

## B1.4 – Estimativa da carga poluidora por cenário<sup>1,2</sup>

*Os objetivos estabelecidos pela Resolução CNRH 17/2001 para essa seção são estimar a produção de resíduos, de acordo com os cenários alternativos estabelecidos.*

Alterando um pouco os objetivos acima mencionados, essa seção estima a geração de resíduos domésticos para examinar, por meio da construção de um indicador de benefício-custo, a possibilidade do seu tratamento, de modo a potencializar a aplicação de recursos visando à melhoria da qualidade de água na bacia. Esse é o assunto da sub-seção B1.4.1. Adiante, na sub-seção B1.4.2, com base nos cenários de tratamento de esgotos definidos, propõe-se metas progressivas para o enquadramento.

### B1.4.1 – Proposta para o tratamento dos esgotos domésticos

Essa sub-seção trata de estabelecer as bases para o desenvolvimento de um “Programa de tratamento de esgoto”, respondendo dessa forma a uma das demandas prioritárias do Plano da Bacia. Ela foi pautada pela resolução da seguinte questão: **Como promover o tratamento de esgoto doméstico na bacia do rio Itajaí, considerando a necessidade de melhoria da qualidade de água em todos os rios da bacia?**

Para responder essa questão foram utilizados processos de modelagem e simulação (VON SPERLING, 2007) da qualidade de água ao longo dos rios, considerando todos os municípios localizados na bacia do Itajaí e suas diferentes necessidades em termos de recursos financeiros para o tratamento do seu esgoto doméstico, sempre priorizando a maneira mais rápida de alcançar a melhoria da qualidade dos corpos de água da bacia. Além disso, tomou-se como pressuposto a disponibilidade de uma quantidade anual constante de recursos financeiros a serem investidos no tratamento de esgotos ao longo de 20 anos, que é o horizonte do Plano da Bacia. Dessa forma, a pergunta acima pode ser reescrita assim: **Como distribuir os recursos financeiros disponíveis para tratar os esgotos domésticos em todos os municípios da bacia do Itajaí, de forma a otimizar a melhoria da qualidade de água?**

O processo adotado para responder essa pergunta é descrito adiante.

As simulações partiram da realidade em que a bacia se encontra atualmente, caracterizada pela inexistência de qualquer tratamento considerável de esgoto pelos municípios. Os efluentes industriais, contudo, sofrem uma redução média de 80% na

---

<sup>1</sup> Segundo o termo de referência, esta seria a seção B1.3.

<sup>2</sup> Estudo realizado por Pétrick Anderson Soares e Markus Zinkahn

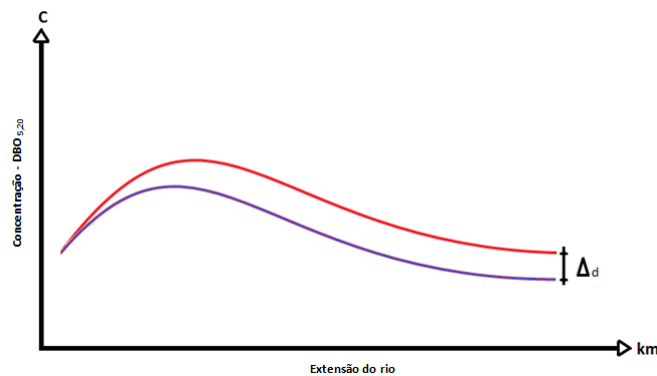
concentração de  $DBO_{5, 20^{\circ}C}$  antes de serem lançados aos rios. Essas simulações originaram curvas de concentração de  $DBO_{5, 20^{\circ}C}$  e de coliformes fecais, ambos importantes parâmetros de qualidade de água na bacia do Itajaí, como mostrou o diagnóstico.

Um parêntese deve ser feito aqui, pois as simulações partiram do pressuposto de que cada município é, basicamente, composto de dois tipos de assentamento, um rural e um urbano, denominadas regiões *habitacionais*. Sendo assim, cada município da bacia foi considerado como tendo duas regiões habitacionais separadas, resultando em duas contribuições (de esgoto) de cada município. Considerando que a bacia abriga 49 municípios, o total de regiões habitacionais consideradas chegou a 96, pois cada município tem suas áreas rural e urbana localizadas na bacia do Itajaí, com exceção dos municípios de Itaiópolis e Papanduva, que possuem suas áreas urbanas localizadas em outra bacia hidrográfica. Tal consideração é necessária, pois para cada tipo de assentamento (rural ou urbano), diferentes medidas para a promoção de tratamento do esgoto devem ser adotadas, pois enquanto em uma região extremamente urbanizada o esgoto é levado para sistemas centrais de tratamento, nas áreas rurais o esgoto normalmente é tratado em sistemas unitários, a exemplo do sistema fossa-filtro.

Na segunda etapa do processo, foram realizadas diversas simulações da qualidade de água dos rios, considerando um tratamento de 100% do esgoto em cada município da bacia (tomando de forma separada a população rural e a população urbana, como explicado anteriormente). Para o tratamento de esgoto em áreas rurais, a eficiência simulada para remoção de  $DBO_{5, 20^{\circ}C}$  e de coliformes fecais foi, respectivamente de 30 a 60% e 99% para tratamentos unitários simples seguidos de um processo de desinfecção, como por exemplo, fossa e filtro e posterior desinfecção com adição de cloro. Já para o tratamento de esgoto em áreas urbanas, a eficiência simulada para remoção de  $DBO_{5, 20^{\circ}C}$  e de coliformes fecais foi respectivamente de 70 a 90% e 99% para estações centrais de tratamento de esgoto (por exemplo com lodos ativados), seguidos de um processo de desinfecção (VON SPERLING, 2005).

Como resultado das simulações realizadas, considerando o esgoto com e sem tratamento para cada região habitacional, foram obtidas duas curvas de concentração, mostradas esquematicamente na Figura B1.8. No gráfico dessa figura, o eixo horizontal representa a distância rio abaixo, em quilômetros, a partir do ponto de lançamento dos esgotos de uma cidade. O eixo vertical representa a concentração de DBO. Sendo assim, a curva vermelha representa a evolução da DBO rio abaixo, devida ao esgoto lançado sem tratamento. A curva azul representa a evolução da DBO rio abaixo se o esgoto tiver sido

tratado. A distância entre as duas curvas, em cada ponto do rio, representa a melhoria da qualidade de água alcançada naquele ponto, devido ao tratamento de esgoto. É importante ressaltar que a curva obtida com a simulação sem considerar tratamento é a curva de referência para todas as outras simulações, ou seja, consiste de um único comportamento que foi considerado ser hoje o existente na bacia.



**Figura B1.8 - Diferença da concentração de DBO<sub>5,20</sub> no perfil do rio**

Em seguida, para cada região habitacional, foi calculada a soma das diferenças de concentração - a cada quilômetro de rio - obtidas pelo tratamento do esgoto, ou seja, foi quantificada a melhoria na qualidade das águas em todos os rios afetados pelo lançamento do esgoto, obtida quando for realizado o tratamento do esgoto na respectiva região habitacional. Essa melhoria de qualidade, denominada  $\sum_{\Delta}$  e que representa a soma da área entre as duas curvas da Figura B1.8, equivale aos benefícios que a bacia hidrográfica terá quando forem tratados os esgotos de cada região habitacional. Foram obtidas, portanto, as melhorias de qualidade  $\sum_{\Delta}$  (soma das diferenças para cada trecho de rio, desde a região habitacional até a foz, no município de Itajaí) para as 96 regiões habitacionais identificadas.

