

Prefeitura Municipal de Tubarão

**Plano Municipal de
Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário - PMAE**

RELATÓRIO N.º 3

**CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS FÍSICOS
DE ÁGUA E ESGOTO**

Outubro de 2010

SUMÁRIO

NOTA DE ESCLARECIMENTO

1	INTRODUÇÃO	1
2	PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS	5
	2.1 <i>DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE PROJETO.....</i>	<i>5</i>
	2.2 <i>PROJEÇÃO POPULACIONAL</i>	<i>6</i>
	2.3 <i>ÍNDICES DE ATENDIMENTO</i>	<i>13</i>
	2.3.1 Abastecimento de água	13
	2.3.2 Esgotamento sanitário.....	13
	2.4 <i>CENÁRIO DE PROJETO PARA OS SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTO.....</i>	<i>16</i>
	2.5 <i>PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO</i>	<i>17</i>
3	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	19
	3.1 <i>EVOLUÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA</i>	<i>19</i>
	3.2 <i>CONCEPÇÃO PROPOSTA.....</i>	<i>19</i>
	3.2.1 Descrição das proposições de melhoria nas unidades existentes do sistema.....	19
	3.2.2 Captação de Água Bruta.....	20
	3.2.3 Adução de Água Bruta.....	21
	3.2.4 Estação de Tratamento de Água – ETA	21
	3.2.5 Reservação	22
	3.2.6 Redes Ramais e ligações Prediais	22
	3.2.7 Setorização da rede de distribuição	23
	3.2.8 Macromedicação	23
	3.2.9 Automação e Telemetria.....	24
	3.3 <i>PLANO DE OBRAS</i>	<i>24</i>
	3.4 <i>OBRAS EMERGENCIAIS</i>	<i>24</i>
4	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	24
	4.1 <i>EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ESGOTOS.....</i>	<i>24</i>
	4.2 <i>FUNDAMENTOS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO</i>	<i>24</i>
	4.2.1 Introdução.....	24
	4.2.2 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DO PROJETO	27
	4.3 <i>SISTEMA DE COLETA E TRANSPORTE.....</i>	<i>27</i>
	4.3.1 Considerações iniciais.....	27
	4.3.2 Análise do sistema principal	29
	4.3.3 Avaliação do sistema principal	32

4.3.4	Plano de investimento no sistema de coleta e transporte	39
4.4	<i>ATENDIMENTO DE ÁREAS EXTERNAS À ÁREA DE PROJETO</i>	46
4.5	<i>CONCEPÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</i>	50
4.5.1	Introdução.....	50
4.5.2	Gradeamento e desarenador	51
4.5.3	Reator aeróbico	52
4.5.4	Decantação secundária	56
4.5.5	Elevatória de recirculação de lodo.....	58
4.5.6	Descarte de lodo	59
4.5.7	Espessador de lodo	59
4.5.8	Digestão do lodo	60
4.5.9	Desidratação mecânica do lodo	61
4.5.10	Centro de operação e controle	62
4.5.11	Estimativas de custos	62
4.5.12	Confrontação de custos – integral – síntese	68
4.6	<i>PLANO DE OBRAS</i>	74
5	<i>OUTRAS AÇÕES</i>	75
	ANEXO 1 PLANO DE OBRAS DE ÁGUA	76
	ANEXO 2 PLANO DE OBRAS DE ESGOTO	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução da cobertura de água (CBA).....	3
Gráfico 2	Evolução da cobertura de esgoto (CBE).....	5
Gráfico 3	Evolução da taxa geométrica de crescimento	7
Gráfico 4	Evolução adotada para a taxa de crescimento.....	8
Gráfico 5	Evolução da taxa de urbanização de Tubarão entre 1970 e 2000	8
Gráfico 6	Evolução adotada para a taxa de urbanização.....	9
Gráfico 7	Evolução pregressa do n.º de habitantes por domicílio	11
Gráfico 8	Evolução prospectiva do n.º de habitantes por domicílio	11
Gráfico 9	Evolução do atendimento em água.....	15
Gráfico 10	Evolução do atendimento em esgoto	17
Gráfico 11	Índice de perdas	18
Gráfico 12	Perda comercial.....	19
Gráfico 13	Plano de investimento SIES Tubarão/Capivari de Baixo	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Metas de serviço adequado – CBA	3
Tabela 2	Metas de serviço adequado – Diversos indicadores	4
Tabela 3	Metas de serviço adequado – CBE.....	4
Tabela 4	Dados populacionais de Tubarão e Capivari de baixo	6
Tabela 5	Taxas geométricas de crescimento (%).....	7
Tabela 6	Evolução da população de Tubarão.....	10
Tabela 7	N.º de habitantes por domicílio em Tubarão e Capivari de Baixo.....	11
Tabela 8	Populações em Tubarão no período de projeto	14
Tabela 9	Evolução do atendimento em água.....	15
Tabela 10	Evolução do atendimento em esgoto	17
Tabela 11	Vazões de água	20
Tabela 12	Vazões de esgoto gerado	26
Tabela 13	Parâmetros básicos de dimensionamento	27
Tabela 14	Análise dos bairros – ordem alfabética	35
Tabela 15	Análise dos bairros – ordem conforme classificação geral	36
Tabela 16	Análise das sub-bacias – ordem alfabética	38
Tabela 17	Análise das sub-bacias – ordem conforme classificação geral.....	38
Tabela 18	Resumo investimento etapa 1	40
Tabela 19	Resumo investimento etapa 2	41
Tabela 20	Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 1 – Tubarão	42
Tabela 21	Extensão das tubulações e custo estimado – interceptores – etapa 1 – Tubarão	42
Tabela 22	Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 1 – Tubarão	43
Tabela 23	Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 1 – Capivari de Baixo	43

Tabela 24	Extensão das tubulações e custo estimado – interceptores – etapa 1 – Capivari de Baixo	43
Tabela 25	Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 1 – Capivari de Baixo	44
Tabela 26	Elevatórias etapa 1	44
Tabela 27	Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 2 – Tubarão	45
Tabela 28	Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 2 – Tubarão	45
Tabela 29	Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 2 – Capivari de Baixo	45
Tabela 30	Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 2 – Capivari de Baixo	46
Tabela 31	Elevatórias etapa 2	46
Tabela 32	Estimativa de custos, sistemas locais / comunitários em áreas fora da área de projeto.....	48
Tabela 33	Bairros localizados parcial ou integralmente fora da área de projeto	49
Tabela 34	Estimativa de custos, capacidade integral, opção 1	63
Tabela 35	Estimativa de custos, capacidade integral, opção 2	64
Tabela 36	Estimativa de custos, capacidade integral, opção 3	65
Tabela 37	Estimativa custo de energia - integral - opção 1	66
Tabela 38	Estimativa custo de energia - integral - opção 2	67
Tabela 39	Estimativa custo de energia - integral - opção 3	68
Tabela 40	Síntese comparativa de custos – opções 1, 2 e 3	68
Tabela 41	Estimativa de custos - etapa 1 - opção 1	71
Tabela 42	Estimativa de custos - etapa 1 - opção 2	72
Tabela 43	Custo total estimado – SIES Tubarão / Capivari de Baixo.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Confrontação visual – definição etapas vs. avaliações realizadas.....	37
Figura 2	Esquema funcional do Biodisco, sistema STM AEROTOR	55
Figura 3	Seção transversal reator aeróbico - bolsas laterais de decantação	58

NOTA DE ESCLARECIMENTO

Para fins da licitação para contratação da empresa concessionária os licitantes deverão atualizar os insumos discriminados neste relatório como abaixo:

- Valores que deverão ser atualizados pelo ICC/FGV em 29,31%: planos de obras de água e de esgoto conforme demonstrativo de correção abaixo:
 - $ICC_{mar/2007} = 346,617$
 - $ICC_{mar/2008} = 369,812$
 - Fator de reajuste $_{2007/2008} = 1,0669$
 - $ICC_{mar/2008} = 369,812$
 - $ICC_{set/2010} = 448,222$
 - Fator de reajuste $_{2008/2010} = 1,2120$
- Valores que deverão ser atualizados pelo IGP-DI em 24,26%: consultoria, monitoramento da qualidade da água bruta, limpeza da adutora existente, cadastro técnico das redes de água, recadastramento comercial, compatibilização dos setores comerciais/operacionais, aquisição de áreas para o sistema de esgotamento sanitário, projetos básicos e executivos das redes de esgoto, transporte e disposição de lodo e investimentos na operação, eventuais e imprevistos, conforme demonstrativo de correção abaixo:
 - $IGP-DI_{mar/2007} = 346,407$
 - $IGP-DI_{set/2010} = 430,453$
 - Fator de reajuste $_{2008/2010} = 1,2426$
- Considerar o valor atualizado de R\$ 0,1064/m³ para Energia Elétrica de água e esgoto.

CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS FÍSICOS DE ÁGUA E ESGOTO

1 INTRODUÇÃO

O presente volume constitui o Relatório N.º 3 do PMAE - Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário – PMAE de Tubarão.

Neste relatório são discutidas e fixadas as condições que nortearão o processo de planejamento objeto do estudo. Trata-se do mesmo modelo utilizado em projetos de engenharia e planos diretores convencionais, onde são fixados os diversos parâmetros e premissas necessários.

Porém, o escopo de planejamento do PMAE extrapola questões de natureza técnica, relacionadas exclusivamente à infra-estrutura dos sistemas e se propõe a definir um plano diretor de gestão. Assim, considera aspectos relacionados à modalidade institucional de prestação do serviço, o relacionamento com o usuário, o controle operacional dos sistemas de água e esgoto, o controle da qualidade da água e efluentes e outros que serão objeto de detalhamento neste relatório ou no Relatório N.º 4.

Como um dos objetivos do PMAE é a análise e a comparação de cenários institucionais distintos, a serem abordados no Relatório N.º 5, faz-se necessário fixar as bases desse planejamento, a fim de estabelecer comparabilidade entre todas as alternativas.

Essas bases incluem aspectos de natureza eminentemente técnica sob o ponto de vista da engenharia, tais como o período e a população de projeto e a sua distribuição na área de estudo, os índices de atendimento pretendidos e outros comumente utilizados na elaboração de planos diretores. Estas variáveis, denominadas físicas, serão analisadas e definidas no presente relatório.

O quadro de análise é complementado com outros parâmetros relacionados à receita e ao custo da prestação do serviço e as definidas como financeiras e fiscais, que regulam a relação do empreendimento com o ambiente institucional. Inserem-se nesse grupo as que definem, por exemplo, as condições de obtenção de financiamentos (taxa de juros, prazos etc) e impostos incidentes, que serão apresentadas no Relatório N.º 5.

Além de fixar parâmetros e premissas, é necessário estabelecer padrões de eficiência na prestação do serviço, de modo a atingir os objetivos pretendidos, independentemente do modelo institucional a ser adotado. No que se refere aos aspectos de engenharia, muitas dessas definições são objeto de Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, consideradas, obviamente, no presente estudo.

No que se refere à gestão do serviço, é imprescindível alcançar o Paradigma de Qualidade objeto do Relatório N.º 2, em especial as Especificações de Serviço Adequado. O Relatório N.º 2 apresenta um conjunto de indicadores e metas que

definem a prestação adequada de serviço, de modo a atender ao disposto na Constituição Federal, Art. 175, Parágrafo único, Inciso IV.

Conforme discutido no relatório N.º 2 do PMAE, o conceito de serviço público adequado implica flexibilidade, em face da enorme complexidade de harmonização de requisitos tão imbricados e potencialmente conflitantes quanto regularidade, continuidade, eficiência, segurança, generalidade, atualidade cortesia e modicidade de tarifas. Ficou claro naquela discussão a relatividade que deve presidir a definição de serviço adequado em cada situação.

Portanto, considerando o “*requisito envoltória*”, representado pela modicidade de tarifas, qualquer iniciativa, neste momento, visando ao estabelecimento de metas de prestação de serviço adequado aplicáveis a Tubarão constitui apenas uma primeira aproximação. Será somente no planejamento econômico-financeiro (Relatório N.º 5) que será possível o estabelecimento definitivo das mesmas, nesse momento necessariamente de modo factível, pelas demonstrações que o método de planejamento baseado no fluxo de caixa descontado enseja.

Isso é particularmente verdadeiro no tocante às metas de cobertura do esgotamento sanitário, que certamente impactarão muito o equilíbrio econômico-financeiro, pelo simples fato de não existir nenhuma infra-estrutura nesse campo.

Em Tubarão esse impacto é acentuado, em face das seguintes circunstâncias agravantes:

- O terreno é plano, com baixa declividade, o que determinará a conjugação de redes profundas e grande número de estações elevatórias;
- A baixa profundidade do lençol freático implicará maior vazão de infiltração, encarecendo todo o sistema;
- Provavelmente será necessário enfrentar situações de escoramento de valas mais oneroso, além de rebaixamento do lençol freático;
- A lei de crimes ambientais não permite a construção de coletores de esgoto para descarga do efluente no ambiente sem tratamento, o que requer construir o sistema de jusante para montante, iniciando-se pelo tratamento, seguido das obras de transporte, elevação, interceptação e finalmente coleta, sempre começando com as obras mais caras, o que impactará bastante o fluxo de caixa descontado;
- A inexistência das redes implicará grande volume de obras em áreas adensadas, pavimentadas e de maior volume de tráfego.

Importante também considerar a capacidade de cumprimento, por parte do futuro prestador do serviço, de cumprir tais metas, especialmente as mais difíceis, associadas à redução das perdas físicas de água, que exigem profissionalismo, continuidade administrativa, competência técnica e recursos financeiros.

Outra questão, no momento indeterminada, é o atendimento à demanda reprimida de água nas áreas periféricas da cidade, que inclui residências dotadas de ligação inativa e residências desprovidas de ligação, todos abastecidos precariamente por fontes alternativas, de segurança sanitária incerta. Poderá ser difícil atendê-las do ponto de vista econômico-financeiro. Além disso, é necessário

considerar a hipótese de relutância dos usuários em se conectar às redes de água, em face da intermitência passada e do impacto potencial das contas em seus orçamentos.

As metas específicas de serviço adequado para Tubarão são, então, apresentadas na Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 e no Gráfico 1 e Gráfico 2 como uma primeira tentativa. A real possibilidade de atender às áreas hoje não atendidas, especialmente o seu cronograma de atendimento, é melhor avaliada no Relatório N.º 5 do PMAE. Os cronogramas referentes às obras necessárias para o atendimento, constantes dos Anexos 1 e 2 deste relatório são, portanto, preliminares.

Tabela 1
Metas de serviço adequado – CBA

Indicador	Ano	Valor
CBA (Índice da Cobertura da Rede de Água)	2008	95,50%
	2009	96,00%
	2010	97,00%
	2011	98,00%
	2012	99,00%
	2013	99,04%
	2014	99,08%
	2015	99,12%
	2016	99,16%
	2017 a 2037	Evoluir até 100%

Gráfico 1
Evolução da cobertura de água (CBA)

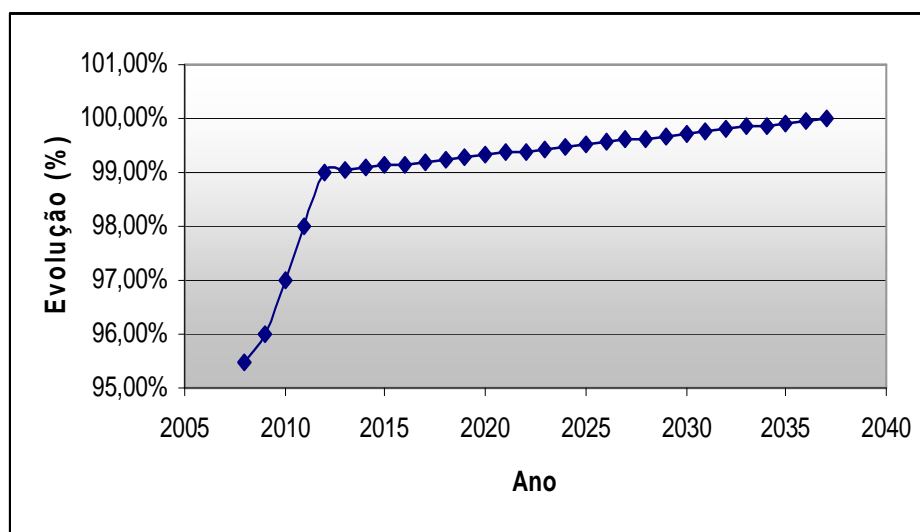


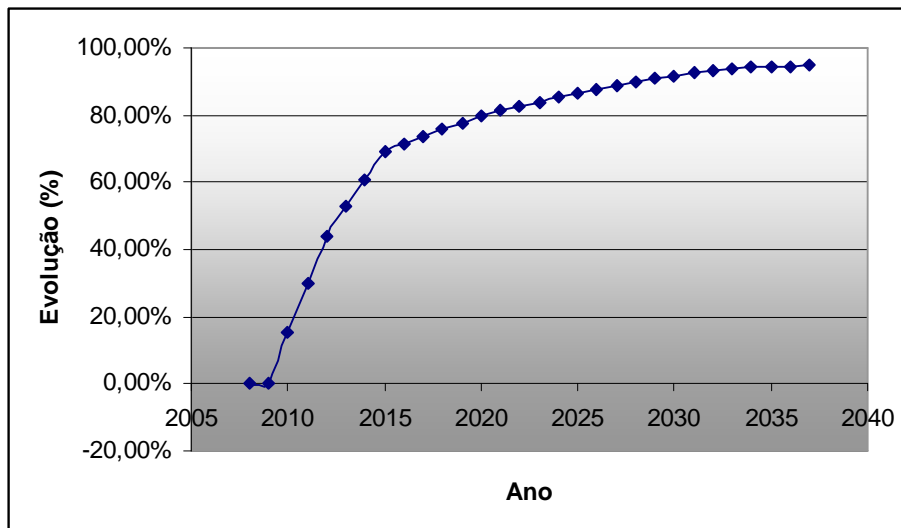
Tabela 2
Metas de serviço adequado – Diversos indicadores

Indicador	Valor (%)	Ano	Indicador	Valor ou conceito	Ano
IQA (Índice de Qualidade da Água)	80	2008	IORC (Índice de Obstrução de Redes Coletoras)	Adequado	2013 em diante
	90	2010	IORD (Índice de Obstrução de Ramais Domiciliares)	Adequado	2013 em diante
	95	2012 em diante	IQE (Índice de Qualidade do Esgoto)	95%	2013 em diante
ICA (Índice de Continuidade do Abastecimento)	95	2010	IESAP (Índice de Eficiência na Prestação de Serviço e Atendimento Público)	6	2008
	98	2012 em diante			
	40	2009		8	2010
	37	2010			
IPD (Índice de Perdas na Distribuição)	35	2011	IACS (Índice de Adequação da Comercialização dos Serviços)	9	2011 em diante
	33	2012		6	2008
	31	2013		8	2010
	30	2014		9	2011 em diante
	25	2033			

Tabela 3
Metas de serviço adequado – CBE

INDICADOR	ANO	VALOR	ANO	VALOR
CBE (Índice da Cobertura da Rede de Esgotos)	2008	0,00%	2023	83,91%
	2009	0,00%	2024	85,20%
	2010	15,13%	2025	86,45%
	2011	29,82%	2026	87,66%
	2012	44,09%	2027	88,85%
	2013	52,65%	2028	89,99%
	2014	60,96%	2029	90,85%
	2015	69,04%	2030	91,68%
	2016	71,33%	2031	92,48%
	2017	73,54%	2032	93,27%
	2018	75,70%	2033	94,03%
	2019	77,79%	2034	94,26%
	2020	79,82%	2035	94,49%
	2021	81,22%	2036	94,58%
	2022	82,58%	2037	94,68%

Gráfico 2
Evolução da cobertura de esgoto (CBE)



Deve-se ressaltar neste ponto uma vez mais, que as metas acima propostas podem ser consideradas idealizadas no tocante ao esgotamento sanitário, uma vez que os estudos de viabilidade econômico financeira são abordados no Relatório N.º 5. Dessa forma, tais metas, associadas à hipóteses de implantação do sistema de esgotamento sanitário aqui tratadas, neste momento são apenas uma indicação do desejável, a serem confirmadas ou modificadas posteriormente.

Também serão aqui apresentados os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário concebidos, suas devidas modificações, melhorias e ampliações requeridas para atender à demanda ao longo do período de projeto, bem como a infra-estrutura necessária para que as metas de serviço adequado possam ser atendidas.

É muito importante ressaltar que o objetivo do PMAE é estabelecer um Cenário de Projeto, a ser desenvolvido com base nas informações disponíveis, que orientará a análise econômica e financeira com vistas à viabilização do serviço de água e esgoto do município. O nível de detalhamento da solução técnica proposta deve ser suficiente para avaliar os custos de sua implantação. Estudos mais aprofundados que analisem alternativas técnicas e detalhem as soluções apresentadas deverão ser objeto de Projetos de Engenharia a serem desenvolvidos quando da implantação do PMAE.

2 PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS

2.1 DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE PROJETO

Os projetos de engenharia de sistemas de água e esgotos usualmente adotam um período de estudo de 20 anos. Este não é um estudo convencional onde se consideram somente as características de natureza técnica relativas ao projeto das instalações. Além dessas, serão analisados os aspectos da gestão do serviço e

arranjos institucionais que permitam obter, de uma maneira mais eficiente, o atendimento às metas de serviço adequado. Dentre os arranjos institucionais que serão analisados, dois envolvem a delegação do serviço a terceiros.

O prazo padrão de concessões no Brasil tem sido de 30 anos, tempo considerado adequado para permitir que o concessionário seja remunerado pelos investimentos efetuados. Considerando que tais investimentos são expressivos, é necessário um prazo compatível, de modo a permitir praticar níveis tarifários viáveis. A necessidade de estabelecer bases de comparação entre diferentes modalidades institucionais de prestação do serviço leva então à necessidade de fixar um período de projeto de 30 anos.

Admite-se que todas as medidas e providências necessárias para implementar as recomendações deste estudo possam estar concluídas até 31/12/2007. Assim, o período de 30 anos será contado a partir de 01/01/2008, com término em 31/12/2037.

2.2 PROJEÇÃO POPULACIONAL

Conforme discutido no Relatório N.º 1, é conveniente estabelecer o planejamento dos sistemas de água e esgoto de Tubarão considerando, tanto quanto possível, a perspectiva futura de integração com os correspondentes de Capivari de Baixo. Assim, onde cabível, os estudos aqui tratados considerarão essa possibilidade, iniciando com as projeções de população. A Tabela 4 apresenta os dados obtidos junto ao IBGE.

Tabela 4
Dados populacionais de Tubarão e Capivari de baixo¹

Ano	População Município Tubarão	População Urbana de Tubarão	Taxa de Urbanização de Tubarão	População Município Capivari de Baixo	População Urbana de Capivari de Baixo	Taxa de Urbanização de Capivari de Baixo	População dos dois municípios	Taxa de Urbanização global
1970	66.876	51.134	76,46%				66.876	76,46%
1980	75.242	64.536	85,77%				75.242	85,77%
1991	95.062	83.264	87,59%				95.062	87,59%
1996	83.728	71.991	85,98%	17.263	16.386	94,92%	100.991	87,51%
2000	88.470	69.925	86,00%	18.561	17.436		107.031	81,62%
2001	90.586			18.887			109.473	
2002	90.425			19.124			109.549	
2003	91.333			19.385			110.718	
2004	93.238			19.934			113.172	
2005	94.292			20.238			114.530	
2006	95.339			20.539			115.878	

¹ Capivari de Baixo se emancipou em 1993.

