PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA



PRODUTO 09: PROGRAMA PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO

Revisão 5
Maio 2019

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 3
LISTA DE QUADROS 4
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS 5
1. INTRODUÇÃO 7
2. CRITÉRIOS PARA A PROPOSIÇÃO DE AÇÕES E METAS 11
3. DEFINIÇÃO DAS AÇÕES 16
3.1. Ações Estruturais para Redução da Carga Doméstica Rural 16
3.2. Ações Estruturais para Redução da Carga Doméstica Urbana 17
3.3. Ações Estruturais para Redução da Carga Industrial 21
3.4. Ações Não Estruturais 21
4. DEFINIÇÃO DAS METAS 23
5. PLANO DE INVESTIMENTOS 29
5.1. Estimativa de Custos para Remoção de Carga Doméstica Rural 29
5.2. Estimativa de Custos para Remoção de Carga Doméstica Urbana 30
5.2.1. Antonina 32
5.2.2. Guaraqueçaba 33
5.2.3. Guaratuba 33
A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento 33
B. Alternativa 02 – Alteração do sistema pós tratamento 33
C. Alternativa 03 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos 34
5.2.4. Matinhos 34
A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento 34
5.2.5. Morretes 35
5.2.6. Paranaguá 36
A. Alternativa 01 – Melhoria do Sistema de Esgotamento Sanitário 36
B. Alternativa 02 – Novo Sistema de Esgotamento Sanitário 36
C. Alternativa 03 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos 36
5.2.7. Pontal do Paraná 38
A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento 38
B. Alternativa 02 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos 38
5.2.8. Resumo dos Custos por Município 39
5.3. Investimentos Assegurados 41
6. PROGRAMA PARA A EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO 42

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 44
8. REFERÊNCIAS 46
APÊNDICE I– CARGAS A SEREM REMOVIDAS POR FONTE E POR MUNICÍPIO . 47
APÊNDICE II – AJUSTE DE ÍNDICES PARA O PLANEJAMENTO 51
APÊNDICE III – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES 53
APÊNDICE IV – EMISSÁRIOS PROPOSTOS 61
ANEXO A – METODODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO PARA SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Processo de Elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento 8
Figura 2.1. Cargas a Serem Removidas por Origem 12
Figura 3.1. Fluxograma das simulações de aumento de cobertura de esgotamento sanitário 19
Figura 4.1. Metas 24
Figura 4.2. Proposta de Enquadramento para Meta de Médio Prazo (2020 a 2025) ... 26
Figura 4.3. Proposta de Enquadramento para Meta de Longo Prazo (2025 a 2035) ... 27
Figura 4.4. Proposta de Enquadramento a partir de 2035 28
Figura 5.1. Fluxograma de processo proposto para Antonina 32
Figura 5.2. Fluxograma de processo proposto para Guaratuba 33
Figura 5.3. Caminhamento Emissário Guaratuba 34
Figura 5.4. Caminhamento Emissário Matinhos 35
Figura 5.5. Caminhamento Emissário Paranaguá 38
Figura 5.6. Caminhamento Emissário Pontal do Paraná 39
Figura 6.1. Programa para Efetivação do Enquadramento 42

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1– Cargas a Serem Removidas por AEG 11
Quadro 2.2– Cargas Domésticas Urbanas a Serem Removidas por Município..... 13
Quadro 2.3– Critérios Propostos para o Programa para Efetivação do Enquadramento 13
Quadro 2.4 – Municípios e Critérios Propostos 15
Quadro 3.1 – Índice de Fossa Séptica por Município 17
Quadro 3.2 – Ações previstas no âmbito de ampliação dos serviços de coleta e tratamento de efluentes na BHL 18
Quadro 3.3 – Índices e Eficiências Necessários por Município para 2035 20
Quadro 5.1– Custo para fossas sépticas nas zonas rurais 29
Quadro 5.2– Custo para rede coletora por município..... 31
Quadro 5.3– Características EEE Valadares 37
Quadro 5.4– Características EEE Emboguaçu 37
Quadro 5.5– Resumo dos custos para os Sistemas de Esgotamento Sanitário 40
Quadro 5.6– Investimentos Previstos 41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEGs	Áreas Estratégicas de Gestão
AGUASPARANÁ	Instituto das Águas do Paraná
APPA	Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina
BHL	Bacia Hidrográfica Litorânea
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Diâmetro Nominal (mm)
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
EMATER	Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
IC	Índice de Coleta
IFS	Índice de Fossa Séptica
ICT	Índice de Coleta e Tratamento (coletado e tratado)
IT	Índice de Tratamento
PAC	Programa de Aceleração ao Crescimento
PBH	Plano de Bacia Hidrográfica
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SAMAE	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Antonina
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SES	Sistemas de Esgotamento Sanitário

APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao *Produto 09: Programa para Efetivação do Enquadramento,* que visa apresentar o Plano para Efetivação do Enquadramento, etapa integrante da elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea, relativo ao Contrato celebrado entre o AGUASPARANÁ e a Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

O Termo de Referência, parte integrante do contrato, estabelece os seguintes produtos a serem desenvolvidos:

- *Produto 00: Plano de Trabalho Revisado;*
- *Produto 01: Caracterização Geral;*
- *Produto 02: Disponibilidades Hídricas e Definição das AEGs;*
- *Produto 03: Demandas;*
- *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo;*
- *Produto 05: Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo;*
- *Produto 06: Eventos Críticos;*
- *Produto 07: Cenários;*
- *Produto 08: Proposta de Enquadramento*;
- *Produto 09: Programa para Efetivação do Enquadramento;*
- *Produto 10: Rede de Monitoramento;*
- *Produto 11: Prioridades para Outorga;*
- *Produto 12: Diretrizes Institucionais;*
- *Produto 13: Indicadores de Avaliação do Plano de Bacia;*
- *Produto 14: Análise da Transposição Capivari – Cachoeira;*
- *Produto 15: Cobrança pelo Direito de Uso;*
- *Produto 16: Programa de Intervenções;*
- *Relatório sobre a Consulta Pública;*
- *Relatório Final;*
- *Relatório Executivo.*

O Programa para Efetivação do Enquadramento tem o intuito de apresentar as medidas a serem adotadas ao longo dos anos para que se possa reduzir a carga poluidora na BHL de forma a atender o enquadramento proposto no *P8: Proposta de Enquadramento*.

1. INTRODUÇÃO

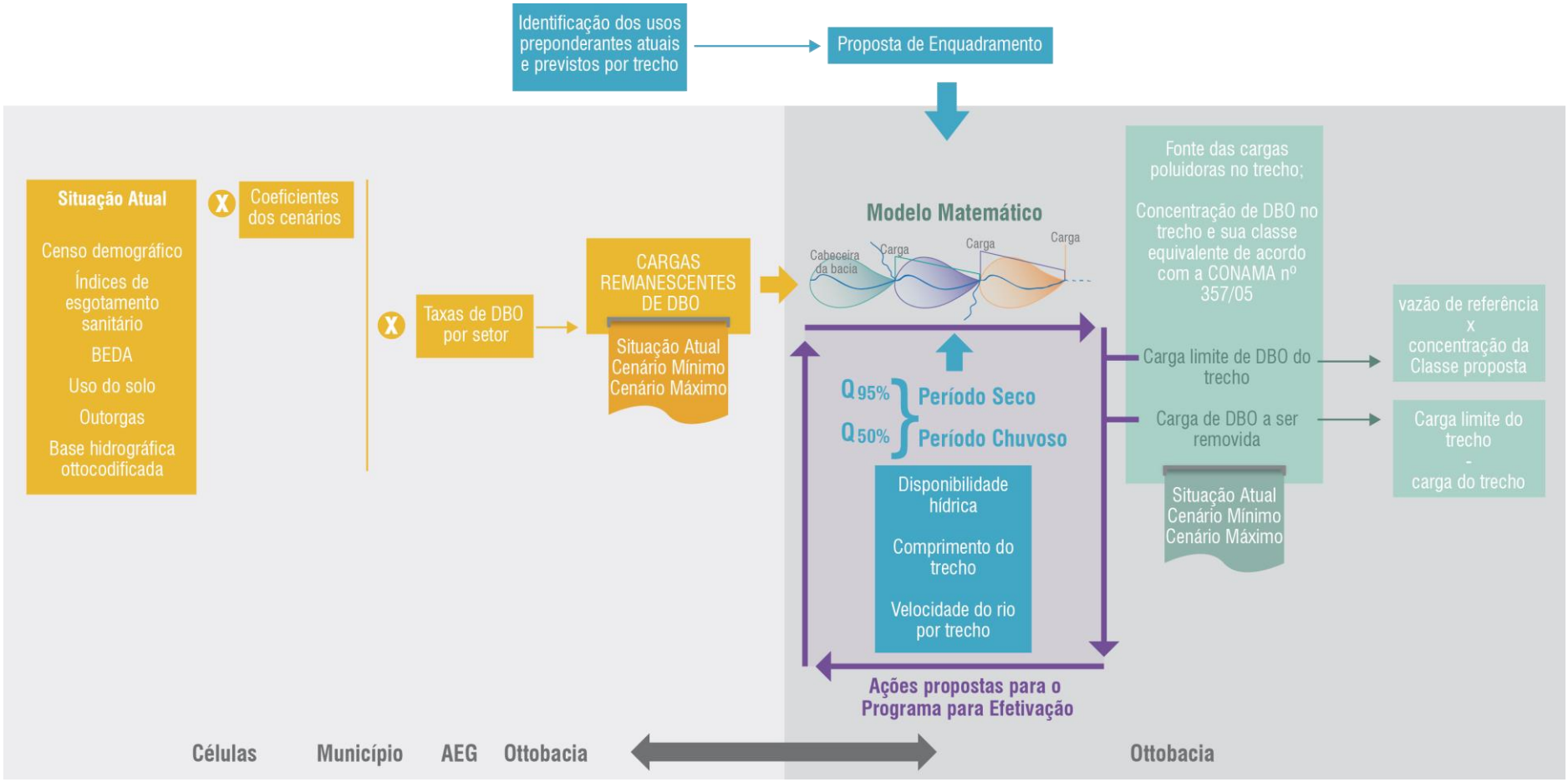
O Relatório *P09: Programa de Efetivação do Enquadramento – Revisão 02* apresenta metas e ações capazes de contribuir para o alcance do enquadramento pretendido no horizonte de planejamento do PBH Litorânea.

De acordo com a Resolução CNRH N° 91/2008 que dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, o programa para efetivação do enquadramento deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso que o compreendam. Dessa forma, na elaboração desse produto a Consultora buscou atender aos itens previstos na legislação e, de forma complementar, as considerações da CTINS. Cabe destacar que as medidas previstas, bem como os investimentos descritos tratam-se de sugestões com base nas informações disponíveis atualmente, podendo-se ao longo do tempo ir sendo revistos conforme se identificar necessidade.

Para fins de enquadramento, o valor da carga a ser reduzida pode ser trabalhado sobre uma única fonte de poluição ou mais de uma, desde que haja a redução de cargas. Pelas características da Bacia Litorânea, onde se encontram grandes áreas destinadas à conservação e preservação, as cargas poluidoras de maior destaque são as de origem doméstica, as quais estão concentradas nos centros urbanos. Essas cargas, além de muito concentradas em áreas específicas, se localizam na região mais próxima ao mar, onde há poucos rios com alta disponibilidade hídrica para diluição, o que dificulta ainda mais a disposição adequada de efluentes. Dessa forma, o presente Plano para Efetivação teve seu desenvolvimento focado em ações para resolver a questão da carga doméstica urbana, analisada na vazão de referência $Q_{50\%}$, conforme enquadramento proposto no *Produto 8*.

Na Figura 1.1 é apresentado o fluxograma das atividades realizadas desde a avaliação dos usos preponderantes, que definem o nível de qualidade da água exigida, até a determinação das cargas a serem removidas e o efeito das ações propostas sobre as mesmas.

Figura 1.1. Processo de Elaboração do Programa para Efetivação do Enquadramento



FONTE: Elaborado pela Consultora.

Cabe lembrar que nas simulações foram articuladas as populações dos 12 cenários trabalhados no *Produto 07* associando-se às mesmas os períodos sazonais: população residente no período seco e população flutuante no período chuvoso. Além disso, nos cenários alternativos, foram adotados os índices de saneamento estabelecido nas metas do Plansab (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014) para o ano de 2033. Nos cenários tendenciais, por sua vez, considerou-se que os índices municipais atuais de esgotamento sanitário seriam mantidos, apenas incorporando o aumento da população.

As cargas estimadas para essas situações foram avaliadas quanto ao impacto nos corpos hídricos por meio do modelo matemático para oito vazões de referência, já considerando a associação entre tipo de população e período sazonal. As disponibilidades para cada vazão por trecho de rio utilizadas nas simulações foram as descritas no *Produto 02*, onde se utilizou dados de estações de monitoramento para determinação das mesmas. Dessa forma, acredita-se que as retiradas de água e seus respectivos retornos já estão contempladas na estimativa, portanto, nas disponibilidades do modelo matemático não foram desconsideradas as demandas.

Dentro desse contexto, foi possível determinar a pior e a melhor situação prevista para a bacia em 2035 sobre o ponto de vista de qualidade da água, representadas, respectivamente pela situação mínima e máxima. Essas, por sua vez, refletem as cargas e concentrações mínimas e máximas dentre os 12 cenários associados à variação sazonal e aos índices de esgotamento sanitário.

Visto que os usos preponderantes previstos na Resolução CONAMA Nº 357/05 precisam atender aos parâmetros conhecidos por classe, decidiu-se para esses usos, dentre os quais está o abastecimento para consumo humano, utilizar a vazão de referência $Q_{95\%}$. Dessa forma, na maior parte do tempo, a classe exigida estaria sendo atendida, garantindo a qualidade da água necessária para os mesmos. Em contrapartida, essa vazão pode ser considerada muito rígida para usos menos nobres, tais como lançamento de efluentes, dificultando a proposta de uma classe melhor que a 4, caracterizada como de pior qualidade e com poucos limites definidos. Dessa forma, decidiu-se adotar nessas localidades a vazão de referência $Q_{50\%}$, com uma proposta de Classe 3, afim de garantir que ao menos na metade do tempo esses rios tenham condições de qualidade da água passíveis de monitoramento e controle. Ao mesmo tempo que essa proposição atrela uma meta de melhoria, visto que nas simulações, tanto da situação atual quanto dos cenários, a maioria dos rios urbanos apresenta condições compatíveis com a Classe 4. Sendo assim, nas simulações de redução de carga por meio das ações estruturais propostas no Programa para Efetivação foram consideradas apenas duas vazões para os usos a elas associadas:

- $Q_{95\%}$ para abastecimento humano, UC de proteção integral, áreas indígenas e demais trechos; e,
- $Q_{50\%}$ para trechos em áreas urbanas ou receptores de efluentes.

Para as cargas mínimas a serem reduzidas as vazões utilizadas foram referentes ao período chuvoso enquanto que para as cargas máximas utilizou-se a disponibilidade estimada para o período seco.

Uma vez que no presente Plano, trabalhou-se com o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o mesmo foi adotado para a quantificação da carga a ser reduzida e será o parâmetro base para o acompanhamento da efetivação do enquadramento. Cabendo aos órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, o monitoramento do mesmo a partir da aprovação do enquadramento. Incluindo-se ainda o controle, a fiscalização e a avaliação das metas, conforme previsto na Resolução CNRH Nº 91/08. Embora, seja prudente lembrar, que ao se aprovar um enquadramento, o rio precisa atender à série de parâmetros físicos, químicos e biológicos associados à cada classe de qualidade da Resolução CONAMA N° 357/05.

2. CRITÉRIOS PARA A PROPOSIÇÃO DE AÇÕES E METAS

Após as etapas anteriormente descritas, com destaque para o diagnóstico e prognóstico, foi possível observar as características da BHL que mais precisam de atenção no que se refere às cargas poluidoras geradas. A partir dessa análise, juntamente com as considerações das CTINS, foi possível elencar intervenções necessárias e cabíveis para a melhoria da qualidade da água de forma que o enquadramento proposto para a bacia, baseado nos usos preponderantes, seja atendido.

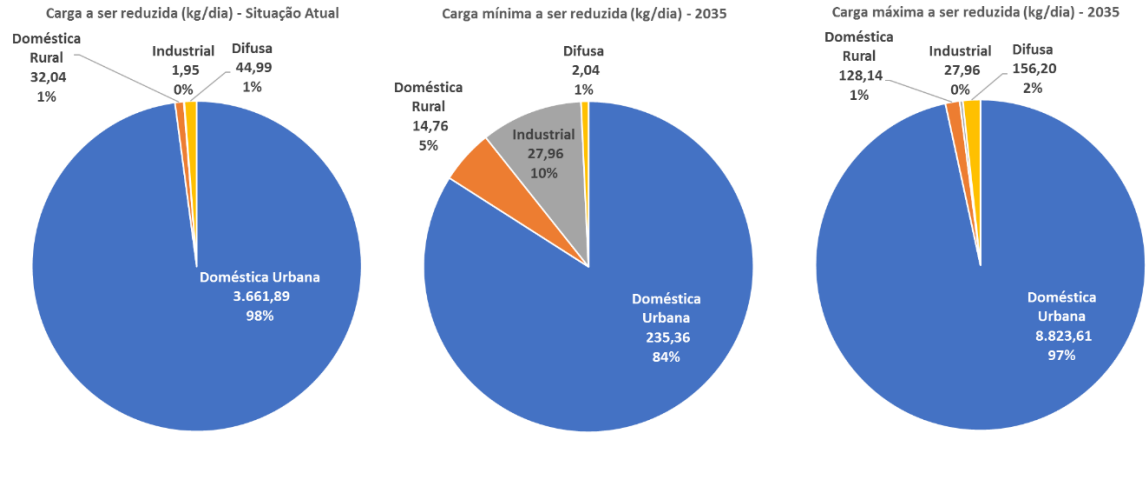
Com auxílio do modelo matemático, a partir das cargas a serem removidas por AEG apresentadas no *Produto 8* e reforçadas no Quadro 2.1. Dividiu-se as mesmas por setor para mensurar o impacto de cada fonte e consequentemente quais as ações a serem realizadas. Tal separação é possível pelo fato da estrutura de estimativa das cargas estar organizada por células, constituídas pelo cruzamento dos setores censitários do Censo (IBGE, 2010), com a base ottocodificada do AGUASPARANÁ (2017a), o uso do solo descrito no *Produto 5: Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo* e com os dados de outorgas (AGUASPARANÁ, 2017b). Tal análise é apresentada na Figura 2.1, onde nota-se a protuberância das cargas oriundas dos efluentes domésticos urbanos, indicando que o foco das ações de redução de carga precisa ser sobre as mesmas.

Quadro 2.1– Cargas a Serem Removidas por AEG

AEG	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
AEG.L1	0,10	0,28	0,11
AEG.L2	-	-	-
AEG.L3	-	-	-
AEG.L4	350,88	92,58	900,56
AEG.L5	4,16	0,32	54,37
AEG.L6	3.261,89	137,71	7.287,06
AEG.L7	86,33	20,99	588,56
AEG.L8	7,51	6,38	33,79
AEG.L9	-	-	-
AEG.L10	7,26	-	38,98
AEG.L11	22,75	21,84	232,48
AEG.L12	-	-	-
TOTAL	**3.740,87**	**280,12**	**9.135,91**

FONTE: Elaborado pela Consultora

Figura 2.1. Cargas a Serem Removidas por Origem



FONTE: Elaborado pela Consultora

A atividade industrial, pouco representativa na região, conforme já comentado durante a elaboração dos outros produtos do Plano, apresenta uma pequena parcela de cargas a serem removidas dentro dos cenários analisados.

A carga oriunda da poluição difusa na bacia é pequena, comparada à gerada pela população, sendo que a maior parte está associada à pecuária. Apesar disso, acredita-se que a longo prazo seja interessante a realização de ações para conscientização quanto à importância do cuidado com a água nessas regiões.

A carga a ser removida cuja fonte é a população rural tem uma parcela pouco significativa no total da bacia, contudo é prudente que se invista em infraestrutura para redução dessa carga. Visto que além da melhoria da qualidade da água nessas regiões, tal ação previne problemas ligados à saúde e qualidade de vida dessa população.

A distribuição das cargas a serem removidas por fonte, agrupadas por município é apresentada no APÊNDICE I.

Sendo as cargas domésticas urbanas as mais significativas e os serviços de coleta e tratamento de efluentes de responsabilidade dos municípios, apresentam-se no Quadro 2.2 as cargas domésticas urbanas que precisam ser removidas por unidade administrativa. Dentre os quais, a situação mais confortável é de Morretes e a mais crítica a de Paranaguá, com cerca de 80% da carga total doméstica urbana a ser removida no pior cenário.