Uma consideração especial foi feita nos trechos dos rios em que existem captações de água para consumo humano, pois segundo a Lei 9433/97, o uso para abastecimento humano é prioritário a outros usos. Sendo assim, foi dado peso “2” para estes trechos, enquanto os trechos em que não existe captação ficaram com peso “1”.

Contudo, uma análise dos benefícios por si só não é suficiente. Os custos que levam a esses benefícios também precisam ser considerados, para que se possa construir uma relação entre os benefícios produzidos pela implantação de tratamento de esgoto e os custos associados, e com base nela estabelecer a priorização dos investimentos.

Essa relação “benefício/custo” é dada pela equação 1.

$$B/C = \frac{\sum \Delta r}{(\text{hab}_r \cdot \text{Custo específico}_r)} \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

- B/C = relação “benefício/custo” para cada região habitacional, calculada em termos de melhoria da qualidade de água (unidades de qualidade de água) por R\$ investido;
- $\sum \Delta r$  = Soma das diferenças de concentração, mg/L ou NMP/100mL;
- $\text{hab}_r$  = Número de habitantes residentes em cada região habitacional;
- $\text{Custo específico}_r$  = custo de implantação de tratamento de esgoto para cada habitante da região habitacional em questão, em R\$.

A importância de um custo específico por habitante é derivada da consideração feita anteriormente, de que existe diferença na concepção do tratamento de esgoto para cada forma de assentamento. Para efeito de cálculo, foram utilizados os valores de R\$ 246,98, como custo por pessoa para implantação de tratamento de esgoto em área rural e, R\$ 1028,57 para implantar o tratamento em área urbana<sup>3</sup>. A diferença entre os valores é consequência da própria concepção do tratamento, ou seja, para áreas rurais não existem custos para coletar e conduzir os esgotos até uma estação, já para áreas urbanas eles existem e correspondem à grande parte do custo total (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999). É importante considerar que estes valores acabam influenciando consideravelmente os resultados finais, pois a disparidade que existe é relativamente grande.

Para cada parâmetro analisado foi estabelecido um pré-índice. Utilizando a equação 1, foi obtido um valor para a relação benefício/custo da melhoria da  $\text{DBO}_{5, 20^\circ\text{C}}$  e outro dos coliformes fecais. Visto a necessidade de se obter um indicador único e considerando a importância de cada um dos parâmetros, foi realizada a multiplicação das relações “benefício/custo”, conforme a equação 2.

$$(B/C)_{\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}} * (B/C)_{\text{coliformes}} = \text{ID}_r \quad \text{eq. 2}$$

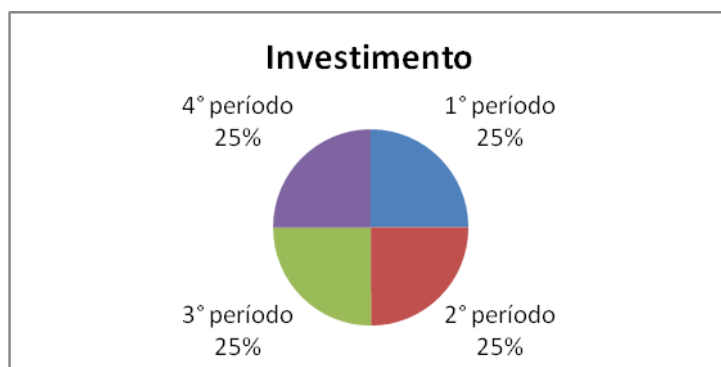
Onde:

- $(B/C)_{\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}}$  = relação benefício/custo da região habitacional r, considerando a  $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$ ;
- $(B/C)_{\text{coliformes}}$  = relação benefício/custo da região habitacional r, considerando coliformes fecais;
- $\text{ID}_r$  = Indicador global da região habitacional r;

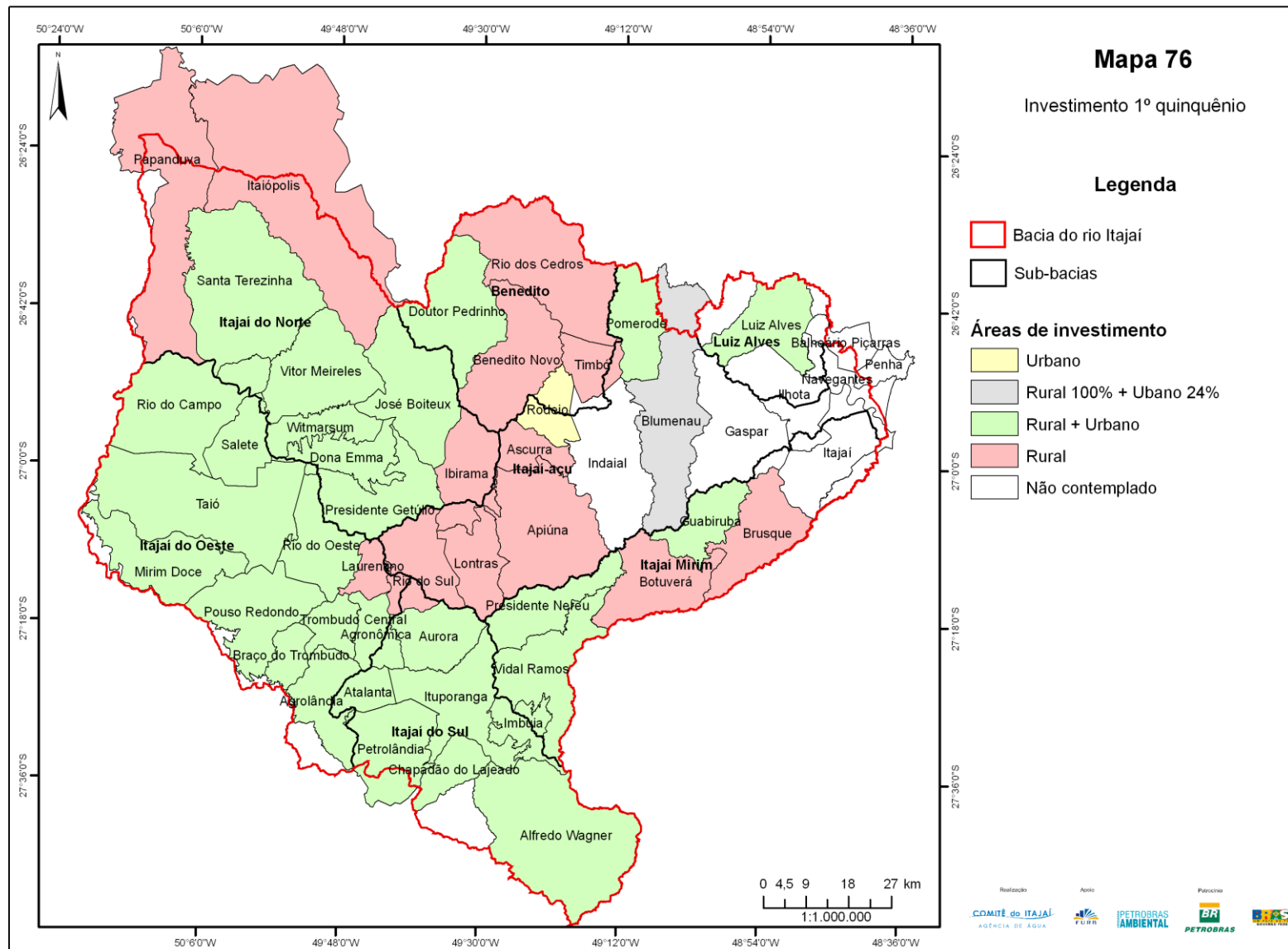
<sup>3</sup> Esses valores foram apontados pelo Eng. Sanitarista e Ambiental Cristiano Galvão, da AMMVI.