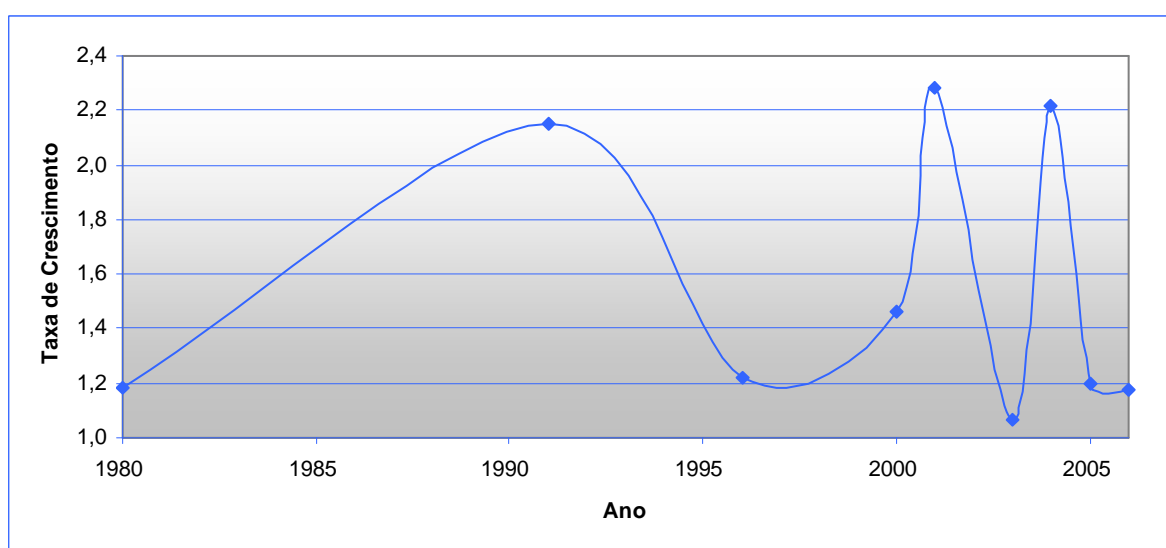
A taxa geométrica de crescimento dos dois municípios juntos é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5
Taxas geométricas de crescimento (%)

1970	1980	1991	1996	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
-	1,185	2,148	1,217	1,462	2,281	0,069	1,067	2,216	1,199	1,177

O Gráfico 3 reproduz essa evolução.

Gráfico 3
Evolução da taxa geométrica de crescimento



Os dados apresentados pelo IBGE acham-se evidentemente inconsistentes, possivelmente em decorrência do desmembramento de Capivari de Baixo, o que pode ter causado dificuldades metodológicas de apuração dos mesmos. Assim, é mais plausível considerar uma curva hipotética mais consistente, tal como a apresentada a seguir, que já extrapola para todo o período de projeto a estimativa de evolução da taxa geométrica de crescimento que será adotada. A redução proposta acompanha as tendências amplamente confirmadas pelo IBGE para todo o País, as quais, em princípio recomendariam redução ainda mais acentuada. Ocorre que Tubarão apresenta características que suscitam a possibilidade de sua população crescer relativamente mais do que outras cidades, em face de sua localização estratégica no tocante ao desenvolvimento econômico da região sul do País, além da iminência da duplicação da BR – 101, que deverá proporcionar a viabilização de fatores de crescimento diferenciados.

Para fins de planejamento interessa a evolução da população urbana, o que obriga a se definir a evolução provável da taxa de urbanização no período de projeto. O Gráfico 5 apresenta a evolução da taxa de urbanização de Tubarão/Capivari de Baixo no período de 1970 a 2000.

Gráfico 4
Evolução adotada para a taxa de crescimento

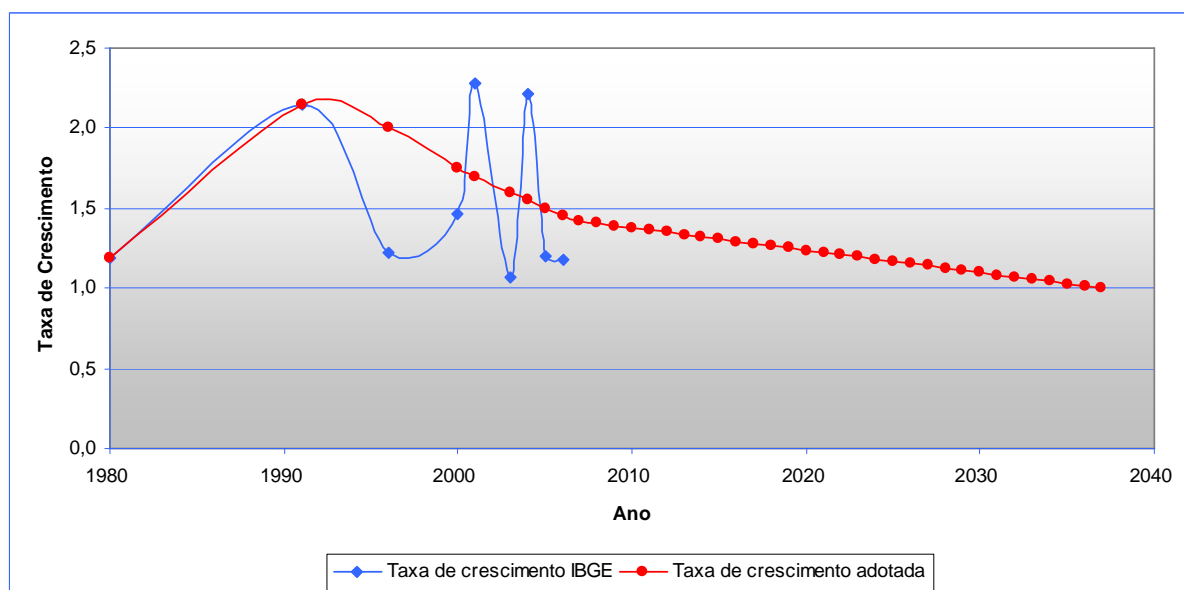
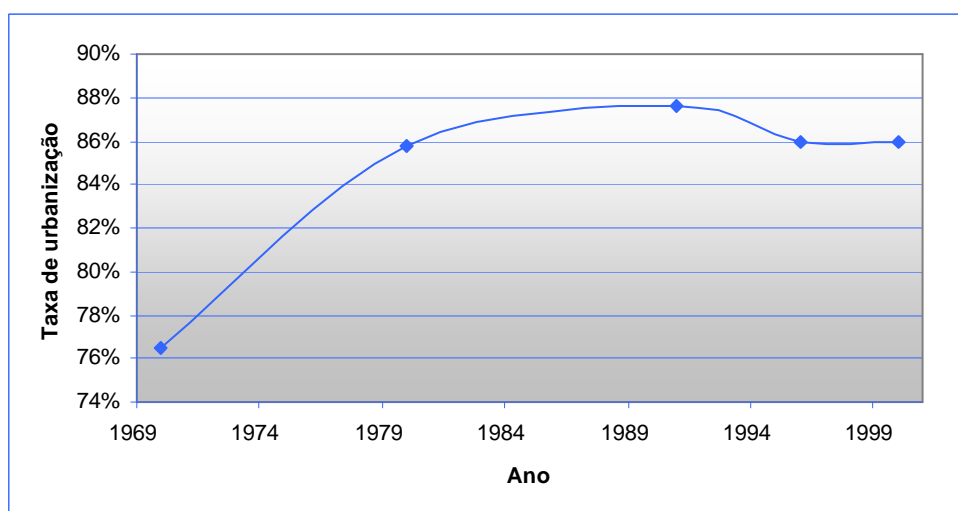
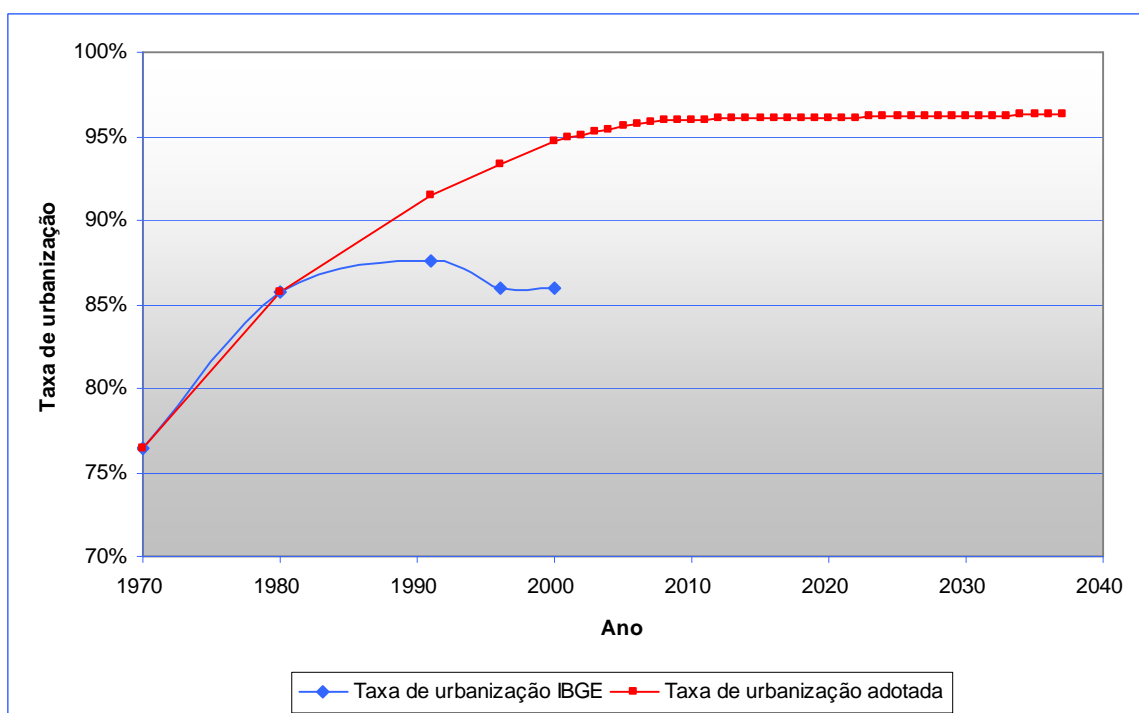


Gráfico 5
Evolução da taxa de urbanização de Tubarão entre 1970 e 2000



Não é plausível a hipótese de redução e estabilização dessa taxa, como parece indicar o gráfico. É possível, mais uma vez, que o desmembramento dos municípios tenha causado essa anomalia. Mais razoável é a premissa de aumento progressivo da mesma. Assim, adotou-se a evolução apresentada no Gráfico 6.

Gráfico 6
Evolução adotada para a taxa de urbanização



Portanto, combinando-se as taxas geométricas de crescimento adotadas com a evolução da taxa de urbanização resulta a provável evolução da população urbana de Tubarão conforme a Tabela 6.

Os valores da Tabela 6 não correspondem exatamente à realidade, tal como informa o atual operador do serviço de água e esgoto de Tubarão, que afirma existirem cerca de 1.500 ligações residenciais de água nas regiões periféricas da cidade que se acham inativas, em virtude da opção dos usuários por outras fontes de água, em face da intermitência histórica do abastecimento. Essa situação leva a um contraste com os dados do IBGE.

Considerando que em janeiro de 2007 havia 27.787 economias² residenciais ativas, para que a população urbana de 91.335 hab indicada na Tabela 6 em dezembro de 2006 seja admitida como correta, resultaria uma relação hab/econ de 3,287. A partir dos dados do IBGE entre 1970 e 1996, obtém-se a seguinte relação entre população urbana e número de residências (Tabela 7):

² Economias são unidades de consumo que definem uma conta de água/esgoto. Podem ser residenciais, públicas, industriais, comerciais, mistas etc. Elas se diferenciam das ligações, na medida em que uma mesma ligação pode suprir mais de uma economia, como são os casos dos edifícios residenciais. As economias residenciais podem ser associadas a famílias.

Tabela 6
Evolução da população de Tubarão

Ano	População município de Tubarão	Taxa urbanização	População urbana de Tubarão	Ano	População município de Tubarão	Taxa urbanização	População urbana de Tubarão
1970	66.876	76,46%	51.134	2017	110.492	76,46%	106.175
1980	75.242	85,77%	64.536	2018	111.891	85,77%	107.531
1991	95.062	91,50%	86.982	2019	113.292	91,50%	108.889
1996	83.728	93,30%	78.118	2020	114.694	93,30%	110.249
2000	88.470	94,70%	83.781	2021	116.098	94,70%	111.610
2001	90.586	95,00%	86.057	2022	117.503	95,00%	112.973
2002	90.425	95,10%	85.994	2023	118.908	95,10%	114.337
2003	91.333	95,30%	87.040	2024	120.314	95,30%	115.700
2004	93.238	95,45%	88.996	2025	121.719	95,45%	117.064
2005	94.292	95,60%	90.143	2026	123.124	95,60%	118.428
2006	95.339	95,80%	91.335	2027	124.527	95,80%	119.791
2007	96.693	95,90%	92.728	2028	125.930	95,90%	121.153
2008	98.052	96,00%	94.130	2029	127.330	96,00%	122.513
2009	99.417	96,01%	95.451	2030	128.728	96,01%	123.872
2010	100.787	96,02%	96.777	2031	130.123	96,02%	125.228
2011	102.162	96,03%	98.107	2032	131.516	96,03%	126.582
2012	103.541	96,04%	99.442	2033	132.905	96,04%	127.932
2013	104.924	96,05%	100.782	2034	134.289	96,05%	129.279
2014	106.312	96,06%	102.125	2035	135.670	96,06%	130.622
2015	107.702	96,07%	103.472	2036	137.046	96,07%	131.961
2016	109.096	96,08%	104.822	2037	138.416	96,08%	133.295

Tabela 7
N.º de habitantes por domicílio em Tubarão e Capivari de Baixo

Ano	População urbana	N.º de domicílios	N.º médio de hab por domicílio
1970	51.134	9.026	5,67
1980	64.536	14.712	4,39
1991	84.605	22.333	3,79
1996	90.892	24.932	3,65

Esse índice vem decaindo em todo o País, refletindo uma tendência de redução do número de habitantes por domicílio. Esse fato se reflete no Gráfico 7. Entretanto, não parece razoável acreditar no valor 3,29 para o ano 2006. Mais plausível seria admitir a evolução proposta para esse índice apresentado no Gráfico 8, que admite uma evolução mais condizente com um fenômeno sóciodemográfico que certamente não autoriza alterações repentinas de tendência. Nessa figura assumiu-se o valor 2,80 hab/econ no ano 2037.

Gráfico 7
Evolução pregressa do n.º de habitantes por domicílio

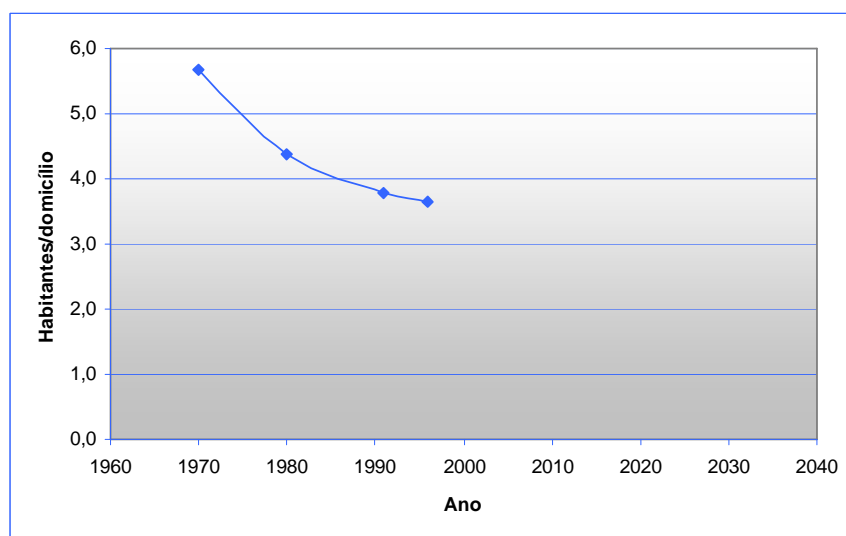
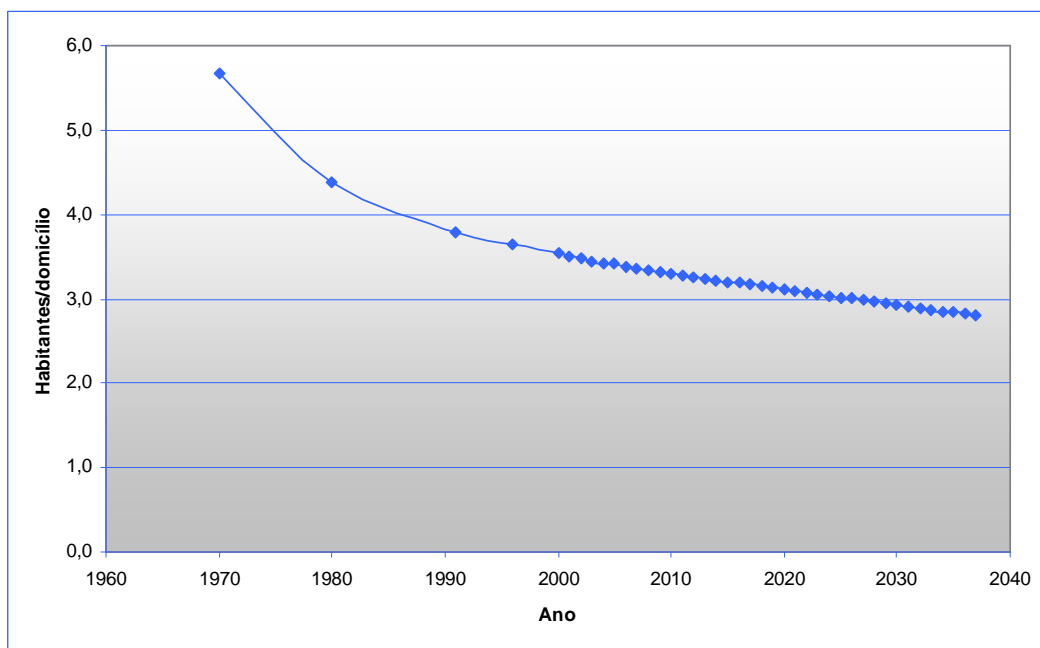


Gráfico 8
Evolução prospectiva do n.º de habitantes por domicílio



Os dados de consumo no mês de janeiro de 2007 indicam 27.787 economias residenciais. Por esses dados inferir-se-ia uma população atendida de 96.056 habitantes (~ 3,45 hab/economia – extraído do gráfico) em janeiro de 2007. Esse valor emerge como exagerado, o que levaria a assumir um valor intermediário entre 3,29 e 3,45 para a relação entre o número de habitantes por domicílio. O valor 3,35 resulta em uma população atendida de 93.086 hab. Esse número parece refletir muito melhor a realidade.

No Relatório N.º 1 foi possível avaliar com exatidão os valores da vazão média produzida e da vazão média efetivamente consumida, resultando perdas totais de 42,6%, valor perfeitamente inserido na normalidade dos sistemas de abastecimento de água brasileiros. Os dados de vazão distribuída, vazão consumida e vazão entregue a Capivari de Baixo foram obtidos de macro e micromedicação confiáveis, durante todo o ano de 2006. Assim, utilizar o histograma de 2006 constitui a melhor fonte para auxiliar na estimativa de populações.

Assim, combinando-se o número de economias atendidas e o número de habitantes por economia obtém-se a população total atendida em 2007. Somando-se 1.500 residências não atendidas, ou seja, 5.025 hab, resulta a população urbana em 2007.

A Tabela 8 apresenta então os valores de população propostos para serem considerados no estudo.

Considerando que o planejamento está baseado nessas posições, é altamente recomendável que o Fundasa atue junto ao IBGE para apurar esses valores a partir da contagem da população que esse organismo está realizando no primeiro semestre de 2007. O planejamento aqui proposto deverá então ser revisto e adaptado para considerar quaisquer discrepâncias significativas.

2.3 ÍNDICES DE ATENDIMENTO

2.3.1 Abastecimento de água

Para a definição dos índices de atendimento do abastecimento de água é necessário estabelecer hipóteses de inclusão progressiva dos usuários cujas ligações acham-se inativas em face do suprimento por fontes alternativas.

A Tabela 9 e o Gráfico 9 estabelecem a evolução do atendimento adotada.

2.3.2 Esgotamento sanitário

A Tabela 10 e ao respectivo Gráfico 10 apresentados em seqüência estabelecem a evolução do atendimento adotada.

Tabela 8
Populações em Tubarão no período de projeto

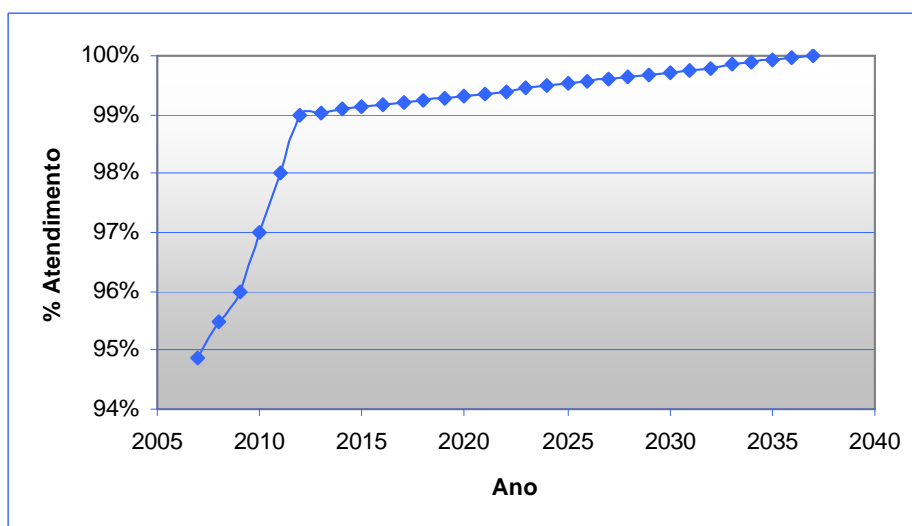
Ano	Habitante por economia residencial	Pop. calcul. a partir do histograma de consumo jan/2007	Pop. não atendida hoje	População urbana total de Tubarão
2007	3,350	93.190	5.025	98.215
2008	3,332	94.501	5.096	99.596
2009	3,313	95.816	5.167	100.983
2010	3,295	97.136	5.238	102.374
2011	3,277	98.461	5.309	103.771
2012	3,258	99.791	5.381	105.171
2013	3,240	101.124	5.453	106.577
2014	3,222	102.461	5.525	107.985
2015	3,203	103.801	5.597	109.398
2016	3,185	105.144	5.670	110.814
2017	3,167	106.490	5.742	112.232
2018	3,148	107.838	5.815	113.653
2019	3,130	109.188	5.888	115.076
2020	3,112	110.540	5.961	116.500
2021	3,093	111.893	6.033	117.926
2022	3,075	113.247	6.106	119.353
2023	3,057	114.601	6.180	120.781
2024	3,038	115.956	6.253	122.208
2025	3,020	117.310	6.326	123.636
2026	3,002	118.664	6.399	125.062
2027	2,983	120.017	6.472	126.488
2028	2,965	121.368	6.544	127.912
2029	2,947	122.718	6.617	129.335
2030	2,928	124.065	6.690	130.755
2031	2,910	125.410	6.762	132.172
2032	2,892	126.752	6.835	133.587
2033	2,873	128.090	6.907	134.997
2034	2,855	129.425	6.979	136.404
2035	2,837	130.756	7.051	137.806
2036	2,818	132.081	7.122	139.203
2037	2,800	133.402	7.193	140.595

Admite-se, portanto, que a população remanescente deverá ser atendida por meio de soluções individuais, tal como ocorre atualmente com toda a população.

Tabela 9
Evolução do atendimento em água

Ano	População urbana total de Tubarão	% Atendimento água	População atendida água	Ano	População urbana total de Tubarão	% Atendimento água	População atendida água
2007	98.215	94,88%	93.190	2023	120.781	99,44%	120.104
2008	99.596	95,50%	95.114	2024	122.208	99,48%	121.573
2009	100.983	96,00%	96.943	2025	123.636	99,52%	123.042
2010	102.374	97,00%	99.303	2026	125.062	99,56%	124.512
2011	103.771	98,00%	101.695	2027	126.488	99,60%	125.982
2012	105.171	99,00%	104.120	2028	127.912	99,64%	127.452
2013	106.577	99,04%	105.553	2029	129.335	99,68%	128.921
2014	107.985	99,08%	106.992	2030	130.755	99,72%	130.389
2015	109.398	99,12%	108.435	2031	132.172	99,76%	131.855
2016	110.814	99,16%	109.883	2032	133.587	99,80%	133.319
2017	112.232	99,20%	111.334	2033	134.997	99,84%	134.781
2018	113.653	99,24%	112.789	2034	136.404	99,88%	136.240
2019	115.076	99,28%	114.247	2035	137.806	99,92%	137.696
2020	116.500	99,32%	115.708	2036	139.203	99,96%	139.148
2021	117.926	99,36%	117.172	2037	140.595	100,00%	140.595
2022	119.353	99,40%	118.637				

Gráfico 9
Evolução do atendimento em água



2.4 CENÁRIO DE PROJETO PARA OS SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTO

O cenário de projeto para os sistemas públicos de água e esgoto inclui as áreas urbanas de Tubarão, estendendo-se aos eixos radiais de ocupação representados pelos bairros São Cristóvão, Sertão dos Corrêas, Cruzeiro, Monte Castelo, São João margens direita e esquerda, Guarda, São Martinho, Revoredo, Campestre, São Clemente, Passo do Gado, Santa Luzia, Praia Redonda, Congonhas e Madre. Claro está que o alcance efetivo de tais áreas periféricas ficará, conforme já discutido neste relatório, na dependência das reais possibilidades técnico-econômicas de fazê-lo.