Quadro 2.2– Cargas Domésticas Urbanas a Serem Removidas por Município

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	351,16	92,53	914,48
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	7,25	-	38,10
Guaraqueçaba	0,10	0,28	0,11
Guaratuba	29,83	24,35	204,92
Itapoá	-	-	-
Matinhos	20,76	6,21	201,04
Morretes	-	-	1,53
Paranaguá	3.199,97	101,28	7.101,99
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	52,82	10,70	361,44
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	**3.661,89**	**235,36**	**8.823,61**

FONTE: Elaborado pela Consultora

De forma complementar à análise das cargas por setor, foram selecionados alguns critérios para caracterizar os municípios e servir como ponto de partida para o Programa para Efetivação do Enquadramento. No Quadro 2.3 são apresentados os critérios propostos para o estudo juntamente com a descrição dos mesmos.

Quadro 2.3– Critérios Propostos para o Programa para Efetivação do Enquadramento

Critério		Descrição
1	Possui corpos hídricos que precisam de redução de cargas nos cenários trabalhados	Compreendem os municípios que necessitam de redução de carga de DBO de acordo com a modelagem matemática
2	Não possui IC ou IT;	Compreendem os municípios que não possuem índice de coleta e/ou índice de tratamento de efluentes domésticos urbanos
3	Possui investimentos assegurados ou previstos em esgotamento sanitário (recursos do PAC e/ou FUNASA)	Compreendem os municípios com investimentos identificados de acordo com as informações disponíveis no site do PAC para o tema de esgotamento sanitário e no site da FUNASA
4	Possui Planejamento no PMSB ou foi informado pela concessionária	Compreendem os municípios com planejamento em infraestrutura de esgotamento sanitário previsto

Critério		Descrição
5	Possui unidade de conservação de proteção integral com necessidade de remoção de cargas nos cenários trabalhados	Compreendem municípios que possuem unidade de conservação de proteção integral em sua área de abrangência com a Classe Especial sendo violada na modelagem matemática dos cenários trabalhados
6	Possui área indígena com necessidade de remoção de cargas nos cenários trabalhados	Compreendem municípios que possuem áreas indígenas em sua área de abrangência com a Classe 1 sendo violada na modelagem matemática dos cenários trabalhados
7	Possui área de manancial com necessidade de remoção de cargas nos cenários trabalhados	Compreendem municípios cujas áreas de mananciais ultrapassa a concentração da Classe 1 na modelagem matemática dos cenários trabalhados
8	Qual a prestadora de serviços de esgoto (SANEPAR, SAAE)	Identifica o atendimento do município quanto à prestadora de água e esgoto (SANEPAR, SAAE ou Prefeitura)

FONTE: Elaborado pela Consultora

Através da associação entre esses critérios que o Programa para a Efetivação do Enquadramento foi estabelecido. Os critérios 1, 2, 3, 4 e 8 receberam maior destaque na análise, pelo fato de a maior parte da carga poluente da bacia ser de origem doméstica. Além disso, é possível fazer uma associação direta entre os municípios que necessitam de intervenções para que se atinja a efetivação do enquadramento proposto e os municípios que possuem recursos assegurados para serviços de esgotamento sanitário. O Quadro 2.4 traz esses critérios compilados por município da bacia, a partir do qual, se conclui que Antonina é um dos municípios mais críticos pelo fato de não possuir índice de coleta de esgoto doméstico, Plano Municipal de Saneamento Básico e investimentos previstos nessa questão.

Quadro 2.4 – Municípios e Critérios Propostos

Município	Possui corpos hídricos que precisam de redução de cargas nos cenários trabalhados	Possui IC ou IT	Possui investimentos assegurados em esgotamento sanitário (recursos do PAC e/ou FUNASA)	Possui Planejamento no PMSB ou informado pela concessionária	Possui unidade de conservação de proteção integral que precisa de redução de carga	Possui área indígena que precisa de redução de carga	Possui área de manancial com necessidade de remoção de cargas nos cenários trabalhados	Qual a prestadora de serviços de esgoto (SANEPAR, SAMAE)
Antonina	Sim	Não	Não	Não*	Não	Não	Não	SAMAE
Guaraqueçaba	Sim	Sim	Não	Não*	Não	Não	Não	SANEPAR
Guaratuba	Sim	Sim	Não	Não*	Não	Não	Não	SANEPAR
Matinhos	Sim	Sim	PAC	Não	Sim	Não	Sim	SANEPAR
Morretes	Sim	Sim	Não	Não*	Não	Não	Não	SANEPAR
Paranaguá	Sim	Sim	PAC	Sim	Sim	Não	Não	Paranaguá Saneamento
Pontal do Paraná	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	SANEPAR

* Não possui ou não foi disponibilizado o PMSB.

FONTE: Elaborado pela Consultora

3. DEFINIÇÃO DAS AÇÕES

O horizonte do plano a ser trabalhado para que o enquadramento proposto no *Produto 8 Proposta de Enquadramento* (a ser aprovado) seja alcançado é o ano de 2035, conforme previsto pelo Termo de Referência. Esse horizonte pode ser dividido em médio e longo prazo, para que objetivos, ações, metas e enquadramentos sejam definidos para cada prazo e assim se consiga planejar etapa a etapa, quais os possíveis ajustes a serem realizados. Dessa forma adotou-se o ano de 2025 como médio prazo e 2035 como longo prazo.

As ações previstas podem ser divididas em estruturais e não estruturais, no caso da BHL, conforme supracitado, as principais ações são as estruturais voltadas à coleta, transporte e tratamento de efluentes domésticos.

Salienta-se que as simulações realizadas para as ações estruturais levaram em conta as populações mínimas e máximas dos cenários do *Produto 7* e que dessa forma, os índices de atendimento, as vazões e concentrações de lançamentos apresentadas estão atreladas à essas populações e constituem-se estimativas e não valores definitivos.

3.1. Ações Estruturais para Redução da Carga Doméstica Rural

Para a redução da carga doméstica foi proposto o aumento do acesso à fossa séptica nessas regiões. Dessa forma, foram realizas simulações para identificar qual o índice de fossa séptica necessário para a população rural por município para que as concentrações dos corpos hídricos ficassem compatíveis com as classes propostas no *Produto 8: Proposta de Enquadramento*. Para tanto, partiu-se dos índices atuais e foi aumentando o mesmo até o município ter uma carga doméstica rural compatível com a carga limite do enquadramento no trecho em que há lançamento desse tipo de carga. Para aumento dos índices, considerou-se o valor médio atual (33%) como sendo o mínimo para o cenário de 2035, a meta do Plansab para 2023 (55%) como valor médio e a meta do Plansab para 2033 (75%) como valor máximo. Portanto, se:

- IFS atual <=33% atribuiu-se o valor de 33%;
- 33% < IFS atual <= 55%; atribuiu-se o valor de 55%;
- 55% < IFS atual <= 75%; atribuiu-se o valor de 75%.

Essas considerações foram alteradas no modelo a cada simulação, como resultado têm-se os valores apresentados no Quadro 3.1, cabe lembrar que nas simulações, considerou-se uma eficiência de 30% nesse sistema de tratamento. Dentre os municípios com sede na bacia, Antonina, Matinhos e Morretes teriam seu índice necessário igual à

meta do Plansab para 2033, no pior cenário. Acima dessa meta ficariam Guaratuba e Morretes, cada uma com 85%, o que se justifica pelo fato deles serem os municípios com maior população rural projetada.

Quadro 3.1 – Índice de Fossa Séptica por Município

Município	População Rural Atual (habitantes)	IFS Atual (%)	População Rural Mínima (habitantes)	IFS Mínimo 2035 (%)	População Rural Máxima (habitantes)	IFS Máximo 2035 (%)
Antonina	2.665	29	2.665	33	4.445	75
Campina Grande do Sul	36	0	36	33	51	33
Campo Alegre	0	0	0	0	0	0
Garuva	1.143	30	1.756	33	3.941	33
Guaraqueçaba	3.055	4	3.055	33	3.175	33
Guaratuba	3.149	19	4.078	55	10.009	85
Itapoá	5	89	5	89	17	89
Matinhos	149	45	197	55	499	75
Morretes	8.539	24	8.807	55	14.497	85
Paranaguá	3.689	8	3.690	33	5.839	75
Piraquara	94	11	94	33	169	33
Pontal do Paraná	177	55	287	55	838	55
Quatro Barras	116	17	116	33	193	33
São José dos Pinhais	1.359	17	1.359	33	2.513	33
Tijucas do Sul	2.657	62	2.657	75	4.131	75

FONTE: Elaborado pela Consultora

Cabe destacar que existem alternativas que podem ser utilizadas em pequenas aglomerações populacionais e dessa forma substituir a fossa séptica, mesmo em zonas rurais. Podendo-se citar biodigestores e *wetlands*, dessa forma, seria interessante que no decorrer dos anos de acompanhamento do enquadramento, essas alternativas fossem sendo estudadas na BHL, com foco no custo benefício em relação à fossa séptica.

3.2. Ações Estruturais para Redução da Carga Doméstica Urbana

Para redução da carga doméstica urbana foram propostas soluções de tratamento e disposição dos efluentes domésticos a fim de se obter pelo menos uma ordem de grandeza dos investimentos requeridos para a redução da carga necessária para a efetivação do enquadramento. Dessa forma, as soluções aqui apresentadas são apenas sugestões baseadas nas simulações realizadas e informações disponíveis, não sendo, portanto, as medidas a serem obrigatoriamente adotadas.

A partir das cargas remanescentes a serem removidas na melhor e na pior situação, foram realizadas novas simulações, mantendo-se a população mínima e máxima dentre os 12 cenários do Plano e alterando-se os índices de coleta e tratamento de efluentes bem como as eficiências das estações de tratamento. Salienta-se que no cenário mínimo,

resultados apresentados até agora, havia sido utilizado o índice do Plansab, sendo o mesmo desconsiderado nas novas simulações para cálculo da carga ser removida.

A primeira simulação alterou os índices utilizados nos cenários (Mínimo – Plansab e Máximo – Atual) para as condições previstas pelas concessionárias, descritas no Quadro 3.2, nesses dados fez-se ajustes quanto às porcentagens dos índices, uma vez que as projeções populacionais das concessionárias não são as mesmas adotadas no Plano. Essa proporção é apresentada no Apêndice II.

Quadro 3.2 – Ações previstas no âmbito de ampliação dos serviços de coleta e tratamento de efluentes na BHL

Município	Obras previstas	Investimento previsto
Matinhos	• 250 km de rede coletora; • 15 estações elevatórias de esgoto; • IARCE de 90% em 2020; • Ampliação da capacidade de tratamento para 400 L/s em 2020.	Não informado
Paranaguá	• Implantação da ETE Cominese; • Desativação das ETEs Samambaia e Nilson Neves; • Ampliação da ETE Emboguaçu; • Aumento da rede coletora para 187.403 habitantes até 2045	R$ 52,4 milhões na ETE Cominese até 2045 R$ 17,78 milhões na ETE Emboguaçu até 2021
Pontal do Paraná	• 250 km de rede coletora; • 15 estações elevatórias de esgoto; • IARCE de 75% em 2020; • Ampliação da capacidade de tratamento para 245 L/s em 2020.	Não Informado

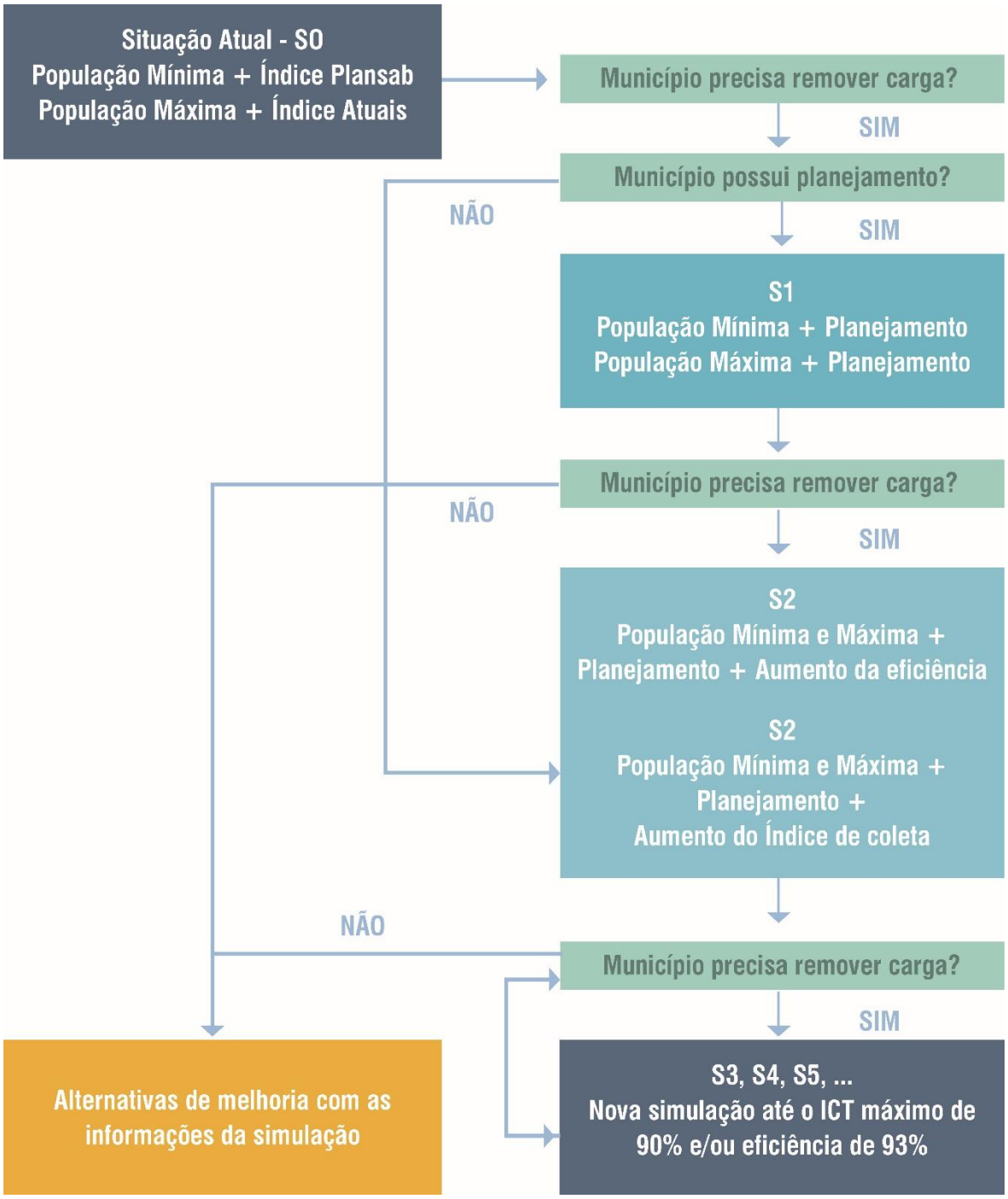
FONTE: Adaptado de Paranaguá Saneamento (2018) e SANEPAR (2018)

Considerando que mesmo com o planejamento previsto, os municípios teriam carga a ser reduzida para atender o enquadramento proposto foram realizadas novas simulações. Para tanto, foram-se aumentando os Índices de Coleta e Tratamento (ICT) atuais ou previstos com a seguinte consideração:

- Se o ICT <=50%, adotou-se 65%;
- Se 50%< ICT <=0,90, utilizou-se 90%;
- Se ICT > 0,90 manteve-se o índice atual ou planejado.

Essa consideração foi combinada às concentrações: outorgada, de 30 mg DBO/L e de 20 mg DBO/L, que podem ser associadas às eficiências atuais, de 90% e 93%, respectivamente. Tais considerações foram sendo combinadas, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1. Fluxograma das simulações de aumento de cobertura de esgotamento sanitário



FONTE: Elaborado pela Consultora

As informações utilizadas por município em cada simulação e os resultados, em termos de carga que ainda precisaria ser removida estão no APÊNDICE III.

Como resultado dessas simulações têm-se os índices e eficiências do Quadro 3.3, que seria o que os municípios precisariam ter na melhor situação (população mínima) e pior situação (população máxima). Dessa forma, buscou-se estabelecer quais obras precisariam ser realizadas para que se chegasse aos mesmos. As alternativas de

tratamento propostas, juntamente com os custos estimados estão apresentados no *Item* 5.2 *Estimativa de Custos para Remoção de Carga Doméstica Urbana.*

Quadro 3.3 – Índices e Eficiências Necessários por Município para 2035

Município	ETE	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
		ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	ETE Antonina	0,90	130,17	20,00	0,90	130,17	20,00
Campina Grande do Sul	-	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	-	0,65	-	-	0,65	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	ETE Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	ETE Guaratuba	0,90	756,00	20,00	0,90	756,00	20,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-	-
Matinhos	ETE Matinhos	1,00	1.699	20,00	1,00	1.699	20,00
Morretes	ETE Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	ETE Nilson Neves	1,00	-	-	0,90	-	-
	ETE Samambaia		-	-		-	-
	ETE Valadares		116,00	20,00		116,00	20,00
	ETE Emboguaçu		324,00	20,00		324,00	20,00
	ETE Costeira		396,00	20,00		396,00	20,00
	ETE Cominese		559,00	20,00		559,00	20,00
Piraquara	-	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	ETE Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	30,00	1,00	1.440,00	30,00
Quatro Barras	-	0,71	-	-	0,71	-	-
São José dos Pinhais	-	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

Nota-se que a situação mínima é basicamente igual à máxima, no que se refere às características dos sistemas, isso ocorre porque a vazão da ETE requerida para atender as populações são em todos os casos inferiores às vazões outorgadas ou de planejamento, que foram mantidas, por se tratarem de valores reais das concessionárias. Além disso, dada a baixa disponibilidade da maioria dos corpos receptores, mesmo no cenário mínimo, as concentrações de lançamento precisam ser baixas.

Para verificação da vazão, utilizou-se o consumo *per capita* de água do Atlas Esgoto (ANA, 2017) para cada município e a taxa de 80% de retorno, caso esse *per capita* fosse inferior à vazão atual ou planejada, manteve-se a mesma. Isso ocorreu na maioria dos casos.

Cabe destacar que além dessas ações propostas, outras podem ser desenvolvidas ao longo do horizonte de planejamento, uma vez que a região litorânea tem características

distintas das demais, tais como baixa declividade associada à alta densidade populacional, o que dificulta propor de imediato uma solução satisfatória, do ponto de vista ambiental e financeiro. Dentre outras soluções que podem ser adotadas pode-se citar emissários até pontos com maior vazão de diluição e sistemas alternativos a complementar o sistema atual.

3.3. Ações Estruturais para Redução da Carga Industrial

Além de baixa carga industrial a ser removida, a mesma refere-se a um único empreendimento que possui outorga para diluição e encontra-se dentro da área de abrangência do Parque Municipal Linear Emboguaçu. Nesse caso, a medida cabível seria alterar o ponto de lançamento para outro corpo receptor, visto que a classe para o trecho de lançamento atual será a Especial. Uma que vez que se trata de um caso muito específico e que depende das características da indústria, não foi realizada estimativa de custos para tal ação.

3.4. Ações Não Estruturais

Além das ações estruturais que estão diretamente ligadas à redução de cargas e melhoria da qualidade da água na bacia, outras ações são essenciais para a efetivação do enquadramento, por influenciarem a gestão de recursos hídricos na bacia como um todo, as mesmas serão detalhadas no *Produto 16: Programa de Intervenções.* Podendo-se destacar as ligadas à reestruturação e atualização dos sistemas de emissão de outorgas, educação ambiental e operacionalização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Além dessas, cabe no presente relatório listar e associar às metas do Programa para Efetivação as seguintes ações não estruturais:

a) Identificação, por meio do cadastro de outorgas, dos usuários de água com finalidade agropecuária para sensibilização e mobilização dos mesmos quanto à importância da água;

b) Mobilização das instituições gestoras, Comitê, ONG's e universidades para estudos cooperativos para compreensão da influência marinha nos rios sujeitos à mesma;

c) Mobilização das instituições gestoras, Comitê, ONG's e universidades para estudos de técnicas alternativas de melhoria da qualidade da água aplicados aos canais de drenagem;

d) Mobilização das prefeituras, concessionárias e Comitê para sensibilização da população e adequação da mesma quanto aos lançamentos clandestinos de efluentes domésticos urbanos;

e) Mobilização das prefeituras e Comitê para medidas de melhoria de limpeza pública, incluindo a destinação correta de resíduos sólidos urbanos e o controle de pragas urbanas;

f) Início do planejamento para monitoramento e acompanhamento dos indicadores de efetivação do Enquadramento.

A ação definida em *a* se justifica pelo fato desses usuários serem isentos do pagamento de cobrança no Estado, o que eventualmente pode causar o uso não racional dos recursos hídricos. Além do que suas atividades podem vir a causar algum tipo de dano à qualidade da água, influenciando o atendimento do enquadramento proposto.