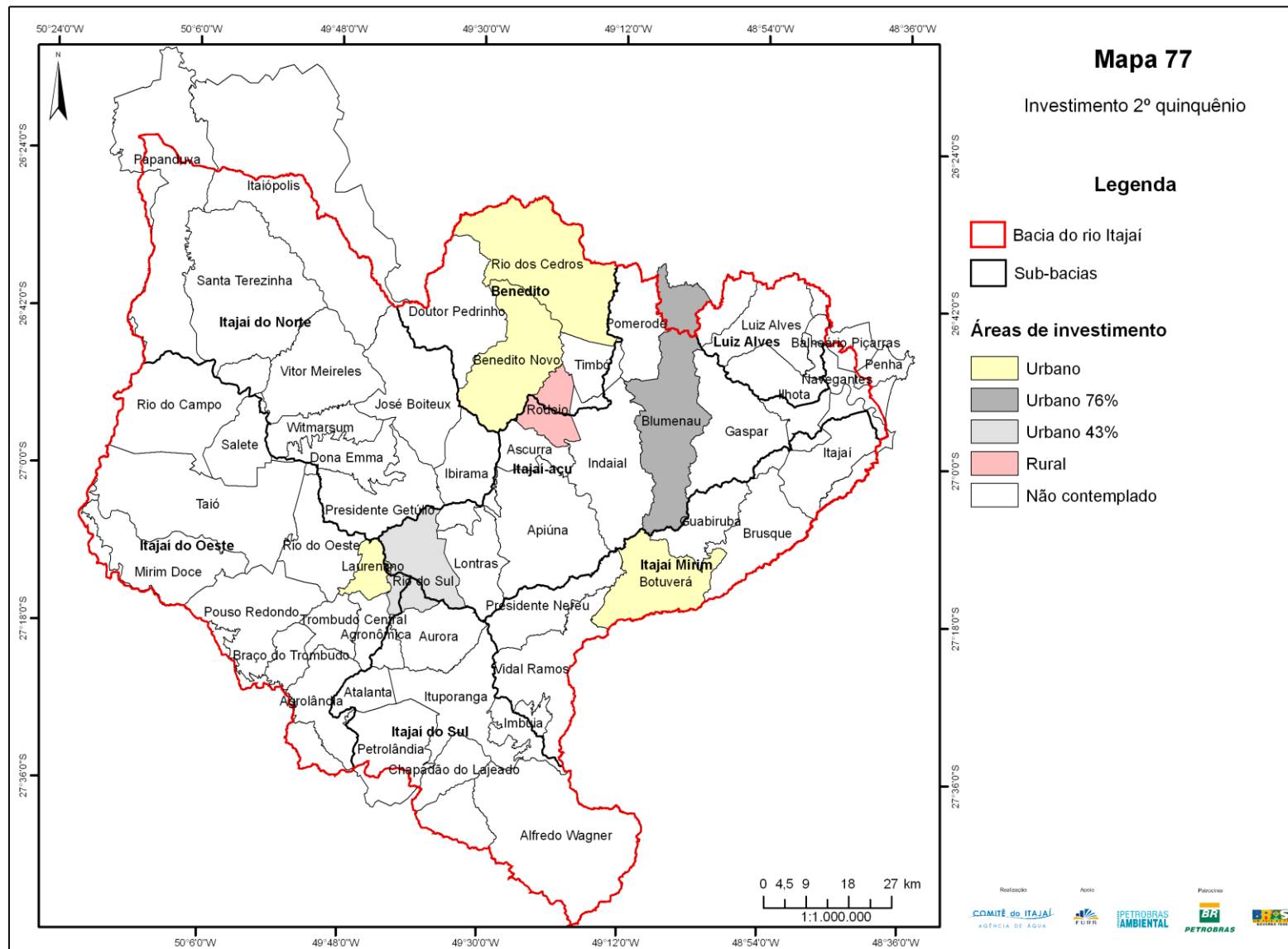
Terminada a construção do indicador, uma lista contendo as regiões habitacionais com diferentes graus de prioridade no tratamento de esgoto foi produzida, tomando por base o valor decrescente do indicador global. A Tabela B1.10 e os mapas 76, 77, 78 e 79 apresentam a priorização de atendimento das regiões habitacionais com tratamento de esgoto, ordenadas de acordo com esse critério, e agrupadas em períodos de cinco anos e de mesmo custo.

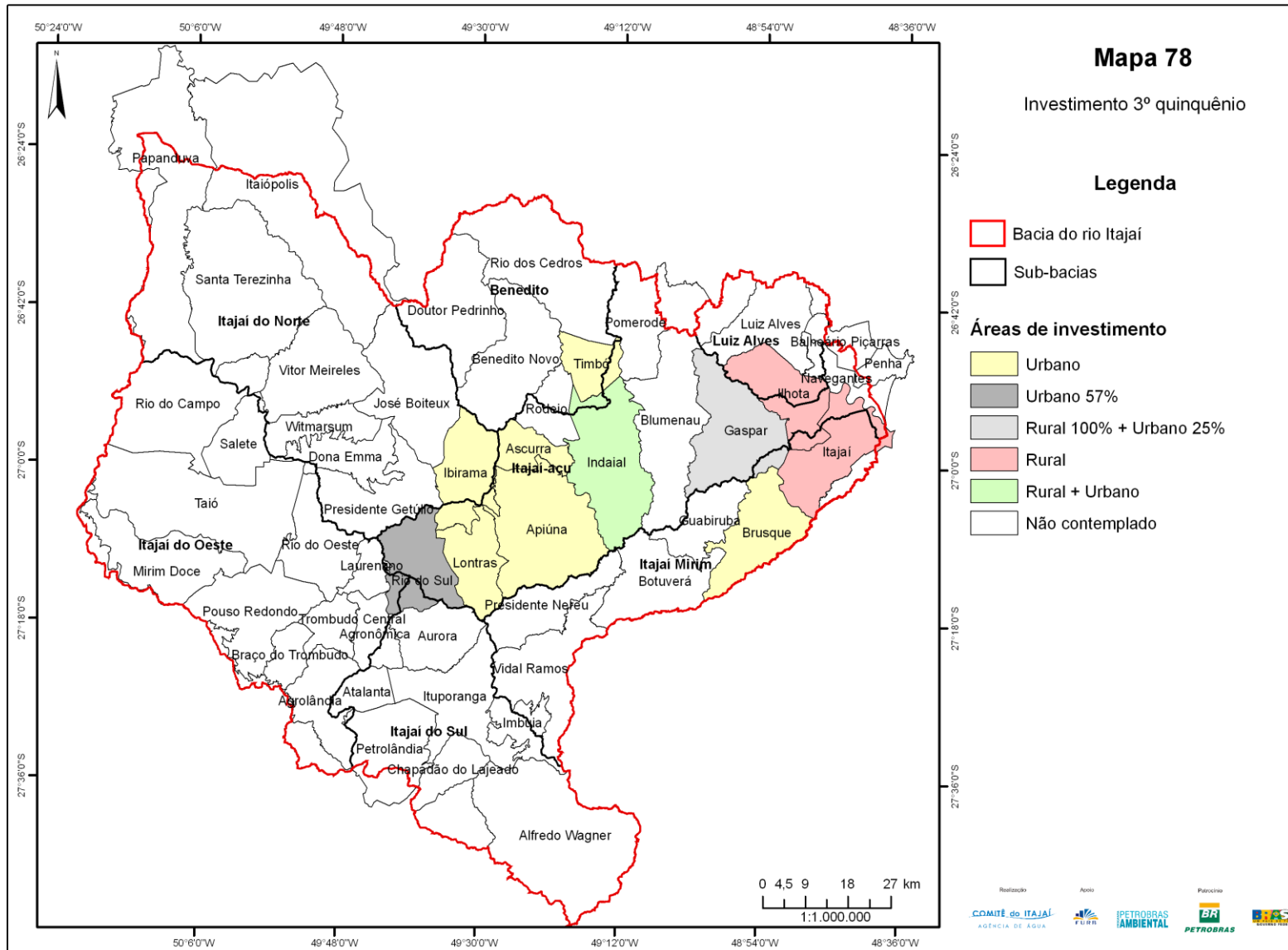
Conforme descreve a sub-seção B1.3.1, os custos totais para a implantação de redes de coleta e tratamento de esgoto sanitário nos municípios localizados na Bacia do Rio Itajaí somam o valor total de R\$ 1.005 milhões, que deve ser considerado como estimativa. Supondo que tal valor será arrecadado no espaço de tempo de vinte anos, e que os valores arrecadados seriam constantes, a bacia teria à disposição um total de R\$ 251,25 milhões a cada cinco anos para implantar sistemas de tratamento de esgoto, até se completarem os vinte anos (Figura B1.9).