No caso do abastecimento de água, mediante a realização de obras de reforço e complementação, será possível atender praticamente a 100% da população, a depender apenas da disposição dos usuários em optar pelo abastecimento público, possivelmente requerendo a interveniência das autoridades sanitárias e de saúde pública.

O caso do esgotamento sanitário requer enfoque diferente, em face do elevado custo potencial de atendimento pleno pelo sistema público. Buscar-se-á atingir um nível de cobertura de 90% ou mais, que pode ser considerado excelente para as condições de Tubarão. Soluções individuais, hoje generalizadas, deverão ser cogitadas nos casos extremos. A universalização do atendimento deverá, portanto, considerar a conjugação de soluções via sistema público com soluções individuais, cujos limites serão determinados pelas autoridades municipais, em perspectiva de harmonização progressiva dos fatores sociais, sanitários, ambientais e econômico-financeiros, conforme preconiza a Lei federal N.º 11.445/2007.

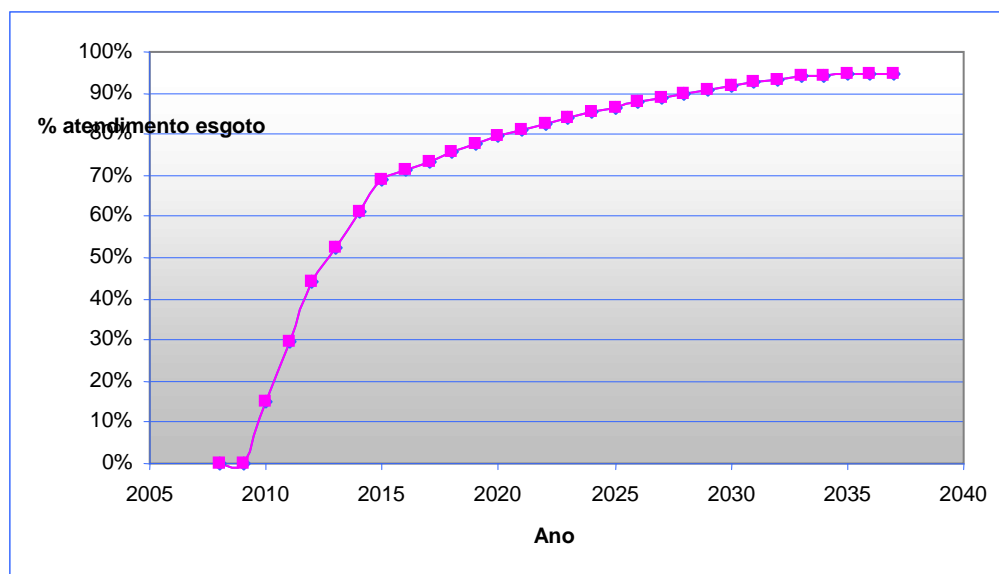
A situação do atendimento real ou potencial de Capivari de Baixo fica assumida, para os fins do PMAE, da seguinte forma:

- O abastecimento de água continuará a ser realizado a partir do sistema de produção de água potável de Tubarão. Para tanto, será admitido que o regime de eficiência atual permanecerá como está, diferindo, portanto das hipóteses consideradas para Tubarão, que prevêem aumento expressivo dos fatores de eficiência vigentes;
- O esgotamento sanitário poderá ser realizado de modo integrado ao de Tubarão, a depender das evoluções político-institucionais que viabilizem essa hipótese. Para tanto, o planejamento físico das obras assume o atendimento progressivo de Tubarão, podendo, a qualquer momento, ser revisto para incluir Capivari de Baixo. Esta hipótese considera, portanto, uma progressão que poderá acolher, mediante revisão, as necessidades das duas cidades. Conforme mencionado no Relatório N.º 2 do PMAE, a Lei Federal N.º 11.445/2007 estabelece a necessidade de uma agência reguladora única já para a situação atual do abastecimento de água, em face da interdependência dos dois sistemas. A inclusão posterior de Capivari de Baixo no esgotamento sanitário apenas reforçara essa necessidade. A modulação das unidades de transporte e tratamento de esgoto acomodará qualquer desfecho.

Tabela 10
Evolução do atendimento em esgoto

Ano	População atendida	População urbana total	% Atendim. esgoto	Ano	População atendida	População urbana total	% Atendim. esgoto
2008	0	99.596	0,00%	2023	101.347	120.781	83,91%
2009	0	100.983	0,00%	2024	104.118	122.208	85,20%
2010	15.484	102.374	15,13%	2025	106.880	123.636	86,45%
2011	30.940	103.771	29,82%	2026	109.634	125.062	87,66%
2012	46.365	105.171	44,09%	2027	112.378	126.488	88,85%
2013	56.108	106.577	52,65%	2028	115.114	127.912	89,99%
2014	65.830	107.985	60,96%	2029	117.497	129.335	90,85%
2015	75.532	109.398	69,04%	2030	119.871	130.755	91,68%
2016	79.040	110.814	71,33%	2031	122.236	132.172	92,48%
2017	82.539	112.232	73,54%	2032	124.593	133.587	93,27%
2018	86.030	113.653	75,70%	2033	126.941	134.997	94,03%
2019	89.512	115.076	77,79%	2034	128.229	136.404	94,26%
2020	92.985	116.500	79,82%	2035	129.512	137.806	94,49%
2021	95.780	117.926	81,22%	2036	130.436	139.203	94,58%
2022	98.568	119.353	82,58%	2037	131.010	140.595	94,68%

Gráfico 10
Evolução do atendimento em esgoto



2.5 PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO

a) Coeficientes do dia e hora de maior consumo – k_1 e k_2

Por não haver informações disponíveis que permitam a determinação confiável dos coeficientes do dia e hora de maior consumo de água e de geração de

esgotos adotaram-se os valores usuais, quais sejam: k_1 – Coeficiente do dia de maior consumo = 1,20 e k_2 – Coeficiente da hora de maior consumo = 1,50.

b) Índice de Perdas

As perdas são constituídas por duas parcelas principais: as perdas físicas e as perdas comerciais. As perdas físicas referem-se a vazamentos, extravasamentos e outros eventos onde a água potável retorna ao meio ambiente sem ser utilizada.

O Relatório N.º 1 apresenta o cálculo do nível de perdas atual, como sendo de 42,6%. Em termos de evolução, assumiu-se a seguinte hipótese de redução da perda total com o tempo: redução linear dos atuais 46,2% para 35% ao final de 2011, redução linear de 35% em 2011 para 30% em 2014 e redução linear de 30% em 2014 para 25% em 2033, mantendo-se esse valor até o final.

Quanto à perda comercial assumiu-se uma redução linear de 15% em 2008 até 10% em 2011 e redução linear de 10% em 2011 até 8% no final do plano. Os Gráfico 11 e Gráfico 12 representam essas variações projetadas. Essa regressão é factível em face das ações que deverão ser empreendidas na melhoria de todo o sistema comercial, incluindo substituição dos hidrômetros, recadastramento comercial, pesquisa de ligações clandestinas ou irregulares etc.

Gráfico 11
Índice de perdas

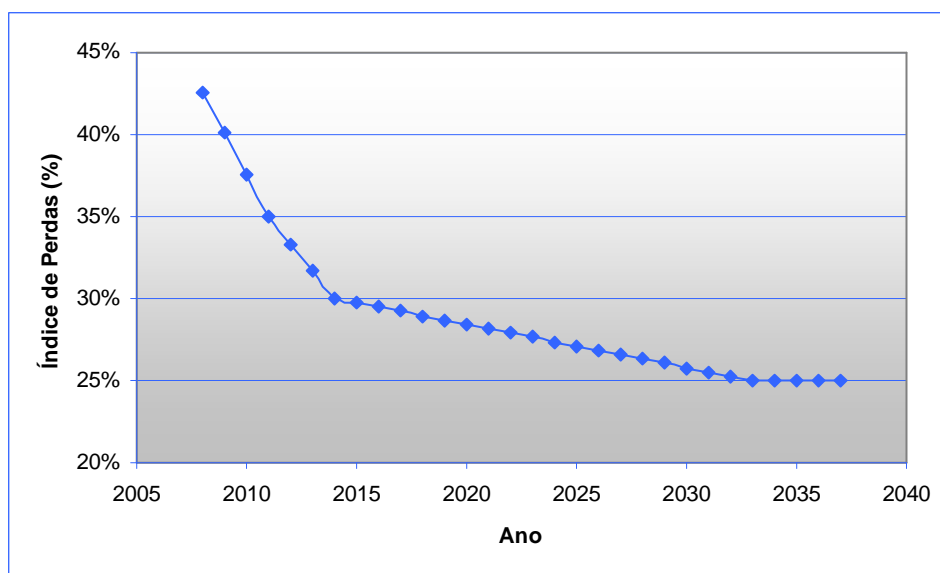
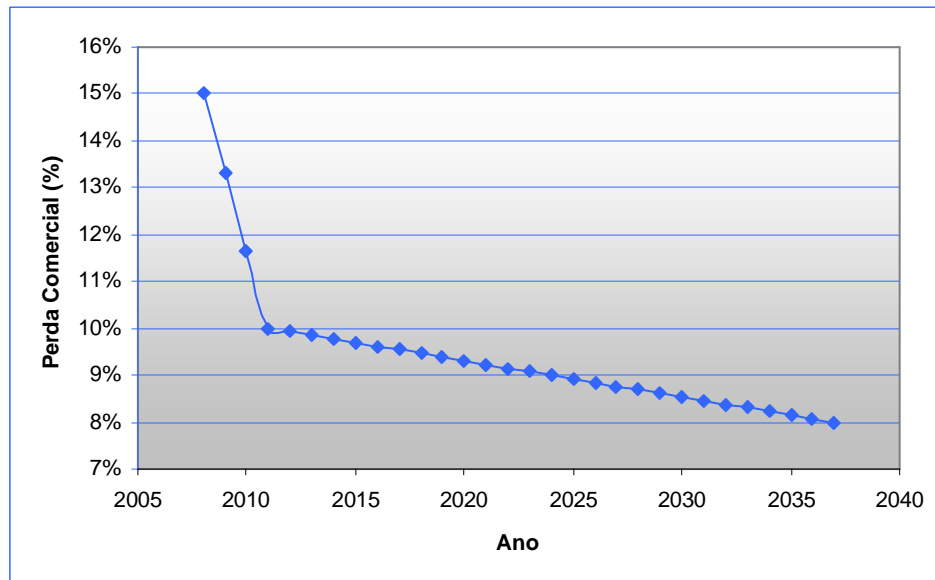


Gráfico 12
Perda comercial



3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.1 EVOLUÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA

As demandas de água foram calculadas para os próximos 30 anos. A Tabela 11 contempla os valores obtidos.

3.2 CONCEPÇÃO PROPOSTA

Na concepção do sistema de abastecimento proposto não se introduziram grandes alterações em relação ao existente. Tratou-se apenas de, mantendo-se basicamente a atual configuração, dotá-la das ampliações e melhorias capazes de, em conjunto, atender à demanda ao longo do período de projeto.

3.2.1 Descrição das proposições de melhoria nas unidades existentes do sistema

Em relação ao sistema já existente não houve grandes alterações na configuração hidráulica das unidades operacionais. Houve sim a previsão de melhoria e ampliação das unidades operacionais para atender à evolução da demanda.

Não houve necessidade de implantação de novas unidades operacionais e nem relocação ou desativação das atuais e sim apenas projetos e obras de melhorias e ampliação nas existentes, cuja síntese é descrita em seqüência.

Tabela 11
Vazões de água

Ano	Q médio medido (l/s)	Índice de perdas (%)	Q médio diário produzido (l/s)	k ₁	k ₂	Q dia > consumo (l/s)	Q hora > consumo (l/s)	Volume de reservação (m³)
2008	148,13	42,60%	258,06	1,2	1,5	309,67	464,51	8.918
2009	155,66	40,07%	259,72	1,2	1,5	311,66	467,49	8.975
2010	164,12	37,53%	262,74	1,2	1,5	315,29	472,93	9.079
2011	173,00	35,00%	266,15	1,2	1,5	319,38	479,07	9.197
2012	178,12	33,33%	267,18	1,2	1,5	320,61	480,92	9.233
2013	181,65	31,67%	265,84	1,2	1,5	319,00	478,51	9.186
2014	185,14	30,00%	264,49	1,2	1,5	317,38	476,07	9.140
2015	188,72	29,74%	268,59	1,2	1,5	322,31	483,47	9.282
2016	192,36	29,47%	272,75	1,2	1,5	327,30	490,96	9.425
2017	196,00	29,21%	276,88	1,2	1,5	332,25	498,38	9.568
2018	199,74	28,95%	281,11	1,2	1,5	337,33	506,00	9.714
2019	203,52	28,68%	285,37	1,2	1,5	342,45	513,67	9.862
2020	207,31	28,42%	289,63	1,2	1,5	347,55	521,33	10.009
2021	211,16	28,16%	293,93	1,2	1,5	352,71	529,07	10.157
2022	215,11	27,89%	298,33	1,2	1,5	357,99	536,99	10.309
2023	219,13	27,63%	302,80	1,2	1,5	363,36	545,03	10.464
2024	223,12	27,37%	307,19	1,2	1,5	368,63	552,94	10.615
2025	227,13	27,11%	311,58	1,2	1,5	373,90	560,85	10.767
2026	231,32	26,84%	316,19	1,2	1,5	379,43	569,14	10.926
2027	235,44	26,58%	320,67	1,2	1,5	384,81	577,21	11.081
2028	239,66	26,32%	325,26	1,2	1,5	390,31	585,46	11.240
2029	243,98	26,05%	329,94	1,2	1,5	395,93	593,89	11.402
2030	248,26	25,79%	334,54	1,2	1,5	401,44	602,16	11.560
2031	252,63	25,53%	339,22	1,2	1,5	407,06	610,59	11.722
2032	257,12	25,26%	344,04	1,2	1,5	412,84	619,27	11.889
2033	261,55	25,00%	348,73	1,2	1,5	418,47	627,71	12.051
2034	266,12	25,00%	354,83	1,2	1,5	425,79	638,69	12.262
2035	270,69	25,00%	360,92	1,2	1,5	433,11	649,66	12.472
2036	275,38	25,00%	367,17	1,2	1,5	440,60	660,90	12.688
2037	279,98	25,00%	373,31	1,2	1,5	447,97	671,95	12.900

3.2.2 Captação de Água Bruta

A captação existente será aproveitada, sendo previstas obras de melhorias e ampliação para uma vazão de 600 l/s. Essa capacidade inclui o atendimento à demanda do dia de maior consumo de Tubarão e de Capivari de Baixo. A de Tubarão consta da Tabela 11. Quanto à de Capivari de Baixo, admitiu-se que a demanda será diretamente proporcional à evolução da população, esta por sua vez crescendo à mesma taxa de crescimento da população de Tubarão. Dessa forma, não se admitiu uma redução de perdas em Capivari de Baixo, como feito no caso de Tubarão, o que representa hipótese plausível, em face das incertezas que revestem o futuro do seu serviço de água e esgoto.

A vazão média entregue a Capivari de Baixo é de 48 l/s em 2007. A vazão do dia de maior consumo no ano 2037 será de 82 l/s.

Resultaria então, para o ano 2037, uma vazão do dia de maior consumo global igual a $448 + 82 = 530$ l/s. A previsão de uma capacidade de produção de 600 l/s de água tratada considera a perda de água no processo de tratamento, além de ser conveniente considerar que o sistema de produção de água potável não deverá operar 24 horas por dia para usufruir de tarifas de energia elétrica mais econômicas.

Claro está que tal ampliação somente deverá se realizar após confirmação da continuidade da dependência de Capivari de Baixo do fornecimento de água pelo operador do serviço de Tubarão. Caso contrário, um investimento desnecessário iria conspirar contra a já difícil viabilização do projeto como um todo, em face da inexistência do sistema de esgotamento sanitário. A implicação dessa circunstância é a previsão da ampliação somente após os entendimentos político-institucionais entre os dois municípios, que confirmem essa hipótese. Assim, a necessidade de instituição da agência reguladora única é, na prática, imediata a bem da racionalização que deveria presidir a gestão do saneamento das duas cidades.

As ações a serem então executadas incluem projetos e obras referentes a:

- Barragem de elevação de nível;
- Caixa de areia;
- Poço de sucção;
- Substituição dos conjuntos moto-bomba;
- Substituição dos quadros de comando;
- Transformadores de tensão;
- Reforma e ampliação civil da casa de bomba e quadros de comando;
- Monitoramento da qualidade da água bruta;
- Recuperação da mata ciliar às margens do Rio Tubarão;

3.2.3 Adução de Água Bruta

As ações previstas são:

- Limpeza da adutora existente Ø 400 mm
- Implantação de nova adutora de água bruta Ø 400 mm;
- Sistema de Alívio de transiente hidráulico;

As duas adutoras antigas existentes, de diâmetros de 300 e 350 mm serão desativadas em função de, no seu trajeto, passarem sob moradias e também por apresentarem baixo coeficiente “C” de rugosidade, implicando baixa vazão.

3.2.4 Estação de Tratamento de Água – ETA

A ETA existente será aproveitada, sendo previstas obras de melhorias e ampliação para uma produção de 600 l/s, envolvendo:

- Recuperação estrutural dos decantadores e canal de floculação;
- Substituição das placas dos decantadores;
- Adequação do sistema de coleta de água decantada com implantação de novas calhas;
- Implantação de sistema de re-utilização de água de lavagem dos filtros;
- Construção de reservatório de água de lavagem de 500 m³;
- Reforma dos filtros para implantação de sistema de reutilização;
- Substituição dos materiais dos leitos filtrantes;
- Implantação de novo sistema de cloração;
- Implantação de corrimão ao longo dos decantadores e filtros;
- Adequação do canal de entrada de água bruta;
- Substituição dos conjuntos motor-bomba da EEAT de retrolavagem;
- Substituição dos painéis elétricos de comando da EEAT de retrolavagem;
- Ampliação para atender à vazão de fim de plano de 600 l/s.

3.2.5 Reservação

Prevê-se a construção de um novo reservatório apoiado, localizado na área da ETA, com capacidade de 5.500 m³, que será interligado aos existentes R0, R1 e R5 para eliminar o déficit de reservação hoje existente na cidade.

3.2.6 Redes Ramais e ligações Prediais

Um dos grandes problemas da intermitência no abastecimento de água está relacionado ao diâmetro inadequado de suas redes de distribuição, ou seja, grandes extensões de rede com diâmetros insuficientes. Como agravante destaca-se a criticidade determinada pela falta de circulação da água, em face do número exagerado de pontas de rede capeadas.

Esses problemas serão eliminados com a implantação das melhorias e ampliações previstas neste estudo, a seguir enumeradas.

- Implantação de nova adutora de água tratada (5.760 m) para a margem esquerda do Rio Tubarão e da BR-101 nos seguintes diâmetros:
 - Ø 400 mm (2.580 m)
 - Ø 300 mm (3.180 m)
- Implantação dos reforços de rede (14.800 m) para abastecimento da margem esquerda do Rio Tubarão e da BR-101 nos seguintes diâmetros:
 - Ø 200 mm (4.200 m)
 - Ø 150 mm (600 m)
 - Ø 100 mm (10.000 m)
- Implantação da nova adutora de água tratada (22.000 m) para a região da Madre e Congonhas, com diâmetro de 300 mm;

- Implantação das obras de reforço (5.000 m) da rede do anel da zona central e bairros periféricos nos seguintes diâmetros:
 - Ø 200 mm (1.500 m)
 - Ø 150 mm (2.000 m)
 - Ø 100 mm (1.500 m)
- Implantação das obras de reforço (1.500 m) da rede dos bairros São Cristóvão e Sertão dos Corrêas no seguinte diâmetro:
 - Ø 100 mm (1.500 m)
- Implantação de nova adutora de água potável (7.000 m) para o Município de Capivari de Baixo até a divisa, diâmetro de 300 mm;
- Elaboração de cadastro técnico das redes de água;
- Troca de todos os ramais de aço galvanizado por PEAD.

3.2.7 Setorização da rede de distribuição

Para implantação do programa de controle e redução de perdas físicas através do controle das pressões na rede de distribuição foi prevista a implantação de dois macro-setores, cada qual com suas zonas de pressão, assim distribuídos:

3.2.7.1 Setor da margem esquerda do Rio Tubarão (R0, R1, R5 e Novo)

- Zona de pressão do R2;
- Zona de pressão São João Margem Esquerda;
- Zona de pressão Humaitá de Cima;
- Zona de pressão Booster São Martinho.

3.2.7.2 Setor da margem direita do Rio Tubarão (R0, R1, R5 e Novo)

- Zona de pressão do R7;
- Zona de pressão Central;
- Zona de pressão Oficinas;
- Zona de pressão Andrino;
- Zona de pressão Booster Morro da catedral;
- Zona de pressão Booster São Cristóvão;
- Zona de pressão Booster da Guarda;
- Zona de pressão Booster Congonhas;

3.2.8 Macromedição

Para implantação do programa de controle e redução de perdas físicas foi prevista a implantação de macromedidores, assim distribuídos:

- 01 Macro eletromagnético Ø 500 mm, água bruta;
- 03 Macro eletromagnético Ø 500 mm, água tratada;

- 02 Macro eletromagnético Ø 300 mm, água tratada;

3.2.9 Automação e Telemetria

Para implantação do programa de controle e redução de perdas físicas é essencial o monitoramento em tempo real dos níveis nos reservatórios e também o telecomando de válvulas e conjuntos moto-bomba. Assim, foram previstos:

- Sistema de monitoramento da qualidade da água bruta no manancial
- Automação e telemetria da captação de água bruta
- Automação e telemetria da ETA
- Automação e telemetria dos reservatórios
- Telemetria dos macromedidores

3.3 PLANO DE OBRAS

O Anexo 1 apresenta o Plano de Obras para a ampliação e melhoria do sistema de abastecimento de água ao longo do período de projeto. Nesse plano não estão incluídas as obras referentes à expansão da rede de distribuição, seja para atender à demanda reprimida, seja para considerar o crescimento vegetativo. Essa expansão é discriminada no Relatório N.º 5 do PMAE.

3.4 OBRAS EMERGENCIAIS

Não existem problemas no sistema de abastecimento de água que possam, no momento, demandar ações emergenciais. Isso se deve ao fato de que o atual operador, prestando o serviço de água há quase dois anos, já corrigiu as falhas que se apresentavam como emergenciais, utilizando os recursos financeiros acumulados pelo Fundasa no período. Foi investido um total de R\$ 4,5 milhões.

4 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

4.1 EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ESGOTOS

As vazões de esgoto geradas pelo abastecimento de água foram calculadas para os próximos 30 anos. A Tabela 12 contempla os valores obtidos.

4.2 FUNDAMENTOS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

4.2.1 Introdução

Considerando, a exemplo do abastecimento de água, a necessidade de admitir a possível futura integração do sistema de esgotamento sanitário de Tubarão com o de Capivari de Baixo, sem macular os estudos exclusivamente aplicáveis no momento a Tubarão, a concepção que se segue incorpora essa hipótese mediante adequada modulação do sistema, capaz de conciliar as duas possibilidades.

A modulação proposta permite então ser possível iniciar a construção do sistema destinado ao atendimento exclusivo de Tubarão e, a qualquer momento

admitir, por meio de revisão simples do projeto, a integração dos dois sistemas. Para isso, a abordagem a seguir apresentada considera os dois sistemas simultaneamente.