Nas reuniões de discussão da proposta de enquadramento junto à CTINS e nos *workshops* realizados junto ao poder público e sociedade civil, notou-se que há interesse de todas as partes que a universidade e representantes da gestão de recursos hídricos na BHL trabalhem de forma conjunta para entender melhor alguns problemas identificados na região e estabeleçam soluções para os mesmos, contudo, essa articulação ainda não existe. Dessa forma, propõe-se por meio das ações descritas nos itens *b* e *c* que haja uma maior comunicação e engajamento entre os atores, o que será também abordado no *Produto 16: Programa de Intervenções.*

A ação do item *d* é bastante relevante, pois na região existe a informação de que muitos domicílios, embora tenham acesso à rede coletora não se ligam a mesma, contribuindo assim para a poluição das águas. Embora as companhias de saneamento locais tenham alguns programas a fim de combater tal situação, acredita-se que com o engajamento do Comitê e principalmente das prefeituras as ações sejam mais efetivas. De forma a complementar essa ação está ainda a necessidade da adequada fiscalização quanto a esse problema, por parte das companhias de saneamento. Ainda nessa linha de atuação conjunta está a ação do item *e*, que também afeta a qualidade das águas.

É de suma importância o monitoramento e acompanhamento das ações e propostas do Programa para Efetivação, contudo, visto que é preciso se preparar para a realização do mesmo, conforme previsto pela ação do item *f*.

4. DEFINIÇÃO DAS METAS

A definição de metas é importante para a efetivação do enquadramento uma vez que são necessárias muitas ações de diferentes setores para que o mesmo seja viabilizado. Sendo assim, a elaboração das metas para o Programa para Efetivação da BHL foi estabelecida de acordo com a articulação dos critérios definidos no item anterior. Para cada uma definiu-se um conjunto de ações para que a mesma fosse alcançada, sendo que, ao longo da implementação, essas ações poderão ser ajustadas.

A Figura 4.1 apresenta as metas a serem alcançadas no decorrer do plano, bem como as ações propostas para que o enquadramento seja atendido.

Figura 4.1. Metas

	PERÍODO	OBJETIVO	AÇÕES
META INTERMEDIÁRIA 1	2020 a 2025	Viabilizar o enquadramento em todos os municípios com sede na BHL	Dar início ao alcance da cobertura e coleta, transporte e tratamento de esgoto urbano nos municípios que possuem recursos assegurados
			Viabilizar a coleta e o tratamento de esgoto urbano nos municípios que não possuem recursos assegurados
			Elaborar estudos de concepção, projetos básico e executivos de engenharia para coleta e tratamento de esgotos domésticos para os municípios que não possuem recursos assegurados
			Prospectar recursos para construção de fossa séptica nas áreas rurais da bacia
			Dar início à adequação de lançamento industrial
			Identificar, por meio do cadastro de outorgas, usuários de água com finalidade agropecuária para sensibilização e mobilização dos mesmos quanto à importância da água
			Mobilizar instituições gestoras, Comitê, ONG's e universidades para estudos para compreensão da influência marinha nos rios sujeitos à mesma
			Mobilizar instituições gestoras, Comitê, ONG's e universidades para estudos de alternativas de melhoria da qualidade da água aplicados aos canais de drenagem
			Dar início à mobilização das prefeituras, concessionárias e Comitê para planejamento de ações junto à população urbana para combater lançamentos clandestinos e manutenção dos canais de drenagem
			Iniciar planejamento para monitoramento e acompanhamento dos indicadores de efetivação do Enquadramento
			Iniciar o planejamento entre as prefeituras, concessionárias e comitê para ações de limpeza pública urbana
META INTERMEDIÁRIA 2	2025 a 2035	Consolidar o enquadramento em todos os municípios com sede na BHL	Consolidar o alcance da cobertura de coleta e tratamento de esgoto e à eficiência das sistemas de tratamento de esgoto previstos nos municípios
			Proporcionar a fossa séptica como meio de tratamento de efluentes domêticos para da população rural
			Consolidar ação estrutural no setor industrial
			Mobilizar usuários agropecuários com universidades, EMATER e centros de pesquisas para avaliarem a adoção de melhores práticas de manejo.
			Adotar a influência marinha na avaliação quali-quantitativas da Bacia e a relação da mesma com os instrumentos de gestão
			Adotar medidas para melhoria da qualidade da àgua nos canais de drenagem
			Realizar ações de combate à lançamentos de esgoto clandestino
			Realizar ações de limpeza pública urbana com foco nos resíduos sólidos e controle de pragas
			Iniciar o acompanhamento do Programa para Efetivação por meio do monitoramento do parâmetro DBO e atendimento às classes propostas para o período
			Avaliação do cumprimento das ações propostas para o período e readequação das metas e ações, caso necessário
META FINAL	A partir de 2035	Atender ao enquadramento proposto no Produto 08	Avaliação do cumprimento das ações propostas para o período e readequação das metas e ações, caso necessário

FONTE: Elaborado pela Consultora

A partir dos critérios e das ações, associou-se a cada meta uma porcentagem de redução a ser alcançada, totalizando 100%, sendo:

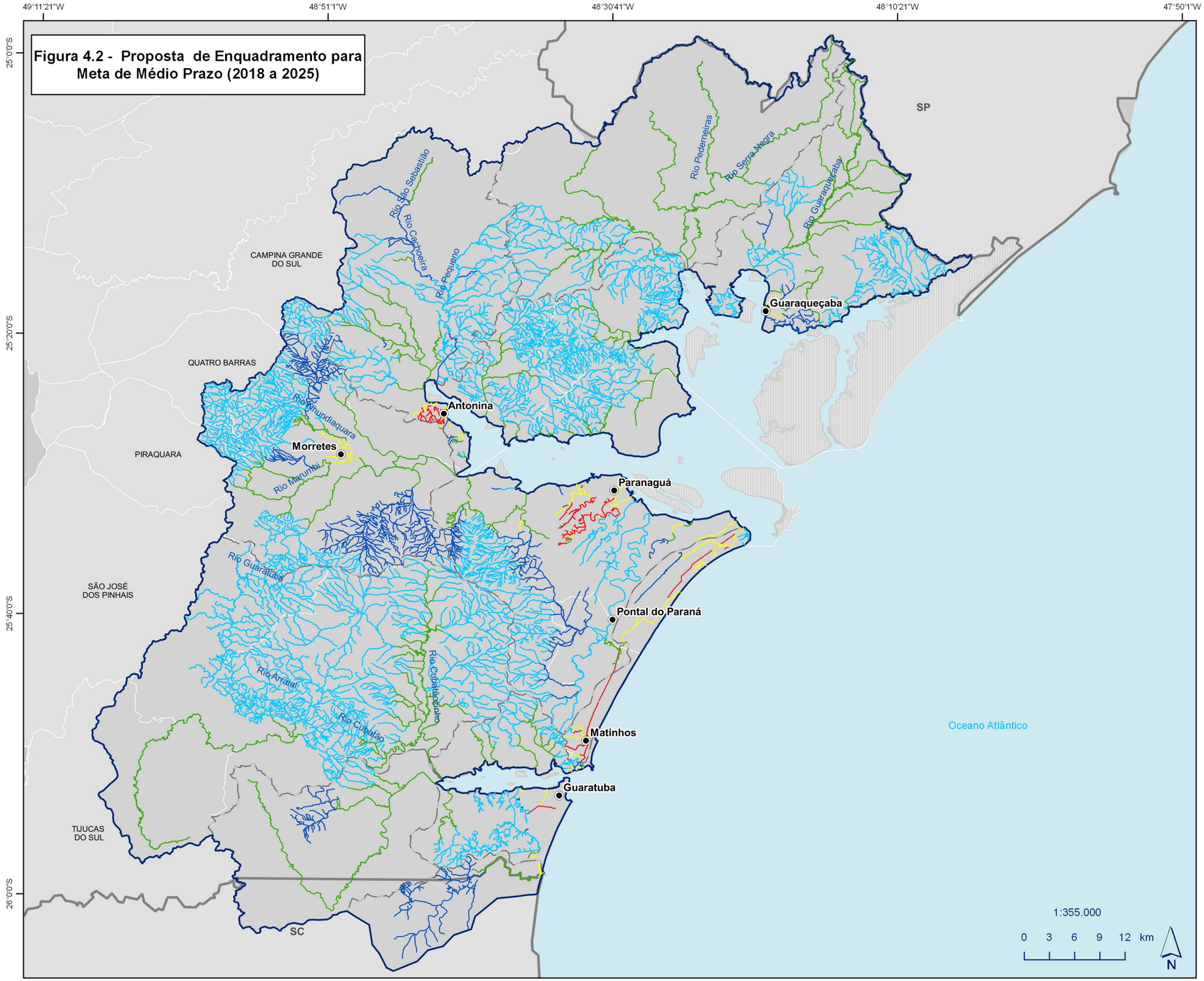
- Meta Intermediária 1: 30% de redução da carga remanescente de DBO;
- Meta Intermediária 2: 70% de redução da carga remanescente de DBO.

Para a Meta Intermediária 1, com redução de 30% das cargas remanescentes, o valor da carga a ser reduzida pode ser trabalhado sobre uma única fonte de poluição ou mais de uma, desde que haja a redução das cargas remanescentes.

Uma vez que a maior fonte de origem de DBO é o efluente doméstico e resolver essa questão envolve ações que necessitam de altos valores monetários, decidiu-se adotar como medida conservadora uma baixa redução de cargas inicial. Deixando a maior porcentagem de redução para a Meta Intermediária 2.

A Figura 4.2 apresenta a proposta de enquadramento para a Meta de Médio Prazo (2020 a 2025), que é a situação atual no período seco (piores condições) estimada para a Bacia. A Figura 4.3 para a meta de Longo Prazo (2025 a 2035), considerando a pior situação (população máxima) e a Figura 4.4 para o enquadramento a ser seguido a partir de então (proposto no *Produto 8*, a ser aprovado*).* Cabe destacar que nos trechos que cruzam áreas urbanas e/ou que recebem lançamentos de efluentes, a vazão de referência é a $Q_{50\%}$, nos demais trechos é a $Q_{95\%}$.

Figura 4.2 - Proposta de Enquadramento para Meta de Médio Prazo (2018 a 2025)



Legenda

Classe de Enquadramento

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

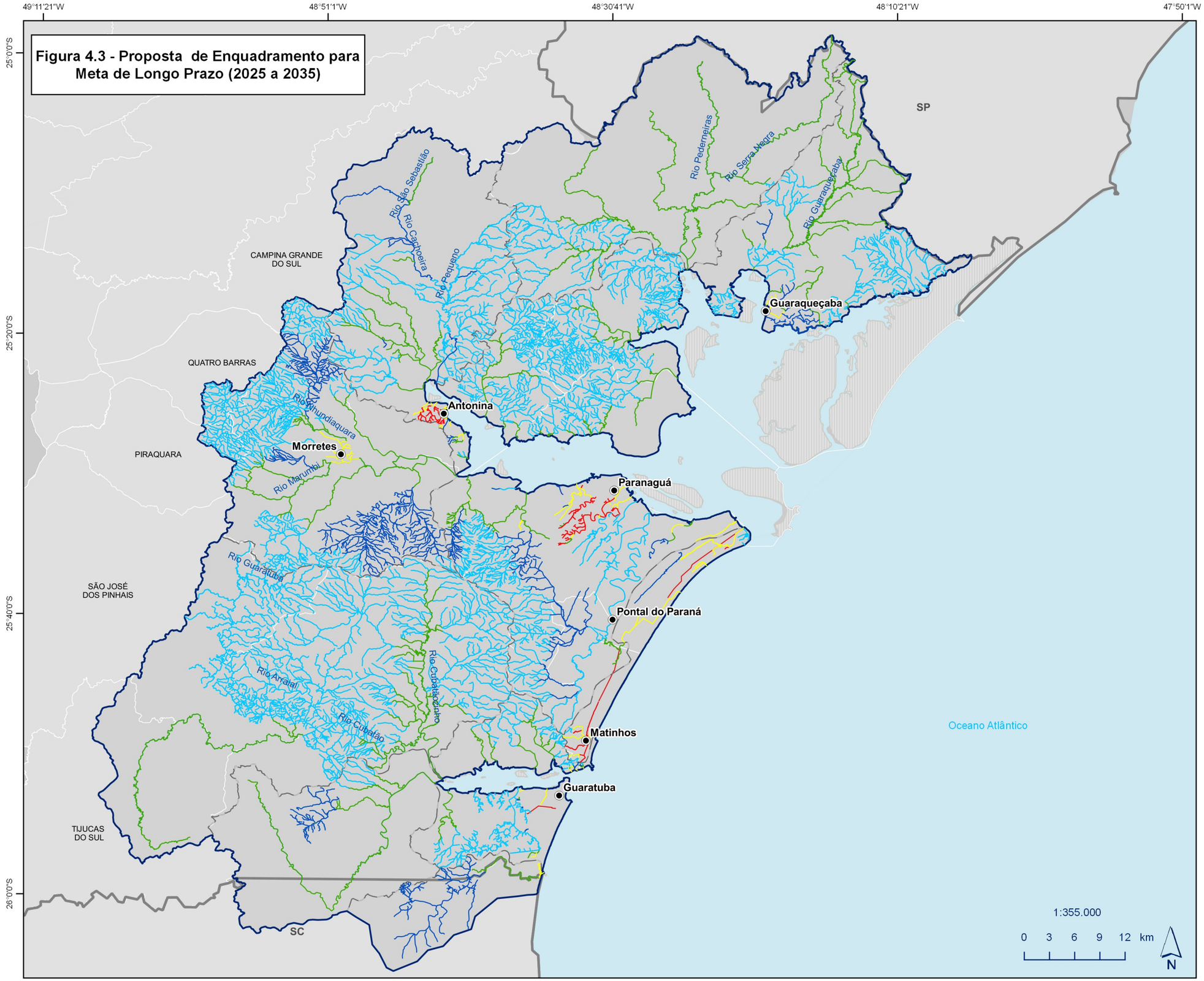
Fonte: Elaboração Própria.

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limites Estaduais
- Limite Municipal
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs)
- Ilhas

Datum: SIRGAS 2000.

Figura 4.3 - Proposta de Enquadramento para Meta de Longo Prazo (2025 a 2035)



Legenda

Classes de Enquadramento

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

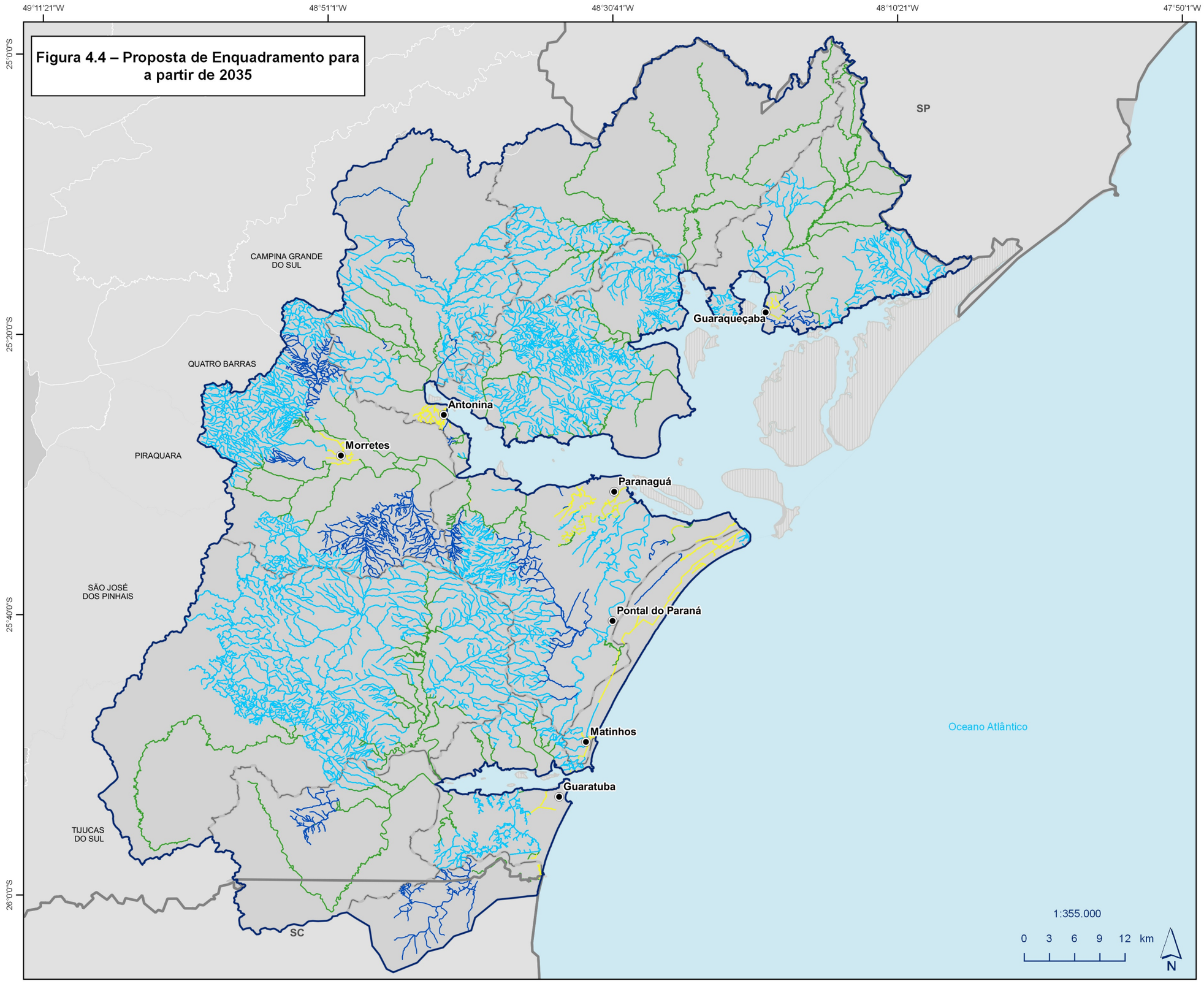
Fonte: Elaboração Própria.

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limites Estaduais
- Limite Municipal
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs)
- Ilhas

Datum: SIRGAS 2000.

Figura 4.4 – Proposta de Enquadramento para a partir de 2035



Legenda

Classe de Enquadramento

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

Fonte: Elaboração Própria (2018).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limites Estaduais
- Limite Municipal
- Limite da Bacia HIdrográfica Litorânea
- Rodovias
- Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs)
- Ilhas

Datum: SIRGAS 2000.

5. PLANO DE INVESTIMENTOS

O plano de investimentos foi elaborado com base na estimativa de custos para as alternativas propostas para remoção de carga na BHL e nos investimentos em saneamento previstos para os municípios da bacia. Com base nessas informações foi possível estimar como esses investimentos serão realizados de acordo as metas intermediárias, o *déficit* existente e as possíveis fontes de investimento para alcance das ações propostas.

Ressalta-se novamente que o conteúdo apresentado consiste de estimativas e soluções baseadas nas simulações e considerações adotadas no *Produto 8* e *Produto 9* a critério de mensurar a ordem de grandeza do impacto das cargas poluidoras e os investimentos necessários para remoção desta. Dessa forma, o objetivo dos mesmos é facilitar o planejamento, como ponto de partida para as ações na BHL, não sendo as ações e valores definitivos a serem adotados até 2035.

5.1. Estimativa de Custos para Remoção de Carga Doméstica Rural

De acordo com os índices apresentados no *Item 3.1*, estimou-se a população equivalente ao índice de fossa séptica requerido, considerando a população rural mínima e máxima dos cenários. Como base para a estimativa de custos de implantação de fossas sépticas considerou-se que em cada domicílio rural reside em média 5 pessoas, conforme o Plano Nacional de Saneamento Rural (FUNASA, 2016). De forma complementar, o custo para construção de fossa séptica para cada um desses domicílios é estimado em R$ 1.400,00 (COSTA & GUILHOTO, 2014). Com isso, chegou-se aos valores descritos no Quadro 5.1.

Quadro 5.1– Custo para fossas sépticas nas zonas rurais

Município	Investimento Mínimo (R$) - 2035	Investimento Máximo (R$) - 2035
Antonina	246.246,00	933.450,00
Campina Grande do Sul	3.326,40	4.712,40
Campo Alegre	-	-
Garuva	162.254,40	364.148,40
Guaraqueçaba	282.282,00	293.370,00
Guaratuba	628.012,00	2.382.142,00
Itapoá	1.246,00	4.236,40
Matinhos	30.338,00	104.790,00
Morretes	1.356.278,00	3.450.286,00
Paranaguá	340.956,00	1.226.190,00
Piraquara	8.685,60	15.615,60
Pontal do Paraná	44.198,00	129.052,00
Quatro Barras	10.718,40	17.833,20

Município	Investimento Mínimo (R$) - 2035	Investimento Máximo (R$) - 2035
São José dos Pinhais	125.571,60	232.201,20
Tijucas do Sul	557.970,00	867.510,00
TOTAL	**3.798.082,40**	**10.025.537,20**

FONTE: Elaborado pela Consultora

5.2. Estimativa de Custos para Remoção de Carga Doméstica Urbana

Nesse item serão propostas medidas para estimativa de custos de remoção das cargas oriundas do efluente doméstico urbano. Foi realizada a proposição de soluções para os Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) para os municípios com sede na bacia através de três abordagens principais:

- Melhoria do sistema existe;
- Proposição de um novo sistema; e
- Emissários oceânicos.

