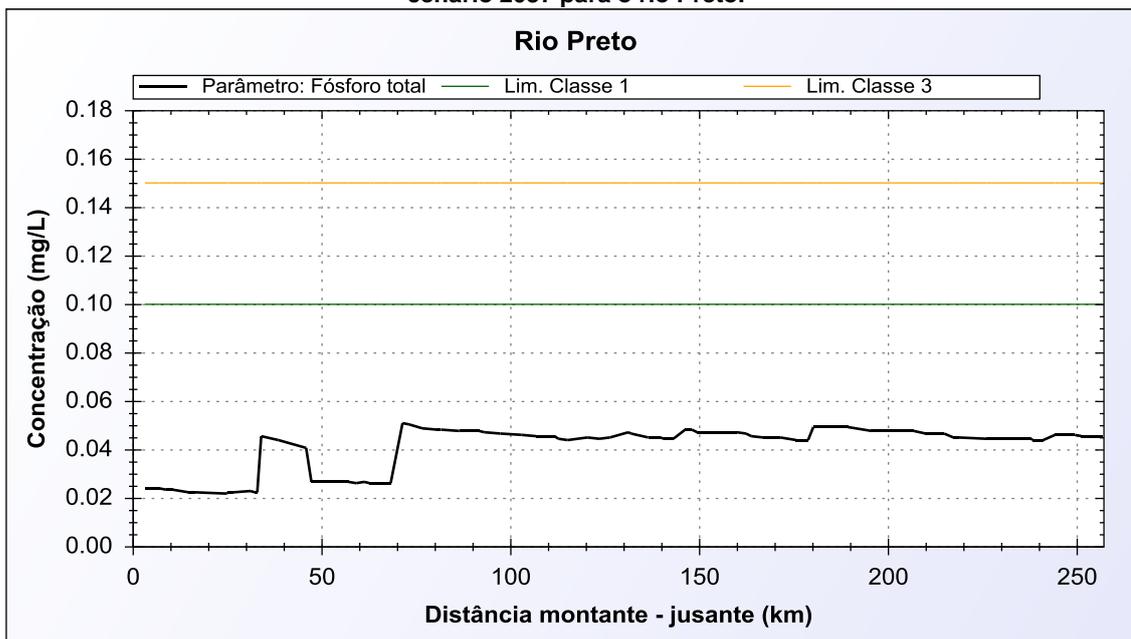
Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 40 - Perfil de Concentração do parâmetro OD na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Preto.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.

Figura A 41 - Perfil de Concentração do parâmetro fósforo total na vazão Q₉₀, após as intervenções no cenário 2037 para o rio Preto.



Fonte: Elaborado pela equipe técnica.