Tubarão, tanto quanto Capivari de Baixo, ainda está essencialmente desprovida de instalações para a coleta, o transporte e o tratamento dos efluentes sanitários gerados. Exceções desta constatação geral são pequenos trechos de rede coletora de esgotos (extensão aproximada de 1.500 m) que foram implantados no Bairro Morrotes em 1987 pela Prefeitura Municipal. Esta solução local, no entanto, não satisfaz, sob aspectos sanitário-ambientais, porque não são realizados os devidos trabalhos de manutenção nas fossas sépticas e no filtro anaeróbico que constituem o tratamento implantado na época.

Baseado nesta definição básica dos objetivos, o presente estudo aponta as possibilidades técnicas para a implantação do serviço de esgotamento sanitário em Tubarão e Capivari de Baixo, buscando a integração de soluções já desenvolvidas em períodos passados (essencialmente o Projeto Final de Engenharia para os SES Tubarão e Capivari de Baixo da IESA - Internacional Engenharia S.A. para a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, concessionária na época) com concepções novas para as áreas não contempladas por aquele projeto.

Neste contexto, os trabalhos existentes serão analisados sob aspectos globais, avaliando-se especialmente se as soluções apontadas ainda são adequadas sob o impacto de desenvolvimento tecnológico, por um lado, e sob a luz do desenvolvimento urbano-demográfico da área de projeto, por outro. Será avaliado também se as proposições do projeto com relação à sua abrangência física de implantação/atendimento, bem como a definições relativas às etapas físicas de implantação são técnica e economicamente sustentáveis e recomendáveis ou se ajustes deverão ser introduzidos.

Além disso, serão estudadas as potencialidades e limitações de uma extensão do atendimento para áreas periféricas, consideradas fora da Área de Projeto no trabalho existente, desenvolvendo-se sugestões com relação à inclusão dessas áreas numa concepção sanitário-ambiental mais abrangente, que se caracteriza por medidas diferenciadas a serem contempladas e inseridas num cronograma físico-financeiro de implantação, cujo objetivo fundamental será a universalização do atendimento pelo serviço de esgotamento sanitário – evidentemente respeitando-se os limites práticos dessa tarefa complexa.

Tabela 12
Vazões de esgoto gerado

Ano	Q médio medido (l/s)	Coef. De retorno	Coef. Infiltr. (l/sxkm)	Extensão da Rede de Esgoto (km)	Q infiltração (l/s)	Perda comercial (%)	Q médio diário s/infiltr. (l/s)	Q médio diário produzido (l/s)	Q dia maior produção (l/s)	Q hora de maior produção (l/s)
2008	0,00	0,8	0,25	0	0,00	15,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	0,8	0,25	0	0,00	13,33%	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	24,82	0,8	0,25	48.077	12,02	11,67%	22,18	34,20	38,63	51,94
2011	51,58	0,8	0,25	95.736	23,93	10,00%	45,39	69,32	78,40	105,64
2012	78,52	0,8	0,25	142.976	35,74	9,92%	69,05	104,80	118,61	160,04
2013	95,63	0,8	0,25	172.450	43,11	9,85%	84,04	127,15	143,96	194,38
2014	112,86	0,8	0,25	201.623	50,41	9,77%	99,11	149,52	169,34	228,81
2015	130,30	0,8	0,25	230.541	57,64	9,69%	114,34	171,98	194,85	263,45
2016	137,21	0,8	0,25	240.471	60,12	9,62%	120,32	180,44	204,50	276,69
2017	144,15	0,8	0,25	250.242	62,56	9,54%	126,32	188,88	214,14	289,93
2018	151,19	0,8	0,25	259.980	64,99	9,46%	132,40	197,39	223,87	303,31
2019	158,31	0,8	0,25	269.602	67,40	9,38%	138,53	205,93	233,64	316,76
2020	165,47	0,8	0,25	279.132	69,78	9,31%	144,69	214,48	243,42	330,23
2021	171,51	0,8	0,25	286.547	71,64	9,23%	149,87	221,51	251,48	341,41
2022	177,65	0,8	0,25	293.881	73,47	9,15%	155,13	228,60	259,62	352,70
2023	183,87	0,8	0,25	301.190	75,30	9,08%	160,45	235,75	267,84	364,10
2024	190,09	0,8	0,25	308.416	77,10	9,00%	165,76	242,86	276,01	375,47
2025	196,34	0,8	0,25	315.538	78,88	8,92%	171,09	249,98	284,19	386,85
2026	202,78	0,8	0,25	322.576	80,64	8,85%	176,57	257,22	292,53	398,48
2027	209,18	0,8	0,25	329.605	82,40	8,77%	182,02	264,42	300,82	410,03
2028	215,68	0,8	0,25	336.485	84,12	8,69%	187,54	271,67	309,17	421,70
2029	221,65	0,8	0,25	342.361	85,59	8,62%	192,60	278,19	316,71	432,26
2030	227,60	0,8	0,25	348.132	87,03	8,54%	197,62	284,66	324,18	442,75
2031	233,64	0,8	0,25	353.829	88,46	8,46%	202,72	291,18	331,73	453,36
2032	239,81	0,8	0,25	359.493	89,87	8,38%	207,94	297,81	339,40	464,16
2033	245,94	0,8	0,25	365.050	91,26	8,31%	213,09	304,36	346,98	474,83
2034	250,85	0,8	0,25	367.591	91,90	8,23%	217,20	309,10	352,54	482,86
2035	255,77	0,8	0,25	370.045	92,51	8,15%	221,30	313,81	358,07	490,86
2036	260,45	0,8	0,25	371.493	92,87	8,08%	225,19	318,06	363,10	498,21
2037	265,08	0,8	0,25	377.903	94,48	8,00%	229,03	323,51	369,31	506,73

4.2.2 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DO PROJETO

Conforme já estabelecido, os coeficientes de variação de consumo foram fixados como 1,20 para o dia de maior consumo e 1,50 para a hora de maior consumo.

Para o coeficiente de retorno de esgoto, previu-se valor condizente com as características da cidade e clima. Adotou-se o coeficiente $C = 0,8$.

Quanto à vazão de infiltração assumiu-se $i = 0,25$ l/sxkm (litros por segundo por km de rede coletora), considerado adequado às condições de Tubarão.

Sob todos os aspectos são respeitados os conceitos definidos pelas normas vigentes com relação a sistemas de saneamento.

O sistema de esgotamento sanitário será do tipo “Separador Absoluto”, não se admitindo o lançamento de efluentes pluviais ou águas subterrâneas captadas de alguma forma ao sistema.

As contribuições à rede coletora de esgoto sanitário serão essencialmente de origem doméstica, com possibilidade de lançamento de pequenas quantidades de contribuições do comércio. Eventuais pequenas flutuações em casos isolados serão desconsideradas, baseando-se no fato de que, geralmente em torno de 96% da vazão total é de origem doméstica. Em função disso, somente indústria de certo porte ou com contribuição expressiva em termos de vazão e/ou carga poluidora ao sistema, mereceria consideração individualizada no dimensionamento.

Em conformidade com as normas vigentes, e posto que os efluentes gerados na área do projeto são predominantemente de origem doméstica, podem ser adotados os parâmetros básicos apresentados na Tabela 13.

Tabela 13
Parâmetros básicos de dimensionamento

Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5,20}	54 g/hab x d
Sólidos Suspensos Totais – SST	60 g/hab x d
Demanda Química de Oxigênio – DQO	108 g/hab x d
Nitrogênio Total (Kjeldahl) – TKN	10 g/hab x d
Fósforo Total – P	2 g/hab x d
Coliformes Fecais	$1,0 \times 10^7$ NMP/100ml

4.3 SISTEMA DE COLETA E TRANSPORTE

4.3.1 Considerações iniciais

Na análise do projeto da IESA foi constatado que na época a implantação do serviço de esgotamento sanitário no município de Tubarão ficou limitada

essencialmente às áreas centrais da cidade, onde é encontrado o maior adensamento urbano e demográfico.

No caso de Capivari de Baixo o atendimento teria ficado mais abrangente em função da estrutura deste município, que apresenta extensão territorial muito menor e praticamente não se encontram nele núcleos urbanos fora do sítio urbano.

Já em Tubarão são encontrados diversos assentamentos fora do sítio urbano que, em parte, até apresentam ocupações bastante extensas e concentrações populacionais consideráveis. Podem ser citadas, neste contexto, principalmente as áreas dos bairros São João (margem direita), São João (margem esquerda), São Martinho e São Cristóvão; mas também os bairros Passo do Gado, Campestre, São Clemente, Praia Redonda e Santa Luzia, todos localizados ao sudeste do sítio urbano e visivelmente áreas de expansão urbano-residencial, que não haviam sido contemplados pelo projeto citado – pelo menos não com a implantação do sistema de coleta e transporte de efluentes dentro do horizonte daquele projeto.

Entre as opções se incluiria tanto a conexão, em momento oportuno, ao sistema principal (e à Estação de Tratamento Central), quanto soluções comunitário-locais de coleta e tratamento nos casos em que o transporte até o sistema principal se mostrasse inviável técnica e/ou economicamente, ou ainda, a adoção de soluções individuais para os casos em que até a opção comunitário-local se revelasse como técnica e/ou economicamente insustentável.

Cabe registrar aqui que a realidade da ocupação, que principalmente na periferia urbana ocorre muitas vezes de forma desordenada, não planejada e, não raro, até ilegal, dificulta muito a implantação de um sistema de esgoto sanitário, ou torna a implantação, no mínimo, muito onerosa.

Como o esgotamento sanitário ocorre tradicionalmente por gravidade, assentando-se os tubos conforme a declividade natural do terreno, o planejamento urbano-viário precisaria ser muito cuidadoso, para que as vias públicas de acesso às áreas, usadas preferencialmente para o traçado dos coletores, se ajustassem, do modo mais favorável para o esgotamento ao terreno – sempre em leve declive. Porém, a realidade é outra e aos acidentes naturais a serem superados pelo sistema de esgoto acrescentam-se desnecessariamente acidentes artificiais, resultado de traçados inadequados de vias (seguindo pela linha de queda de água ou arranjos ortogonais). Quando nestas circunstâncias ainda ocorre a ocupação de talvegues (caminhos naturais de escoamento das águas) por edificações, a implantação do serviço de esgotamento sanitário pode ser tornar tecnicamente inviável ou os custos alcançariam níveis proibitivos.

O que poderia ser interpretado como lacuna deixada pelo projeto da IESA será contemplado pelo presente estudo em aspectos genéricos e baseados nas informações topográficas disponíveis. O cenário real de ocupação (ou pelo menos próximo ao real) para esta tarefa foi avaliado com base em imagens aéreas consultadas na Internet na página do “Google Earth”.

4.3.2 Análise do sistema principal

O “Projeto Final de Engenharia para os SES Tubarão e Capivari de Baixo” elaborado pela IESA de 1999/2000 havia planejado detalhadamente a implantação do sistema de coleta e transporte de efluentes nas áreas centrais de Tubarão, além do sistema em Capivari de Baixo.

A concepção daquele trabalho era de um sistema integrado, em que o tratamento dos efluentes iria ocorrer numa estação única localizada na margem direita do Rio Tubarão, à jusante das duas cidades e cerca de 6 km distante das áreas centrais de Tubarão, no sentido leste.

Reproduz-se a seguir um extrato da “*Descrição Sucinta*” do referido projeto, que resume as características básicas do sistema de coleta e transporte:

CONCEPÇÃO DO SISTEMA Os municípios de Tubarão e Capivari de Baixo foram divididos em 22 (vinte e duas) sub-bacias ao todo, conforme descrição e apresentação constando no Relatório Parcial Nº 2, Definição da Área de Projeto. (...)

TUBARÃO A área de concepção do município de Tubarão foi dividida em dezesseis (16) subbacias. As sub-bacias localizadas à direita da margem do Rio Tubarão foram denominadas de SB-D e à esquerda do rio de SB-E. Sendo que as sub bacias SB-D1, SB-E2, SB-E7 e SB-E8 estão fora da área de projeto. E as 12 (doze) sub-bacias SBD2, SB-D3, SB-D4, SB-D5, SB-D6, SB-D7, SB-D8, SB-E1, SB-E3, SB-E4, SB-E5 e SBE6 estão contidas na área de delimitação do projeto. A implantação da rede coletora está prevista em duas etapas, a primeira, com início no ano 2000 atenderá as sub-bacias SB-D5, SB-D6 e SB-E5 e parte das sub-bacias SB-D3, SB-D7 e SB-E6. A segunda etapa de implantação está prevista para o ano 2010, e serão atendidas as sub-bacias SB-D2, SB-D4, SB-D8, SB-E1, SB-E3 e SB-E4 e parte das SB-D3, SB-D7 e SB-E6. As sub-bacias SB-D3 e SB-D7 e SB-E6, foram divididas em micro-bacias, respectivamente denominadas de:

- Sub-Bacias D3: Micro Bacia D3.A, Micro Bacia D3.B
- Sub-Bacias D7: Micro Bacia D7.A, Micro Bacia D7.B, Micro Bacia D7.C
- Sub-Bacias E6: Micro Bacia E6.A, Micro Bacia E6.B

Sendo que, as micro bacias D3.A, D7.A e E6.A, serão atendidas na 1ª etapa, e as demais na 2ª etapa.

Localização dos interceptores e emissários de recalque de 1ª etapa:

INTERCEPTORES

a) Interceptor INT D5/D6:

O interceptor INT. D5/D6 inicia no PV-54.6 da sub-bacia D5, na Avenida Pedro Zapelini, (Ø 400mm; ext. 71,12m - Ø 500mm; ext. 396,65m) continuando pelas ruas José Ferreira (Ø 500mm; ext. 215,30m), Pedro Luis Gomes (Ø 500mm; ext. 730,00m), Bernardo Antunes Teixeira (Ø 500mm; ext. 158,10m - Ø 600mm; ext. 77,10m) até a elevatória EE D6.B, na Rua Minas Gerais (Ø 600mm; ext. 47m).

b) Interceptor INT D7.1:

Com início no PV-31 da micro-bacia D7.A, na rua Cel. Colaço (Ø 500mm; ext. 81m), segue pela Av. Marcolino Martins Cabral (Ø 500mm; ext. 706,87m) e rua Dr. Otto Feuerchuetz (Ø 500mm; ext. 369m) até o PV 104, após receber a contribuição do interceptor D7.2, segue pelas ruas Conselheiro Mafra (Ø 500mm; ext. 96,11m – Ø 800mm; ext. 194,23m) e Miguel Inacio Faraco até o PV-160 (Ø 800mm; ext. 192,47m),

João Praxedes Teixeira até descarregar na elevatória EE D7.A da mesma micro-bacia (D7.A) (Ø 800mm; ext. 604,80m), perfazendo um total de 2.244,48 metros de extensão.

c) *Interceptor INT D7.2:*

O interceptor INT. D7.2 inicia no PV-20 e descarrega no PV-104 do INT.D7.1, está localizado na Rua Conselheiro Mafra, micro-bacia D7.A (Ø 500mm; ext. 411,73m).

d) *Interceptor INT E5.1:*

Inicia no PV-104 localizado na Rua Simeão Esmeraldino de Menezes esquina com a Rua Vigário J. Poggel, da SB-E5 (Ø 350mm; ext. 230,08m), seguindo pelas ruas Jorge Lacerda (Ø 350mm; ext. 223,33m), Duque de Caxias (Ø 350mm; ext. 120,92m), Luiz Pedro Oliveira (Ø 350mm; ext. 115,11m) e Manoel Brigido da Costa até a elevatória EE-E5.A (Ø 350mm; ext. 197m - Ø 400mm; ext. 20m) num total de 957,16 metros.

EMISSÁRIOS

a) *Emissário EM D5:*

Deverá lançar as contribuições de esgoto partindo da elevatória EE D5 pela Rua José Nicolau de Carvalho, esquina com rua dos Ferroviários, seguindo pelas ruas Galdino José de Bessa e rua Maranhão até o PV-68 da rede coletora, na sub-bacia D5, na esquina com a Rua Paulo Schneider, com 992,00 metros de extensão no diâmetro de 180mm. Do PV-68 segue por gravidade para o interceptor INT.D5/D6.

b) *Emissário EM D6.A:* O emissário EM D6.A com início na elevatória EE D6.A, localizada na rua Minas Gerais, seguirá pela rua Bernardino Antunes Teixeira, até a Av. Pedro Zapelini de onde segue para as ruas Prudente de Moraes e Conselheiro Mafra até o PV-20 do Interceptor INT.D7.1, micro-bacia D7A, que transportará o esgoto por gravidade, até a Estação Elevatória EE D7.A. O emissário terá 1.456,00 metros de extensão e diâmetro de 450mm.

c) *Emissário EM D6.B:* Deverá lançar as contribuições de esgoto partindo da elevatória EE D6, pela rua José Nicolau de Carvalho até o PV-241 da rede coletora, na sub-bacia D6.B, na esquina com a Rua Rui Barbosa, com 373,00 metros de extensão no diâmetro de 90 mm. Do PV241 segue por gravidade para a elevatória D6.A.

d) *Emissário EM D7.A:* O emissário EM D7.A com início na elevatória EE D7A, na rua João Praxedes Teixeira, seguirá pela Avenida Visconde de Barbacena, ao lado da Rede Ferroviária até o "Stand Pipe", que transportará o esgoto por gravidade, até a Estação de tratamento. O emissário terá aproximadamente 2.760,00 metros de extensão e diâmetro de 630mm.

e) *Emissário EM E5.A:* Deverá lançar as contribuições de esgoto partindo da elevatória EE E5.A pela Rua Manoel Brigido da Costa e Padre Geraldo Spetmann. Passando pela ponte Heriberto Hülse/Nereu Ramos sobre o Rio Tubarão até alcançar o PV-31 do interceptor D7.A da micro-bacia D7.A, na rua Cel. Colaço esquina com a Rua Lauro Muller, com 690,00 metros de extensão no diâmetro de 280mm.

f) *Emissário EM E5.B:* O emissário EM E5.B com início na elevatória EE E5.B, seguirá pela rua Rubens Faraco até o PV-253 da rede coletora da sub-bacia E5, que transportará o esgoto por gravidade, até a Estação Elevatória EE E5.A. O emissário terá 122,00 metros de extensão e diâmetro de 75 mm

g) *Emissário EM E6:* O emissário EM E6 com início na elevatória EE E6, seguirá pela rua Espanha, Av. Expedicionário José Pedro Coelho, passando pela Ponte Orlando Francallaci até o PV-229 da rede coletora da micro-bacia D7.A, que transportará o esgoto por gravidade, até o PV 208 do interceptor D7.1. O emissário terá 1.276,00 metros de extensão e diâmetro de 125 mm.

CAPIVARI DE BAIXO O município de Capivari de Baixo foi dividido em seis (6)

sub-bacias hidrográficas (SB-1, SB-2, SB-3, SB-4, SB-5, SB-6). A primeira etapa, com início previsto para o ano 2000, atenderá as sub bacias SB-3 e parte da SB-5. As sub-bacias restantes, SB-1, SB2, SB-4, SB-6 e parte da SB-5, serão atendidas na segunda etapa de implantação, prevista para o ano 2010. Sendo que a sub-bacia SB-5 foi dividida em duas microbacias (Micro Bacia 5A, Micro Bacia 5B), onde a Micro-bacia 5A será atendida na 1ª etapa e Micro-bacia 5B na 2ª etapa.

Localização dos interceptores e emissários de recalque de 1ª etapa

INTERCEPTORES

a) Interceptor INT 3.1:

Inicia no PV 47 da Rua Manoel Vieira da SB-03 (Ø 300mm; ext. 205,00m), e segue pelas ruas Tarcisio Vilela (Ø 300mm; ext. 108,87m), transversal entre as Ruas Tarcisio e Carlos Chagas (Ø 300mm; ext. 161,08m), Carlos Chagas (Ø 300mm; ext. 109,30m), Rafael Luciano (Ø 300mm; ext. 255,82m), Santa Lucia (Ø 300mm; ext. 110,60m), transversal entre as Ruas Santa Lucia e João Hernesto (Ø 300mm; ext. 162,25m) e Rua João Hernesto Ramos, até o PV-366 do INT.3.2, próximo ao canal Santa Luzia (Ø 300mm; ext. 162,00m), num total de 1.274,92 metros.

b) Interceptor INT 3.2:

O Interceptor INT 3.2 inicia na Rua General Osvaldo Pinto da Veiga, no PV-266 da SB-03, (Ø 350mm; ext. 491,80m), na Rua João Hernesto Ramos até a Estação Elevatória EE 3.A, próximo ao canal Santa Luzia (Ø 350mm; ext. 530m), num total de 1.021,80 metros de interceptor .

EMISSÁRIOS

a) Emissário EM 3.A:

O transporte dos esgotos pelo emissário EM 3.A, inicia na elevatória EE 3.A, seguindo pela Rua João Hernesto Ramos e depois pelas ruas Fagundes Varela, Liberdade, Av. Nereu Ramos, passa pela ponte ferroviária sobre o Rio Tubarão até chegar ao “Stand Pipe”, que transportará o esgoto, por gravidade, até a Estação de tratamento. O emissário com 3.406,13 metros de extensão será de 355mm de diâmetro.

b) Emissário EM 3.B:

O caminhamento do emissário EM 3.B com início na elevatória EE 3.B, seguirá pela Rua Liberdade, alcançando o PV-204, da rede coletora da sub-bacia 03, próximo à esquina com a Rua Heitor Vila Lobos, que transportará o esgoto, por gravidade, até o PV-364 do INT.3.2. O emissário será de 75 mm de diâmetro e terá 120,94 metros de extensão.

c) Emissário EM 5.A

O caminhamento do emissário EM 5.A com início na elevatória EE 5.A, será pela Rua João Goulart, seguindo pelas Ruas Rafael Luciano, Gonçalves Dias e Manoel Vieira até o PV-47, início do interceptor INT.3.1 da sub-bacia 03, que transportará o esgoto, por gravidade, até o PV-366 do INT. 3.2. O emissário de 160mm de diâmetro terá 552,07 metros de extensão.

Merece nota que a divisão proposta pelo projeto da IESA corresponde às requisições na época da contratante, a CASAN, e será levada em conta como orientação neste estudo. O mesmo vale para a exclusão de bacias da área de projeto.

4.3.3 Avaliação do sistema principal

Com relação ao arranjo físico da rede, da disposição de coletores, interceptores, emissários, além de coletores auxiliares, não há nada substancial a modificar no projeto da IESA. Identificaram-se apenas algumas vias novas que deveriam ser dotadas de rede coletora. A extensão desses coletores foi levantada, dentro do possível, inclusive selecionado os pontos em que os trechos complementares poderiam ser conectados aos elementos já projetados.

Porém, os detalhes dos traçados e a escolha definitiva do ponto de conexão, inclusive a verificação de cotas de conexão, declividades, cruzamentos etc cabem aos trabalhos consecutivos – Projeto Básico e Projeto Executivo - que provavelmente precisam ser precedidos de alguns levantamentos topográficos para que as recentes expansões urbanas (vias, loteamentos) entrem nos trabalhos.

O sistema apresenta características típicas de uma solução convencional para um terreno predominantemente plano/levemente ondulado do litoral. No esgotamento por gravidade os efluentes acabam por ser concentrados, neste tipo de terreno, naturalmente em pontos baixos (fossas), de onde não poderiam seguir caminho por gravidade, a não ser que as tubulações fossem assentadas em grandes profundidades, o que, em geral, é inviável técnica e economicamente.

A solução adotada para poder escoar os efluentes coletados, portanto, acaba sendo o recalque mediante estação elevatória. Quanto à disposição das elevatórias e do melhor caminhamento para as linhas de recalque podem surgir eventualmente algumas divergências; porém trata-se, na maioria das vezes, apenas de aspectos de relevância secundária, subordinada ao funcionamento do sistema como um todo.

Como exemplo, merece menção o caso de a elevatória EE D7.B no sistema Tubarão, que foi projetada para bombear no sentido da elevatória EE D7.A (a principal elevatória). Considerando-se, no entanto, o sentido geral do fluxo pretendido no caminho até a ETE, o traçado adotado parece ser pouco vantajoso. Aparentemente seria melhor introduzir o fluxo à linha de recalque vindo da EE D7.A ou prever uma linha de recalque exclusiva da EE D7.B no sentido oposto do previsto, até o “Stand Pipe”. Todavia, o esclarecimento de questões como esta demanda análises detalhadas que, de qualquer modo, ainda devem seguir nas etapas subseqüentes do planejamento da implantação.