Sendo que outras possibilidades podem ser estudadas pelas concessionárias, juntamente com as prefeituras e com acompanhamento do Comitê para alternativas mais rentáveis e apropriadas para a região.

Para as abordagens aqui apresentadas, o primeiro passo foi a identificação de obras já programadas e em andamento, projetos e estudos de novos sistemas ou ampliações de sistemas existentes, a partir da consulta às informações recebidas das prestadoras de serviços, dos Planos Municipais de Saneamento Básico e pesquisa em sites de órgãos que poderiam dispor de informações sobre sistemas de esgotamento sanitário, como o Ministério das Cidades e a FUNASA.

As intervenções propostas para os municípios com sede na BHL consideraram a população a ser atendida, as condições de diluição definidas pelas situações locais e conforme orientação das leis ambientais, após cotejo entre a vazão do corpo receptor, a vazão do efluente tratado e a classe proposta para o trecho de lançamento.

Em função disso, foram propostas condições diferenciadas de lançamento, com a finalidade de, ao mesmo tempo, permitir a ampliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto ou a proposição de emissários submarinos para disposições oceânicas, quando coube.

Para o cálculo do valor associado ao aumento de rede para atender às populações mínimas e máximas que precisam ter suas cargas removidas, utilizou-se o valor *per*

capita de R$ 1.210,00 (ANA, 2017). Os valores resultantes por município estão apresentados no Quadro 5.2.

Quadro 5.2– Custo para rede coletora por município

Município	Investimento Mínimo (R$)	Investimento Máximo (R$)
Antonina	17.191.564,96	28.671.651,61
Campina Grande do Sul	-	-
Campo Alegre	-	-
Garuva	-	-
Guaraqueçaba	-	107.164,44
Guaratuba	12.453.613,34	70.862.698,65
Itapoá	-	-
Matinhos	27.533.057,74	99.874.204,63
Morretes	162.119,43	3.608.910,69
Paranaguá	91.664.637,24	161.121.152,90
Piraquara	-	-
Pontal do Paraná	32.123.440,25	108.848.415,51
Quatro Barras	-	-
São José dos Pinhais	-	-
Tijucas do Sul	-	-
TOTAL	**181.128.432,96**	**473.094.198,42**

FONTE: Elaborado pela Consultora

Dentre os municípios com sede na bacia, em Antonina não há informações de planejamento, contudo, a Prefeitura Municipal possui uma outorga vencida para diluição de efluentes com lançamento no Córrego Machadinho. Dessa forma, utilizou-se esse ponto para estimar o custo de implantação de um SES capaz de atender a população estimada e o enquadramento proposto (Classe 3 na $Q_{50\%}$). A metodologia de custo foi baseada no Atlas Esgoto (ANA, 2017), apresentada no Anexo A, a mesma foi utilizada também para ao estimativa dos emissários oceânicos.

Para os municípios atendidos pela SANEPAR, o custo associado às proposições foi de R$ 95.800,00 m³/h tratado para ETE com eficiência média de até 90% e R$ 105.500,00 m³/h tratado, valor médio para ETE com eficiência superior a 90% (SANEPAR, 2018).

Para o município de Paranaguá, atendido pela Paranaguá Saneamento, foi utilizado como base o valor planejado para a ETE Cominese (em implantação) associado à população e tratamento projetados para a mesma, tais valores foram apresentados anteriormente no Quadro 3.2.

A seguir são descritos de forma mais detalhada as soluções estimadas por município com sede na bacia.

5.2.1. *Antonina*

Foi estimada uma única ETE com capacidade de 130 m³/h para atender o município de Antonina, a ser composta pelas seguintes unidades:

Sistema Primário

- Gradeamento e desarenação do esgoto;
- Reatores anaeróbios do tipo RALFs ou UASB.

Sistema Secundário

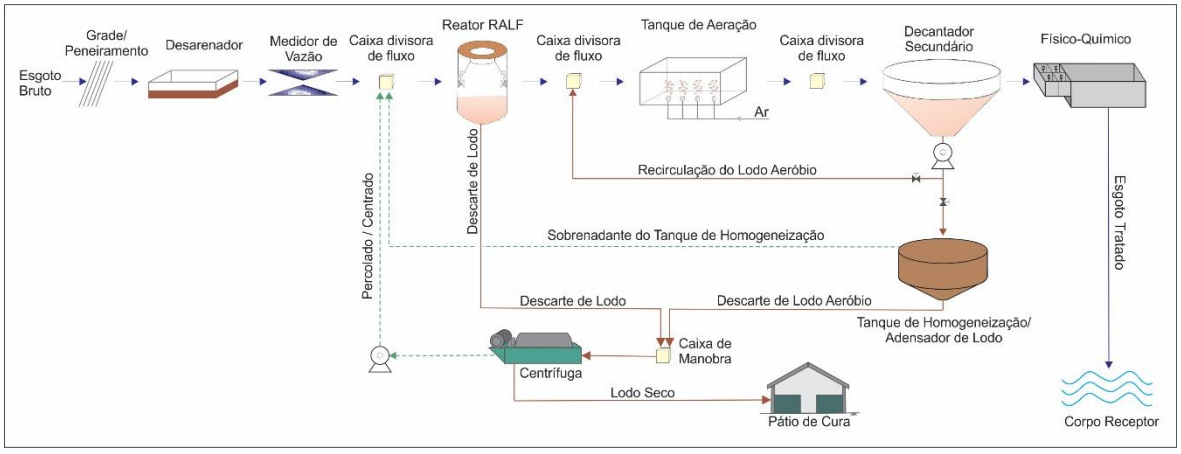
- Reatores Aeróbios – Lodos Ativados;
- Decantadores secundários;
- Elevatória de recirculação de efluente;
- Desaguamento do lodo em decanter centrífugo.

Sistema Terciário

- Tratamento Físico-Químico.

O custo aproximado de implantação do sistema proposto é de R$ 7.300.000,00. A Figura 5.1 a seguir apresenta o fluxograma de funcionamento da ETE proposta.

Figura 5.1. Fluxograma de processo proposto para Antonina



FONTE: Elaborado pela Consultora

O esgoto tratado será disposto no ponto de lançamento com outorga para a prefeitura, onde, o sistema de pós-tratamento com lodo ativado + físico-químico considera que a máxima DBO efluente ao tratamento será de 20 mg/L, sendo que este valor de lançamento enquadra o corpo receptor como Classe 3 na vazão de referência $Q_{50\%}$.

5.2.2. Guaraqueçaba

De acordo com a modelagem das cargas orgânicas e disponibilidades hídricas para diluição dos efluentes domésticos, o sistema atual é suficiente para atendimento até fim de plano (2035), tanto para a população mínima quanto máxima. Portanto, para esse município, os investimentos necessários seriam para o aumento do índice de coleta e tratamento para as populações estimadas.

5.2.3. Guaratuba

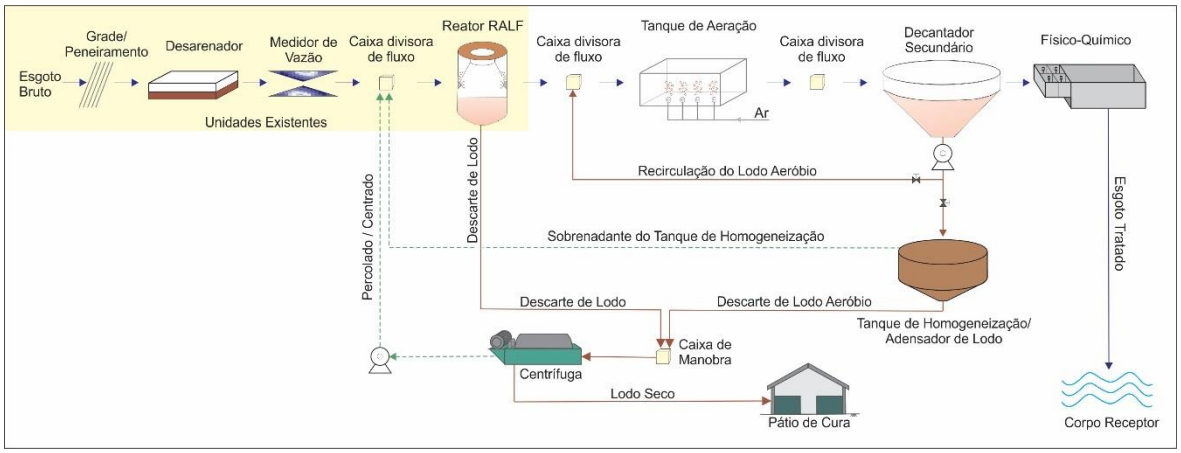
A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento

Como primeira alternativa foi considerada a ETE atual com capacidade total de tratamento de 756 m³/h para melhoria do sistema, uma vez que essa vazão se mostrou suficiente para atender a população no melhor e pior cenário consideradas nas simulações. Sobre essa vazão foi aplicado o valor de R$ 9.700,00 por m³/h efluente tratado, considerando a diferença entre os valores de tratamento para ETEs com eficiência inferior ou superior a 90%. O resultado foi de R$ 7.333.200,00 a serem investidos.

B. Alternativa 02 – Alteração do sistema pós tratamento

Considerando a metodologia do Atlas Esgoto (ANA, 2017) a sugestão seria desativar o atual sistema de pós-tratamento (lagoas de polimento) para substituir por sistema secundário e terciário conforme Figura 5.2, cujo o custo estimado seria de R$ 12.800.000,00.

Figura 5.2. Fluxograma de processo proposto para Guaratuba



FONTE: Elaborado pela Consultora

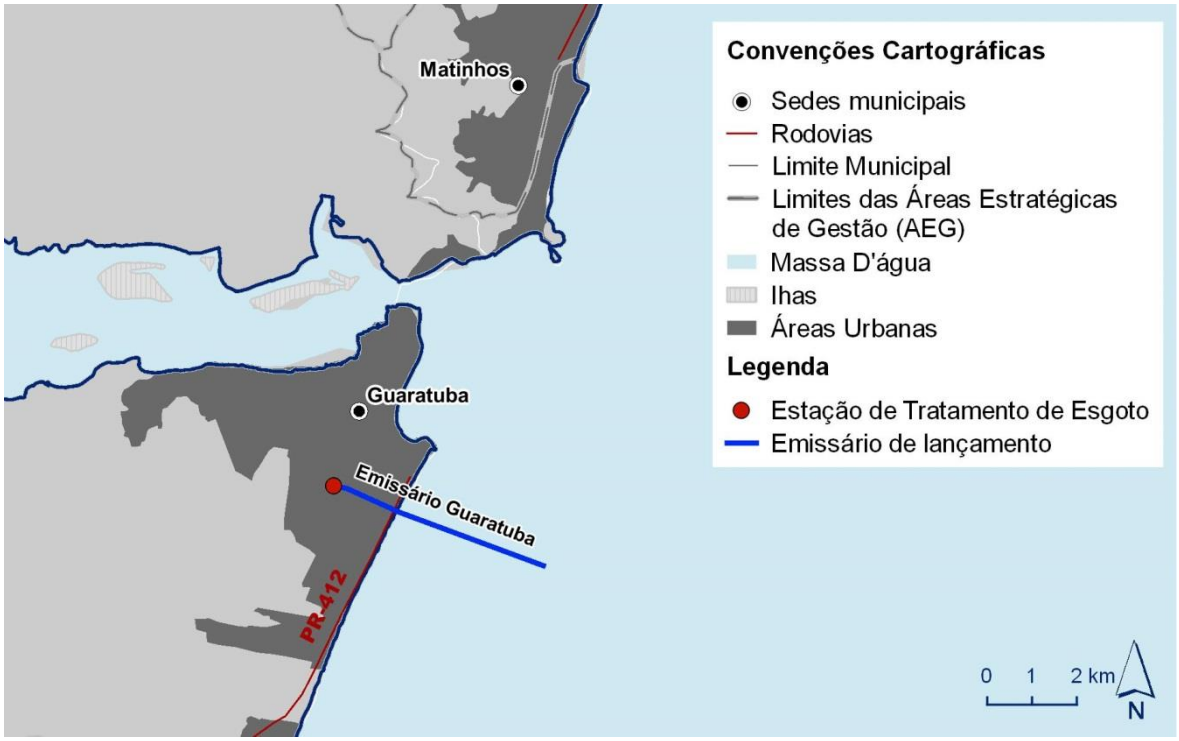
C. Alternativa 03 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos

Nessa proposição preliminar, se faz necessária a manutenção do atual sistema de tratamento, podendo-se ou não desativar a atual lagoa de polimento. O sistema de disposição oceânica através de Emissário Submarino de Esgotos com aproximadamente 4,1 km com DN 500, sendo destes 3,0 km implantados no oceano.

Cabe lembrar que esta é uma estimativa preliminar, sabendo-se que para uma análise mais completa desta solução serão necessários diversos estudos complementares, os quais podem resultar em uma diminuição ou aumento da extensão desta unidade.

O custo aproximado de implantação do emissário submarino proposto é de R$ 29.300.000,00. A Figura 5.3 apresenta a localização e caminhamento deste emissário proposto.

Figura 5.3. Caminhamento Emissário Guaratuba



FONTE: Elaborado pela Consultora

5.2.4. Matinhos

A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento

Nessa proposição preliminar, foi estimada uma ETE com capacidade total de tratamento de 1.699 m³/h, cujo valor é o mesmo que o planejado pela concessionária e que atenderia a população mínima e máxima estimada para 2035. O valor a ser investido para tornar a ETE atual com essa vazão de planejamento não foi informado, dessa forma,

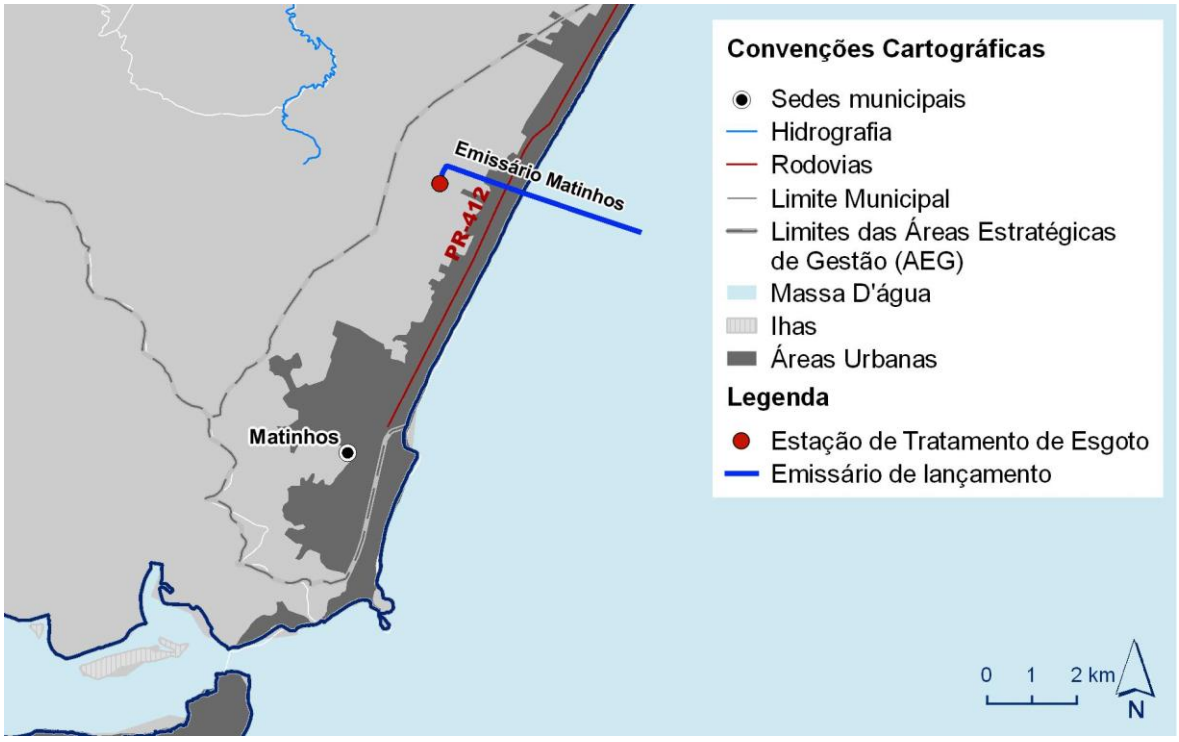
o custo da melhoria foi calculado considerando o incremento de 943 m³/h para uma eficiência acima de 90%, resultando em R$ 99.486.500,00.

A. Alternativa 02 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos

Nessa proposição preliminar, se faz necessária a manutenção do atual sistema de tratamento. O emissário submarino de esgotos com aproximadamente 4,5 km com DN 500, sendo destes 3,0 km no oceano.

Cabe lembrar que esta é uma estimativa preliminar, sabendo-se que para uma análise mais completa desta solução serão necessários diversos estudos complementares, os quais podem resultar em uma diminuição ou aumento da extensão desta unidade. O custo aproximado de implantação do emissário proposto é de R$ 32.100.000,00. A Figura 5.4 apresenta a localização e caminhamento deste emissário proposto.

Figura 5.4. Caminhamento Emissário Matinhos



FONTE: Elaborado pela Consultora

5.2.5. Morretes

Para as estimativas realizadas, o sistema atual é suficiente para atendimento até o fim de plano, necessitando apenas de um aumento na rede coletora.

5.2.6. Paranaguá

A. Alternativa 01 – Melhoria do Sistema de Esgotamento Sanitário

Nessa proposição, foi proposta a melhoria na eficiência dos sistemas de tratamento, considerando que as vazões previstas atenderiam à população projetada do Plano para 2035, necessitando apenas de uma melhoria na eficiência das ETEs Valadares, Emboguaçu e Costeira para que ambas tivessem uma concentração de 20 mg/L. Para melhoria nessa eficiência utilizou-se o valor de R$ 9.700,00 por m³/h tratado visto que nos valores informados pela Concessionária estão embutidos os custos de aumento da rede. Dessa forma, os seguintes custos estariam associados a cada ETE:

- ETE Valadares: R$ 1.125,200,00;
- ETE Emboguaçu: R$ 3.142.800,00;
- ETE Costeira: R$ 3.841,200,00.

Adicionalmente à melhoria das ETEs supracitadas, essa alternativa considera que a ETE Cominese estará funcionando conforme planejado pela concessionária.

B. Alternativa 02 – Novo Sistema de Esgotamento Sanitário

Considerando que dentre os municípios com sede na BHL Paranaguá é o que mais precisa remover carga, foi proposta como alternativa para o município a construção de uma nova ETE. A mesma precisaria atender cerca de 23.000 habitantes, considerando a população máxima projetada no Plano para 2035. Dessa forma, aplicando os valores previstos para a ETE Cominese (R$ 54,2 milhões para uma população de 70.000), precisaria ser investido nessa nova ETE proposta o valor de R$ 17.712.537,00.

Nessa alternativa, portanto, considera-se a ETE Cominese operando conforme o planejamento e as ETEs Valadares, Emboguaçu e Costeira operando dentro das condições atuais mais a nova ETE proposta.

C. Alternativa 03 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos

Nessa proposição preliminar, se faz necessária a implantação de estações elevatórias de esgoto, com o propósito de enviar os esgotos tratados das ETEs Valadares e Emboguaçu à ETE Costeira, onde será o início do emissário submarino para disposição oceânica.

As proposições para a EEE da ETE Valadares e sua respectiva linha de recalque possuiriam as características apresentadas no Quadro 5.3, cujo custo aproximado é de R$ 2.500.000,00.

Quadro 5.3– Características EEE Valadares

EEE Valadares	
Vazão (L/s)	32
Altura Manométrica (m)	15
Potência (CV)	50
Diâmetro LR (mm)	400
Extensão LR (km)	2,5

FONTE: Elaborado pela Consultora.

A EEE proposta para a ETE Emboguaçu e sua respectiva linha de recalque possuem as características do Quadro 5.4 com custo aproximado de implantação de R$ 6.500.000,00.