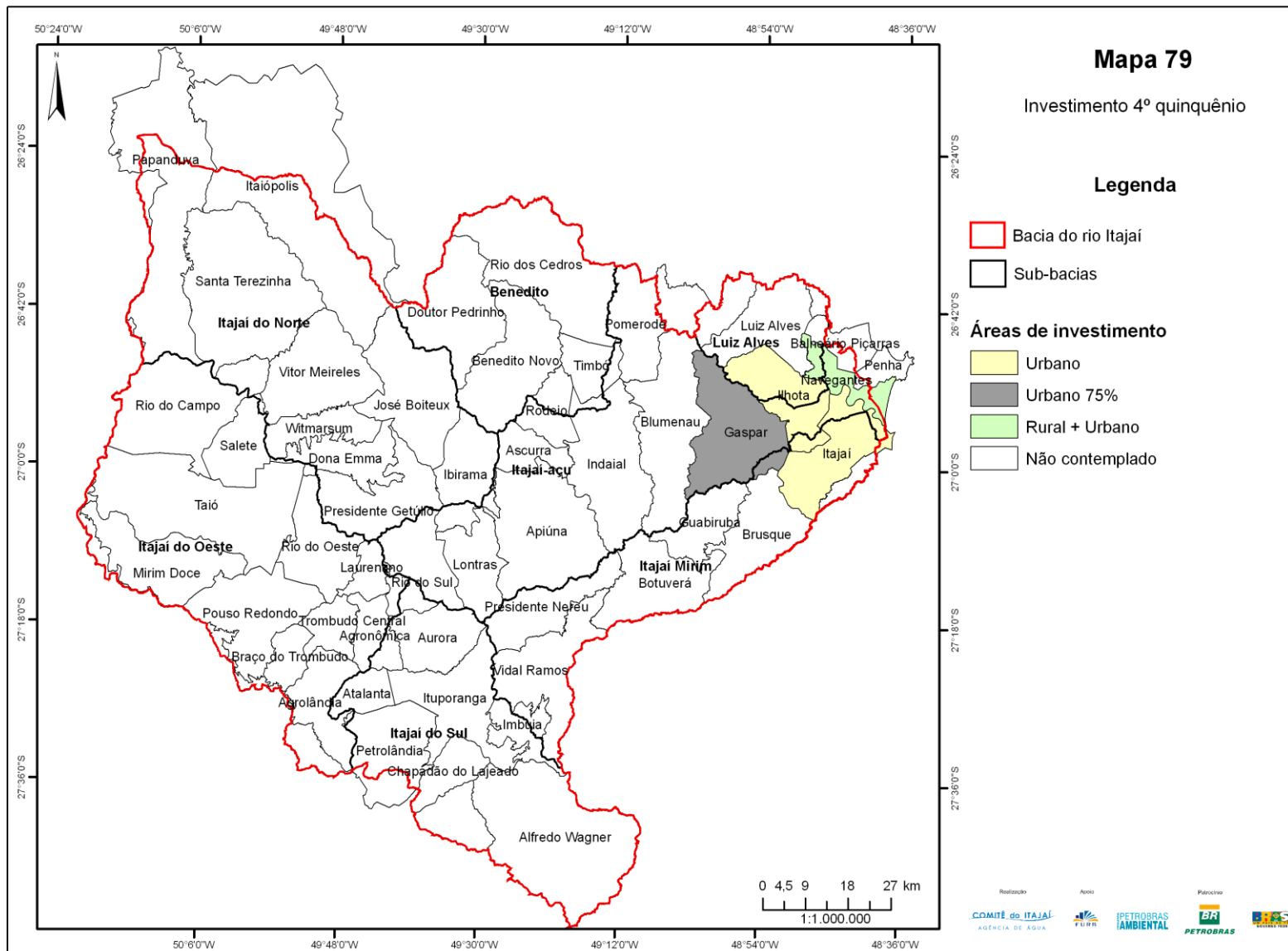
**Figura B1.9 - Distribuição dos investimentos em tratamento de esgoto em 20 anos**



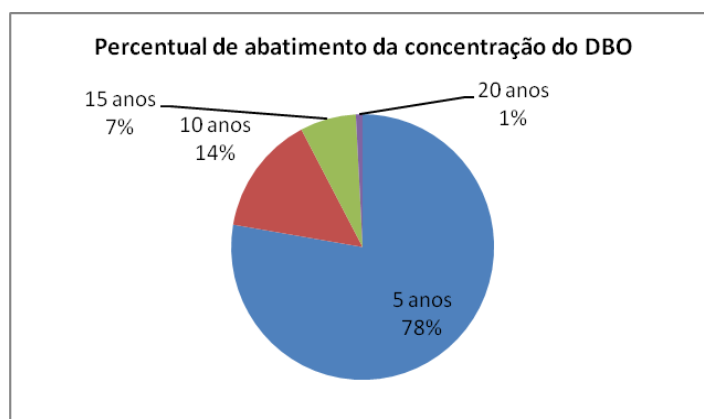




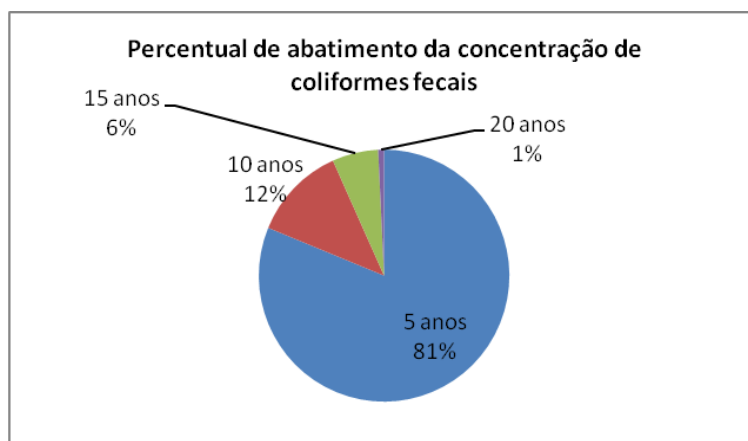




Os resultados assim obtidos, em termos das melhorias a serem alcançadas a cada 5 anos, são mostrados nas figuras B1.10 e 11.