Com relação às dimensões das tubulações projetadas, de uma forma geral, encontrou-se na “Descrição Sucinta...” do projeto da IESA a seguinte definição:

A rede coletora foi dimensionada para a população de projeto, correspondente à saturação urbanística e verificada a tensão trativa para início de operação.

As populações de saturação a serem atendidas em Tubarão e Capivari de Baixo foram computadas no projeto da IESA como 285.033 habitantes e 81.086 habitantes respectivamente.

Comparando-se estes valores com os dados populacionais para o horizonte do presente trabalho, o ano 2037, constata-se uma vasta folga. Em termos gerais,

significa que os elementos projetados seriam super-dimensionados para o horizonte de 30 anos. Todavia, cabe destacar que este fato teria impacto irrelevante para uma extensão na ordem de 90% da rede coletora que é constituída por tubos na dimensão mínima de DN 150 mm. O que mudaria em todos esses trechos seria apenas a taxa de aproveitamento hidráulico.

Porém, no caso de coletores principais, de interceptores, de emissários e, mais ainda, no caso das estações elevatórias com as respectivas linhas de recalque, o super-dimensionamento, se ele de fato existisse para estes elementos, levaria tanto a um quadro de possíveis problemas funcionais e operacionais do sistema, quanto para um quadro economicamente desfavorável.

Por outro lado, merece registro também que a avaliação da sustentabilidade econômica do investimento não deveria ser orientada cegamente pelo limite representado pelo horizonte do projeto, principalmente considerando-se a vida física útil dos componentes nos quais se pretende investir.

No caso das tubulações por gravidade pode se raciocinar tranqüilamente com uma vida útil média de 50 anos ou mais. A avaliação econômica correta e adequada, portanto, deveria ser realizada para um período não inferior à vida útil do elemento mais duradouro. Neste contexto, deveriam ser considerados atentamente nas avaliações as dificuldades técnicas e os altíssimos custos que podem estar relacionados com a substituição de coletores principais, interceptores e emissários em função do esgotamento da capacidade hidráulica em momento (significativamente) anterior ao fim de sua vida física útil.

No caso das estações elevatórias e das respectivas linhas de pressão, no entanto, o funcionamento tecnicamente perfeito e econômico depende essencialmente de um dimensionamento adequado, o que leva, em muitas circunstâncias, à necessidade de um planejamento modular, que prevê um ajuste bastante próximo entre capacidade de transporte e vazão afluente real.

Esta tarefa é facilitada pelo fato de que as bombas nas elevatórias apresentam vida útil mais curta do que as tubulações. Por isso é possível se realizar um ajuste oportuno no final da vida útil de uma bomba, substituindo-a por uma unidade de capacidade hidráulica maior. Constatou-se que as elevatórias projetadas pela IESA e inseridas na Etapa 1 de implantação prevista, têm previsão para um ajuste posterior da vazão de recalque, seja pela troca da bomba, seja pela colocação de um segundo e/ou terceira unidade em funcionamento paralelo. Porém, detalhes não puderam ser avaliados pela indisponibilidade dos projetos específicos.

Um aspecto relevante, digno, inclusive, de investigações técnicas e econômicas mais abrangentes em etapas posteriores dos trabalhos em curso, é o fato de que no projeto da IESA não foram consideradas as opções “esgotamento a vácuo” ou “esgotamento pressurizado” para a captação dos efluentes nas residências e para o seu transporte por distâncias curtas a intermediárias dentro das bacias, num terreno predominantemente plano e com um lençol freático bastante próximo à superfície.

Estas características podem tornar o “esgotamento a vácuo” e/ou o “esgotamento pressurizado” soluções muito interessantes técnica e economicamente para o atendimento de vias de acesso retas, com perfil plano a levemente ondulado, como por exemplo, nos bairros Campestre, São Clemente, Praia Redonda e Santa Luzia.

Todavia, precisa ser reconhecido que o uso de tais sistemas ainda não está amplamente difundido no Brasil, sendo reportados resultados variados. Fato é que ambas as soluções representam um grau de complexidade técnica consideravelmente superior àquela de tubulações convencionais por gravidade, o que se refere tanto às requisições e ao rigor na implantação, quanto à demanda por uma manutenção impecável para se manter os sistemas funcionando.

Em ambos os sistemas, por exemplo, seria absolutamente inadmissível o lançamento de águas pluviais, motivo pelo qual as instalações hidráulicas residenciais precisariam passar por uma inspeção individual para assegurar que nenhuma calha, nenhum ralo externo num pátio etc esteja conectado – diferente do sistema convencional, para o qual, na teoria, existe a mesma exigência, porém raramente fiscalizada. Porém, em sistemas a vácuo ou pressurizado há apenas capacidade hidráulica para a vazão do esgoto, podendo comprometer qualquer introdução clandestina de águas pluviais ou subterrâneas (geralmente em vazões consideravelmente superiores à vazão de esgoto) o funcionamento do sistema.

Por isso há opiniões que julgam sistemas a vácuo ou pressurizados “muito sensíveis” para a realidade brasileira. De qualquer modo, são alternativas a serem comparadas com as opções convencionais de esgotamento, principalmente quando há situações locais para as quais o esgotamento a vácuo ou pressurizado parece extremamente indicado.

Prossegue-se com uma aferição e avaliação do plano de investimento proposto no projeto da IESA. Para tanto foi empregada uma modelagem comparativa simples de pontuação que procura identificar, quais os bairros e quais as bacias/sub-bacias que deveriam ser atendidos preferencialmente.

Os bairros foram avaliados sob os critérios “População” e “Densidade Demográfica”, conferindo-se uma classificação alta para bairros com muitos habitantes e bairros densamente habitados. Os resultados são apresentados nas Tabela 14 e Tabela 15, trazendo a primeira a seqüência dos bairros na sua ordem alfabética, com a respectiva pontuação alcançada, enquanto a segunda é classificada segundo a pontuação total obtida, mostrando, portanto, os bairros mais bem colocados no topo.

Tabela 14
Análise dos bairros – ordem alfabética

Bairro	Critério 1: População		Critério 2: Densidade Demográfica		Total Pontos	Classificação Geral
	Habitantes	Classificação / Pontuação	Densidade Demográfica (hab/ha)	Classificação / Pontuação		
Campestre	1.203	22	4,90	17	39	19
Centro	13.078	1	17,89	1	2	1
Congonhas	1.504	20	1,11	26	46	24
Cruzeiro	171	28	2,11	24	52	27
Dehon	3.662	11	8,65	8	19	9
Fabio Silva	2.513	16	12,10	6	22	11
Humaita	2.848	15	6,36	15	30	16
Humaita de cima	3.719	10	4,39	18	28	13
Madre	1.755	17	0,19	28	45	23
Monte Castelo	3.521	12	6,33	16	28	14
Morrotes	2.982	14	15,10	3	17	8
Oficinas	10.556	2	12,18	5	7	2
Passagem	4.502	7	8,20	9	16	6
Passo do Gado	4.935	5	17,06	2	7	3
Praia Redonda	1.293	21	7,64	12	33	18
Recife	3.873	9	7,70	1	20	10
Revoredo	717	25	1,67	25	50	26
Santa Luzia	1.079	23	4,19	20	43	22
Santo Antonio de Pádua	5.216	4	12,87	4	8	4
São Bernardo	606	27	6,38	14	41	20
São Clemente	1.645	19	8,09	10	29	15
São Cristóvão	1.705	18	2,19	23	41	21
São João Margem Direita	3.099	13	4,22	19	32	17
São João Margem Esquerda	6.589	3	6,83	13	16	7
São Martinho	4.814	6	4,14	21	27	12
Sertão dos Corrêas	670	26	1,06	27	53	28
Vila Esperança	1.018	24	2,64	22	46	25
Vila Moema	4.456	8	11,32	7	15	5

Tabela 15
Análise dos bairros – ordem conforme classificação geral

Bairro	Critério 1: População		Critério 2: Densidade Demográfica		Total Pontos	Classificação Geral
	Habitantes	Classificação / Pontuação	Densidade Demográfica (hab/ha)	Classificação / Pontuação		
Centro	13.078	1	17,89	1	2	1
Oficinas	10.556	2	12,18	5	7	2
Passo do Gado	4.935	5	17,06	2	7	3
Santo Antonio de Pádua	5.216	4	12,87	4	8	4
Vila Moema	4.456	8	11,32	7	15	5
Passagem	4.502	7	8,20	9	16	6
São João Margem Esquerda	6.589	3	6,83	13	16	7
Morrotos	2.982	14	15,10	3	17	8
Dehon	3.662	11	8,65	8	19	9
Recife	3.873	9	7,70	1	20	10
Fabio Silva	2.513	16	12,10	6	22	11
São Martinho	4.814	6	4,14	21	27	12
Humaita de cima	3.719	10	4,39	18	28	13
Monte Castelo	3.521	12	6,33	16	28	14
São Clemente	1.645	19	8,09	10	29	15
Humaita	2.848	15	6,36	15	30	16
São João Margem Direita	3.099	13	4,22	19	32	17
Praia Redonda	1.293	21	7,64	12	33	18
Campestre	1.203	22	4,90	17	39	19
São Bernardo	606	27	6,38	14	41	20
São Cristóvão	1.705	18	2,19	23	41	21
Santa Luzia	1.079	23	4,19	20	43	22
Madre	1.755	17	0,19	28	45	23
Congonhas	1.504	20	1,11	26	46	24
Vila Esperança	1.018	24	2,64	22	46	25
Revoredo	717	25	1,67	25	50	26
Cruzeiro	171	28	2,11	24	52	27
Sertão dos Corrêas	670	26	1,06	27	53	28

Em seguida são apresentados os resultados de uma avaliação similar realizada para as sub-bacias (Tabela 16 e Tabela 17), que analisou os critérios “Extensão de Rede por Habitante”, “Densidade Demográfica”, “Distância do Local da ETE” e “Custo Estimado da Rede”. Uma avaliação positiva recebeu a sub-bacia que:

- apresenta um coeficiente baixo para a extensão de rede por habitante, o que significa que com uma determinada extensão pode ser atendida um contingente maior da população – o que é técnica e economicamente vantajoso;
- apresenta uma elevada densidade demográfica para que as obras beneficiem as maiores concentrações demográficas que habitualmente estão enfrentando os maiores problemas sanitário-ambientais;
- apresenta a menor distância com relação ao local da ETE para que o custo de implantação devido ao assentamento das tubulações de interligação seja o menor possível; e
- apresenta um baixo custo por metro linear de rede, um aspecto que geralmente prevalece na periferia da rede, nos trechos iniciais, com profundidade baixa de assentamento, com dimensão hidráulica mínima, com pavimentação pouco sofisticada (ou inexistente) e em condições logísticas vantajosas (acesso, desvio de trânsito etc).

Merece registrar que a pontuação conferida corresponde à classificação no respectivo critério. Conseqüentemente, a melhor avaliação recebe aquela sub-bacia que apresente o menor número de pontos na totalização. No caso do critério 3 “Distância do Local da ETE” houve empates entre algumas sub-bacias, fato que foi computado com uma pontuação igual.

A Figura 1 representa uma mescla dos resultados das duas análises, sobrepondo-se as manchas dos bairros e das sub-bacias mais bem colocados à mancha das etapas 1 e 2 conforme proposição do projeto da IESA.

Figura 1
Confrontação visual – definição etapas vs. avaliações realizadas

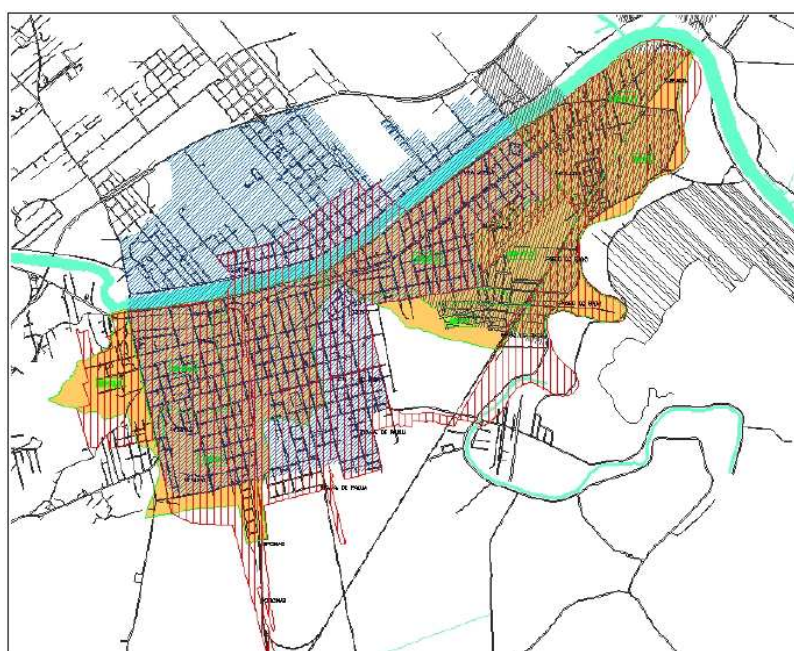


Tabela 16
Análise das sub-bacias – ordem alfabética

Critério 1: Extensão de Rede por Habitante			Critério 2: Densidade Demográfica		Critério 3: Distância do Local da ETE	Critério 4: Custo Estimado da Rede			
Sub-Bacia	m/hab (2037)	Classificação / Pontuação	Densidade Demográfica (hab/ha)	Classificação / Pontuação	Classificação / Pontuação	Custo Linear (R\$/m)	Classificação / Pontuação	Total Pontos	Classificação Geral
SB-D2	1,520	3	20,82	7	8	201,37	3	21	5
SB-D3	1,484	1	54,19	1	6	226,68	11	19	3
SB-D4	3,155	9	18,34	8	7	199,99	1	25	6
SB-D5	2,230	5	38,73	2	5	201,86	4	16	2
SB-D6	4,753	12	12,54	9	4	207,26	6	31	11
SB-D7	2,125	4	33,50	4	2	215,25	9	19	4
SB-D8	2,338	6	36,86	3	1	206,33	5	15	1
SB-E1	2,862	8	8,37	11	9	200,81	2	30	9
SB-E3	1,494	2	26,82	5	8	231,48	12	27	8
SB-E4	4,166	11	7,50	12	6	215,75	10	39	12
SB-E5	2,568	7	24,97	6	4	214,71	8	25	7
SB-E6	3,164	10	12,12	10	3	214,43	7	30	10

Tabela 17
Análise das sub-bacias – ordem conforme classificação geral

Critério 1: Extensão de Rede por Habitante			Critério 2: Densidade Demográfica		Critério 3: Distância do Local da ETE	Critério 4: Custo Estimado da Rede			
Sub-Bacia	m/hab (2037)	Classificação / Pontuação	Densidade Demográfica (hab/ha)	Classificação / Pontuação	Classificação / Pontuação	Custo Linear (R\$/m)	Classificação / Pontuação	Total Pontos	Classificação Geral
SB-D8	2,338	6	36,86	3	1	206,33	5	15	1
SB-D5	2,230	5	38,73	2	5	201,86	4	16	2
SB-D3	1,484	1	54,19	1	6	226,68	11	19	3
SB-D7	2,125	4	33,50	4	2	215,25	9	19	4
SB-D2	1,520	3	20,82	7	8	201,37	3	21	5
SB-D4	3,155	9	18,34	8	7	199,99	1	25	6
SB-E5	2,568	7	24,97	6	4	214,71	8	25	7
SB-E3	1,494	2	26,82	5	8	231,48	12	27	8
SB-E1	2,862	8	8,37	11	9	200,81	2	30	9
SB-E6	3,164	10	12,12	10	3	214,43	7	30	10
SB-D6	4,753	12	12,54	9	4	207,26	6	31	11
SB-E4	4,166	11	7,50	12	6	215,75	10	39	12

Evidencia-se nitidamente a coerência dos resultados, mas também uma clara divergência com relação à prioridade do atendimento das bacias/bairros localizadas na margem esquerda do Rio Tubarão, que estavam inseridos na Etapa 1 do projeto da IESA. Nem na análise dos bairros – com exceção do bairro Centro, que se estende por ambos os lados do rio – nem na análise das bacias, as áreas da margem esquerda são identificadas como prioritárias. Por outro lado, áreas que pertenciam à Etapa 2 apresentaram na análise características favoráveis para um atendimento prioritário.

Como resultado sugere-se modificar o Plano de Implantação, prevendo-se na Etapa 1 o atendimento das bacias:

- SB-D8 (integral);
- SB-D7 (integral, com todas as micro-bacias MB-D7A, 7B e 7C);
- SB-D6 (integral);
- SB-D3 (integral); e
- SB-D5 (integral).

O investimento inicial, portanto, iria se concentrar nas áreas centrais da margem direita do Rio Tubarão.

Na Etapa 2 seriam atendidas as áreas na margem esquerda do rio, bem como as áreas remanescentes da margem direita. A abrangência total do plano de implantação ficaria essencialmente igual à definição do projeto da IESA. Apenas algumas áreas na periferia devem ser objeto de análise mais detalhada das possibilidades técnicas de interligação ao sistema principal.

Estes ensaios são técnica e economicamente indicados pelo adensamento urbano alcançado nas referidas áreas e a proximidade física que tornará a conexão viável. Comentários com relação ao atendimento das demais áreas periféricas serão apresentados mais adiante.

O plano de implantação do sistema parcial Capivari de Baixo ficaria inalterado nesta proposição.

4.3.4 Plano de investimento no sistema de coleta e transporte

Com base no Plano de Implantação sugerido foram estimados os custos para os principais itens das obras para um Plano de Investimento. A Tabela 18 e Tabela 19 trazem um resumo dos levantamentos, diferenciando-se os custos estimados para as Etapas 1 e 2.

A questão do tratamento (solução técnica, opções e custos) será tratada mais adiante, em capítulo específico.

Tabela 18
Resumo investimento etapa 1

Tubarão		R\$
1	Estação de Tratamento (Etapa 1, Opção 1)	14.179.969,37
2	Stand Pipe e Linhas de Pressão, Etapa 1	8.660.818,97
3	Elevatórias, Etapa 1	473.000,00
4	Interceptores, Etapa 1	2.076.395,51
5	Rede Coletora, Etapa 1	26.545.789,45
6	Ligações Domiciliares, Etapa 1	6.541.324,13
		58.477.297,43
Capivari		
7	Linhas de Pressão, Etapa 1	2.021.322,23
8	Elevatórias, Etapa 1	103.000,00
9	Interceptores, Etapa 1	764.864,23
10	Rede Coletora, Etapa 1	8.549.675,27
11	Ligações Domiciliares, Etapa 1	1.877.412,90
		13.316.274,63
	SES integrado Tubarão - Capivari de Baixo, obras etapa 1	71.793.572,06
	Trabalhos Preliminares	
	Projetos ETE (Básico, Executivo, Arquitetônico, Estrutural, Paisagismo, Elétrico,	
A	Automação)	800.000,00
B	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Tubarão	570.000,00
C	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Capivari de Baixo	190.000,00
D	Levantamento Topográfico Ruas novas (estimado: 10-15% da extensão da rede)	40.000,00
E	Aquisição / Desapropriação terrenos para elevatórias, Capivari	25.000,00
F	Aquisição / Desapropriação terrenos para elevatórias, Tubarão	128.698,00
		1.753.698,00
	Custo Total Estimado Etapa 1:	73.547.270,06

A Etapa 1, que cobrirá integral ou parcialmente os bairros Centro, Monte Castelo, Oficinas, Passagem, Passo do Gado, Recife, Santo Antônio de Pádua e Vila Moema em Tubarão, possibilitará o atendimento de cerca de 15.000 habitantes em 2010, 30.000 em 2011 e 46.000 em 2012. Isso corresponde à construção de 144.600 m de rede coletora.

Com a implantação da Etapa 2, a área de cobertura passará a abranger também integral ou parcialmente os bairros Dehon, Fábio Silva, Humaitá, Humaitá de Cima, Morrotes, Revoredo, São Bernardo, São João Margem Direita, São João Margem Esquerda e Vila Esperança. Assim será possível atender em Tubarão cerca de 55.500 habitantes em 2013, 65.000 em 2014 e 75.000 em 2015. Na Etapa 2 serão construídos 92.400 m de rede adicionais.

Tabela 19
Resumo investimento etapa 2

Tubarão		R\$
12	Linhas de Pressão, Etapa 2	1.468.859,79
13	Elevatórias, Etapa 2	283.000,00
14	Rede Coletora, Etapa 2	16.989.172,56
15	Ligações Domiciliares, Etapa 2	2.942.900,30
		21.683.932,65
Capivari		
16	Linhas de Pressão, Etapa 2	1.090.373,36
17	Elevatórias, Etapa 2	98.000,00
18	Rede Coletora, Etapa 2	4.934.599,83
19	Ligações Domiciliares, Etapa 2	889.438,00
		7.012.411,18
	SES integrado Tubarão - Capivari de Baixo, obras	28.696.343,83
	Trabalhos Preliminares	
B	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Tubarão	590.000,00
C	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Capivari de Baixo	120.000,00
		710.000,00
	Custo Total Estimado Etapa 2	29.406.343,83

Portanto, as duas etapas que configuram o arranque inicial do sistema de esgotamento sanitário envolverão a construção de 237.000 m de rede coletora, atendendo cerca de 75.000 habitantes. Daí em diante prevê-se a construção da rede em regime mais lento, atingindo um índice de cobertura de mais de 90% em 2037.

Quaisquer tentativas de previsão, neste momento, com relação à população remanescente não atendida são temerárias. De qualquer forma, as previsões aqui estabelecidas não têm o caráter de definição prévia de obras, restringindo-se ao compromisso de efetuar previsões econômico-financeiras razoavelmente confiáveis.

Após a definição do organismo prestador do serviço de água e esgoto de Tubarão, este, de posse das condições regulamentares e contratuais que nortearão sua atuação, procederá então à preparação dos estudos técnicos de engenharia destinados à definição exata das obras, mediante a elaboração dos planos diretores correspondentes, que serão sucedidos dos projetos básicos e executivos das mesmas.

Assim, no tocante ao tratamento, prevê-se a construção de uma estação destinada ao atendimento modular de cerca de 80.000 habitantes em três anos – 2010 a 2012. Com a duplicação da capacidade da etapa 1 de 80.000 habitantes, passará a ETE a ter uma capacidade nominal para atender 160.000 habitantes. A população urbana de Tubarão prevista para o ano 2037 é de cerca de 152.000

habitantes, sendo que a previsão de atendimento nesse ano é para 140.000 habitantes.

Dessa forma, com essa previsão de planejamento obtém-se flexibilidade quanto às hipóteses futuras. Considerando que não é possível, no momento, estabelecer opção clara quanto ao tratamento dos esgotos das áreas periféricas (integradas ao tratamento principal ou dotadas de unidades isoladas próprias) e levando em conta a flexibilidade das modulações possíveis para a ETE principal, conjugado às perspectivas de inclusão de Capivari de Baixo, é possível ajustar, no futuro, o planejamento para acolher quaisquer alternativas.

Para fins de planejamento econômico-financeiro assumiu-se então a ampliação modular da ETE nos anos 2016/2017 e 2027/2028, determinando uma capacidade instalada para atender a uma população total de 160.000 habitantes. Quaisquer necessidades adicionais deverão ser consideradas na época adequada.

Em **termos físicos e econômicos de implantação**, a **Etapa 1** representa o assentamento das extensões de tubulação e custos estimados, diferenciados pela dimensão nominal, conforme Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23, Tabela 24 e Tabela 25.