Quadro 5.4– Características EEE Emboguaçu

EEE Emboguaçu	
Vazão (L/s)	90
Altura Manométrica (m)	30
Potência (CV)	100
Diâmetro LR (mm)	400
Extensão LR (km)	7

FONTE: Elaborado pela Consultora

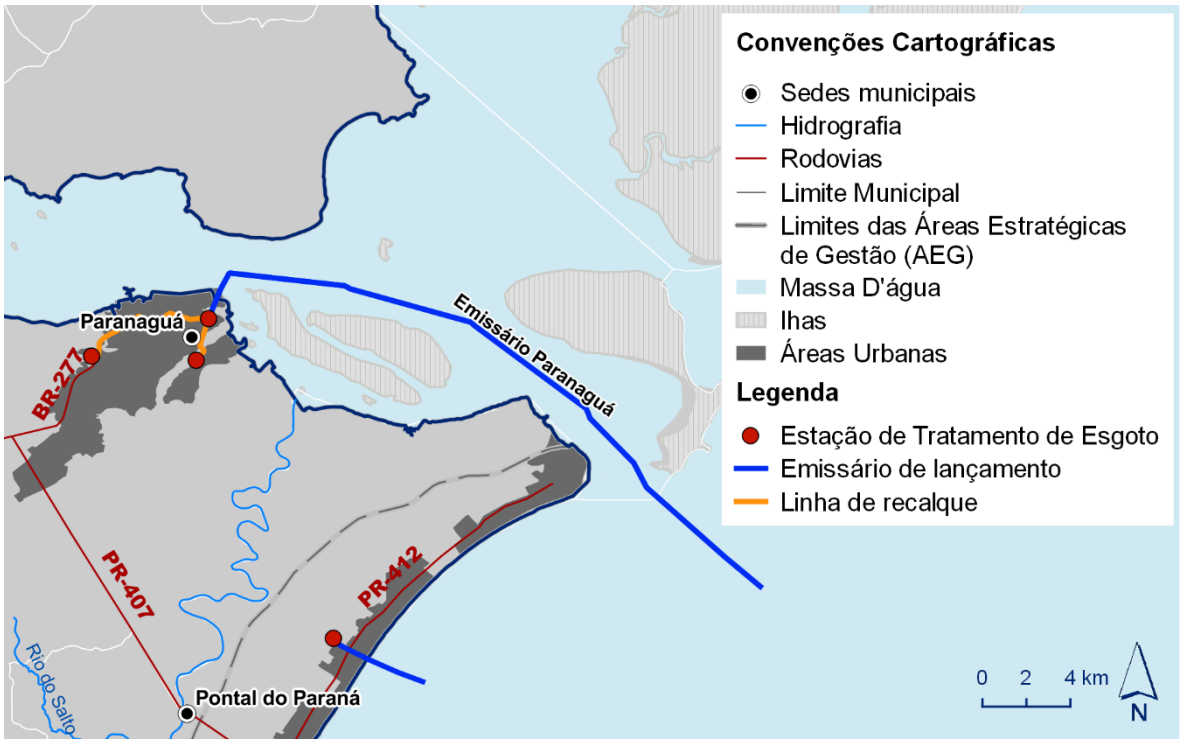
Nessa proposição, Alternativa 03, se faz necessária a manutenção do atual sistema de tratamento, podendo-se ou não desativar o pós-tratamento.

Será confeccionada uma caixa de reuniões, onde as ETEs Valadares e Emboguaçu lançarão seus efluentes. O Emissário Final de Esgotos será misto, com aproximadamente 24,3 km de extensão com DN 900, sendo destes aproximadamente 18,8 km de extensão serão necessários para o caminhamento margeando a costa em via terrestre e 5,5 km de extensão de emissários submarinos para a disposição oceânica.

O custo aproximado de implantação do emissário proposto é de R$ 141.000.000,00 com os custos de afastamento apresentados é de R$ 9.000.000,00 totalizam R$ 150.000.000,00.

A Figura 5.5 apresenta a localização e caminhamento deste emissário proposto.

Figura 5.5. Caminhamento Emissário Paranaguá



FONTE: Elaborado pela Consultora

Cabe lembrar que esta é uma estimativa preliminar, sabendo-se que para uma análise mais completa desta solução serão necessários diversos estudos complementares, os quais podem resultar em uma diminuição ou aumento da extensão desta unidade.

5.2.7. Pontal do Paraná

A. Alternativa 01 – Melhoria da eficácia do sistema de tratamento

Nessa proposição preliminar, foi estimada uma ETE com capacidade total de tratamento de 1.440 m³/h, cujo valor é o mesmo que o planejado pela concessionária e que atenderia a população mínima e máxima estimada para 2035. O valor a ser investido para tornar a ETE atual com essa vazão de planejamento não foi informado, dessa forma, o custo da melhoria foi calculado considerando o incremento de 936 m³/h para uma eficiência de até 90%, resultando em R$ 89.668.800,00.

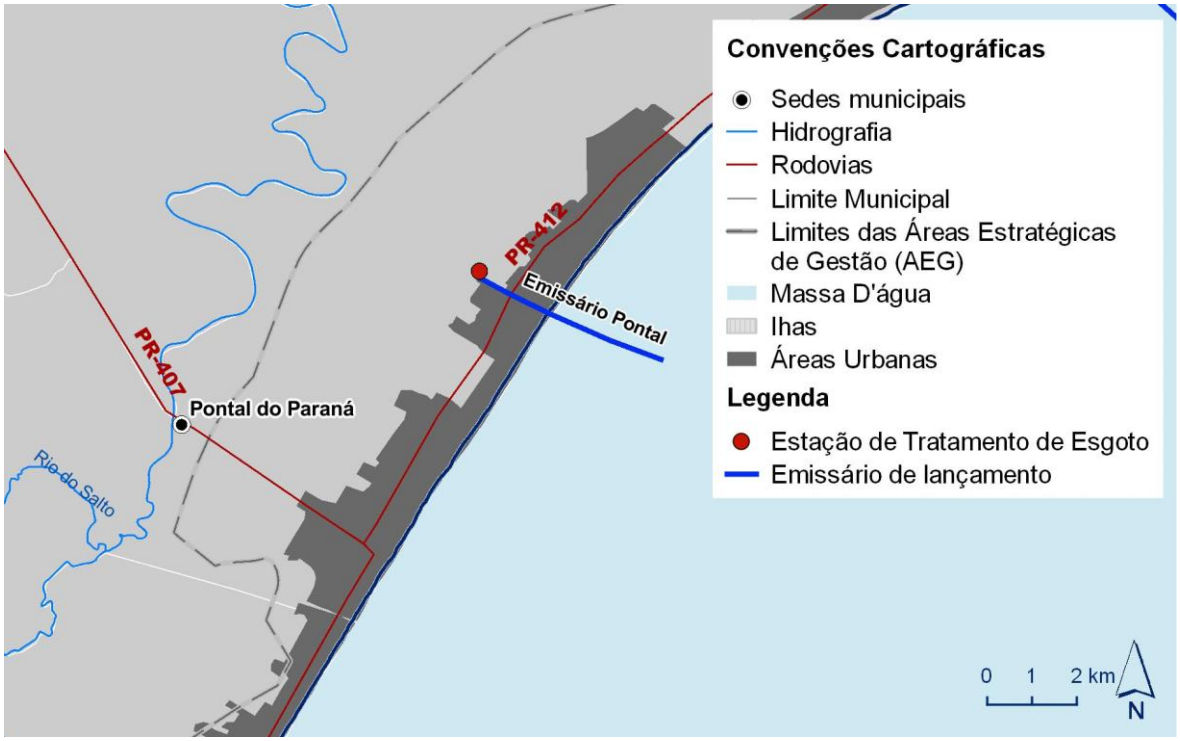
B. Alternativa 02 – Implantação de um Emissário Submarino de Esgotos

Nessa proposição preliminar, se faz necessária a manutenção do atual sistema de tratamento, podendo-se ou não desativar a atual lagoa de polimento. O Emissário Submarino de Esgotos com aproximadamente 4,0 km com DN 350, sendo destes 3,0 km no oceano.

Cabe lembrar que esta é uma estimativa preliminar, sabendo-se que para uma análise mais completa desta solução serão necessários diversos estudos complementares, os quais podem resultar em uma diminuição ou aumento da extensão desta unidade.

O custo aproximado de implantação do emissário proposto é de R$ 21.500.000,00. A Figura 5.6 a seguir apresenta a localização e caminhamento deste emissário proposto.

Figura 5.6. Caminhamento Emissário Pontal do Paraná



FONTE: Elaborado pela Consultora

5.2.8. Resumo dos Custos por Município

No Quadro 5.5 está apresentado um resumo dos custos para os Sistemas de Esgotamento Sanitário, por município e por alternativa de proposição técnica, além dos custos para coleta e afastamento. Sendo esses o de maior peso dentro das estimativas, o que dificulta a ampliação da rede na maioria dos municípios brasileiros. Dentre as alternativas propostas, a de emissário submarino é a mais cara, pois é um tipo de disposição complexa que precisa ser bem estruturada. Embora, em regiões litorâneas sejam as medidas normalmente utilizadas por não haver disponibilidade hídrica suficiente nos trechos de rios que cruzam os centros urbanos.

Quadro 5.5– Resumo dos custos para os Sistemas de Esgotamento Sanitário

Município	Coleta e afastamento		Tratamento - implantação ou melhoria (R$)		Emissário Submarino		Total 1		Total 2		Total 3	
	Investimento Mínimo (R$)	Investimento Máximo (R$)	Alternativa 1	Alternativa 2	Transporte de Esgoto (R$)	Emissário Submarino (R$)	Investimento Mínimo (R$)	Investimento Máximo (R$)	Investimento Mínimo (R$)	Investimento Máximo (R$)	Investimento Mínimo (R$)	Investimento Máximo (R$)
Antonina	17.191.564,96	28.671.651,61	7.300,00	-	-	-	17.198.864,96	28.678.951,61	17.191.564,96	28.671.651,61	17.191.564,96	28.671.651,61
Campina Grande do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	-	107.164,44	-	-	-	-	-	107.164,44	-	107.164,44	-	107.164,44
Guaratuba	12.453.613,34	70.862.698,65	7.333.200,00	12.800,00	-	29.300.000,00	19.786.813,34	78.195.898,65	12.466.413,34	70.875.498,65	41.753.613,34	100.162.698,65
Itapoá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matinhos	27.533.057,74	99.874.204,63	99.486.500,00	-	-	32.100.000,00	127.019.557,74	199.360.704,63	27.533.057,74	99.874.204,63	59.633.057,74	131.974.204,63
Morretes	162.119,43	3.608.910,69	-	-	-	-	162.119,43	3.608.910,69	162.119,43	3.608.910,69	162.119,43	3.608.910,69
Paranaguá	91.664.637,24	161.121.152,90	8.109.200,00	17.712.537,00	9.000.000,00	141.000.000,00	99.773.837,24	169.230.352,90	109.377.174,24	178.833.689,90	241.664.637,24	311.121.152,90
Piraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pontal do Paraná	32.123.440,25	108.848.415,51	89.668.800,00	-	-	21.500.000,00	121.792.240,25	198.517.215,51	32.123.440,25	108.848.415,51	53.623.440,25	130.348.415,51
Quatro Barras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

5.3. Investimentos Assegurados

Foi realizada uma pesquisa no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal para levantar quais municípios da Bacia Litorânea possuem investimentos previstos na área de infraestrutura de saneamento. O mesmo foi feito junto aos projetos previstos pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA).

O Quadro 5.6 apresenta a situação, que não é muito favorável frente aos investimentos estimados. Sendo que os além desses listados, conforme apresentado no *Item 3.2,* há ainda os investimentos previstos para Matinhos, Paranaguá e Pontal por parte das concessionárias.

Quadro 5.6– Investimentos Previstos

Município	PAC			Possui investimento segundo FUNASA	Possui PAC e/ou FUNASA
	Possui investimento segundo PAC	Estágio	Investimento Previsto		
Antonina	-	-	-	-	Nenhum
Guaraqueçaba	-	-	-	-	Nenhum
Guaratuba	Esgotamento Sanitário	Concluído	R$ 11.314.282,50	-	PAC
Matinhos	Ampliação do SES Matinhos e Pontal do Paraná	Em obras	-	-	PAC
Morretes	-	-	-	-	Nenhum
Paranaguá	Ampliação do SAA e do SES	Concluído	R$ 31.639.099,99	-	PAC
Piraquara	Saneamento integrado e urbanização - Guaratuba	Em obras	-	-	PAC
Pontal do Paraná	-	-	-	-	Nenhum
Quatro Barras	Ampliação do SES nos bairros e na Bacia do Iraí	Concluído	-	-	PAC
São José dos Pinhais	Diversos	Diversos	-	-	PAC
Tijucas do Sul	Implantação do SES da sede municipal	Licitação	-	-	PAC

FONTE: Elaborado pela Consultora

6. PROGRAMA PARA A EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO

As metas, ações e investimentos previstos no presente relatório foram consolidados na forma de um Programa para Efetivação do Enquadramento, onde estão previstos subprogramas montados a partir de 6 grandes eixos de ações. Para cada subprograma buscou-se associar os atores que estariam diretamente envolvidos, conforme Figura 6.1.

Figura 6.1. Programa para Efetivação do Enquadramento

SUBPROGRAMAS	AÇÕES	ATORES ESTRTÉGICOS
PRÓ-SANEAMENTO	Construção de fossa séptica para a população rural	FUNASA, EMATER, Prefeituras, Comitê
	Aumento da população urbana com acesso à coleta e tratamento de efluentes	Prefeituras, Prestadoras, Comitê
CUIDANDO DOS NOSSOS RIOS	Identificação, por meio do cadastro de outorgas, dos usuários de água com finalidade agropecuária para sensibilização e mobilição dos mesmos quanto à importância da àgua;	AGUAPARANÁ, IAP, Comitê, Universidades, ONG's
COMPREENDENDO A MARÉ E SEUS EFEITOS	Mobilização das instituições gestoras, Comitês, ONG's e universidades para estudos cooperativos para compreensão da influência marinha nos rios sujeitos à mesma;	AGUAPARANÁ, IAP, Comitê, Universidades, ONG's, APPA
REVITALIZANDO CANAIS DE DRENAGEM	Mobilização para estudos de técnicas alternativas de melhoria da qualidade da água aplicados aos canais de drenagem	AGUAPARANÁ, IAP, Comitê, Prestadoras, Universidades, ONG's
LIMPANDO NOSSAS CIDADES	Mobilização para adequação da população quanto aos lançamentos clandestinos de efluentes domésticos urbanos;	Prefeituras, Prestadoras, Comitê
	Mobilização para medidas de melhoria de limpeza pública, incluindo a destinação correta de resíduos sólidos urbanos e o controle de pragas urbanas;	
ACOMPANHANDO O ENQUADRAMENTO	Monitoramento e o acompanhamento dos indicadores de efetivação do Enquadramento	AGUAPARANÁ, IAP, Comitê

FONTE: Elaborado pela Consultora

O grande objetivo do Programa para Efetivação é atingir o enquadramento proposto para a Bacia Litorânea. Cabe destacar que grande ênfase é dada às ações voltadas para ampliação da coleta e tratamento de esgotos urbanos que engloba tanto a parte de tratamento, por meio da implantação e melhoria de ETEs, quanto a expansão da rede coletora. Isso ocorre porque as cargas domésticas urbanas têm grande impacto na bacia, além de que as ações e custos são tratados a nível municipal, que normalmente possuem planejamento e meios para obtenção de recursos.

Dentre os atores estratégicos tem os que possuem potencial como apoiadores, como a FUNASA e a EMATER, como responsáveis: Prefeituras, AGUASPARANÁ, IAP, Prestadores. As universidades, bem como as organizações da sociedade civil, podem apoiar todas as ações, assessorada pelo Comitê, que por sua vez tem a função de acompanhar de forma direta todo o Programa.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a Resolução CNRH N° 91/2008 o Programa para Efetivação do Enquadramento deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso relacionados. A Resolução enumera cinco pontos principais para serem atendidos no que diz respeito à efetivação, sendo eles:

I. Recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente que possam subsidiar a implementação, integração ou adequação de seus respectivos instrumentos de gestão, de acordo com as metas estabelecidas, especialmente a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o licenciamento ambiental;

II. Recomendações de ações educativas, preventivas e corretivas, de mobilização social e de gestão, identificando-se os custos e as principais fontes de financiamento;

III. Recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos, para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos;

IV. Propostas a serem apresentadas aos poderes públicos, federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento; e,

V. Subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

Uma vez que o Enquadramento e o Plano de Recursos Hídricos estão sendo elaborados simultaneamente na Bacia Litorânea, no Programa para Efetivação do Enquadramento buscou-se dar ênfase às recomendações e ações que influenciam de forma direta nas cargas poluentes que chegam aos rios, deixando as demais para serem abordadas no Programa de Intervenções. Este, por sua vez, irá apresentar um conjunto amplo de ações para fortalecer a gestão de recursos hídricos como um todo e que, por isso, apoiam direta ou indiretamente a implementação da proposta de enquadramento.

Cabe destacar ainda que poucas bacias no Brasil têm Programas para Efetivação do Enquadramento elaborados de forma a abranger simultaneamente as metas progressivas com a modelagem matemática, resultando em enquadramentos progressivos como forma de acompanhamento das metas. Na BHL, por meio das

informações disponíveis, tais abordagens foram consideradas a fim de tornar o enquadramento um instrumento de planejamento, conforme previsto no PNRH.

Evidente que no horizonte de planejamento considerado, espera-se que tais análises sejam revisadas e que haja maior consistência nas informações base para definição de novas metas e ações, que por sua vez sejam mais realistas dentro das características da bacia.

8. REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional da Água. **Tomo III Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. In: *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba*. Colaboradora: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Brasília. DF, 2013.

ANA. Agência Nacional da Água. **Atlas Esgotos**. Colaboradora: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Brasília. DF, 2017.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Edição Especial. 2014. Disponível em < http://www.scielo.br/pdf/esa/v19nspe/1413-4152-esa-19-spe-0051.pdf>. Último acesso em julho de 2018.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Terras indígenas.** *Shapefile* disponível em < http://www.funai.gov.br/index.php/2013-11-06-16-22-33>. Último acesso em dezembro de 2017.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Plano Nacional de Saneamento Rural.** Disponível em < http://pnsr.desa.ufmg.br/pnsr/>. Último acesso em junho de 2018.

Mcidades - MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico Mais Saúde com Qualidade de Vida.** Brasília, 2014.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Dados Georreferenciados.** Disponível em < http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados>. Último acesso em dezembro de 2017.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Plano Diretor de Água da Região Litorânea do Paraná.** 2015.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Pontos de Lançamento**. Curitiba, 2016.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Parecer Técnico 112/2018 – USHI**. Curitiba, 2018.

APÊNDICE I– CARGAS A SEREM REMOVIDAS POR FONTE E POR MUNICÍPIO

Quadro A.I 1 – Cargas domésticas urbanas a serem removidas por município (kg/dia)

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	353,62	92,58	923,72
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	7,26	-	38,98
Guaraqueçaba	0,10	0,28	0,11
Guaratuba	35,37	30,10	282,51
Itapoá	-	-	-
Matinhos	21,33	6,74	205,09
Morretes	1,22	0,28	30,71
Paranaguá	3.269,15	139,44	7.292,47
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	52,82	10,70	362,32
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	3.740,87	280,12	9.135,91

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A.I 2 – Cargas domésticas urbanas a serem removidas por município (kg/dia)

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	351,16	92,53	914,48
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	7,25	-	38,10
Guaraqueçaba	0,10	0,28	0,11
Guaratuba	29,83	24,35	204,92
Itapoá	-	-	-
Matinhos	20,76	6,21	201,04
Morretes	-	-	1,53
Paranaguá	3.199,97	101,28	7.101,99
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	52,82	10,70	361,44
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	**3.661,89**	**235,36**	**8.823,61**

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A.I 3 – Cargas domésticas rurais a serem removidas por município (kg/dia)

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	-	-	0,40
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	-	-	-
Guaraqueçaba	-	-	-
Guaratuba	5,36	5,67	24,15
Itapoá	-	-	-
Matinhos	0,34	0,39	2,08
Morretes	1,20	0,28	28,44
Paranaguá	25,14	8,43	73,07
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	-	-	-
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	32,04	14,76	128,14

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A.I 4 – Cargas Industriais a serem removidas por município (kg/dia)

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	-	-	-
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	-	-	-
Guaraqueçaba	-	-	-
Guaratuba	-	-	-
Itapoá	-	-	-
Matinhos	-	-	-
Morretes	-	-	-
Paranaguá	1,95	27,96	27,96
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	-	-	-
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	**1,95**	**27,96**	**27,96**

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A.I 5 – Cargas difusas a serem removidas por município (kg/dia)

Município	Carga a ser removida (kg/dia) - Situação Atual	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	2,46	0,05	8,84
Campina Grande do Sul	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-
Garuva	0,01	-	0,88
Guaraqueçaba	-	-	-
Guaratuba	0,18	0,08	53,44
Itapoá	-	-	-
Matinhos	0,23	0,14	1,97
Morretes	0,02	-	0,74
Paranaguá	42,09	1,77	89,45
Piraquara	-	-	-
Pontal do Paraná	-	-	0,88
Quatro Barras	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-
Total	44,99	2,04	156,20

FONTE: Elaborado pela Consultora

APÊNDICE II – AJUSTE DE ÍNDICES PARA O PLANEJAMENTO

Quadro A. II. 1 Ajuste proporcional de índice de coleta

Município	População Projetada pela Concessionária - 2035 (hab)	ICT Planejado (%)	População atendida planejada pela Concessionária - 2035 (hab)	População Mínima Cenários do Plano - 2035	População Máxima Cenários do Plano - 2035	ICT Mínimo Plano (%)	ICT Máximo Plano (%)
Matinhos	174.875	90	157.388	38.844,24	98.630,32	100	100
Paranaguá	173.571	100	173.571	135.278,39	214.089,41	100	80
Pontal do Paraná	168.907	75	126.680	33.084,58	96.493,65	100	100