**Figura B1.10 - Percentual de abatimento da concentração de DBO<sub>5,20°C</sub> em relação ao total possível de abatimento em 20 anos**



**Figura B1.11 - Percentual de abatimento da concentração de coliformes fecais em relação ao total possível de abatimento em 20 anos**

É importante atentar para o significado dos percentuais de melhoria indicados nessas figuras. Não se trata de melhoria absoluta da concentração de DBO ou de coliformes. Trata-se, tão somente, da distribuição das melhorias alcançáveis pelo tratamento de esgoto (em 20 anos), em períodos de 5 anos. Ou seja, enquanto os custos são os mesmos a cada 5 anos (Figura B1.9), os resultados alcançados são mais significativos no primeiro quinquênio do que no último, em termos de melhoria da qualidade de água no conjunto dos rios da bacia.

Desta forma, o programa de esgotos aqui concebido estabelece uma política de investimentos e conseqüente promoção do tratamento de esgoto na Bacia do Rio Itajaí, pautada na maximização da relação benefício/custo, tendo como principal objetivo a melhoria na qualidade da água na bacia.

**Tabela B1.10 - Desenvolvimento do indicador para cada região habitacional na Bacia do Itajaí**

<b>Região habitacional</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. DBO (“<math>\sum\Delta</math>”)</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. Coliformes fecais  (“<math>\sum\Delta</math>”)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Benefício/Custo DBO (mgDBO.L<sup>-1</sup>)/R\$</b>	<b>Benefício/Custo Coliformes fecais (NMP/100mL)/R\$</b>	<b>ID Indicador</b>	<b>Previsão de tratamento</b>
1 Atalanta – rural	105,0	25032718,6	514.476,26	2,04E-04	48,657	1,269E-02	5 anos
2 Bra Tromb - rural	31,3	8640955,1	344.548,43	9,09E-05	25,079	2,294E-03	5 anos
3 D Emma – rural	33,9	9168315,7	460.385,86	7,37E-05	19,914	1,583E-03	5 anos
4 Petrolândia – rural	71,8	19378878,5	1.023.271,79	7,02E-05	18,938	1,416E-03	5 anos
5 Witmar – rural	46,7	12215328,0	662.916,12	7,05E-05	18,427	1,409E-03	5 anos
6 Santa Ter – rural	85,8	24323406,3	1.337.440,68	6,41E-05	18,187	1,168E-03	5 anos
7 Rio Campo – rural	53,4	14494839,2	890.886,15	6,00E-05	16,270	1,106E-03	5 anos
8 Itaiópolis – rural	37,4	10974904,9	807.404,17	4,63E-05	13,593	6,335E-04	5 anos
9 Vitor Mles – rural	45,1	12639666,8	1.037.103,12	4,35E-05	12,187	5,685E-04	5 anos
10 V Ramos – rural	37,9	10987348,6	1.083.042,91	3,50E-05	10,145	3,928E-04	5 anos
11 Guabiruba – rural	8,3	2619130,0	264.771,27	3,15E-05	9,892	3,553E-04	5 anos
12 Salete – rural	20,0	5603562,0	607.590,78	3,29E-05	9,223	3,041E-04	5 anos
13 Tromb C - rural	18,2	5249380,5	590.548,60	3,08E-05	8,889	2,910E-04	5 anos
14 Pouso Red – rural	41,8	11508221,7	1.430.308,21	2,92E-05	8,046	2,729E-04	5 anos
15 Bra Trombudo	77,4	11590269,8	1.902.857,14	4,07E-05	6,091	2,487E-04	5 anos
16 Mirim D – rural	9,7	2715285,8	353.686,99	2,73E-05	7,677	2,414E-04	5 anos
17 Papanduva – rural	27,7	7274103,7	1.009.316,96	2,74E-05	7,207	1,994E-04	5 anos
18 Witmarsum	22,6	3286730,7	738.514,29	3,06E-05	4,450	1,631E-04	5 anos
19 Blumenau – rural	116,4	37398302,9	5.550.070,07	2,10E-05	6,738	1,416E-04	5 anos
20 Agrolândia – rural	17,3	5330791,2	840.500,58	2,05E-05	6,342	1,354E-04	5 anos
21 Santa Terezinha	105,3	16281184,6	3.713.142,86	2,84E-05	4,385	1,245E-04	5 anos
22 Petrolândia	50,5	7473649,7	1.959.428,57	2,58E-05	3,814	1,232E-04	5 anos
23 Salete	130,7	19274918,6	5.110.971,43	2,56E-05	3,771	1,022E-04	5 anos
24 Dona Emma	36,3	5573012,6	1.590.171,43	2,28E-05	3,505	9,667E-05	5 anos
25 Pomerode – rural	13,4	4089558,7	802.958,38	1,66E-05	5,093	8,489E-05	5 anos

<b>Região habitacional</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. DBO (“Σ<sub>Δ</sub>”)</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. Coliformes fecais  (“Σ<sub>Δ</sub>”)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Benefício/Custo DBO (mgDBO.L<sup>-1</sup>)/R\$</b>	<b>Benefício/Custo Coliformes fecais (NMP/100mL)/R\$</b>	<b>ID Indicador</b>	<b>Previsão de tratamento</b>	
26	Pres. Nereu - rural	6,1	1804884,5	369.988,21	1,66E-05	4,878	8,471E-05	5 anos
27	Alfredo W – rural	25,1	6586739,0	1.445.473,28	1,73E-05	4,557	8,262E-05	5 anos
28	Pres. Get - rural	16,6	5128884,7	1.104.036,90	1,50E-05	4,646	7,987E-05	5 anos
29	Taió - rural	29,4	8131679,8	1.952.688,08	1,50E-05	4,164	6,336E-05	5 anos
30	Rio do Campo	45,6	6623393,8	2.487.085,71	1,83E-05	2,663	5,922E-05	5 anos
31	Dr. Pedri - rural	4,8	1380871,9	354.427,95	1,34E-05	3,896	5,892E-05	5 anos
32	Imbuia - rural	8,9	2380450,4	793.325,84	1,12E-05	3,001	3,822E-05	5 anos
33	Vidal Ramos	20,6	3339295,5	1.617.942,86	1,27E-05	2,064	3,739E-05	5 anos
34	Luiz Alves - rural	17,1	5034299,2	1.563.434,81	1,09E-05	3,220	3,573E-05	5 anos
35	Vitor Meireles	19,6	3070128,6	1.378.285,71	1,42E-05	2,227	3,182E-05	5 anos
36	Chap Laj - rural	5,6	1508544,6	582.397,99	9,65E-06	2,590	2,977E-05	5 anos
37	Rodeio	127,9	19790405,9	9.439.200,00	1,36E-05	2,097	2,850E-05	5 anos
38	Mirim Doce	13,4	2116463,3	1.133.485,71	1,18E-05	1,867	2,309E-05	5 anos
39	Agronôm - rural	6,5	1962522,3	767.639,08	8,41E-06	2,557	2,163E-05	5 anos
40	Ituporanga - rural	13,3	3743521,9	1.830.922,94	7,27E-06	2,045	1,549E-05	5 anos
41	Pouso Redondo	80,3	12164054,5	8.133.942,86	9,87E-06	1,495	1,477E-05	5 anos
42	Trombudo Central	32,2	5309430,8	3.837.600,00	8,40E-06	1,384	1,316E-05	5 anos
43	Alfredo Wagner	34,2	4986399,5	4.013.074,29	8,53E-06	1,243	1,242E-05	5 anos
44	J Boiteux - rural	5,2	1503777,5	833.831,90	6,21E-06	1,803	1,201E-05	5 anos
45	R Oeste - rural	5,8	1705343,4	924.229,55	6,28E-06	1,845	1,166E-05	5 anos
46	R Cedros – rural	7,3	2209902,7	1.270.506,89	5,71E-06	1,739	1,000E-05	5 anos
47	Aurora - rural	5,1	1470825,3	906.693,39	5,58E-06	1,622	9,726E-06	5 anos
48	Laurentino - rural	1,9	576641,3	373.693,03	5,20E-06	1,543	8,102E-06	5 anos
49	Pomerode	157,1	25998636,3	22.473.257,14	6,99E-06	1,157	8,101E-06	5 anos
50	Pres. Nereu	4,2	689131,2	749.828,57	5,60E-06	0,919	6,270E-06	5 anos
51	Atalanta	12,7	627803,9	1.256.914,29	1,01E-05	0,499	5,737E-06	5 anos