Tabela 20
Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 1 – Tubarão

Dimensão	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Extensão Sub-Bacia	Custo	Custo linear
Sub Bacia	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
MB-D3.A	12.946,37		1.376,22	1.752,00	629,20		16.703,79	3.369.341,83	201,71
MB-D3.B	3.931,80	-	-	169,00	-	-	4.100,80	731.425,73	178,36
SB-D5	30.296,41	2.746,48	186,30	113,70			33.342,89	5.852.640,62	175,53
SB-D6	27.490,65	993,46	1.753,75	344,40			30.582,26	5.511.662,13	180,22
MB-D7.A	20.322,30		34,27	1.401,88	619,44		22.377,89	4.177.728,03	186,69
MB-D7.B	9.014,15	600,00	627,80	722,00	-	-	10.963,95	2.062.667,72	188,13
MB-D7.C	9.196,75	80,00	577,00	-	-	406,00	10.259,75	1.920.603,29	187,20
SB-D8	14.788,35	425,00	1.004,00	56,00	-	-	16.273,35	2.919.720,10	179,42
Totais:	127.986,77	4.844,94	5.559,34	4.558,98	1.248,64	406,00	144.604,67	26.545.789,45	183,57

Tabela 21
Extensão das tubulações e custo estimado – interceptores – etapa 1 – Tubarão

Dimensão	DN 350	DN 400	DN 500	DN 600	DN 700	Extensão	Custo	Custo linear
Interceptor / Emissário	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
INT D5/D6	-	71,12	1.500,05	124,10	-	1.695,27	633.656,81	373,78
INT D7.1	-	-	1.252,98	-	991,50	2.244,48	961.347,69	428,32
INT D7.2	-	-	411,73	-	-	411,73	151.368,68	367,64
INT E5.1	886,40	20,00	-	-	-	906,40	330.022,33	364,10
Totais:	886,40	91,12	3.164,76	124,10	991,50	5.257,88	2.076.395,51	394,91

Tabela 22
Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 1 – Tubarão

Elevatória N.º	Dimensão Linha de Pressão	Extensão Linha de Pressão	DN 80	DN 100	DN 200	DN 450	DN 600	DN 700	Custo
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)
EM D5	200	992,00	0,00	0,00	992,00	0,00	0,00	0,00	295.991,86
EM D6A	450	1.456,00	0,00	0,00	0,00	1.456,00	0,00	0,00	1.050.545,78
EM D6B	100	373,00	0,00	373,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66.706,83
EM D7A	600	2.760,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.760,00	0,00	2.746.446,30
EM D7.B	200	700,00	0,00	0,00	700,00	0,00	0,00	0,00	208.865,23
EM D7.C	80	382,00	382,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63.567,81
EM D8	80	269,00	269,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44.763,72
Stand Pipe	700	3.415,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.415,00	4.183.931,46
Total Extensão por diâmetro			651,00	373,00	1.692,00	1.456,00	2.760,00	3.415,00	8.660.818,97

Tabela 23
Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 1 – Capivari de Baixo

Dimensão	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	Extensão Sub-Bacia	Custo	Custo linear
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
Sub Bacia								
SB-3	32.133,45	1.427,18	614,72	221,30	433,00	34.829,65	6.216.784,22	178,49
MB-5A	12.127,01	449,70	169,30	342,26	-	13.088,27	2.332.891,04	178,24
Totais:	44.260,46	1.876,88	784,02	563,56	433,00	47.917,92	8.549.675,27	178,42

Tabela 24
Extensão das tubulações e custo estimado – interceptores – etapa 1 – Capivari de Baixo

Dimensão	DN 300	DN 350	Extensão	Custo	Custo linear
	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
Interceptor / Emissário					
INT 3.1	1.274,92	-	1.274,92	393.742,13	308,84
INT 3.2		1.021,80	1.021,80	371.122,10	363,20
Totais:	1.274,92	1.021,80	2.296,72	764.864,23	333,02

Tabela 25
Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 1 – Capivari de Baixo

No. Elevatória	Dimensão Linha de Pressão	Extensão Linha de Pressão	DN 80	DN 150	DN 350	Custo
		(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)
EM 3A	350	3.406,00	0,00	0,00	3.406,00	1.864.483,04
EM 3B	80	120,00	120,00	0,00	0,00	19.968,94
EM 5A	150	552,00	0,00	552,00	0,00	136.870,25
Total Extensão por diâmetro			120,00	552,00	3.406,00	2.021.322,23

A implantação da Etapa 1 abrangeria, além disso, ainda as Estações Elevatórias apresentadas na Tabela 26.

Tabela 26
Elevatórias etapa 1

Tubarão			Capivari de Baixo		
Nº Elevatória	Vazão de Projeto (l/s)	Custo Estimado (R\$)	Nº Elevatória	Vazão de Projeto (l/s)	Custo Estimado (R\$)
EE D5	19,33	40.000,00	EE 3A	67,28	60.000,00
EE D6A	106,06	80.000,00	EE 3B	1,19	8.000,00
EE D6B	6,36	20.000,00	EE 5A	15,88	35.000,00
EE D7A	273,97	250.000,00			103.000,00
EE D7B	31,68	55.000,00			
EE D7C	4,97	20.000,00			
EE D8	1,57	8.000,00			
		473.000,00			

O período de implantação da Etapa 2 em Tubarão estima-se em três anos porque a maior parte das obras passará para áreas localizadas mais na periferia da Área de Projeto em que predominam vias mais estreitas e menos opções para viabilizar o desvio do trânsito. Por isso geralmente são limitadas as possibilidades de organizar o movimento de máquinas e caminhões relacionado à execução das obras, o que impõe restrições com relação à abertura de frentes de trabalho.

As obras da Etapa 2 de implantação seriam caracterizadas pelos dados resumidos na Tabela 27, Tabela 28, Tabela 29 e Tabela 30.

Tabela 27
Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 2 – Tubarão

Dimensão	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	DN 350	DN 400	Extensão Sub-Bacia	Custo	Custo linear
Sub Bacia	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
SB-D2	5.735,17	690,00	-	-	-	-	6.425,17	1.125.065,53	175,10
SB-D4	5.087,33	282,30	-	-	-	-	5.369,63	933.797,85	173,90
SB-E1	17.142,68	1.509,79	20,00	-	-	-	18.672,47	3.260.587,62	174,62
SB-E3	5.407,40	541,60	-	147,00	877,50	-	6.973,50	1.403.669,74	201,29
SB-E4	8.155,92	909,00	140,00	-	592,95	-	9.797,87	1.838.192,60	187,61
SB-E5	29.016,58	1.163,10	244,00	699,88	1.558,16	75,00	32.756,72	6.115.857,49	214,71
MB-E6.A	6.919,87	429,28	499,90	556,09	150,09	-	8.555,23	1.637.166,52	220,07
MB-E6.B	3.384,04	450,04	10,00	-	-	-	3.844,08	674.835,21	175,55
Totais:	80.849,00	5.975,11	913,90	1.402,97	3.178,70	75,00	92.394,68	16.989.172,56	183,88

Tabela 28
Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 2 – Tubarão

No. Elevatória	Dimensão Linha de Pressão	Extensão Linha de Pressão	DN 80	DN 100	DN 150	DN 300	Custo
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(R\$)
EM D2.A	100	299,00	0,00	299,00	0,00	0,00	53.472,76
EM D2.B	80	208,00	208,00	0,00	0,00	0,00	34.612,84
EM D4	80	673,00	673,00	0,00	0,00	0,00	111.992,49
EM E5A	300	690,00	0,00	0,00	0,00	690,00	302.441,90
EM E5B	80	126,00	126,00	0,00	0,00	0,00	20.967,39
EM E6	150	1.276,00	0,00	0,00	1.276,00	0,00	316.388,47
EM E1.A	100	810,00	0,00	810,00	0,00	0,00	144.859,33
EM E1.B	100	956,00	0,00	956,00	0,00	0,00	170.969,77
EM E3	150	295,00	0,00	0,00	295,00	0,00	73.146,24
EM E4.A	150	396,00	0,00	0,00	396,00	0,00	98.189,53
EM E4.B	100	793,00	0,00	793,00	0,00	0,00	141.819,07
Total Extensão por diâmetro			1.007,00	2.858,00	1.967,00	690,00	1.468.859,79

Tabela 29
Extensão das tubulações e custo estimado – rede coletora – etapa 2 – Capivari de Baixo

Dimensão	DN 150	DN 200	Extensão Sub-Bacia	Custo	Custo linear
Sub Bacia	(m)	(m)	(m)	(R\$)	(R\$/m)
SB-1	3.455,61	146,00	3.601,61	625.384,80	173,64
SB-2	1.065,00	-	1.065,00	183.982,51	172,75
SB-4	1.091,00	-	1.091,00	188.474,10	172,75
SB-5	12.256,03	419,35	12.675,38	2.198.890,55	173,48
SB-6	8.977,57	960,60	9.938,17	1.737.867,87	174,87
Totais:	26.845,21	1.525,95	28.371,16	4.934.599,83	173,93

Tabela 30
Extensão das tubulações e custo estimado – linhas de pressão – etapa 2 – Capivari de Baixo

No. Elevatória	Dimensão Linha de Pressão	Extensão Linha de Pressão	DN 80	DN 150	Custo
		(m)	(m)	(m)	(R\$)
EM 1	80	2.121,00	2.121,00	0,00	352.951,09
EM 2	80	534,00	534,00	0,00	88.861,80
EM 4	80	479,00	479,00	0,00	79.709,37
EM 5B	80	162,00	162,00	0,00	26.958,07
EM 5C	150	1.915,00	0,00	1.915,00	474.830,66
EM 6	80	403,00	403,00	0,00	67.062,37
Total Extensão por diâmetro			3.699,00	1.915,00	1.090.373,36

A implantação da Etapa 2 abrangeria, além disso, ainda as Estações Elevatórias apresentadas na Tabela 31.

Tabela 31
Elevatórias etapa 2

Tubarão			Capivari de Baixo		
No Elevatória	Vazão de Projeto (l/s)	Custo Estimado (R\$)	No Elevatória	Vazão de Projeto (l/s)	Custo Estimado (R\$)
EE D2A	9,42	28.000,00	EE 1	2,73	12.000,00
EE D2B	1,95	10.000,00	EE 2	0,76	8.000,00
EE D4	3,24	12.000,00	EE 4	1,58	8.000,00
EE E5A	76,16	65.000,00	EE 5B	4,86	20.000,00
EE E5B	1,36	8.000,00	EE 5C	13,03	30.000,00
EE E6	7,02	22.000,00	EE 6	6,61	20.000,00
EE E1A	5,84	20.000,00			98.000,00
EE E1A	8,74	28.000,00			
EE E3	18,90	40.000,00			
EE E4A	12,83	30.000,00			
EE E4B	6,12	20.000,00			
		283.000,00			

4.4 ATENDIMENTO DE ÁREAS EXTERNAS À ÁREA DE PROJETO

Durante a realização das análises para o sistema principal evidenciou-se a dificuldade técnica e econômica da concepção global que vislumbra a universalização do atendimento exclusivamente por um sistema público de esgotamento sanitário. Esta constatação é particularmente válida para o conceito tradicional de um sistema de esgotamento com uma estrutura centralizadora. Mesmo avaliações preliminares e pouco aprofundadas levam à conclusão que as seguintes

circunstâncias inviabilizam essencialmente o atendimento por uma solução convencional e tradicional de esgotamento:

- ocupação urbana dispersa;
- baixa densidade demográfica;
- afastamento de áreas mais densamente habitadas;
- características topográficas desfavoráveis;
- características de urbanização desfavoráveis.

Alguns destes aspectos tornam as soluções técnicas difíceis, impossíveis ou insustentavelmente onerosas. Outros exercem seu impacto principalmente sobre a relação custo-benefício.

Com exceção de algumas áreas em bairros próximos ao sítio urbano, tais como Campestre, São Clemente, Praia Redonda e Santa Luzia, para os quais um atendimento pelo sistema principal ainda pode se revelar como viável técnica e economicamente, deve se raciocinar para as demais áreas com a condição permanente (ou no mínimo persistente) de isolamento. Todavia, esta condição de não inclusão na Área de Projeto do Sistema Integrado não significa que para essas áreas não precisam ser encontradas também soluções para a re-introdução de águas servidas para o círculo natural da água, com o menor impacto ambiental possível. A gama de alternativas para solucionar problemas desta natureza é ampla e abrange, entre outros, sistemas de coleta locais ou comunitários, providos de unidades simplificadas de tratamento ou, no mínimo, fossas sépticas individuais, porém com manutenção preferencialmente realizada pelo poder público municipal ou pela concessionária.

Cabe registrar que as preocupações com relação aos bairros situados fora da Área de Projeto do Sistema Integrado são originadas pela constatação do fato de que cerca de 25% da população atual habita essas áreas.

A análise de imagens aéreas permite confirmar que a maior parte desta população também está se aglomerando em torno de alguns núcleos, o que, em princípio, favorece a adoção de soluções locais ou comunitárias.

O ensaio realizado na Tabela 33 mostra que cerca de 79% da área total dos bairros relacionados está fora da Área de Projeto. Nas áreas de maior adensamento nos bairros Campestre, Monte Castelo, Passo do Gado, Praia Redonda, Santa Luzia, São Clemente, São João (margem esquerda e direita) e São Martinho foram então lançados, em caráter preliminar, traçados para redes coletoras locais que somam uma extensão total de 65,6 km. Em adequação às características topográficas e urbanas identificadas nos locais foi estimada a taxa de atendimento alcançável que varia entre 40% e 80%. Em função de acidentes topográficos os sistemas locais apresentam diversos pontos finais para os quais não foi esclarecido se uma integração com outros trechos é viável, ou não. Por isso, cada ponto final identificado pode representar tanto uma estação elevatória ou uma unidade de tratamento local. Cabe acrescentar ainda que esta configuração seria resultado de uma solução dentro dos moldes convencionais de um sistema de esgotamento por

gravidade. Como já foi mencionado, as alternativas “esgotamento a vácuo” e/ou o “esgotamento pressurizado” podem se inserir na gama de possíveis soluções para as áreas em estudo como opções muito interessantes técnica e economicamente.

Com base nos ensaios realizados chegou-se a quantificar a população esgotável por sistemas locais/comunitários em cerca de 9.000 habitantes, ou seja, cerca de 40% da população das áreas externas à Área de Projeto do Sistema Integrado.

Os custos para a implantação desses sistemas locais/ comunitários foram estimados para os itens “rede coletora”, “ligações prediais” e “unidades de tratamento”, conforme segue na Tabela 32.

Tabela 32
Estimativa de custos, sistemas locais / comunitários em áreas fora da área de projeto

Extensão absoluta rede coletora:	65.018	m							
		m			m			R\$/m	
Extensão estimada rede coletora DN 150:	90%	x	65.018	=	58.517	x	172,75	=	10.108.950,58 R\$
Extensão estimada rede coletora DN 200:	8%	x	65.018	=	5.201	x	194,63	=	1.012.363,10 R\$
Extensão estimada rede coletora DN 250:	2%	x	65.018	=	1.300	x	263,91	=	343.182,70 R\$
	100%								11.464.496,38 R\$
Ligações Prediais									
Extensão Rede:	65.018	m							
Testada Média:	12,00	m							
Número de Ligações:	5.418								
Extensão média lig. predial	4,5	m							
Custo médio da ligação predial:	4,5	x	91,02	=	409,61		R\$		
Custo total estimado das ligações prediais:	5.418	x	409,61	=					2.219.360,37 R\$
Geração de capacidades de tratamento:	8.992 hab	x			40,00 R\$/hab	=			359.675,76 R\$
Custo Total Estimado:									14.043.532,51 R\$

Tabela 33
Bairros localizados parcial ou integralmente fora da área de projeto

Bairro	Economias	Habitantes	% da População Total	Área (ha)	% de Área do Total	Dens. Demográfica (hab/ha)	fora da Área de Projeto (ha)	% da Área fora da Área de Projeto	Estimado: habitantes fora da Área de Projeto	Extensão Rede Coletora Local (m)	Estimado: Taxa de Atendimento pelas Redes Locais	Estimado: habitantes atendíveis pela Redes Locais
Campestre	359	1.203	2,19%	73,21	1,30%	4,90	73,21	100,0%	1.203	4.587	40%	481
Congonhas	449	1.504	2,74%	403,00	7,16%	1,11	403,00	100,0%	1.504			-
Cruzeiro	51	171	0,31%	24,13	0,43%	2,11	23,54	97,5%	167			-
Madre	524	1.755	3,19%	2.744,53	48,73%	0,19	2.744,53	100,0%	1.755			-
Monte castelo	1.051	3.521	6,40%	165,98	2,95%	6,33	132,07	79,6%	2.802	3.681	40%	1.121
Oficinas	3.151	10.556	19,20%	258,79	4,59%	12,18	24,75	9,6%	1.010			-
Passagem	1.344	4.502	8,19%	163,92	2,91%	8,20	6,38	3,9%	175			-
Passo do gado	1.473	4.935	8,98%	86,33	1,53%	17,06	42,81	49,6%	2.447	4.041	60%	1.468
Praia redonda	386	1.293	2,35%	50,54	0,90%	7,64	50,54	100,0%	1.293	4.711	60%	776
Revoredo	214	717	1,30%	128,20	2,28%	1,67	23,75	18,5%	133			-
Santa luzia	322	1.079	1,96%	76,79	1,36%	4,19	76,79	100,0%	1.079	4.608	60%	647
Santo Antonio de Pádua	1.557	5.216	9,49%	120,99	2,15%	12,87	1,86	1,5%	80			-
São Clemente	491	1.645	2,99%	60,66	1,08%	8,09	60,66	100,0%	1.645	3.806	60%	987
São Cristovão	509	1.705	3,10%	232,44	4,13%	2,19	232,44	100,0%	1.705			-
São João margem direita	925	3.099	5,64%	219,26	3,89%	4,22	76,80	35,0%	1.085	9.516	50%	543
São João margem esquerda	1.967	6.589	11,99%	287,97	5,11%	6,83	83,14	28,9%	1.902	7.096	50%	951
São Martinho	1.437	4.814	8,76%	347,19	6,16%	4,14	181,94	52,4%	2.523	23.554	80%	2.018
Sertão dos Corrêas	200	670	1,22%	188,27	3,34%	1,06	188,27	100,0%	670			-
Total	16.410	54.974		5.632,19		2,91	4.426,47		23.178	65.600		8.992

4.5 CONCEPÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

4.5.1 Introdução

As hipóteses aqui estabelecidas para o tratamento dos esgotos de Tubarão devem ser consideradas apenas como uma referência para fins de planejamento, no nível de detalhamento do PMAE, não representando uma opção definitiva. Esta ficará por conta do futuro prestador do serviço de água e esgoto, após estudos técnico-econômicos compatíveis com as condições regulamentares e contratuais. Assim, as opções aqui feitas simplesmente tratam de levar em conta a possibilidade de referenciar os estudos com tecnologia convencional a preços de mercado.

É preciso levar em conta que as tecnologias de tratamento, ainda que assentadas nas alternativas tradicionais aeróbico/anaeróbico/mistas, propiciam ampla gama de variações, não sendo plausível desconsiderar possibilidades de boa relação benefício-custo, especialmente nas condições adversas de viabilização econômico-financeira do projeto de Tubarão, onde será necessário conciliar investimentos expressivos tanto em água como em esgoto, a tarifas razoáveis.

Assim, as tecnologias aqui avaliadas, além de constituírem apenas uma referência, buscam aportar boas perspectivas no tocante ao importante requisito benefício/custo, tanto em termos dos custos de implantação como no tocante aos custos operacionais.

A concepção funcional considerada para a ETE é **o processo aeróbico** na variante de Biodiscos de Eixo Horizontal com Condução Forçada do Ar.

Este processo se mostrou, em diversas análises técnico-econômicas, como solução mais viável no que se refere:

- ao aproveitamento do espaço físico disponível;
- ao custo de operação em função do baixo consumo de energia; e
- ao elevado nível de eficiência em termos de redução da carga poluidora.

O tratamento proposto, portanto, diverge do projeto da IESA. O principal motivo para se sugerir uma outra forma de tratamento é que a finalidade do processo adotado pelos técnicos da IESA, a estabilização aeróbica do lodo, geralmente não é recomendável para ETEs deste porte, porque demanda um grande volume de reação aeróbica consumindo muita energia elétrica para a aeração.

A “estabilização aeróbica do lodo” geralmente só é empregada em unidades de tratamento menores (até cerca de 5.000 equivalentes populacionais) porque naquele tipo de ETE as desvantagens mencionadas são compensadas pelas facilidades no tratamento do lodo gerado, que pode seguir diretamente para o adensamento e a desidratação.

Já em ETEs maiores o maior volume de reação, em conjunto com o oneroso consumo de energia, tornam este processo pouco atrativo, técnica e economicamente.

O tratamento aeróbico proposto seria implantado em módulos de 20.000 habitantes de capacidade unitária, propiciando grande flexibilidade de modulação para enfrentar as incertezas referentes, por um lado à extensão da cobertura e do atendimento do sistema de Tubarão e, por outro, às perspectivas de integração de Capivari de Baixo.

Assumiu-se o dimensionamento do processo para a finalidade “nitrificação e desnitrificação”. Por razões técnicas e práticas esta modulação não se aplica às unidades de pré-tratamento (gradeamento e desarenador) que seriam implantadas em dois módulos iguais, e às unidades de decantação secundárias (se implantadas: veja comentários mais adiante) que teriam quatro módulos.

A eficiência global do tratamento deverá alcançar cerca de 92-95% da DBO, cerca de 90% da DQO, além de proporcionar uma redução significativa dos poluentes nitrogênio (estimado: 80%) e fósforo (50 - 60%) responsáveis pelos processos de eutrofização nas águas receptoras.

Para que o tratamento biológico possa alcançar todo seu potencial de redução da carga orgânica, deve ser precedido de uma boa eliminação de sólidos grosseiros, de sólidos inertes (areia) e de substâncias flutuantes (óleos, graxas). Em função disso, a ETE deveria ser dotada de um gradeamento fino com espaçamento entre as barras de 6 mm e de um desarenação aerada. Os detalhes desses dispositivos serão descritos mais adiante.

O tratamento aeróbico será responsável pela alta eficiência na remoção da carga orgânica (DBO, DQO), que estará seguramente acima dos níveis exigidos pela legislação ambiental (< 60 mg DBO/l ou eficiência $> 80\%$). Como o processo seria dimensionado para nitrificação e desnitrificação, haverá também uma considerável remoção da carga de nitrogênio.

O lodo excedente do tratamento aeróbico seria conduzido para a digestão anaeróbica em dois estágios, de onde seguiria para a desidratação mecânica.

4.5.2 Gradeamento e desarenador

O **gradeamento** e o **desarenador** são projetados para a vazão máxima de um equivalente populacional de 160.000 habitantes.

A vazão afluyente será dividida em dois módulos de capacidade igual. Sugere-se implantar os elementos do pré-tratamento já para a carga hidráulica final porque o aumento do custo para construir numa etapa só a capacidade final é pequeno, comparado com os custos e as dificuldades técnicas para complementar a capacidade em momento posterior. O módulo ocioso será mantido inativo até sua operação se tornar necessária, ou operado alternadamente com a unidade paralela. Recomenda-se adotar a primeira opção porque permite que o segundo módulo seja mantido sem o equipamento.

Em função da importância de uma eficiente remoção de sólidos grosseiros (flutuantes e suspensos) do efluente bruto, para um bom funcionamento é sugerido um peneiramento fino com espaçamento de 6 mm entre as barras. O equipamento, que será instalado diretamente no canal afluente (dois canais em concreto armado de 0,80 m de largura útil cada) contará com dispositivo de limpeza mecanizada que remove os sólidos retidos das barras de peneiramento. O material peneirado será conduzido para caçambas padronizadas (1,1 m³ ou 4,5 m³).

Para aumentar a segurança operacional e para contornar situações em que as peneiras estiverem inoperantes em função da realização de trabalhos de manutenção, é previsto um canal de desvio, de emergência, que será dotado de uma grade grosseira de limpeza manual.

Ao peneiramento seguirão duas unidades de remoção de areia do tipo longo-aerado, seccionado em duas câmaras longitudinais, servindo aquela acomodada no fluxo principal para a sedimentação da areia e a segunda, lateral, para a retenção de substâncias flutuantes (óleos, graxas). A introdução de ar comprimido na câmara principal, no lado oposto da câmara lateral, provoca um movimento circular da massa líquida que se sobrepõe ao fluxo longitudinal e torna a eficiência da sedimentação da areia em larga escala independente das oscilações da vazão afluente. Além disso auxilia na separação de substâncias com peso específico inferior ao da massa líquida, conduzindo esse material à câmara lateral. Cada um dos desarenadores aerados terá 22 m de comprimento, 2,40 m de largura e diâmetro interno de 2,0 m. Ao lado dos desarenadores é prevista a instalação de um classificador para a separação da mistura água-areia bombeada. Enquanto a água retorna para o processo, a areia é descartada mediante rosca transportadora do fundo do classificador para uma caçamba padronizada (1,1 ou 4,5 m³).