FONTE: Adaptado de Paranaguá Saneamento (2018); SANEPAR (2018); SANEPAR (2015)

APÊNDICE III – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Quadro A. III. 1 – Informações da Simulação S0

Município	CENÁRIOS - S0									
	SITUAÇÃO ATUAL				CENÁRIO MÍNIMO			CENÁRIO MÁXIMO		
	ICT	ETE	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	0,00	ETE Antonina	-	-	0,90	4,2	40,00	0,00	4,2	40,00
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	-	0,90	0	-	0,86	0	-
Campo Alegre	0,00	-	-	-	0,90	0	-	0,00	0	-
Garuva	0,00	-	-	-	0,90	0	-	0,00	0	-
Guaraqueçaba	0,92	ETE Guaraqueçaba	37,80	50,00	0,90	37,8	50,00	0,92	37,8	50,00
Guaratuba	0,80	ETE Guaratuba	756,00	50,00	0,90	756	50,00	0,80	756	50,00
Itapoá	0,00	-	-	-	0,90	0	-	0,00	0	-
Matinhos	0,55	ETE Matinhos	756,00	50,00	0,90	756	50,00	0,55	756	50,00
Morretes	0,60	ETE Morretes	126,00	90,00	0,90	126	90,00	0,60	126	90,00
Paranaguá	0,44	ETE Nilson Neves	54,00	50,00	0,90	0	-	0,44	0	-
		ETE Samambaia	54,00	50,00		0	-		0	-
		ETE Valadares	116,00	30,00		116	30,00		116	30,00
		ETE Emboguaçu	324,00	30,00		324	30,00		324	30,00
		ETE Costeira	396,00	25,00		396	25,00		396	25,00
		ETE Cominese	-	-		559	-		559	-
Piraquara	0,71	-	-	-	0,90	0	-	0,71	0	-
Pontal do Paraná	0,32	ETE Pontal do Paraná	504,00	50,00	0,90	504	50,00	0,32	504	50,00
Quatro Barras	0,71	-	-		0,90	0		0,71	0	
São José dos Pinhais	0,60	-	-	-	0,90	0	-	0,60	0	-
Tijucas do Sul	0,00	-	-	-	0,90	0	-	0,00	0	-

FONTE: Adaptado de Paranaguá Saneamento (2018); SANEPAR (2018); SANEPAR (2015)

Quadro A. III. 2 – Informações da Simulação S1

Município	S1					
	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	-	-	-	-	-	-
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	-	-	-	-	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	0,80	756,00	50,00	0,80	756,00	50,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-
Matinhos	1,00	1.699,00	50,00	1,00	1.699,00	50,00
Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	1,00	-	-	0,80	-	-
		-	-		-	-
		116,00	30,00		116,00	30,00
		324,00	30,00		324,00	30,00
		396,00	25,00		396,00	25,00
		559,00	30,00		559,00	30,00
Piraquara	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	50,00	1,00	1.440,00	50,00
Quatro Barras	0,71	-		0,71	-	
São José dos Pinhais	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A. III. 3 – Informações da Simulação S2

Município	S2					
	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	0,65	56,37	40,00	0,65	94,01	40,00
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	0,17	-	-	0,17	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	0,90	756,00	50,00	0,90	756,00	50,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-
Matinhos	1,00	1.699,00	30,00	1,00	1.699,00	30,00
Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	1,00	-	-	0,80	-	-
		-	-		-	-
		116,00	30,00		116,00	30,00
		324,00	30,00		324,00	30,00
		396,00	20,00		396,00	20,00
		559,00	20,00		559,00	20,00
Piraquara	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	30,00	1,00	1.440,00	30,00
Quatro Barras	0,71	-	-	0,71	-	-
São José dos Pinhais	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A. III. 4 – Informações da Simulação S3

Município	S3					
	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	0,90	78,05	40,00	0,90	130,17	40,00
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	0,65	-	-	0,65	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	0,90	756,00	30,00	0,90	756,00	30,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-
Matinhos	1,00	1.699,00	20,00	1,00	1.699,00	20,00
Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	1,00	-	-	0,80	-	-
		-	-		-	-
		116,00	20,00		116,00	20,00
		324,00	20,00		324,00	20,00
		396,00	20,00		396,00	20,00
		559,00	20,00		559,00	20,00
Piraquara	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	30,00	1,00	1.440,00	30,00
Quatro Barras	0,71	-	-	0,71	-	-
São José dos Pinhais	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A. III. 5 – Informações da Simulação S4

Município	S4					
	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	0,90	130,17	30,00	0,90	130,17	30,00
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	0,65	-	-	0,65	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	0,90	756,00	20,00	0,90	756,00	20,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-
Matinhos	1,00	1.699,00	20,00	1,00	1.699,00	20,00
Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	1,00	-	-	0,80	-	-
		-	-		-	-
		116,00	20,00		116,00	20,00
		324,00	20,00		324,00	20,00
		396,00	20,00		396,00	20,00
		559,00	20,00		559,00	20,00
Piraquara	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	30,00	1,00	1.440,00	30,00
Quatro Barras	0,71	-	-	0,71	-	-
São José dos Pinhais	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

Quadro A. III. 6 – Informações da Simulação S5

Município	S5					
	POPULAÇÃO MÍNIMA			POPULAÇÃO MÁXIMA		
	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)	ICT	Q (m3/h)	C DBO (mg/L)
Antonina	0,90	130,17	20,00	0,90	130,17	20,00
Campina Grande do Sul	0,86	-	-	0,86	-	-
Campo Alegre	0,65	-	-	0,65	-	-
Garuva	-	-	-	-	-	-
Guaraqueçaba	0,92	37,80	50,00	0,92	37,80	50,00
Guaratuba	0,90	756,00	20,00	0,90	756,00	20,00
Itapoá	-	-	-	-	-	-
Matinhos	1,00	1.699,00	20,00	1,00	1.699,00	20,00
Morretes	0,60	126,00	90,00	0,60	126,00	90,00
Paranaguá	1,00	-	-	0,90	-	-
		-	-		-	-
		116,00	20,00		116,00	20,00
		324,00	20,00		324,00	20,00
		396,00	20,00		396,00	20,00
		559,00	20,00		559,00	20,00
Piraquara	0,71	-	-	0,71	-	-
Pontal do Paraná	1,00	1.440,00	30,00	1,00	1.440,00	30,00
Quatro Barras	0,71	-	-	0,71	-	-
São José dos Pinhais	0,60	-	-	0,60	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-

FONTE: Elaborado pela Consultora

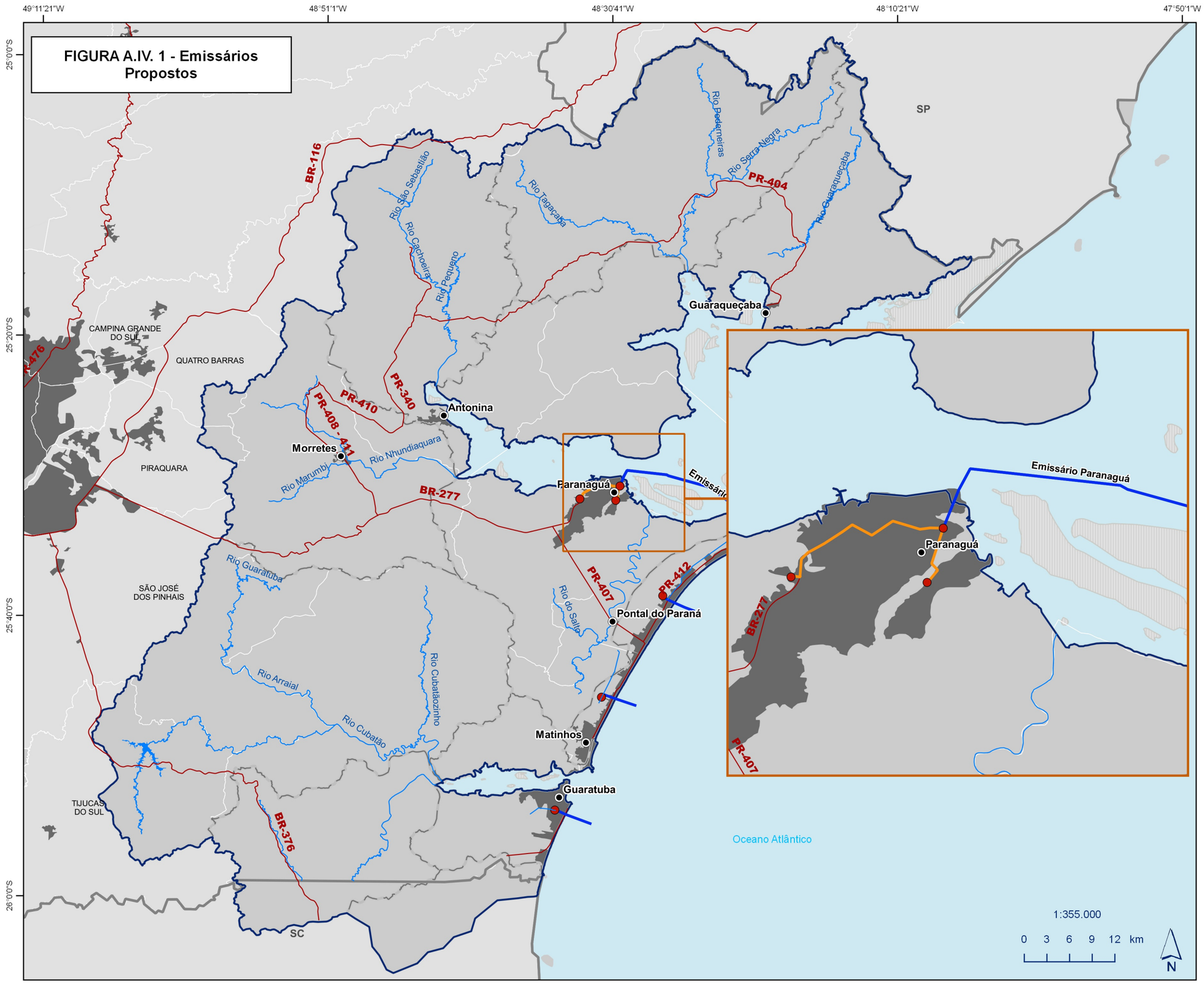
Quadro A. III. 7 – Resultado das Simulações

Município	S1		S2		S3		S4		S5	
	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga mínima a ser removida (kg/dia) - 2035	Carga máxima a ser removida (kg/dia) - 2035
Antonina	196,93	589,59	50,88	55,18	76,20	76,20	47,62	47,62	-	-
Campina Grande do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campo Alegre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Garuva	8,99	27,16	8,99	27,16	8,99	27,16	8,99	27,16	8,99	27,16
Guaraqueçaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guaratuba	16,68	16,80	16,60	16,60	4,51	4,51	-	-	-	-
Itapoá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matinhos	87,86	87,86	21,38	21,38	-	-	-	-	-	-
Morretes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paranaguá	43,37	1.154,49	38,06	289,66	4,07	251,85	4,07	251,85	4,07	17,04
Piraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pontal do Paraná	18,60	18,60	-	-	-	-	-	-	-	-
Quatro Barras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São José dos Pinhais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tijucas do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**372,43**	**1.849,50**	**135,92**	**409,98**	**93,76**	**359,70**	**60,68**	**326,62**	**34,36**	**65,49**

FONTE: Elaborado pela Consultora

APÊNDICE IV – EMISSÁRIOS PROPOSTOS

FIGURA A.IV. 1 - Emissários Propostos



Legenda

- Emissários de Lançamento
- Linha de Recalque
- Estação de Tratamento de Efluente

FONTE: Elaborado pela Consultora

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limites Estaduais
- Limite Municipal
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Rodovias
- Reservatórios
- Área Urbana
- Ilhas

Datum: SIRGAS 2000.

ANEXO A – METODODOLOGIA DE ESTIMATIVA DE CUSTO PARA SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

1.A. INTRODUÇÃO

Este anexo apresenta o texto da metodologia utilizada no Atlas Brasil de Despoluição de Bacias Hidrográficas: Esgotos Urbanos desenvolvida para a Agência Nacional de Águas na íntegra, com o intuito de dar um maior embasamento teórico nas alternativas propostas.

2.A. PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PARA SES

A proposição de soluções para os sistemas de esgotamento sanitário (SES) no âmbito do Atlas de Despoluição de Bacias Hidrográficas passou por duas abordagens principais: (i) identificação/verificação do planejamento existente do SES; e, (ii) proposição de alternativas para adequação do SES.

Do ponto de vista da primeira abordagem, que envolve a apreciação do planejamento existente, o primeiro passo foi a identificação de obras já programadas e em andamento, projetos e estudos de novos sistemas ou ampliações de sistemas existentes, a partir da consulta às Concessionárias Estaduais, Sistemas Autônomos, Empresas Privadas e Prefeituras Municipais, além dos órgãos federais e estaduais que poderiam dispor de informações sobre sistemas de esgotamento sanitário, como o Ministério das Cidades e as superintendências estaduais da FUNASA.

Para a apreciação do planejamento existente, de forma a assegurar uma análise sistêmica dos dados e aspectos envolvidos na identificação da necessidade de alternativas técnicas, foi utilizado um modelo de qualidade da água para realizar um diagnóstico dos sistemas de esgotamento sanitário e da capacidade de assimilação dos respectivos efluentes desses SES pelos corpos receptores.

Nessa ação foi dada atenção especial à adequação dos processos de tratamento de efluentes existentes ao atendimento dos padrões de lançamento previstos na legislação atual e critérios de lançamento preconizados pela entidade competente, bem como em compatibilidade às exigências necessárias ao enquadramento à classe do corpo receptor. Foi considerado, como mínimo a ser atendido na definição das alternativas técnicas, as metas de coleta e tratamento de esgotos previstas no Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB e os padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores preconizados pela resolução CONAMA N° 430/2011 ou legislações estaduais, quando houver.

De modo a contribuir com a análise preliminar dos municípios que necessitariam da proposição de alternativas técnicas, foi estabelecida uma classificação de todos os municípios brasileiros em tipologias de recursos hídricos, definidas a partir da localização geográfica do município cujas características regionais indicam a disponibilidade ou não de condições favoráveis à diluição do esgoto gerado no município.

2.a.1 Alternativas Técnicas

As alternativas técnicas foram definidas a partir da avaliação das principais características dos municípios, dos corpos receptores próximos da sede urbana e dos sistemas de esgotamento sanitário atuais, onde as propriedades dos efluentes estão diretamente ligadas à disponibilidade hídrica dos corpos receptores e presença de reservatórios ou mananciais.

As principais características que têm influência sobre a concepção do sistema de tratamento e lançamento do esgoto sanitário são:

- Disponibilidade hídrica do corpo receptor

A disponibilidade hídrica foi considerada como sendo o Q95 e no caso da existência de reservatório, a disponibilidade hídrica consiste da vazão defluente do reservatório acrescida do incremental do Q95 à jusante do reservatório. A vazão disponível para diluição é uma questão importante no momento da avaliação da alternativa técnica, pois determina o grau de tratamento a ser necessário.

- Corpos receptores com baixa capacidade de diluição

Quando a capacidade de diluição do esgoto tratado é muito baixa, as condições para o lançamento tornam-se bastante restritivas. Mesmo quando se avalia apenas em termos da remoção de matéria orgânica biodegradável, expressa em termos da DBO, pode ocorrer demanda por processos biológicos mais eficientes em relação a este quesito, levando à opção de tratamento mais oneroso e complexo operacionalmente. Em casos mais extremos, pode também exigir a remoção de sólidos, através de processos de filtração ou flotação, do efluente dos processos biológicos, assistida quimicamente ou não, dificultando ainda mais a operação do sistema. Como alternativa, pode ser avaliada a existência de outros corpos receptores mais distantes da sede urbana, mesmo que a solução possa exigir a construção de emissários mais longos. Em uma última análise, pode-se avaliar a necessidade de propor um enquadramento do corpo receptor mais flexível.

Outra questão importante relacionada a capacidade de diluição dos corpos receptores é a existência de rios intermitentes, em que o lançamento de efluentes nos mesmos pode não estar de acordo com as a legislações vigente.

- Existência de reservatório a jusante

Nos casos de existência de reservatório a jusante, ocorre a necessidade de remoção complementar de fósforo, demandando tratamento físico-químico adicional ao biológico, ou ainda, flotação com ar dissolvido. Com isso, para obtenção de níveis

elevados de restrição para o lançamento de fósforo, um dos recursos a ser utilizado é a coagulação seguida da floculação química, com posterior separação de sólidos em decantadores, flotadores ou filtros. Além da complexidade operacional, este tipo de tratamento final resulta em custo operacional elevado devido ao alto consumo de coagulante e grande produção de lodo químico. A outra alternativa refere-se à utilização da flotação com ar dissolvido, que atualmente é a mais usada, por conta de sua viabilidade em função da menor complexidade operacional.

- Existência de manancial a jusante

Dentre as principais preocupações a respeito do lançamento do esgoto tratado em mananciais se relaciona com a presença de nitrato. Este íon tóxico é resultante da oxidação biológica da amônia e traz grave problema ao abastecimento público de água, razão pela qual sua concentração é limitada por padrão de potabilidade. Portanto, quando é previsto que não há capacidade de diluição suficiente no corpo receptor, a desnitrificação, redução biológica do nitrato a nitrogênio gasoso, é indispensável. Essa necessidade torna o tratamento do esgoto mais complexo operacionalmente, inviabilizando o emprego de tecnologias mais simples.

A avaliação dos SES, a partir da aplicação do modelo de qualidade da água, é realizada a partir da consideração de sua eficiência na remoção de DBO, fósforo e nitrogênio. Por conta disso, foi necessária a definição de um conjunto de alternativas técnicas que variassem sua eficiência desde 60% (equivalente ao lançamento de 120 mg/L de DBO) até 97% (equivalente ao lançamento de 10 mg/L de DBO), passando por alternativas que envolvessem o tratamento terciário, necessários para remoção de fósforo e/ou nitrogênio no sistema.

Algumas premissas gerais foram adotadas durante a definição das alternativas técnicas que seriam consideradas pelo estudo, as quais são pontuadas a seguir:

(i) Em relação ao pré-tratamento, foi estabelecido o tratamento preliminar mecanizado nos sistemas de maior porte e com tratamento biológico de alto grau de mecanização e o tratamento prévio manual nos sistemas de pequeno porte e baixo grau de mecanização.

(ii) A Remoção de Nitrogênio, quando necessária, poderá ser feita pelo processo de lodo ativado de fluxo contínuo, ou batelada, com nitrificação e desnitrificação. Nessa opção, o tratamento anaeróbio não poderá ser utilizado como unidade inicial de tratamento, em função da necessidade de carbono rapidamente biodegradável para desnitrificação.

(iii) A Remoção de Fósforo, quando necessária, poderá ser feita por processo físico-químico, através da adição de coagulantes, sais de alumínio (sulfato de alumínio) ou ferro (cloreto férrico), e processos para remoção dos flocos formados, tais como, sedimentação, flotação ou filtração. Alternativamente, poderá ser considerada a remoção biológica de fósforo conjuntamente com ou sem polimento final através do físico-químico. Nessa opção, o tratamento anaeróbio não poderá ser utilizado como unidade inicial de tratamento, em função da necessidade de carbono rapidamente biodegradável.

(iv) Foi considerada a necessidade de aplicação de produtos químicos (coagulação) seguida de remoção de sólidos (filtração/flotação) aplicado ao efluente de lodos ativados, nos casos em que se deseja efluentes com DBO igual ou menor que 10 mg/L.

(v) A desinfecção é considerada principalmente quando a solução para os efluentes sanitários for a disposição no mar com objetivo de atender aos padrões de balneabilidade. A desinfecção poderá ser feita através da cloração ou por radiação Ultravioleta, sempre considerando as condições do efluente previamente tratado. No caso de rios com baixa capacidade de diluição, como os situados na região do Semiárido, a remoção de microrganismos patogênicos poderá ser atingida através de lagoas de maturação, utilizadas como etapa final do processo de tratamento.

Ainda sobre a desinfecção, abordada no item anterior, é desejável em qualquer situação de lançamento, mas a sua aplicação deve ser planejada adequadamente para que seja garantida uma eficiência elevada na inativação de patógenos, sem a formação de subprodutos indesejáveis. Inicialmente, deve ser considerado que a desinfecção não leva à esterilização do esgoto e que as resistências dos diversos grupos de microrganismos aos diversos agentes desinfetantes são diferentes. Cistos de protozoários e ovos de helmintos são resistentes à ação do cloro e à radiação ultravioleta, podendo ser apenas separados do esgoto e não inativados. Nos sistemas de lagoas de estabilização, dada a baixa velocidade do escoamento, estes organismos são 100% separados por sedimentação. Nas estações de água para abastecimento e nas estações de tratamento de esgoto por outros processos que não pelo emprego de lagoas, há a necessidade de filtração do efluente final para a remoção destes grupos de patógenos para obtenção de eficiência elevada. Sob esta ótica, no caso do semiárido, o emprego de sistemas de lagoas é primordial. Quanto maior o tempo de detenção do esgoto no sistema, aumenta também o decaimento de coliformes

termotolerantes, propiciando condições inclusive para o lançamento em águas classe 2 em situação de baixa capacidade de diluição.