<b>Região habitacional</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. DBO (“Σ<sub>Δ</sub>”)</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. Coliformes fecais  (“Σ<sub>Δ</sub>”)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Benefício/Custo DBO (mgDBO.L<sup>-1</sup>)/R\$</b>	<b>Benefício/Custo Coliformes fecais (NMP/100mL)/R\$</b>	<b>ID Indicador</b>	<b>Previsão de tratamento</b>	
52	Agrolândia	32,6	5618866,9	5.821.714,29	5,61E-06	0,965	5,656E-06	5 anos
53	Botuverá - rural	3,1	919332,0	765.910,16	3,99E-06	1,200	5,617E-06	5 anos
54	Luiz Alves	15,6	2521204,2	2.707.200,00	5,76E-06	0,931	5,419E-06	5 anos
55	Taió	51,2	7849351,4	9.089.485,71	5,63E-06	0,864	4,947E-06	5 anos
56	Guabiruba	82,6	13128850,4	15.449.142,86	5,34E-06	0,850	4,835E-06	5 anos
57	Rio do Sul - rural	3,5	1045053,8	903.482,55	3,84E-06	1,157	4,548E-06	5 anos
58	Ben Novo - rural	3,8	1185159,6	1.114.163,41	3,37E-06	1,064	4,107E-06	5 anos
59	Dr. Pedrinho	8,1	1335421,6	1.884.342,86	4,31E-06	0,709	3,718E-06	5 anos
60	Imbuia	10,6	1581527,4	2.348.228,57	4,49E-06	0,673	3,488E-06	5 anos
61	Lontras - rural	2,4	729769,8	732.319,78	3,24E-06	0,997	3,349E-06	5 anos
62	Timbó - rural	2,0	656901,8	678.970,34	3,00E-06	0,967	2,952E-06	5 anos
63	Ibirama - rural	2,0	607417,6	655.012,50	3,01E-06	0,927	2,920E-06	5 anos
64	Chap do Lajeado	1,6	236255,3	398.057,14	3,91E-06	0,594	2,617E-06	5 anos
65	Agronômica	5,9	995034,9	1.611.771,43	3,64E-06	0,617	2,262E-06	5 anos
66	Pres. Getulio	31,2	5139588,8	9.332.228,57	3,34E-06	0,551	1,863E-06	5 anos
67	Brusque - rural	1,4	440519,9	681.440,23	2,02E-06	0,646	1,647E-06	5 anos
68	Ituporanga	41,6	6567466,8	13.370.400,00	3,11E-06	0,491	1,592E-06	5 anos
69	Rio do Oeste	8,4	1382852,8	3.049.714,29	2,75E-06	0,453	1,253E-06	5 anos
70	Apiúna - rural	2,6	828241,9	1.432.037,13	1,80E-06	0,578	1,155E-06	5 anos
71	Aurora	4,2	692489,1	1.772.228,57	2,39E-06	0,391	1,003E-06	5 anos
72	José Boiteux	3,6	594346,0	1.480.114,29	2,43E-06	0,402	9,908E-07	5 anos
73	Ascurra - rural	0,3	98734,1	204.012,19	1,48E-06	0,484	8,099E-07	5 anos
74	Blumenau (24%)	195,0	36904745,7	68.810.971,43	2,09E-06	0,362	7,6604E-07	5 anos
74	Blumenau (76%)	393,2	65038679,9	212.688.457,14				10 anos
75	Laurentino	8,5	1418833,9	4.018.628,57	2,11E-06	0,353	7,5201E-07	10 anos
76	Botuverá	1,9	315572,4	1.048.114,29	1,79E-06	0,301	6,5301E-07	10 anos

<b>Região habitacional</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. DBO (“<math>\Sigma\Delta</math>”)</b>	<b>Benefício = Abatimento conc. Coliformes fecais  (“<math>\Sigma\Delta</math>”)</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Benefício/Custo DBO (mgDBO.L<sup>-1</sup>)/R\$</b>	<b>Benefício/Custo Coliformes fecais (NMP/100mL)/R\$</b>	<b>ID Indicador</b>	<b>Previsão de tratamento</b>
77 Benedito Novo	9,4	1583448,5	5.440.114,29	1,73E-06	0,291	6,0384E-07	10 anos
78 Rodeio - rural	0,5	154493,5	368.012,30	1,27E-06	0,420	5,9188E-07	10 anos
79 Rio dos Cedros	8,5	1484338,6	4.641.942,86	1,83E-06	0,320	5,9056E-07	10 anos
80 Rio do Sul (43%)	39,7	6673743,9	23.290.971,43	1,80E-06	0,299	5,4747E-07	10 anos
80 Rio do Sul (57%)	58,1	9554529,7	31.054.628,57				15 anos
81 Lontras	9,4	1609545,5	6.368.914,29	1,47E-06	0,253	3,8463E-07	15 anos
82 Ibirama	19,0	3246448,8	14.430.857,14	1,32E-06	0,225	3,1004E-07	15 anos
83 Brusque	85,9	14622804,8	94.384.800,00	9,10E-07	0,155	1,7563E-07	15 anos
84 Itajaí - rural	0,9	319847,7	1.544.169,73	5,90E-07	0,207	1,4191E-07	15 anos
85 Indaial - rural	0,3	87044,8	464.090,68	5,63E-07	0,188	1,2117E-07	15 anos
86 Apiúna	3,1	552319,9	4.121.485,71	7,43E-07	0,134	1,1136E-07	15 anos
87 Timbó	20,0	3470774,3	31.292.228,57	6,40E-07	0,111	7,9818E-08	15 anos
88 Ascurra	3,7	673456,5	6.097.371,43	6,01E-07	0,110	7,24E-08	15 anos
89 Gaspar - rural	0,8	264228,9	2.463.459,52	3,09E-07	0,107	3,9471E-08	15 anos
90 Indaial	17,2	3048644,3	46.921.371,43	3,67E-07	0,065	2,8155E-08	15 anos
91 Ilhota - rural	0,3	91728,5	1.131.699,57	2,30E-07	0,081	2,0809E-08	15 anos
92 Gaspar (25%)	0,4	72051,3	10.868.400,00	1,58E-07	0,030	5,5069E-09	15 anos
92 Gaspar (75%)	6,5	1242582,3	32.605.200,00				20 anos
93 Navegantes - rural	0,1	27370,4	681.687,21	1,12E-07	0,040	4,9575E-09	20 anos
94 Itajaí	18,1	3198999,3	160.027.200,00	1,13E-07	0,020	2,8374E-09	20 anos
95 Ilhota	0,7	145734,6	7.065.257,14	1,05E-07	0,021	2,3911E-09	20 anos
96 Navegantes	1,1	185433,3	51.035.657,14	2,12E-08	0,004	9,857E-11	20 anos

## B1.4.2 – Construindo as metas progressivas do enquadramento<sup>4</sup>

O estudo para o enquadramento dos rios e ribeirões da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, desenvolvido na seção B1.3.3, propôs metas finais de qualidade da água para cada trecho de rio. Entende-se por metas finais o resultado da evolução qualitativa das águas para um horizonte de vinte anos, conforme ficou definido na proposta prospectiva de enquadramento (Mapa 75).