4.5.3 Reator aeróbico

4.5.3.1 Condições básicas para a concepção do processo

O processo aeróbico constitui em muitas estações de tratamento o principal elemento funcional para a redução da carga poluidora.

Suas dimensões físicas e a necessidade de fornecimento de ar para os microorganismos que promovem a desintegração dos poluentes são determinadas:

- pela carga orgânica afluente;
- pela definição dos objetivos do tratamento (eficiência de remoção das cargas DBO, DQO, nitrogênio e fósforo); e
- pelo teor de biomassa que pode ser estabelecido reator sob as condições hidráulicas e de processo dadas.

O dimensionamento do processo foi realizado para “nitrificação e desnitrificação”. Nitrificação significa a transformação do nitrogênio amoniacal em nitrato, por microorganismos aeróbios autótrofos (nitrificação). Desnitrificação é denominada a redução do nitrato para nitrogênio molecular por microorganismos aeróbios heterótrofos na ausência de oxigênio dissolvido. Com a definição desse

objetivo do processo, a eficiência com relação à remoção da DBO situa-se necessariamente na faixa entre 92-95% e atendendo, portanto, plenamente às exigências legais.

O dimensionamento do volume de reação é baseado numa temperatura de processo de 20 °C e numa idade de lodo de 10 dias. Deste modo são asseguradas para os microorganismos especializados que promovem a nitrificação (*nitrosomonas* e *nitrobacter*) as condições necessárias para eles se estabelecerem no reator, respeitando-se suas taxas de crescimento.

A capacidade necessária para as condições finais do projeto será gerada em oito reatores. Ao lado deve ser reservado um espaço para uma eventual ampliação futura.

4.5.3.2 Seleção do processo

Ao lado dos processos de lodos ativados, todos os processos que empregam o princípio do biofilme fixado em algum substrato inerte seriam soluções viáveis, sob aspectos técnico-sanitários gerais, para obter a nitrificação e a desnitrificação, além da remoção da carga orgânica (DBO e DQO).

Entre os processos de biofilme fixo especialmente os filtros aeróbicos (os tradicionais com enchimento à base de cacos de basalto ou as concepções mais modernas com enchimento à base de estruturas de materiais plásticos) e os filtros rotativos de imersão, têm se mostrado freqüentemente com vantagens sobre o processo de lodos ativados com relação à geração de lodo e no que se refere ao consumo de energia elétrica. Ao mesmo tempo, tem se revelado uma certa sensibilidade desses processos com relação à carga de sólidos afluentes ao reator. Por isso esses sistemas sempre contam com uma eficiente decantação primária. Quanto a este aspecto, o processo de lodos ativados é extremamente tolerante, existindo muitas estações implantadas, em que o esgoto bruto passa somente pelo gradeamento e por um desarenador, antes de ser lançado ao reator aeróbico.

Contudo, o emprego de um processo de biofilme fixo, cujas vantagens teriam correlação ideal com os objetivos globais da concepção da ETE almejados, de obter uma otimização em termos de redução do custo operacional (energia elétrica; geração de lodo), enfrentaria as seguintes restrições:

- Um sistema de biofilme fixo requer uma eficiente decantação primária para evitar a colmatção do leito filtrante. Contudo, este arranjo mais complexo tornaria a implantação mais onerosa.
- Para obter a eficiência desejada com relação à remoção do nitrogênio (nitrificação, desnitrificação) seriam necessários dois reatores de biofilme fixo em seqüência, servindo o primeiro para a desnitrificação e o segundo para a nitrificação. Uma recirculação interna iria reconduzir o nitrogênio amoniacal (NH_4N) oxidado (NO_3) para o primeiro reator para a desnitrificação. Novamente a complexidade do sistema iria onerar tal alternativa.

Por isso, decidiu-se descartar no presente caso os processos aeróbios de biofilme fixo como solução.

Conforme mencionado acima, o processo de lodos ativados tem como desvantagem em comparação com os processos de biofilme fixo um consumo maior de energia elétrica e uma geração de uma maior quantidade de lodo. Existem também soluções, já amplamente testadas e empregadas para a nitrificação e desnitrificação, que poderiam ser realizadas, tanto por um processo intermitente, quanto por um processo simultâneo ou pela criação de zonas óxicas e anóxicas no reator. Para atender às necessidades da desnitrificação (ausência de oxigênio dissolvido na massa líquida) precisariam ser instalados misturadores para evitar a sedimentação da biomassa no reator. Porém, a implantação do processo de lodos ativados na ETE demandaria um volume de reação relativamente grande em função das limitações técnicas com relação à concentração de biomassa no reator (3,0-3,5 kg/m³) e com relação à profundidade dos reatores (6 m).

Uma pesquisa de alternativas levou à identificação de um sistema de biodiscos como opção, que representa um híbrido entre o processo de lodos ativados e um filtro rotativo de imersão. Atualmente este sistema está sendo empregado no Brasil, além de uma pequena estação de tratamento no interior do Estado de São Paulo, pela companhia Águas de Paranaguá na sua ETE Emboguaçu (capacidade 30.000 equivalentes populacionais).

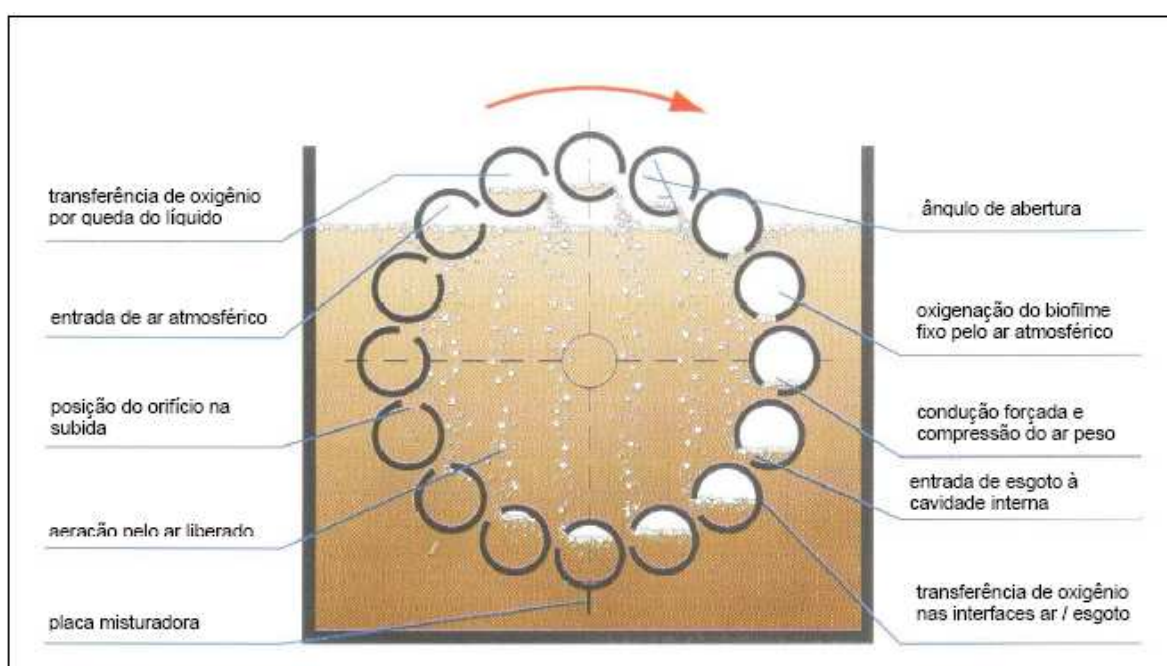
Considerando as vantagens técnicas e econômicas desse sistema, ele será adotado como referência para o presente estudo. No total o sistema é utilizado em mais de 800 estações de tratamento em várias partes de mundo (por exemplo: no Peru, no México, no Caribe, nos Estados Unidos, no Japão, na Tailândia, na Austrália, na Arábia Saudita, na Coreia do Sul, na Espanha, na França, na Itália, na Alemanha, na Rússia).

A combinação, realizada nesse sistema, do processo de lodos ativados com o processo de biofilme fixo tem o objetivo de unir as vantagens que cada uma dessas duas concepções apresenta e, ao mesmo tempo, eliminar as desvantagens. O resultado é um processo que consome consideravelmente menos energia elétrica e gera menos lodo do que o processo convencional de lodos ativados, que permite a realização de teores de biomassa no reator bem superiores (em média 5,0-6,0 kg/m³; realizado já até 9,0 kg/m³) o que reduz o volume de reação necessário e que é insensível com relação à colmatação em função do teor de sólidos suspensos no esgoto afluente.

O princípio construtivo do sistema consiste em corpos cilíndricos segmentados, que são imersos em cerca de 75% do seu diâmetro e que circulam lentamente em volta do seu eixo horizontal. A segmentação disponibiliza a grande superfície para o biofilme fixo, enquanto a rotação mantém a biomassa no reator em suspensão e abastece as duas biocenoses com oxigênio. A introdução do ar na massa líquida ocorre através do formato construtivo dos segmentos circulares que compõem o biodisco: esses segmentos são ocos e apresentam um orifício que permite a entrada de ar durante sua emersão. O posicionamento do orifício no segmento faz com que ele esteja dirigido para baixo no momento da imersão do segmento. Deste modo o ar no interior do segmento fica preso e é levado junto para baixo. O orifício acompanha necessariamente o movimento de giro do biodisco e vira, portanto, cada vez mais para cima, soltando assim, aos poucos, o ar preso na

cavidade interna do segmento. Este ar, então, serve para abastecer a biomassa em suspensão com o oxigênio vital. Além disso, as bolhas de ar liberados e ascendentes contribuem para a mistura do reator e para manter a biomassa suspensa. Na medida em que o ar escapa da cavidade interna do segmento ela vai se enchendo com líquido que, então, é arrastado para cima. A partir da emersão do segmento (o orifício virando durante o percurso fora do líquido de lateral para baixo) inicia-se um novo ciclo de troca de conteúdo da cavidade interna do segmento: o líquido é despejado na superfície – o que também incrementa a aeração – e ar pode novamente entrar. As funções descritas são representadas na Figura 2.

Figura 2
Esquema funcional do Biodisco, sistema STM AEROTOR



O reator precisa ser equipado com um número de biodiscos compatível com a carga orgânica a ser tratada e conseqüentemente com a necessidade de introdução de ar. Cada um dos discos é acionado através de uma unidade motor elétrico – caixa redutora própria, que gira o disco através de uma corrente. A baixa velocidade de rotação do disco é responsável por um baixo consumo de energia e pelo baixo desgaste mecânico e conseqüentemente baixos custos de manutenção.

Entre as principais vantagens do sistema constam:

- alto grau de estabilidade e flexibilidade do processo, mesmo sob elevadas cargas orgânicas em função da combinação dos processos de lodos ativados e de biofilme fixo;
- mesmo exigências ambientais elevadas com relação à remoção bioquímica / biológica da carga orgânica e dos nutrientes nitrogênio e fósforo podem ser atendidas seguramente;
- redução do volume de reação na ordem de 40% com relação ao processo convencional de lodos ativados em função do teor de sólidos mais alto;

- redução do consumo de energia elétrica na ordem de 50% comparado com sistemas de ar difuso com micro-bolhas utilizados em processos convencionais de lodos ativados;
- construção simples e sólida, incluindo os segmentos em polipropileno (sem desgaste, resistentes contra a radiação ultravioleta solar) e os mancais de suporte com revestimento em nylon;
- operação em baixas velocidades reduz problemas com ruídos, com a formação de aerossóis e com a emissão de odores desagradáveis;
- geração de quantidades menores de lodo excedente que apresenta melhores características físico-químicas, o que facilita sua sedimentação e desidratação.

Às possíveis economias com relação à redução do volume de reação (custo de implantação), à redução do consumo de energia e da geração de lodo (custo operacional) se contrapõe o custo de investimento consideravelmente mais alto que é constatado na confrontação com o custo para a instalação de um sistema de ar difuso. Esses aspectos econômico-financeiros foram submetidos no âmbito de outros projetos a uma apreciação detalhada. Em resumo evidenciou-se que as economias em relação aos custos operacionais proporcionados pelo sistema de biodiscos compensam dentro de 6 a 7 anos o custo de investimento maior desta solução.

Portanto haverá, para gerar a capacidade do horizonte do projeto, oito reatores aeróbicos, de formato retangular com 56,40 m de comprimento interno, 7,60 m de largura e com uma profundidade máxima útil de 4,90 m. Eles são construídos em concreto armado, moldado “in loco” sob observação rigorosa do recobrimento mínimo da armação de cinco centímetros, para que o aço esteja suficientemente protegido contra corrosão. Em cada unidade de reator serão instalados sete biodiscos de 4,80 m de diâmetro nominal e 5,00 m de comprimento, tendo-se, portanto, um total de 56 biodiscos.

Para atender à demanda da etapa 1 de implantação da ETE, sugerida com capacidade de 80.000 habitantes, seriam necessários quatro reatores com 28 biodiscos.

Em termos de controle operacional do processo aeróbico geralmente é instalada no reator uma sonda de medição do oxigênio dissolvido (O_2) que atua através de inversores de frequência sobre os motores de acionamento dos biodiscos com o objetivo de otimizar a introdução de oxigênio à massa líquida (manutenção do O_2 desejado; redução do consumo de energia elétrica). Uma complementação da instrumentação do processo aeróbico seria através de medição “online” do nitrato, da amônia e/ou do potencial redox permitiria a otimização da nitrificação e da desnitrificação.

4.5.4 Decantação secundária

No processo convencional de fluxo contínuo do esgoto pelo sistema de tratamento (ao contrário de soluções de tratamento por batelada), o elemento “decantador secundário” forma uma unidade funcional inseparável com o reator aeróbico e a estação elevatória de recirculação do lodo. Sua principal função é a “clarificação do esgoto tratado”, que consiste na separação das fases líquida (que é

lançada em seguida ao corpo receptor ou a etapas de tratamento subseqüentes) e sólida (os microorganismos – o “lodo”) através do princípio físico da gravitação natural que conduz a essa separação em função da diferença de densidade entre o líquido e o sólido.

Raciocinando com uma solução convencional para a decantação secundária seriam necessários para a vazão final de projeto do ano 2037 quatro decantadores secundários circulares de 26 m de diâmetro e profundidade nominal útil de 4,20 m. Para a etapa 1 de implantação da ETE proposta (80.000 habitantes) seriam necessárias duas unidades. Na estimativa de custos esta solução tradicional é identificada como “Opção 1”.

Porém, com vistas a uma simplificação construtivo-operacional foi desenvolvida uma decantação secundária de um formato pouco convencional, que é denominado “bolsas laterais de decantação”. Estas “bolsas laterais” constituem uma unidade físico-construtiva com o reator aeróbico, anexando-se a este nas laterais das paredes longitudinais.

O princípio de separação das fases sólido e líquido nas bolsas de decantação é o mesmo dos tradicionais decantadores de fluxo ascendente.

As bolsas de decantação são dimensionadas conforme a carga hidráulica superficial. Quando a superfície necessária de decantação é menor do que o comprimento do reator aeróbio (dois lados) multiplicado com a largura máxima das bolsas que pode ser realizada por razões construtivas, a solução das “bolsas laterais” é viável. Caso negativo, precisam ser utilizadas soluções convencionais de decantação secundária.

No presente caso as condições hidráulicas seriam favoráveis para o emprego das bolsas de decantação.

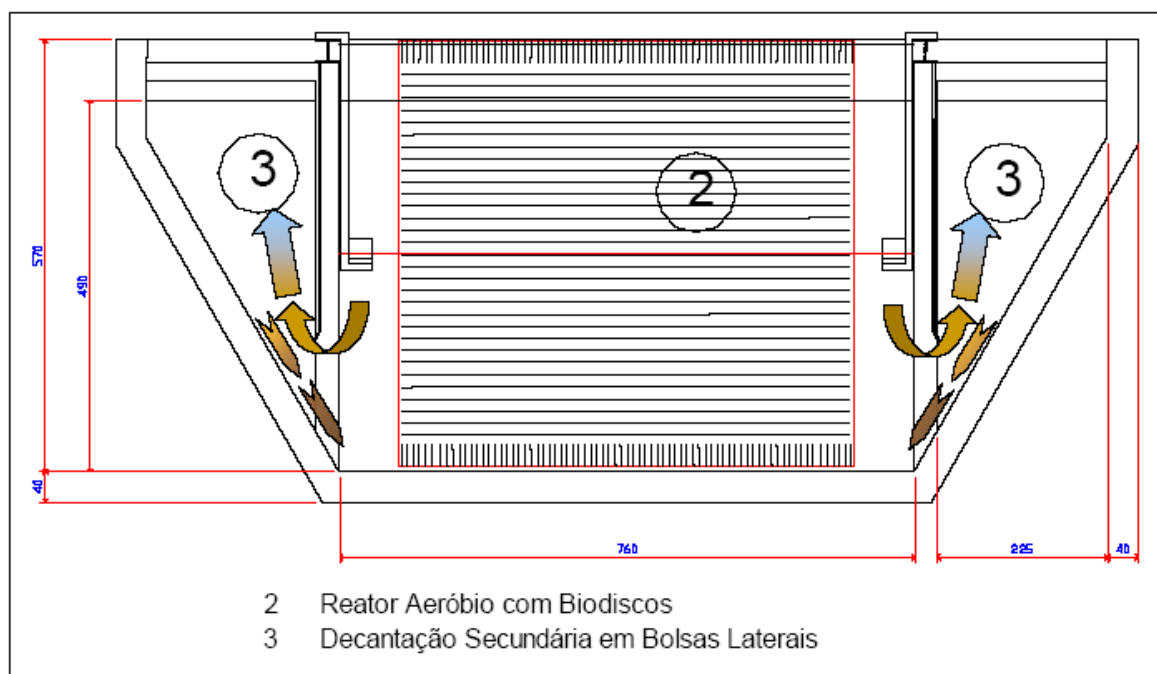
A configuração construtiva dos reatores aeróbicos fica um pouco mais complexa com o uso de bolsas de decantação. Por outro lado, não haverá mais decantadores secundários como elementos distintos, o que torna a instalação total da ETE menos complexa e menos onerosa (implantação e operação).

Nas bolsas de decantação a separação entre o espaço de reação aeróbica e de decantação é obtida mediante chapa (de material plástico, de fibra de vidro ou de metal), o que simplifica a construção. A mistura líquido-lodo passa por baixo da parede divisória, pela abertura prevista, seguindo em fluxo ascendente até a saída. Nesse caminho ocorre a decantação do lodo (com densidade maior do que da água) que retorna, seguindo pelo fundo inclinado (60°) de volta para o reator aeróbico, passando pelas mesmas aberturas da entrada às bolsas de decantação. Portanto, o lodo retorna, nesta configuração, **sem bomba de recirculação** ao reator aeróbico. Isso é um elemento importante de simplificação construtiva e operacional.

Para verter o efluente tratado das bolsas de decantação sugere-se não utilizar as tradicionais canaletas, mas tubos perfurados submersos que são instalados no sentido longitudinal nas bolsas de decantação.

Os princípios construtivos desta proposta são ilustrados na Figura 3.

Figura 3
Seção transversal reator aeróbico - bolsas laterais de decantação



4.5.5 Elevatória de recirculação de lodo

O terceiro elemento essencial em sistemas convencionais de tratamento aeróbico é a elevatória de recirculação de lodo, que transporta a biomassa sedimentada na decantação secundária de volta para o reator aeróbico. Este circuito de recirculação é indispensável para poder manter no reator uma determinada concentração de microorganismos, que, por sua vez, depende da carga orgânica afluyente, da carga hidráulica afluyente e do volume de reação. Se não existisse a recirculação, a vazão de esgoto afluyente ao reator (concentração de biomassa = 0) iria provocar uma redução constante da concentração dos microorganismos nele (da concentração que representa a “atividade bioquímica” do reator) e transportando esses microorganismos até o decantador secundário, onde iriam sedimentar. Em decantadores secundários, porém, os microorganismos não encontram condições de vida adequadas para promoverem a desintegração da carga orgânica (falta de oxigênio; falta de contato intenso com o esgoto pela falta de mistura).

Se fosse optado pela solução tradicional para a decantação secundária seriam necessárias duas elevatórias de recirculação, cada uma dimensionada para uma capacidade nominal de 80.000 habitantes (Opção 1).

Todavia, adotando-se a solução da união físico-construtiva de reator com bolsas de decantação no arranjo proposto, **o lodo sedimentado volta diretamente** para o reator, por gravidade e, portanto, **sem a necessidade de uma elevatória de recirculação de lodo**. Esta segunda opção, portanto, representa uma concepção tecnicamente mais simples e menos onerosa (implantação e operação).

4.5.6 Descarte de lodo

O descarte de lodo é um procedimento necessário para estabilizar a quantidade de biomassa (microorganismos) no processo aeróbico e, com isso, também a concentração de biomassa no reator. A recirculação do lodo tem, em princípio, o mesmo objetivo, mas se não fosse realizado nenhum descarte a concentração do lodo no sistema iria aumentar com o tempo, em função do crescimento bacteriano.

O descarte, portanto, elimina do sistema aquela quantidade de biomassa que corresponde à taxa de crescimento populacional dos microorganismos. Essa taxa depende de vários fatores, entre eles a faixa de carga em que o reator trabalha (que determina que tipo de microorganismo predomina no sistema), a temperatura no reator (observando-se taxas de crescimento mais altas com temperaturas mais altas e vice-versa), a composição química dos efluentes (presença de substâncias inibidoras) e o carregamento orgânico específico (expresso em kg DBO/kg biomassa).

A **quantidade de lodo excedente** calculada para o sistema proposto de biodiscos é de 0,84 kgMS/kgDBO. Conseqüentemente, com uma carga orgânica afluente ao reator de 8.640 kgDBO (2037) seria necessário descartar diariamente:

$$0,84\text{kgMS/kgDBO} \times 8.640\text{kgDBO/d} = 7.258\text{kgMS/d}$$

Com um teor de sólidos no fluxo de recirculação de lodo de cerca de 1,1% precisam ser descartados, portanto, diariamente:

$$7.258 \text{ kgMS/d} / 0,011 / 1000 = 660\text{m}^3 \text{ de lodo fresco (carga total)}$$

O volume que efetivamente precisa ser descartado deve ser determinado através do acompanhamento analítico da ETE pela equipe de operação, servindo como parâmetros: a) a carga de DBO afluente no esgoto bruto; b) a carga de DBO remanescente na saída do reator anaeróbico (conseqüentemente na entrada do reator aeróbico; c) o teor de sólidos no reator aeróbico; d) o teor de sólidos no circuito de recirculação de lodo.

4.5.7 Espessador de lodo

Por razões econômicas e técnico-sanitárias geralmente é necessário que o lodo descartado seja submetido a um adensamento, isto é, a um aumento do teor de sólidos com a recondução do excedente líquido desse processo ao tratamento.

Para obter esse adensamento podem ser empregados princípios naturais (adensamento por gravidade) ou procedimentos técnicos, como a desidratação mecânica. Todavia, o processamento mecânico geralmente é limitado a ETEs de porte grande ou para situações especiais, ou ainda para a desidratação final do lodo digerido.

No presente caso é proposto construir dois espessadores por gravidade com 12 m de diâmetro e altura lateral de 3,50 m.

A principal razão da condução do lodo fresco descartado do sistema de tratamento biológico ao um adensamento, antes de ser encaminhado para o processamento subsequente (digestão anaeróbica) é o fato de que a digestão poderá ser operada de modo muito mais eficiente e econômico com um teor de sólidos mais alto. Com o adensamento espera-se elevar o teor de sólidos de cerca de 1% no lodo fresco descartado para cerca de 4-5%, o que representa uma redução de volume para 1/4 ou 1/5, respectivamente do volume inicial.

O líquido clarificado que transborda no espessador obrigatoriamente terá que ser reconduzido ao tratamento, pois sua carga orgânica é muito alta.