No caso dos demais processos de tratamento de esgoto que não as lagoas de estabilização, a cloração é o processo mais usado e tem contra si sua própria ação residual tóxica, além da possibilidade de formação de subprodutos tóxicos. Inclusive, em determinadas situações, pode até ser considerado mais conveniente prescindir da desinfecção do esgoto na ETE para aplicação na fase da ETA, onde a água se encontra mais limpa e, portanto, menos propensa às reações paralelas de formação de trialometanos e ácidos haloacéticos. Por esta razão e também pela competitividade econômica, os processos à base de aplicação de radiação ultravioleta por meio de lâmpadas artificiais são alternativos, porém, de uso ainda restrito em nosso país. No caso das regiões costeiras, onde há possibilidade de disposição oceânica, a cloração tem sido o recurso mais utilizado. Além do vasto conhecimento de sua aplicação, neste caso o objetivo é garantir a balneabilidade, pois não há uso da água salgada para abastecimento público.

Com a definição das premissas e a avaliação dos tipos de tratamento das ETEs identificadas durante o desenvolvimento do Atlas, foi estabelecido um conjunto de alternativas técnicas que serão utilizadas como referência para o estabelecimento das soluções de tratamento para os municípios que não possuem planejamento.

O *Quadro 2.a.1* apresenta a relação de alternativas técnicas definida, levando-se em consideração a eficiência na remoção de DBO.

Quadro 2.a.1. Eficiências de remoção de DBO das alternativas técnicas

Remoção de DBO (%)	Opções de Tratamento
60	Fossa Séptica + Filtro
	Primário + Químico
	Reator Anaeróbio
	Lagoa Facultativa
80	Reator Anaeróbio + Filtro Biológico Percolador (sem Decantador)
	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa
	Reator Anaeróbio + Lagoa Facultativa
	Lagoa Aerada
90	Reator Anaeróbio + Lodo ativado
	Reator Anaeróbio + Filtro Biológico Percolador + Decantador
	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação + Flotação com polímero
91	Lodo ativado convencional

Remoção de DBO (%)	Opções de Tratamento
93	Reator Anaeróbio + Lodo Ativado de Aeração Prolongada
	Reator Anaeróbio + Filtro Biológico Percolador + Decantador
	Lodo Ativado em Bateladas + Hipoclorito de Sódio
95	Reator anaeróbio + Lodo ativado de aeração prolongada + Químico
97	Reator Anaeróbio + Filtro Biológico Percolador + Filtro Rápido de Gravidade
	Lodo Ativado com Membrana
	Reator Anaeróbio + Lodo Ativado com Aeração Prolongada + Filtro Rápido por Gravidade

FONTE: ANA (2017)

Como se pode notar no *Quadro 2.a.1* foram selecionadas alternativas técnicas para remoção de DBO de acordo com o nível de remoção requerido utilizando processos biológicos e/ou alternativas mais complexas envolvendo os processos físico-químicos. Processos adicionais deverão ser considerados quando houver a necessidade de remoção de nutrientes e microrganismos, conforme premissas já apresentadas neste item. Com isso, é possível selecionar uma das alternativas que atenda aos requisitos de qualidade do corpo receptor.

2.a.2 Estimativas dos Custos de Implantação para SES

No Brasil, ainda há uma carência de informações, no que diz respeito os custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Isto não significa que eles não existam, como atestam Brudeki e Aisse (2007); ANA (2008), Lucca, Samways e Aisse (2011), Salazar e Von Sperling (2011), incluindo os custos de tratamento.

Portanto, no Brasil não é comum a divulgação de informações de custos de obras de saneamento e menos ainda, a compilação destes dados para que representem os valores financeiros realizados (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2009). É necessário reunir uma base de dados sólida e suficiente para elaborar estimativas de custo para implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário, no contexto de planejamento de soluções integradas, visando soluções viáveis e sustentáveis.

O objetivo desta metodologia é apresentar estimativas de custos de implantação para a coleta, o transporte e o tratamento de esgoto, fornecendo subsídio às tomadas de decisões e no auxílio de planejamento (PACHECO, 2011).

Sabe-se que os custos de operação (incluindo mão-de-obra, energia, insumos e manutenção) podem fazer diferença na escolha de alternativas de transporte e de tratamento. Entretanto, entende-se que para obter estes custos seria necessário desenvolver diversos estudos econômicos, para cada município, fazendo o seus respectivos pré-dimensionamentos das unidades para determinar os custos de

operação para um determinado período (normalmente para 20 anos), trazendo os custos para o valor presente.

2.a.2.1 Custos para a Coleta e Transporte de Esgoto

- **Redes Coletoras de Esgoto**

Na obtenção dos custos de implantação da rede coletora de esgoto foram realizados orçamentos, considerando algumas condições que podem ser encontradas in loco, fato que possibilitou desenvolver uma matriz de orçamentos, de acordo em que os parâmetros são alterados (PACHECO, 2011). Para este estudo foram considerados uma rede coletora com solo favorável com urbanização (presença de calçadas e asfaltos para recomposição e interferências na implantação da rede).

Para as redes coletoras de esgoto foi adotado o tubo de PVC. Desta forma, este estudo considerou apenas o (ii) diâmetro do tubo que poderá ser determinado através do número de habitantes (dado de entrada) da área a ser esgotada, utilizando-se o *Quadro 2.a.2* (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2009).

Quadro 2.a.2. Distribuição da composição dos diâmetros da rede de transporte de esgotos por faixas de população de saturação

População (hab)	Diâmetros Nominais (mm)						
	150	200	250	350	500	800	1000
1 - 5.000	100%						
5.001 - 10.000	80,00%	20,00%					
10.001 - 20.000	72,73%	18,18%	9,09%				
20.001 - 50.000	69,57%	17,39%	8,70%	4,35%			
50.001 - 100.000	68,09%	17,02%	8,51%	4,26%	2,13%		
100.001 - 200.000	67,37%	16,84%	8,42%	4,21%	2,11%	1,05%	
200.001 - 500.000	67,02%	16,75%	8,38%	4,19%	2,09%	1,05%	0,52%

FONTE: Agência Nacional de Águas - ANA (2008)

Quanto à profundidade, foi necessário classificar as redes em relação ao tipo de escoramento. As profundidades dos tubos estão diretamente correlacionadas com a declividade do terreno. O *Quadro 2.a.3* apresenta os tipos de escoramentos comuns utilizados como parâmetro de projeto e obra, com suas respectivas faixas de profundidade.

Quadro 2.a.3. Tipo de escoramento por profundidade de escavação

Profundidade (m)	Tipo de Escoramento
Até 1,50	Sem escoramento
1,50 – 1,70	Pontalete
1,70 – 2,30	Descontínuo
2,30 – 3,00	Contínuo
3,00 – 4,00	Especial
4,00 – 10,00	Metálico e Madeira

FONTE: Agência Nacional de Águas - ANA (2008)

Para determinar as profundidades, foram atribuídos percentuais de escoramento. Neste caso, foram utilizadas as informações contidas nas planilhas de dimensionamento das redes coletoras de 70 sub-bacias do Projeto de SES Porto Velho (HAGAPLAN-COBRAPE, 2008), como estudo de caso. Estas informações foram organizadas, classificadas e parametrizadas (de acordo com os parâmetros da *Quadro 2.a.3*), conforme apresentado no *Quadro 2.a.4.*

Quadro 2.a.4. Distribuição da composição do tipo de escoramento por nível de declividade terreno

Nível de declividade	Sem Escoramento	Pontalete	Descontínuo	Contínuo	Especial	Metálico e Madeira
1	81%	5%	11%	3%		
2	66%	8%	16%	9%	1%	0%
3	57%	7%	16%	14%	5%	1%
4	48%	6%	15%	15%	11%	5%
5	23%	3%	18%	21%	20%	15%

FONTE: ANA (2017)

Neste estudo foram utilizados os índices do nível de terrenos 3, em destaque no quadro anterior. Os cálculos das porcentagens por nível de terreno foram considerados e adotados os seguintes parâmetros:

- Porcentagens das extensões nas faixas de escoramentos para cada sub-bacia de acordo com o *Quadro 2.a.4*;
- Pesos para cada faixa de escoramento, proporcionais aos custos de implantação (preço SABESP) da respectiva faixa de escoramento;
- Classificação das sub-bacias por ordem crescente em relação à soma dos pesos;
- Foram adotados cinco níveis para classificação crescente das sub-bacias da média aritmética dos escoramentos sendo, de 0 a 10% para o nível 1, de 10 a

30% para o nível 2, de 30 a 60% para o nível 3, de 60 a 90% para o nível 4 e de 90 a 100% para o nível 5;

O grau de urbanização também é um fator que pode ter influência direta nos custos das redes, ou seja, quanto mais urbanizada é área de implantação (ou sub-bacia), maior é a chance de encontrar interferências, tais como: redes de distribuição de água, redes de drenagem, redes elétrica e telefônica e travessias (de córregos, rodovias e ferrovias) entre outros casos particulares, além dos custos adicionais de recomposição de calçadas e asfalto (PACHECO, 2011).

Outro fator determinante é o tipo do solo onde as redes serão implantadas. Para diferentes tipos de solo existem diferentes tecnologias de execução que possuem influência direta nos custos. O resultado dos custos das redes coletoras de esgoto, por diâmetro, pode ser observado no *Quadro 2.a.5*.

Quadro 2.a.5 Custo da RCE (R$/m) para solo favorável e alta urbanização

DN 150 mm (R$/m)	DN 200 mm (R$/m)	DN 250 mm (R$/m)	DN 300 mm (R$/m)	DN 350 mm (R$/m)
211,83	238,77	282,74	336,73	379,14

FONTE: Elaborado pela Consultora

Estes custos apresentam um solo favorável, mas com certa urbanização, interferências e recomposição de pavimento maior. Para se determinar o custo final da rede de uma área é necessário utilizar-se de taxas de implantação de rede, como por exemplo, de 180 m/ha, conforme o sistema viário.

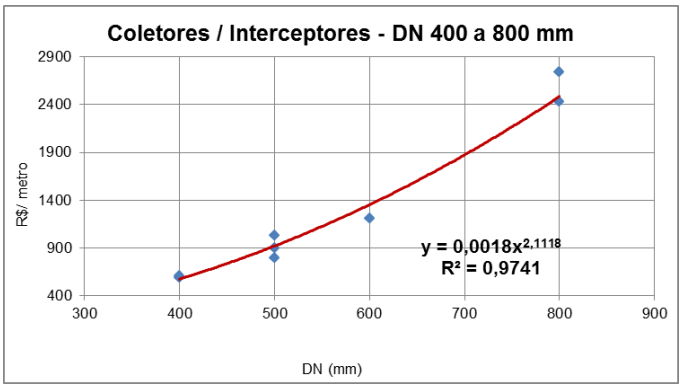
- **Coletores e Interceptores**

Para a obtenção das equações para os custos de coletores e interceptores foram utilizados 55 orçamentos de projetos, atualizados através do Índice Nacional da Construção Civil - INCC da Fundação Getúlio Vargas – FGV. Destes orçamentos 5 são do Estado de Espírito Santo, 9 do Paraná, 10 de Rondônia e 31 de São Paulo. Foram classificados por diâmetro, material e o resultado final para os custos dos coletores e interceptores apresentados em R$/m.

A seguir estão apresentados os resultados dos custos dos Coletores e Interceptores por faixa de diâmetro nominal – DN. O dado de entrada das equações de potência está em função de “x”, diâmetro nominal – DN (em mm) do tubo.

Para classificar os diferentes DNs no mesmo coletor e interceptor foi escolhido um DN’, de acordo com melhor relação R$/m. A *Figura 2.a.1* apresenta a curva e equação para os custos de coletores e interceptores de DN 400 a 800 mm.

Figura 2.a.1. Custo dos Coletores/ Interceptores – DN 400 a 800 mm



FONTE: Elaborado pela Consultora

Para se determinar o custo final destas obras lineares é necessário estimar a sua extensão e DN, de acordo com o estudo de concepção ou alternativas de projeto a ser avaliadas. Outra opção é utilizar-se das relações de DN e população da tabela 1, sendo um pré-requisito conhecer a população correspondente do esgoto a ser transportado.

- **Estações Elevatórias de Esgoto**

Inicialmente foram realizadas atualizações de 105 orçamentos de elevatórias de esgoto através do Índice Nacional da Construção Civil - INCC da Fundação Getúlio Vargas – FGV. Os orçamentos são 11 do Estado do Espírito Santo, 8 do Maranhão, 15 do Paraná, 23 de Rondônia e 48 de São Paulo.

Na obtenção dos custos de elevatórias de esgoto foi comum observar diferentes custos para mesma vazão de recalque, por influência dos seguintes fatores:

- Altura manométrica da linha de recalque;
- Tipo do conjunto bomba utilizado (submersível (96%), autoescorvante (2%), deslocamento positivo (2%); e
- Padrão construtivo da estrutura civil da EEE (profundidade do poço, tanque de acúmulo, guindaste, entrada, gerador de energia etc.).

Como a maioria das EEE apresentadas (96%) eram do tipo submersível, para este estudo, propõe-se a seguinte classificação, de acordo com o *Quadro 2.a.6* que é baseada apenas nas diferentes alturas manométricas.

Quadro 2.a.6. Classificação das alturas manométricas para conjuntos moto bombas das EEEs

Altura Manométrica	Classificação
Até 15 m.c.a.	Baixa
De 15 a 30 m.c.a.	Média Baixa
De 30 a 45 m.c.a.	Média Alta
Maior que 45 m.c.a.	Alta

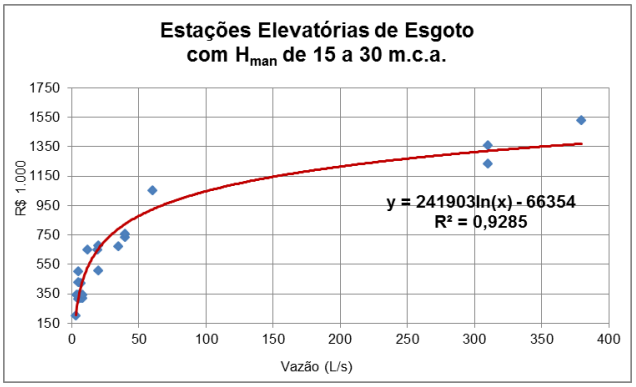
FONTE: Elaborado pela Consultora

Então, os dados de entrada visando determinar o custo de implantação da EEE são: vazão (L/s) e altura manométrica (m.c.a). Neste estudo foram considerados conjuntos bombas de 15 a 30 m.c.a. (média baixa).

A seguir está apresentado o resultado para as estações elevatórias de esgoto – EEEs, considerando as diferentes classificações das alturas manométricas, sendo a vazão (em L/s) adotada como a variável “x” da equação.

As estações elevatórias de esgoto na faixa de altura manométrica de 15 até 30 m.c.a possuem uma vazão maior, variando de 3,1 L/s a 380,0 L/s, como é apresentado na *Figura 2.a.2*.

Figura 2.a.2. Custo de EEE com Hman de 15 a 30 m.c.a.



FONTE: Elaborado pela Consultora

A linha de tendência que melhor representou os custos das estações elevatórias de esgoto Hman até 15 a 30 m.c.a. foi a logarítmica, pois, o acréscimo de vazão faz o custo inicial da unidade pode ser diluído com o ganho em escala.

- **Linhas de Recalque (Emissários)**

Inicialmente foram realizadas atualizações dos custos das linhas de recalque através do Índice Nacional da Construção Civil - INCC da Fundação Getúlio Vargas – FGV. Foram utilizados 137 orçamentos, sendo 11 do Estado do Espírito Santo, 37 do Maranhão, 12 do Paraná, 24 de Rondônia e 43 de São Paulo.

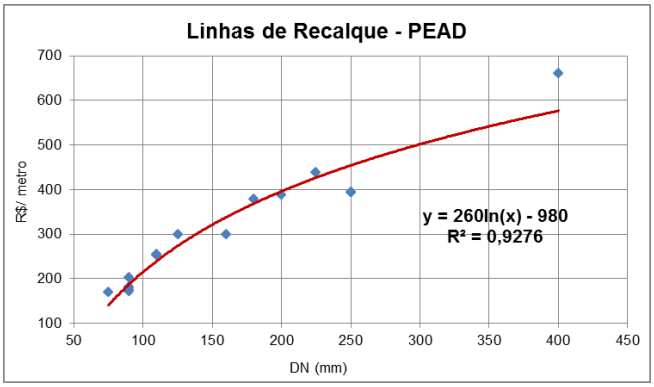
Após a atualização dos custos das linhas de recalque, foi necessário classificá-las de acordo com os materiais, pois, percebeu-se uma grande dispersão dos valores dos materiais (PEAD, PVC, PVC DeFoFo, FoFo, FD, PRFV e RPVC) para o mesmo diâmetro nominal.

O dado de entrada da equação para se determinar os custos das linhas de recalque é o DN. Desta forma, a equação obtida pelo gráfico do tipo custo por vazão foi expressa em função DN e apresenta o resultado em R$/m.

A *Figura 2.3* apresenta o resultado dos custos para as linhas de recalque, também denominadas como emissários.

A equação que melhor pode exprimir os custos para as linhas de recalque para o material PEAD foi a equação do tipo potência, *Figura 2.a.3*. A entrada da equação é dada em função de "x" que é o diâmetro nominal – DN (em mm) da linha de recalque.

Figura 2.a.3. Custo de Linhas de Recalque – PEAD



FONTE: Elaborado pela Consultora

Para se obter o custo final da linha é necessário conhecer a extensão total. Neste caso, para as extensões, pode se utilizar os dados do estudo de concepção ou da alternativa a ser avaliada.

A partir das curvas, custos de coleta e transporte apresentados, foram realizadas simulações de vários tamanhos de sub-bacias, com um acréscimo proporcional de população, de acordo com o tamanho delas. O objetivo desta simulação é calcular um custo médio per capita para coleta e transporte de esgoto.

Os parâmetros adotados para o cálculo das unidades de coleta e transporte, considerando sub-bacias de esgotamento, são os seguintes:

- Esgoto *per capita* = 180 L/hab.dia
- Taxa de rede = 180 m/ha
- Densidade populacional = 40 hab./ha
- Taxa de Linha de Recalque = 0,25 m/hab.

- Taxa de Coletor-tronco = 1,00 m/hab
- Velocidade no tubo (LR) = 1,50 m/s

Os resultados das simulações dos custos de coleta e transporte de esgoto podem ser observados nos quadros a seguir (*Quadros 2.a.7 a 2.a.10).*

Quadro 2.a.7. Custo de Coleta e Transporte para sub-bacias de esgotamento pequenas

Sub-bacia de Esgotamento	**Pequena**		
Habitantes	**1.500**	**2.500**	**4.000**
Rede Coletora	1.429.842,90	2.383.071,50	3.812.914,40
EEE	-	332.848,82	893.088,22
LR	-	166.381,11	306.186,22
Coletor	-		
Custo total (R$)	1.429.842,90	2.882.301,43	5.012.188,84
Custo per capita (R$/ hab.)	953,23	1.152,92	1.253,05

FONTE: ANA (2017)

Quadro 2.a.8. Custo de Coleta e Transporte para sub-bacias de esgotamento médias-pequenas

Sub-bacia de Esgotamento	**Médias/pequenas**		
Habitantes	**5.000**	**7.000**	**10.000**
Rede Coletora	4.766.143,00	6.842.361,04	9.774.801,49
EEE	500.523,20	1.163.833,70	2.004.592,76
LR	396.847,57	607.357,81	929.561,54
Coletor			
Custo total (R$)	5.663.513,77	8.613.552,55	12.708.955,79
Custo per capita (R$/ hab.)	1.132,70	1.230,51	1.270,90

FONTE: ANA (2017)

Quadro 2.a.9. Custo de Coleta e Transporte para sub-bacias de esgotamento médias

Sub-bacia de Esgotamento	Média		
Habitantes	**15.000**	**20.000**	**30.000**
Rede Coletora	15.064.219,37	20.085.625,83	31.047.748,74
EEE	1.532.561,63	2.507.615,91	3.735.820,78
LR	1.498.518,57	2.115.464,46	3.428.199,56
Coletor		489.578,17	734.367,26
Custo total (R$)	18.095.299,57	25.198.284,37	38.946.136,34
Custo per capita (R$/ hab.)	1.206,35	1.259,91	1.298,20

FONTE: ANA (2017)

Quadro 2.a.10. Custo de Coleta e Transporte para sub-bacias de esgotamento grandes

Sub-bacia de Esgotamento	Grande		
Habitantes	**45.000**	**70.000**	**90.000**
Rede Coletora	46.571.623,10	70.902.202,19	91.159.974,25
EEE	3.096.115,26	4.555.676,36	5.998.564,02
LR	5.454.828,12	9.105.569,72	12.132.453,86
Coletor	1.101.550,89	3.022.181,99	3.885.662,55
Custo total (R$)	56.224.117,38	87.585.630,25	113.176.654,68
Custo *per capita* (R$/ hab.)	1.249,42	1.251,22	1.257,52

FONTE: ANA (2017)

O custo médio per capita para coleta e transporte do esgoto encontrado, considerando os diferentes tamanhos de sub-bacias de esgotamento (conforme demonstrado nos quadros anteriores), é de **R$ 1.210,00/ hab.**

2.a.2.2 Tratamento de Esgoto

A metodologia para os custos de tratamento das ETEs consistiu, primeiramente, na classificação dos tipos de processos, conforme descrito adiante. Posteriormente, os custos das ETEs foram atualizados e também classificados por vazão.