Contudo, o enquadramento não propôs os objetivos intermediários, aqui denominados “metas progressivas”, que são as metas a serem alcançadas a cada cinco anos. A presente proposta de metas progressivas se baseia nas melhorias alcançáveis com o programa de esgoto. Desta maneira, as metas progressivas consideram a qualidade da água nos rios em períodos de cinco anos, ou seja, no quinto ano do plano vence a primeira meta, no décimo ano a segunda meta, no décimo quinto ano a terceira meta e por fim, no vigésimo ano, a meta final, em princípio definida pelo enquadramento, deve ser concretizada.

Usando as informações elaboradas no âmbito do programa de esgotos, foram construídos quatro cenários para a bacia, cada qual considerando que os investimentos em esgoto sejam realizados conforme prevê o programa, gerando assim um cenário para cinco anos, outro cenário para dez anos, outro cenário para quinze anos, sendo que o cenário final (vinte anos) é tido como o próprio enquadramento. Desta maneira, cada cenário corresponde a uma meta progressiva de qualidade de água para os rios da bacia do Itajaí, assim demonstrados na Tabela B1.11, e nas figuras B1.12, 13, 14, 15, 16 e 17. Ao determinar as classes de qualidade em que cada trecho de 1 km de curso d’água se encontra (usando os valores limite para as classes de qualidade definidos pela Resolução CONAMA 357/2005), o critério adotado foi o de sempre escolher a pior classe. Por exemplo, se num trecho de rio a concentração de DBO correspondesse à classe 3 e a de coliformes à classe 4, a escolha seria pela classe 4.

---

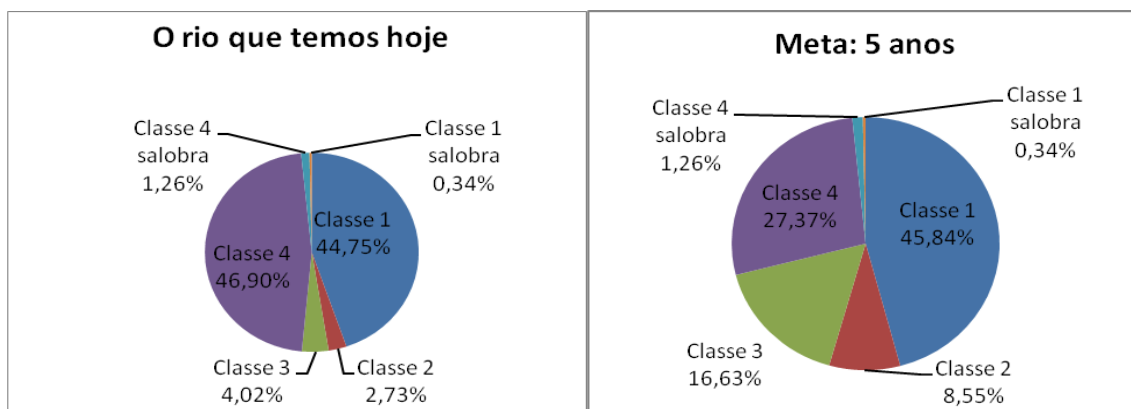
<sup>4</sup> Estudo realizado por Pétrick Anderson Soares e Markus Zinkhahn. Colaboraram Odirlei Fistarol, Sheila Amorim, Ana Cristina Brandt e Beate Frank.

Tabela B1.11 - Metas progressivas do enquadramento dos corpos de água

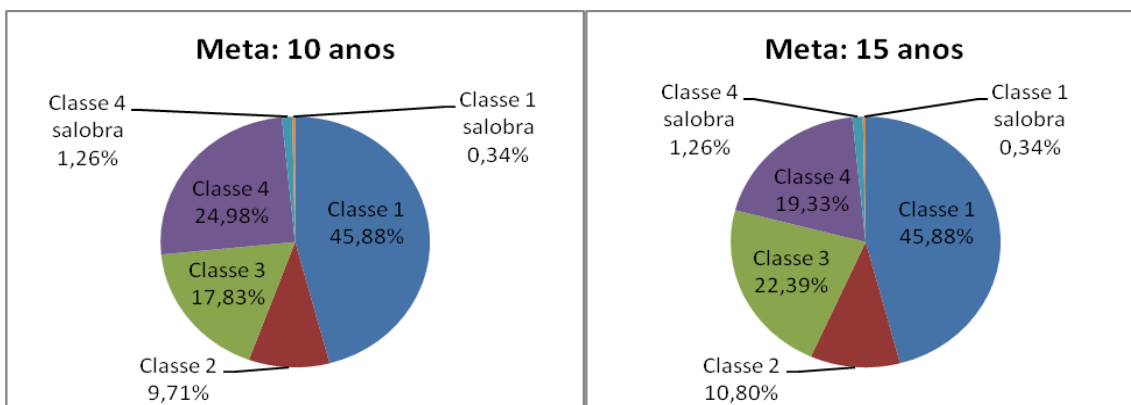
Classes	O rio que temos hoje		Metas Progressivas								Enquadramento		
			5 anos		10 anos		15 anos		20 anos				
	Km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	
Classificação DBO	Especial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	161	5,48
	Classe 1	1536	52,35	1665	56,75	1686	57,46	1709	58,25	1709	58,25	327	11,14
	Classe 2	383	13,05	477	16,26	477	16,26	483	16,46	483	16,46	2399	81,76
	Classe 3	578	19,70	491	16,73	483	16,46	460	15,68	460	15,68	-	-
	Classe 4	390	13,29	254	8,66	241	8,21	235	8,01	235	8,01	-	-
Classificação Coliforme Fecais	Especial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	161	5,48
	Classe 1	1597	54,43	1636	55,76	1639	55,86	1639	55,86	1639	55,86	327	11,14
	Classe 2	0	0,00	204	6,95	250	8,52	288	9,82	288	9,82	2399	81,76
	Classe 3	2	0,07	379	12,92	426	14,52	556	18,95	585	19,94	-	-
	Classe 4	1288	43,90	668	22,77	572	19,50	404	13,77	375	12,78	-	-
Classificação Adotada	Especial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	161	5,48
	Classe 1	1313	<b>44,75</b>	1345	<b>45,84</b>	1346	<b>45,88</b>	1346	<b>45,88</b>	1346	<b>45,88</b>	327	<b>11,14</b>
	Classe 2	80	<b>2,73</b>	251	<b>8,55</b>	285	<b>9,71</b>	317	<b>10,80</b>	317	<b>10,80</b>	2399	<b>81,76</b>
	Classe 3	118	<b>4,02</b>	488	<b>16,63</b>	523	<b>17,83</b>	657	<b>22,39</b>	686	<b>23,38</b>	-	-
	Classe 4	1376	<b>46,90</b>	803	<b>27,37</b>	733	<b>24,98</b>	567	<b>19,33</b>	538	<b>18,34</b>	-	-
Classificação salobra	Classe 1	10	0,34	10	0,34	10	0,34	10	0,34	10	0,34	-	-
	Classe 2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	14	0,48	47	1,60
	Classe 3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	23	0,78	-	-
	Classe 4	37	1,26	37	1,26	37	1,26	37	1,26	0	0,00	-	-



Os resultados da simulação são apresentados conforme a qualidade da água presente nos rios. Por isso, o modelo não difere entre águas de classe 1 e águas de classe especial, pois não há diferença entre estas classes no que diz respeito à qualidade, mas sim em relação aos usos permitidos. Sendo assim, as metas originadas pelas simulações somente classificam os rios em classe 1, 2, 3 e 4.

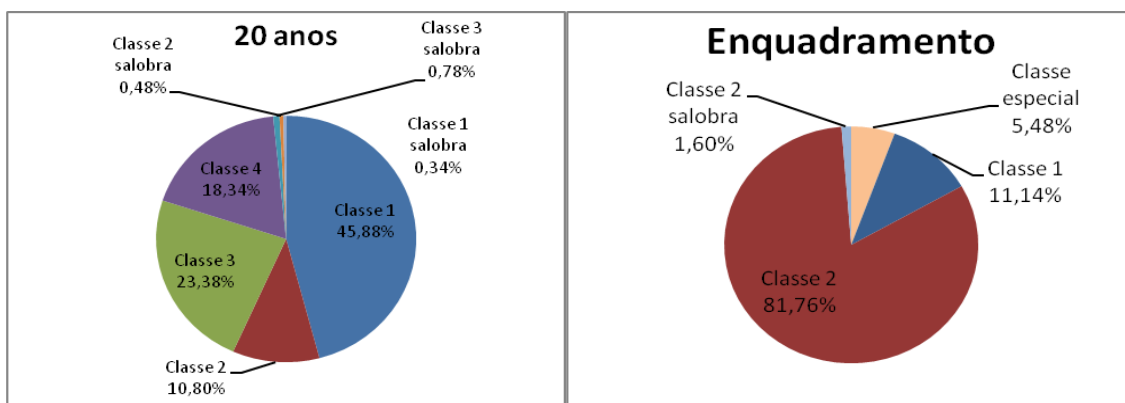


**Figuras B1.12 e B1.13 - Distribuição das classificações obtidas a partir da qualidade da água atual dos rios da Bacia do Itajaí e a meta proposta para 5 anos, para o conjunto dos rios do enquadramento (2934 km)**



**Figuras B1.14 e B1.15 - Metas do enquadramento para os próximos 10 e 15 anos, para o conjunto dos rios do enquadramento (2934 km)**

Ao comparar os resultados para o cenário de 20 anos com a alternativa de enquadramento selecionada (figuras B1.16 e 17), fica evidente que o tratamento de esgoto, mesmo implantado em todas as regiões habitacionais, não consegue fazer com que seja alcançada a meta final de qualidade desejada. Por outro lado, observa-se que o percentual de rios tidos como classe 1 nas figuras B1.12 a 16 é muito maior que o percentual desejado, mostrado na Figura B1.17. Isto significa que depois de ocorrer a implantação da rede coletora e de tratamento de esgotos, muitos rios que deveriam ter no mínimo classe 2, atingem classe 1, ou seja, estes rios terão qualidade superior a desejada pelo enquadramento.



**Figura B1.16 e 17 - Resultados da simulação da qualidade da água em 20 anos, em comparação com a meta estipulada pelo enquadramento, para o conjunto dos rios do enquadramento (2934 km)**

Nota-se, também, que a proposta prospectiva de enquadramento não prevê rios de classe 3 e 4, porém, na figura B1.16, cerca de 41,72% dos rios e ribeirões ainda estarão, ao final do ciclo proposto, com qualidade correspondente à classe 3 ou mesmo classe 4, não atingindo a meta proposta pelo enquadramento.

**Tabela B1.12 - Mudanças desejadas e possíveis (com tratamento de esgoto) da qualidade de água**

Classes	Melhorias em km desejadas em 20 anos	Melhorias em km que podem ser alcançadas com o tratamento de esgoto	Resultados
Doce Classe 1	-825	33	56,68 %
Doce Classe 2	2319	237	
Doce Classe 3	-118	568	41,72 %
Doce Classe 4	-1376	-838	
Salobra Classe 1	-10	0	0,82 %
Salobra Classe 2	47	14	
Salobra Classe 3	0	23	0,78 %
Salobra Classe 4	-37	-37	

Em síntese, as metas progressivas propostas, que são arrojadas por se basearem na universalização do tratamento de esgoto, podem levar, segundo a modelagem realizada, aos resultados apresentados na Tabela B1.12. Consegue-se reduzir em 838 km a extensão da classe 4, embora se quisesse atingir 1376 km. Aumenta em 568 km a extensão de rios classe 3, embora se quisesse reduzir 118 km, e aumenta em 237 km a extensão de rios classe 2, embora se quisesse aumentar essa extensão em 2326 km. Por outro lado, a extensão de rios classe 1 e especial poderia ser reduzida em 822 km, mas aumenta em 33 km. Em síntese, as ações propostas em 20 anos permitem atingir o enquadramento em 57,5% da extensão dos

rios (águas doces e salobras), ficando os demais 42,5% em condições piores do que as desejadas.

Os resultados da Tabela B1.12 também podem ser vinculados aos mapas. As melhorias desejadas em 20 anos provém da comparação do Mapa 75, que apresenta a qualidade desejada (proposta prospectiva de enquadramento), com o Mapa 59, que mostra a situação atual. As melhorias que podem ser alcançadas com o tratamento de esgoto decorrem da comparação entre os mapas 59 e 73. Esse último mostra a classificação obtida com a simulação para o cenário de 20 anos (discutido na seção B1.3).

Entende-se que essa diferença não significa que a proposta prospectiva de enquadramento não possa ser selecionada. Há várias razões para selecionar essa alternativa e acompanhar de perto a evolução da qualidade de água. Sobre isso, diversas considerações podem ser feitas:

A ausência de monitoramento da qualidade da água em toda a bacia resultou em um processo de simulação e modelagem baseada em muitos dados obtidos de literatura. Contudo, dados de outros lugares nem sempre são representativos da realidade encontrada na bacia. Existe, portanto, a necessidade premente de melhorar as redes de monitoramento para gerar conhecimento acerca da qualidade da água em toda a bacia do Itajaí.

A vazão utilizada para fazer as simulações que serviram de base para o programa de tratamento de esgoto, bem como para a construção das metas progressivas, foi a mesma utilizada para estudar as alternativas de enquadramento, a  $Q_{95}$  (vazão que é superada em 95% do tempo). Essa vazão é muito baixa, ou seja, somente ocorre naturalmente em épocas de estiagem (em média, em 18 dias do ano). Desta maneira, todas as simulações produziram resultados que demonstram o comportamento dos rios quando estes se apresentam vulneráveis devido à baixa quantidade de água. Esta metodologia é aplicada pelo fato de que os resultados finais devem atender às necessidades dos usos na maior parte do tempo possível. Mas um rio que possui baixa qualidade de água quando está com pouca vazão, pode, com vazão alta, apresentar índices bem melhores de qualidade. Isto significa que a qualidade da água nos rios e ribeirões na bacia do rio Itajaí, normalmente, deve ser superior aos resultados apresentados nas simulações, por que a vazão média encontrada nestes corpos de água é bem superior à  $Q_{95}$ .

O modelo utilizado no processo de simulação é tido como “modelo de canal”, ou seja, somente simula a qualidade da água quando esta se encontra em corpos de água. Por conta disto, as simulações feitas consideram que, após sofrer tratamento, os esgotos sanitários de origem rural são lançados diretamente nos corpos de água. Sabe-se que isto não corresponde

à realidade na maioria dos casos, pois, nas propriedades rurais, em geral, o esgoto tratado é lançado no solo. Desta maneira, antes de chegar no canal mais próximo, o esgoto sofre continuamente o tratamento que o solo lhe proporciona, para quando entrar no canal, estar com maior grau de depuração. Portanto, propõe-se acatar as metas propostas para 5, 10 e 15 anos, e priorizar a criação de um mecanismo de monitoramento mais detalhado e com melhor cobertura espacial, que permita gerar dados para a revisão do enquadramento no prazo de 5 anos.