Em geral, os custos de tratamento de esgoto são fornecidos por gráfico do tipo custo por vazão – que tem relação direta com a população, determinado pelo consumo per capita de água, taxa de retorno e coeficientes (k1, k2 e k3).

Desta forma, as estações de tratamento de esgoto foram analisadas observando a capacidade nominal de projeto e não para o atendimento inicial de plano da

população, pois, no início de plano, geralmente as estações se encontram parcialmente ociosas – o que resultaria num custo específico maior para o tratamento.

Os processos de tratamento mais encontrados, na base de dados, foram classificados, como proposição, da seguinte forma:

(i) Lagoa Facultativa + Maturação;
(ii) Lagoa Anaeróbia + Facultativa;
(iii) Reatores Anaeróbios do tipo RALF ou UASB;
(iv) Reatores Anaeróbios do tipo UASB com filtro biológico e decantadores;
(v) Reatores Anaeróbios do tipo UASB com lodos ativados; e,
(vi) Reatores Aeróbios – Lodos Ativados (lodos ativados convencional, lodos ativados por aeração prolongada e lodos ativados de fluxo intermitente).

Então, foram desenvolvidas oito equações de base para se determinar os custos de cada processo e variações. O dado de entrada para as ETEs é a vazão (L/s).

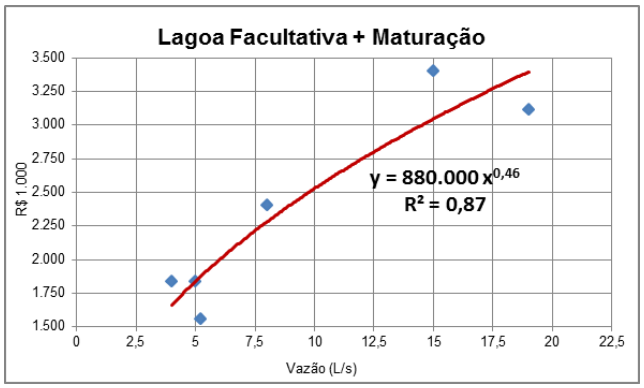
Apesar dos custos das ETEs dependerem diretamente da tecnologia aplicada, quem dita a regra de qual a melhor tecnologia é o corpo receptor. É ele quem demanda uma determinada eficiência de remoção de carga orgânica, de acordo com as suas características, observando as diretrizes da resolução CONAMA 357/05 (PACHECO, 2011).

Desta forma, sem um estudo aprofundado, recomenda-se cautela na escolha do sistema de tratamento mais adequado, com outros subsídios de escolha além do custo de implantação, inclusive considerando os custos de operação e custos para compra do terreno – não apresentados neste estudo (PACHECO, 2011).

A seguir estão apresentados os resultados das estações de tratamento de esgoto – ETEs, por processo de tratamento, conforme proposto. Nos eixos das ordenadas (y) está represento o custo da ETE (R$ 1.000) e nos eixos das abscissas (x) representada a vazão média da ETE em L/s, conforme é apresentado nas figuras a seguir.

Para determinar a curva de custos das Lagoas Facultativas + Maturação *(ver figura 2.a.4)* foram utilizados os custos atualizados de projetos destes tipos de lagoas. Ressalta-se que o uso desta curva está restrito para pequenas vazões (população de até 10 mil habitantes).

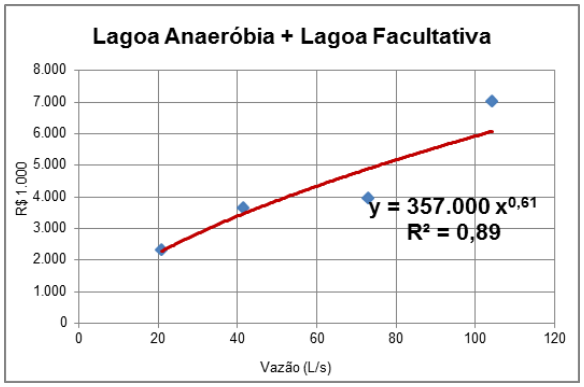
Figura 2.a.4. Custo de Lagoa Facultativa + Maturação



FONTE: ANA (2017)

Para determinar a curva de custos das Lagoas Anaeróbias mais Facultativas foram utilizados custos atualizados de curvas e per capitas existentes (Curvas Atlas Regiões Metropolitanas e Nunes *et al*, 2005) destes processos de tratamentos (*Figura 2.a.5*). O custo *per capita* deste tratamento ficou em R$ 166/ hab.

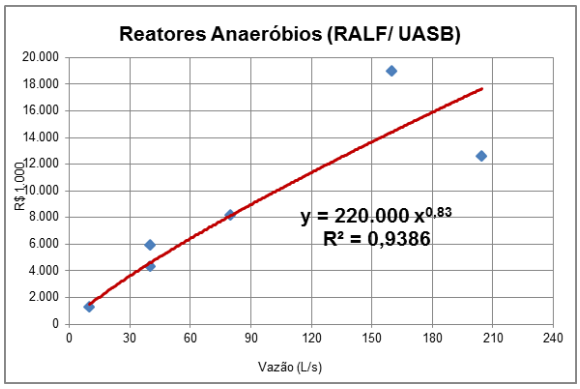
Figura 2.a.5. Custo de Lagoa Anaeróbia + Facultativa



FONTE: ANA (2017)

Para obter os custos apenas dos Reatores Anaeróbios do tipo RALF e UASB, foram considerados os custos de RALFs com filtros anaeróbios e UASBs com filtros biológicos e com decantadores. Depois, os custos dos filtros e decantadores foram subtraídos para resultar na seguinte curva (*Figura 2.a.6*).

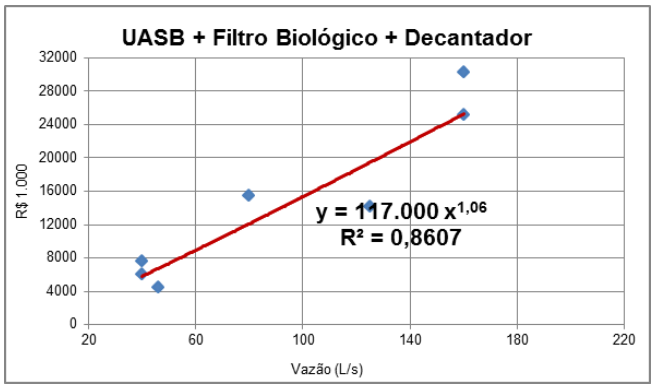
Figura 2.a.6. Custo de Reator Anaeróbio (RALF/ UASB)



FONTE: ANA (2017)

Os custos de RALF/ UASB com filtro biológico seguidos de decantadores secundários foram determinados através de custos atualizados deste tipo de processo, o resultado pode ser observado conforme a *Figura 2.a.7*.

Figura 2.a.7. Custo de UASB + Filtro Biológico + Decantador

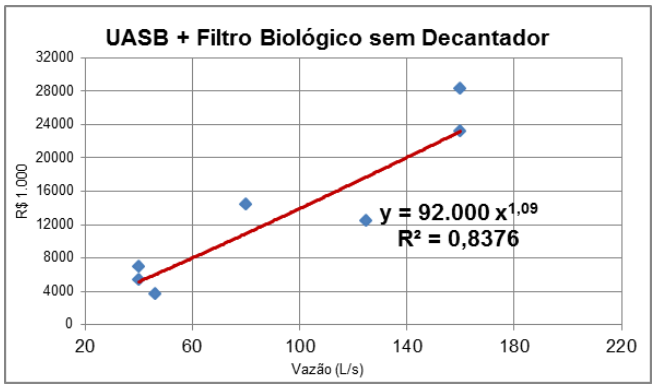


FONTE: ANA (2017)

O custo médio *per capita* de implantação para os RALFs/UASBs com filtros biológicos seguidos de decantadores secundários é de R$ 308/ hab.

Para se determinar os custos de RALF/UASB com filtro biológico, sem os decantadores secundários, foram subtraídos os custos dos decantadores da equação anterior. O resultado pode ser observado conforme a *Figura 2.a.8*.

Figura 2.a.8. Custo de UASB + Filtro Biológico sem Decantador

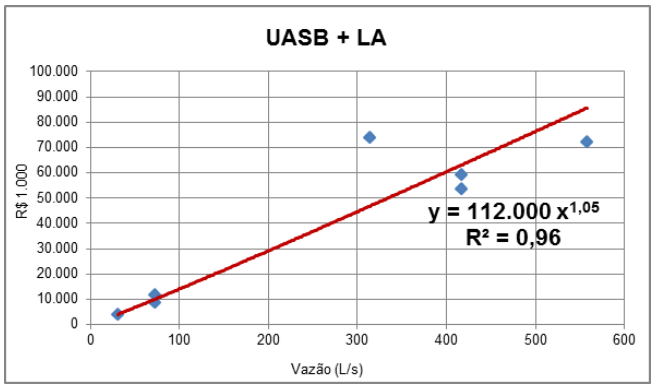


FONTE: ANA (2017)

O custo médio *per capita* de implantação para os RALFs/ UASBs com filtros biológicos sem os decantadores secundários é de R$ 288/ hab.

Os custos de UASB mais lodos ativados foram determinados através de custos de projetos deste tipo de processo e custos per capitas (Nunes *et al*, 2005), ambos atualizados. O resultado da curva pode ser observado conforme a *Figura 2.a.9*.

Figura 2.a.9. Custo de UASB + Lodos Ativados

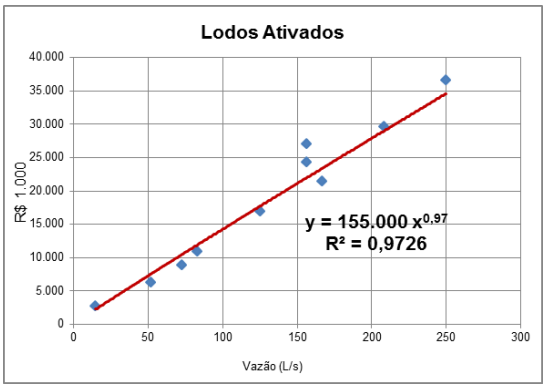


FONTE: ANA (2017)

O custo médio *per capita* de implantação para os UASB mais lodos ativados é de R$ 294/ hab.

Para determinar a curva de custos das ETEs do tipo Lodos Ativados foram utilizados custos atualizados de curvas e *per capitas* existentes (Curvas Atlas Regiões Metropolitanas e Nunes *et al*, 2005) destes processos de tratamentos (*Figura 2.a.10*).

Figura 2.a.10. Custo de Lodos Ativados

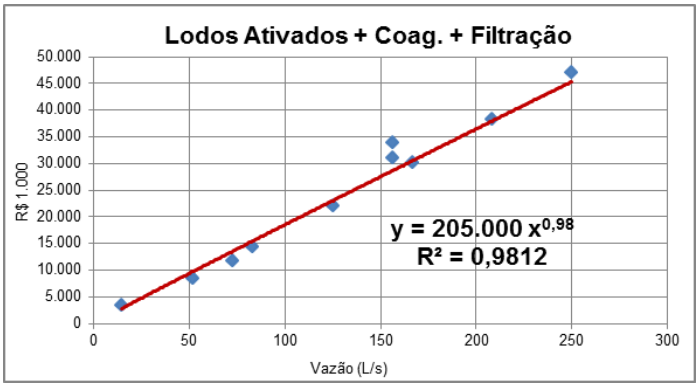


FONTE: ANA (2017)

O custo médio *per capita* de implantação deste tratamento ficou em R$ 296/ hab.

A partir dos custos da *Figura 2.a.20* foram determinados os custos de lodos ativados com coagulação (Fe) mais filtração. Para isto, foi acrescido 10% dos custos da ETE Lodos ativados, além da adição da equação do tratamento terciário (**y= 27.000 x**), resultando nos custos apresentados na *Figura 2.a.11*.

Figura 2.a.11. Custo de Lodos Ativados + Coagulação + Filtração



FONTE: Elaborado pela Consultora

O custo médio *per capita* de implantação da ETE de lodos ativados com coagulação (Fe) mais filtração ficou em R$ 385/ hab.

Ressalta-se que para obter os custos de implantação das Estações de Tratamento do tipo Grade Mecanizada + Hipoclorito de Sódio + Lançamento em Emissário Submarino e/ ou Grade Mecanizada + Hipoclorito de Sódio + Lançamento em Emissário Submarino serão necessários realizar um estudo mais aprofundado caso-a-caso. Entretanto, entende-se o número desta solução particularizada para os municípios do Brasil não será muito utilizada, pois, são poucos municípios da região costeira que se enquadrarão nela.

2.a.2.3 Emissários para lançamento em corpos receptores

A partir dos resultados da modelagem para a determinação das cargas de DBO de um determinado município versus as tipologias dos processos de tratamentos, visando o abatimento destas cargas de acordo com as disponibilidades hídricas para a diluição, foi possível incluir no modelo a implantação de emissários para conduzir os esgotos tratados até o lançamento final, sendo a escolha da implantação dos emissários responsabilidade da modelagem.

Para as Elevatórias e condutos forçados (linhas de recalque) foram consideradas as vazões médias. Os pré-dimensionamentos dos DNs das linhas de recalque utilizaram a equação de Bresse:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Onde:

D é o diâmetro nominal (m);

Q é a vazão (m³/s); e,

V é velocidade no tubo (foi adotado 1,2 m/s).

Para os condutos livres (interceptores) foram consideradas as vazões de máxima horária.

Os interceptores foram pré-dimensionados de forma a garantir uma tensão trativa média não inferior a 1,5 Pa para a autolimpeza da tubulação. A declividade que satisfaz esta condição para o coeficiente de Manning *n* = 0,013 é dada pela seguinte expressão:

$$I_{mín} = 0{,}00035 * Q_i^{-0{,}47}$$

Onde:

I_{min} = declividade mínima do interceptor em m/m; e,

Q_i = vazão inicial em m^3/s.

As tubulações foram projetadas para funcionar com lâmina igual ou inferior a 75% do diâmetro, ou seja, a uma condição de Y/D = 0,75, que pode ser calculado a parir da seguinte equação:

$$D = \left(0{,}0463 . \frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0{,}375}$$

Onde:

D = diâmetro em m;

Q_f = vazão final em m^3/s; e,

I = declividade em m/s.

A equação para determinar os custos das Estações Elevatórias de Esgoto foi para Hman de 15 a 30 mca, sendo a vazão (em L/s) adotada como a variável "x" e "y" o valor expresso em R$ da equação:

$$\boldsymbol{y = 241.903 * ln(x) - 66.354}$$

A equação para determinar os custos das Linhas de Recalque foi para o material em PEAD. A entrada da equação é dada em função de "x" que é o diâmetro nominal – DN (em mm) e "y" o valor expresso em R$/m da equação:

$$\boldsymbol{y = 152,37 * ln(x) - 435,48}$$

A equação para determinar os custos dos Interceptores foi para DN de 400 a 800 em Concreto Armado (CA). A entrada da equação é dada em função de "x" que é o diâmetro nominal – DN (em mm) e "y" o valor expresso em R$/m da equação:

$$\boldsymbol{y = 0,0018 * x^{2,1118}}$$

A modelagem considerou, quando necessário, a implantação de emissários de 6, 10, 15 e 21 km de extensão. Para que seja possível a implantação de emissários desses comprimentos foram considerados sistemas com Estações Elevatórias, linhas de recalque e interceptores, seguindo esta configuração.

Quadro 2.a.12. Custo de emissários por extensão (km)

Extensão (km)	Estação Elevatória	Linha de Recalque	Interceptor
6	100%	40%	60%
10	100%	50%	50%
15	100%	50%	50%
21	100%	50%	50%

FONTE: ANA (2017)

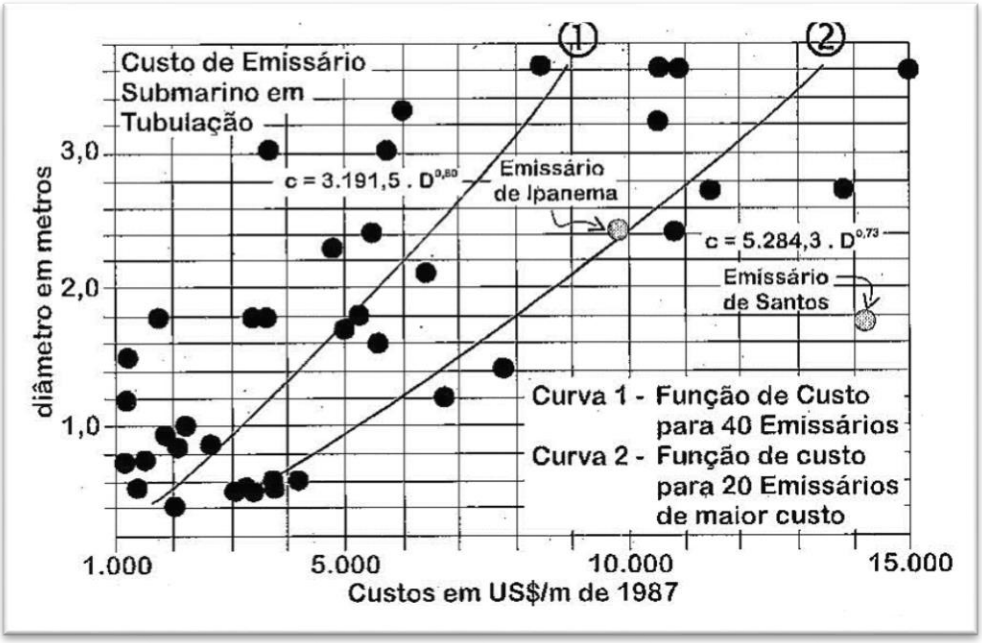
O custo final do emissário é a soma dos custos da Elevatória, Linha de recalque e Interceptor, de acordo com os parâmetros do quadro anterior apresentado.

2.a.2.4 Emissários Submarinos para disposição oceânica

Segundo Gonçalves (1997), ao contrário dos emissários terrestres, os custos de implantação de emissários submarinos são extraordinariamente dependentes das especificidades da obra e características da área costeira local. Isto é possível de observar na próxima figura que apresenta o custo por metro (em dólar) de 40 emissários submarinos implantados em vários locais do globo.

No entanto, para uma determinada obra a ser licitada, em um dado local, poderá ser possível pesquisar-se de forma mais aprofundada a forma da função de custo baseada nos critérios de avaliação dos custos mais próximos, inclusive para diferentes diâmetros, obtendo-se assim uma função específica para um determinado local e para determinados métodos construtivos.

Figura 2.a.13. Custo de Emissários Submarinos



FONTE: Gonçalves (1997)

O quadro a seguir apresenta a tradução da figura para os custos por metro de implantação de emissários submarinos, de acordo com o diâmetro da tubulação (mm) e valores ajustados para a moeda em real (a partir da cotação do dólar R$3,90 – jul/18).

Quadro 2.a.12. Custo de emissários submarinos por metro em real

DN	Curva 1= 3192 $x^{0,80}$	Curva 2 = 5284 $x^{0,73}$
300	4.751,43	8.557,09
400	5.981,02	10.556,77
500	7.149,96	12.424,40
600	8.272,72	14.193,12
700	9.358,49	15.883,60
800	10.413,57	17.509,88
900	11.442,52	19.082,02
1000	12.448,80	20.607,60

FONTE: Adaptado de Gonçalves (1997)

Os custos de implantação para as alternativas que contém emissários submarinos consideraram a Curva 1 (40 emissários), que apresentam custos mais amenos que a Curva 2.

3.A REFERÊNCIAS

BRUDEKI, N.; AISSE, M. M.; **Custos Estruturais por Habitante em Saneamento Básico no Estado do Paraná**. 24.o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Belo Horizonte - MG, 2007.

GONÇALVES, F.B.; SOUZA, A.P.; **Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários: História, Teoria e Prática.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1997.

LUCCA, V. P.; SAMWAYS, G.; AISSE, M. M.; **Estudo dos Custos de Implantação e Operação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários para Pequenas Comunidades**. Anais. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.

NUNES, M. T. et al.; **Custos Unitários de Implantação de Estações de Tratamento de Esgotos** – PRODES – 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Joinville – SC, 2003.

PACHECO, R. P.; **Custos para Implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, 2011.

SALAZAR, B. L.; VON SPERLING, M.; **Desenvolvimento de Funções de Custos de Implantação para Redes Coletoras e Interceptores**. Anais. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.