4.5.8 Digestão do lodo

O lodo fresco, produto do tratamento de efluentes com baixa idade de lodo, apresenta uma série de características que impedem seu aproveitamento e/ou sua disposição final sem submetê-lo a um tratamento complementar. Esse tratamento complementar tem como objetivo alterar essas características de maneira que os resíduos gerados não representem mais nenhuma ameaça sob os aspectos higiênico-sanitários e ambientais. Entre as principais características potencialmente nocivas constam:

- a presença de altos teores de patogênicos; e
- o fato de o material ainda conter alto teor de matéria orgânica, o que torna o lodo putrescível.

As finalidades do processo de digestão de lodo, portanto, são:

- a estabilização das substâncias orgânicas ainda contidas no lodo, objetivando-se obter um produto que não seja mais putrescível e que, com isso, não libere mais odores desagradáveis;
- a separação da água dos sólidos, considerando que o lodo fresco se compõe de uma grande parte de água (95-98%, em média) e de uma pequena fração de sólidos. A redução do teor de água, portanto, leva a uma redução considerável do volume total e a uma alteração das características físicas do lodo remanescente. Esse aspecto é relevante, por exemplo, quando se torna necessário transportar o lodo e/ou quando o lodo é depositado em aterro sanitário (cobrança pelo volume ou o peso do material). A digestão do lodo, nesse contexto, confere também ao lodo características que permitem uma desidratação (ou secagem) em etapas subsequentes.

O sistema de digestão anaeróbica é composto de duas unidades de 1.400 m³ de volume útil cada, que são operados em seqüência. Com o volume proposto será alcançado um tempo de digestão de aproximadamente 14 dias, o que leva a uma taxa de desintegração da matéria orgânica da ordem de 80%. Como na operação o líquido clarificado é removido do processo, na medida em que ocorre o adensamento dos sólidos nos reatores, o tempo de digestão efetivo ainda é maior.

Considerando-se uma temperatura média do processo da digestão anaeróbica de 20 °C, pode ser esperada uma geração de gás metano da ordem de

380l/kg de sólidos orgânicos aplicados. A quantidade diária de gás metano gerada pode ser estimada, portanto em:

$$160.000 \text{ hab} \times 0,054 \text{ kgDBO/habxd} \times 0,84 \text{ kgMS/kgDBO} \times 65\% \times 380 \text{ l/kg} = 1.793 \text{ m}^3/\text{d}$$

Com um poder calorífico na ordem de 5,9 kWh/m³ pode ser estimado o potencial energético de um aproveitamento do biogás (que deveria ser seco e tratado para tal):

$$1.793 \text{ m}^3/\text{d} \times 5,9 \text{ kWh/m}^3 = 10.576 \text{ kWh/d}$$

O volume de gás e a quantidade de energia que a digestão anaeróbica potencialmente poderá gerar, quando a ETE estiver operando com sua capacidade de tratamento de 160.000 habitantes integralmente aproveitada, justificaria uma avaliação da rentabilidade de um investimento em equipamentos para o aproveitamento do biogás.

4.5.9 Desidratação mecânica do lodo

Em função da grande quantidade de lodo gerado será necessária uma desidratação mecânica.

Existem para esta tarefa diversas soluções técnicas, entre elas:

- a prensa-esteira (belt press);
- a centrífuga;
- a filtro prensa; e
- a prensa helicoidal;

apresentando, cada uma, características específicas que as tornam mais ou menos apropriadas para a aplicação específica.

Inexistindo ainda definições com relação à concepção geral para o lodo gerado (uso como substrato após compostagem ou co-compostagem na agricultura, deposição em aterro sanitário etc) que determinaria a faixa do teor de sólidos do lodo desidratado e assim o tipo de equipamento mais indicado, não poderá ser apresentada aqui uma recomendação específica e tampouco uma estimativa mais coerente de custos. Todavia, no levantamento total de custos foi considerada uma verba para a aquisição e implantação de um sistema de desidratação mecânica.

Cabe mencionar, neste contexto, que a questão da desidratação mecânica vem sendo tratada precipitadamente em muitas estações de tratamento, desconsiderando-se o fato de que geralmente leva bastante tempo até que sejam geradas quantidades de lodo suficientes para justificar o equipamento, principalmente quando a ETE estiver operando com capacidade parcialmente aproveitada. São relatados casos em que o período de garantia do equipamento de desidratação mecânica já tinha terminado sem que a máquina tivesse ser usado ainda.

4.5.10 Centro de operação e controle

O Centro de Operação e Controle – COC da ETE precisa contar, além das instalações sanitário-sociais comuns, com uma sala de operação, escritórios, um laboratório completo para as análises físico-químicas (caso estes não sejam realizados em outro local). Neste caso bastaria um pequeno laboratório de efluentes para o acompanhamento operacional da ETE, envolvendo análises que devem ser obrigatoriamente realizadas “in loco”, equipado com um balcão e uma pia para a realização dos trabalhos analíticos necessários. Além disso, deve ser dotado de um aparelhamento básico, que consiste num conjunto de cones Imhoff, medidor de pH portátil, termômetro eletrônico portátil, medidor de condutividade portátil e medidor de oxigênio dissolvido portátil. Deve incluir, ainda, outros elementos básicos de laboratório (frascos, vidraria, temporizador) e uma geladeira para a refrigeração das amostras).

O COC, além disso, precisa disponibilizar o espaço para a realização dos trabalhos de documentação do desempenho da estação (registro de vazões, cargas afluentes e efluentes, parâmetros operacionais medidos, condições meteorológicas etc). Como a ETE poderá operar essencialmente automatizada, em princípio não haveria necessidade de uma presença permanente de pessoal de operação no local, bastando uma presença no período diurno e organizando-se para o período noturno, bem como para os finais de semana um serviço de plantão que seria acionado por instalações automáticas de telecomunicação. Reconhece-se, no entanto, o fato que esta concepção ainda não é muito difundida em estações de tratamento no Brasil, optando-se geralmente por uma presença permanente de pessoal de operação.

4.5.11 Estimativas de custos

4.5.11.1 Custos de implantação – integral – opção 1

Na Tabela 34 será apresentada estimativa dos custos de implantação para a ETE com a capacidade final do horizonte do projeto no ano 2037 para atender 160.000 habitantes. “Opção 1” neste contexto significa a configuração com biodiscos e com a decantação secundária realizada da forma convencional (decantadores circulares). Cabe destacar que este levantamento foi considerado no cálculo do custo global.

Tabela 34
Estimativa de custos, capacidade integral, opção 1

Item	Descrição		Custo Estimado (R\$)
1	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)		242.320,00
2	Parte civil do gradeamento		78.000,00
3	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)		135.000,00
4	Instalações e sopradores p/ desarenadores		85.000,00
5	Tanques de aeração (8 unid. 7,60m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)		3.177.000,00
6	Equipamento tanques de aeração		10.080.000,00
7	Decantador Secundário (4 unid. 26m diâmetro., 4,2m prof. útil)		1.499.000,00
8	Ponte raspadora p/ decantador secundário (4 unid.)		930.000,00
9	Equipamento elevatória de recirculação de lodo		170.625,00
10	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão		166.000,00
11	Equipamento outras elevatórias		28.437,50
12	Edificação outras elevatórias		55.333,33
13	Espessador de lodo (2 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)		289.000,00
14	Equipamento espessadores de lodo		222.000,00
15	Digestor (2 unid, total 2800m3)		2.057.000,00
16	Equipamento digestores		1.622.000,00
17	Centro de Operação e Controle		150.000,00
18	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação		350.000,00
19	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)		125.000,00
		Sub-Total 1:	21.461.715,83
	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação (6,0 %)		1.369.896,76
	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.: (4,0%)		894.238,16
	Aquisição terreno (2,0%)		437.994,20
	Rebaixamento lençol freático durante as obras: (2,5%)		550.300,41
		Sub-Total 2:	24.714.145,36
	Eventuais e imprevistos (5% sobre o Total)		1.300.744,49
		Total:	26.014.889,85

Tabela 35
Estimativa de custos, capacidade integral, opção 2

Item	Descrição	Custo Estimado (R\$)
1	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)	242.320,00
2	Parte civil do gradeamento	78.000,00
3	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)	135.000,00
4	Instalações e sopradores p/ desarenadores	85.000,00
5	Tanques de aeração (8 unid. (7,60 + 2 x 2,25)m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)	4.663.000,00
6	Equipamento tanques de aeração	10.080.000,00
7	Equipamento outras elevatórias	28.437,50
8	Edificação outras elevatórias	55.333,33
9	Espessador de lodo (2 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)	289.000,00
10	Equipamento espessadores de lodo	222.000,00
11	Digestor (2 unid, total 2800m3)	2.057.000,00
12	Equipamento digestores	1.622.000,00
13	Centro de Operação e Controle	150.000,00
14	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação	350.000,00
15	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)	125.000,00
	Sub-Total 1:	20.182.090,83
	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação (6,0 %)	1.288.218,56
	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.: (4,0%)	840.920,45
	Aquisição terreno (2,0%)	411.879,40
	Rebaixamento lençol freático durante as obras: (2,5%)	517.489,51
	Sub-Total 2:	23.240.598,76
	Eventuais e imprevistos (5% sobre o Total)	1.223.189,41
	Total:	24.463.788,17

4.5.11.2 Custos de implantação – integral – opção 3

A estimativa de custos de implantação apresentada e denominada “Opção 3” (Tabela 36) foi elaborada para efeitos de comparação do custo de implantação e operação (consumo de energia elétrica) entre as opções 1 e 2, baseadas numa concepção de processo com biodiscos e uma concepção integralmente convencional, baseada num processo de lodos ativados (teor de sólidos: 3,0 kg/m³, idade de lodo: 10 dias; profundidade do reator aeróbio: 5,50 m; aeração mediante ar comprimido/bolhas finas). A decantação secundária seria realizada por quatro unidade de 25 m de diâmetro e de 3,20 m de profundidade útil.

Tabela 36
Estimativa de custos, capacidade integral, opção 3

Item	Descrição	Custo Estimado (R\$)
1	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)	242.320,00
2	Parte civil do gradeamento	78.000,00
3	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)	135.000,00
4	Instalações e sopradores p/ desarenadores	85.000,00
5	Tanques de aeração (8 unid. 11m larg. 5,50m prof útil, 60m compr.)	5.507.000,00
6	Equipamento tanques de aeração	4.052.000,00
7	Decantador Secundário (4 unid. 25m diâmetro., 3,2m prof. útil)	1.181.000,00
8	Ponte raspadora p/ decantador secundário (4 unid.)	763.000,00
9	Equipamento elevatória de recirculação de lodo	170.625,00
10	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão	166.000,00
11	Equipamento outras elevatórias	28.437,50
12	Edificação outras elevatórias	55.333,33
13	Espessador de lodo (2 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)	289.000,00
14	Equipamento espessadores de lodo	222.000,00
15	Digestor (2 unid, total 2800m3)	2.057.000,00
16	Equipamento digestores	1.622.000,00
17	Centro de Operação e Controle	150.000,00
18	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação	350.000,00
19	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)	125.000,00
	Sub-Total 1:	17.278.715,83
	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação (6,0 %)	1.102.896,76
	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.: (4,0%)	719.946,49
	Aquisição terreno (2,0%)	352.626,85
	Rebaixamento lençol freático durante as obras: (2,5%)	443.044,00
	Sub-Total 2:	19.897.229,93
	Eventuais e imprevistos (5% sobre o Total)	1.047.222,63
	Total:	20.944.452,56

4.5.11.3 Custos de operação – integral – opção 1

Apresenta-se a estimativa do consumo de energia elétrica para a ETE para a carga do horizonte do projeto, o ano 2037 (Tabela 37). O consumo de energia elétrica representa - 60-70% - o maior item individual na relação dos custos operacionais de uma ETE, motivo pelo qual esforços para reduzi-lo geralmente têm impacto positivo considerável no custo operacional do tratamento. Novamente a Opção 1 representa a configuração com biodiscos, mas com o uso de decantadores convencionais.

Tabela 37
Estimativa custo de energia - integral - opção 1

Custo por		0,30	R\$/kWh				
:							
Potência							
	Instalada por				Funcionamento		
	Unidade	Unidades	Potência		Consumo Energia	Custo Energia	
Item	(kW)	()	Instalada (kW)	(h/d)	(kWh/d)	(R\$/d)	
Gradeamento	1,5	2	3,0	4	12,00	3,60	
Aeração desarenador	2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Ponte raspadora desarenador	1	2	2,0	4	8,00	2,40	
Bomba de remoção da areia	4	2	8,0	4	32,00	9,60	
Acionamento Classificador Areia	1	1	1,0	4	4,00	1,20	
Ponte raspadora decantador primário	0	0	0,0	0	-	-	
Sistema de Aeração Bioreator	6	56	336,0	24	8.064,00	2.419,20	
Misturadores Bioreator	0	0	0,0	0	-	-	
Ponte raspadora decantador secundário	2	4	8,0	24	192,00	57,60	
Bomba recalque lodo sobrenadante	1	4	4,0	2	8,00	2,40	
Elevatória Recirculação	10	4	40,0	24	960,00	288,00	
Ponte raspadora espessador de lodo	2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Bombeamento Lodo Excedente	6	1	6,0	8	48,00	14,40	
Misturadores Digestor	5	2	10,0	24	240,00	72,00	
Bomba Desidratação	7,5	1	7,5	12	90,00	27,00	
Desidratação Mecânica	15	1	15,0	12	180,00	54,00	
Iluminação externa e interna	5	1	5,0	12	60,00	18,00	
Equipamento auxiliar	10	1	10,0	12	120,00	36,00	
Potência Instalada (kW):			464		10.210,00	3.063,00	por dia
Potência Instalada (arredondado) kW:			465		306.300,00	91.890,00	por mês
					3.726.650,00	1.117.995,00	por ano

4.5.11.4 Custos de operação – integral – opção 2

Na estimativa do consumo de energia da Opção 2 (Tabela 38) são eliminados os motores de acionamento dos decantadores secundários e as bombas de recirculação de lodo. Todos estes equipamentos têm funcionamento permanente de 24 h/d, o que gera um impacto considerável no consumo de energia.

Tabela 38
Estimativa custo de energia - integral - opção 2

Custo por kWh:		0,30		R\$/kWh				
Potência								
		Instalada por		Potência		Funciona-		
		Unidade	Unidades	Instalada	mento	Consumo Energia	Custo Energia	
	Item	(kW)	()	(kW)	(h/d)	(kWh/d)	(R\$/d)	
Gradeamento		1,5	2	3,0	4	12,00	3,60	
Aeração desarenador		2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Ponte raspadora desarenador		1	2	2,0	4	8,00	2,40	
Bomba de remoção da areia		4	2	8,0	4	32,00	9,60	
Acionamento Classificador Areia		1	1	1,0	4	4,00	1,20	
Ponte raspadora decantador primário		0	0	0,0	0	-	-	
Sistema de Aeração Bioreator		6	56	336,0	24	8.064,00	2.419,20	
Misturadores Bioreator		0	0	0,0	0	-	-	
Ponte raspadora decantador secundário		2	0	0,0	24	-	-	
Bomba recalque lodo sobrenadante		1	4	4,0	2	8,00	2,40	
Elevatória Recirculação		10	0	0,0	24	-	-	
Ponte raspadora espessador de lodo		2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Bombeamento Lodo Excedente		6	1	6,0	8	48,00	14,40	
Misturadores Digestor		5	2	10,0	24	240,00	72,00	
Bomba Desidratação		7,5	1	7,5	12	90,00	27,00	
Desidratação Mecânica		15	1	15,0	12	180,00	54,00	
Iluminação externa e interna		5	1	5,0	12	60,00	18,00	
Equipamento auxiliar		10	1	10,0	12	120,00	36,00	
Potência Instalada (kW):				416		9.058,00	2.717,40	por dia
Potência Instalada (arredondado) kW:				420		271.740,00	81.522,00	por mês
						3.306.170,00	991.851,00	por ano

4.5.11.5 Custos de operação – integral – opção 3

O consumo de energia elétrica na Opção 3 (Tabela 39) é maior pela potência necessária do sistema de aeração. Enquanto os biodiscos nas opções 1 e 2 têm um consumo de energia estimado de 8.064 kWh/d, os sopradores da Opção 3 consomem 12.720 kWh/d, portanto quase 1,6 vezes a quantidade de energia dos biodiscos. A este consumo ainda precisa ser acrescido o consumo dos misturadores necessários para a manutenção da biomassa em suspensão nas fases de processo de desnitrificação.

Tabela 39
Estimativa custo de energia - integral - opção 3

Custo por kWh:		0,30	R\$/kWh					
		Potência						
		Instalada por		Potência	Funciona-			
		Unidade	Unidades	Instalada	mento	Consumo Energia	Custo Energia	
	Item	(kW)	(-)	(kW)	(h/d)	(kWh/d)	(R\$/d)	
Gradeamento		1,5	2	3,0	4	12,00	3,60	
Aeração desarenador		2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Ponte raspadora desarenador		1	2	2,0	4	8,00	2,40	
Bomba de remoção da areia		4	2	8,0	4	32,00	9,60	
Acionamento Classificador Areia		1	1	1,0	4	4,00	1,20	
Ponte raspadora decantador primário		0	0	0,0	0	-	-	
Sistema de Aeração Bioreator		530	1	530,0	24	12.720,00	3.816,00	
Misturadores Bioreator		4	16	64,0	8	512,00	153,60	
Ponte raspadora decantador secundário		2	4	8,0	24	192,00	57,60	
Bomba recalque lodo sobrenadante		1	4	4,0	2	8,00	2,40	
Elevatória Recirculação		10	4	40,0	24	960,00	288,00	
Ponte raspadora espessador de lodo		2	2	4,0	24	96,00	28,80	
Bombeamento Lodo Excedente		6	1	6,0	8	48,00	14,40	
Misturadores Digestor		5	2	10,0	24	240,00	72,00	
Bomba Desidratação		7,5	1	7,5	12	90,00	27,00	
Desidratação Mecânica		15	1	15,0	12	180,00	54,00	
Iluminação externa e interna		5	1	5,0	12	60,00	18,00	
Equipamento auxiliar		10	1	10,0	12	120,00	36,00	
Potência Instalada (kW):				722		15.378,00	4.613,40	por dia
Potência Instalada (arredondado) kW:				725		461.340,00	138.402,00	por mês
						5.612.970,00	1.683.891,00	por ano

4.5.12 Confrontação de custos – integral – síntese

Na Tabela 40 será apresentada uma síntese dos custos de implantação e de operação estimados para as opções 1, 2 e 3.

Tabela 40
Síntese comparativa de custos – opções 1, 2 e 3

Custo de Implantação (R\$)		Classificação	Diferença com relação ao menor valor (R\$)	Custo de Energia (R\$/a)	Classificação	Diferença com relação ao menor valor (R\$/a)
Opção 1	26.014.889,85	3	5.070.437,29	1.117.995,00	2	126.144,00
Opção 2	24.463.788,17	2	3.519.335,61	991.851,00	1	-
Opção 3	20.944.452,56	1	-	1.683.891,00	3	692.040,00

Observa-se, na comparação dos custos de implantação, uma vantagem da concepção convencional de processo e aeração (Opção 3) com relação à Opção 1 (5 milhões de reais) e com relação à Opção 2 (3,5 milhões de reais). É notável que esta vantagem surja, mesmo que o volume de reação necessário da Opção 3 seja significativamente maior do que o das opções 1 e 2 (29.000 m³ contra 16.200 m³).

A divergência constatada se deve essencialmente ao custo dos biodiscos, que é bem mais alto do que o custo do sistema de aeração por bolhas finas (soprador, tubulações de distribuição de ar, membranas). Por outro lado, é preciso considerar que a vida útil dos biodiscos é superior à vida útil do soprador e das membranas.

O impacto econômico do re-investimento necessário para estes componentes somente poderia ser quantificado com maior precisão no âmbito de um Cálculo Dinâmico de Comparação de Custos realizado para um período igual ou superior à vida útil do componente mais duradouro. Mas precisa ser reconhecido também que somente neste tipo de comparação seria considerado adequadamente o impacto econômico-financeiro do maior custo de implantação inicial das opções 1 e 2 relacionado com o custo do capital.

A confrontação da síntese acima revela ainda que a concepção convencional da Opção 3 consome consideravelmente mais energia elétrica e apresenta, portanto, um custo operacional de mais de 690.000 reais ao ano maior do que a Opção 2, a mais vantajosa neste quesito.

Dividindo-se a diferença com relação aos custos de implantação entre as opções 2 e 3, de cerca de 3,5 milhões de reais, pela diferença com relação ao custo operacional de cerca de 690.000 reais ao ano, chega-se à conclusão de que em cerca de 5 anos apenas a Opção 2 se tornaria a alternativa economicamente mais vantajosa. Já a Opção 1, que apresenta uma vantagem menor com relação ao custo de operação de cerca de 560.000 reais ao ano demandaria um período de cerca de 9 anos para compensar a desvantagem de cerca de 5 milhões de reais com relação ao custo de implantação.

Novamente cabe esclarecer que o impacto econômico real de toda o cenário só poderia ser adequadamente modelado e matematicamente analisado no âmbito de um Cálculo Dinâmico de Comparação de Custos.

De qualquer modo, foi mostrado que uma solução para o tratamento dos efluentes em Tubarão com base numa concepção convencional de processo e sistema de aeração somente poderia ser considerada vantajosa numa visão e avaliação imediatista. Contudo, baseando-se as decisões de investimento em visão de longo alcance, com abrangência de períodos compatíveis com os horizontes de projetos (20-30 anos), as opções 1 e 2 precisam ser reconhecidas como alternativas economicamente mais vantajosas, destacando-se, neste confronto final, a Opção 2 como solução ainda mais vantajosa do que a Opção 1, tanto no que se refere ao custo de implantação, quanto ao custo de operação.

4.5.12.1 Custos de implantação – etapa 1

As análises com relação ao tratamento de efluentes serão encerradas com a apresentação de estimativas de custos para a implantação da Etapa 1. Os levantamentos somente serão apresentados para as opções 1 e 2, que foram consideradas as soluções tecnicamente mais adequadas e economicamente mais vantajosas a longo prazo.

Consideraram-se nestes levantamentos:

- uma capacidade nominal de 80.000 habitantes que seria gerada pela implantação modular de partes da capacidade final de projeto de 160.000 habitantes;
- a implantação integral dos componentes do pré-tratamento, já para a capacidade do horizonte, em função da dificuldade técnica de construir o segundo módulo separadamente em momento posterior, do elevado custo desta implantação postergada do segundo módulo e da redução pouco significativa dos custos na primeira etapa;
- a implantação de quatro reatores aeróbios (mais dois decantadores secundários com a respectiva elevatória de recirculação – Opção 1 ou as bolsas laterais de decantação anexas aos reatores aeróbios – Opção 2);
- a implantação de um espessador de lodo e de um digestor anaeróbio de lodo;
- a implantação de todas as edificações complementares (COC, Casa de Máquinas etc);
- 60% do custo total para instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's e a automação;
- 70% do custo total referente aos arruamentos, conexão energia em AT, jardinagem e cerca;
- 100% dos custos para a aquisição do terreno; e
- 60% dos custos referentes ao rebaixamento do lençol freático durante a realização das obras.

Assim foram obtidas as estimativas a seguir apresentadas na Tabela 41 e Tabela 42.

Em função do desenvolvimento demográfico estima-se que no ano 10 do projeto deveriam ser elaborados os projetos para que no ano 11 possam ser iniciadas as obras de ampliação da capacidade de tratamento da ETE. Raciocina-se com a implantação de mais dois tanques de aeração e um decantador secundário (sob hipótese da realização da Opção 1). Assim a capacidade de tratamento biológico passaria para 120.000 habitantes. Já o sistema de tratamento do lodo (espessador, digestor anaeróbio) seria implantado nos anos 11/12 para a capacidade final, enquanto o tratamento aeróbio (outros dois tanques e o quarto decantador secundário) passaria por uma segunda ampliação da capacidade nos anos 18/19 do projeto, atingindo-se, então, a capacidade de projeto final de 160.000 habitantes.

Tabela 41
Estimativa de custos - etapa 1 - opção 1

Item	Descrição		Custo Estimado (R\$)
1	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)		242.320,00
2	Parte civil do gradeamento		78.000,00
3	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)		135.000,00
4	Instalações e sopradores p/ desarenadores		85.000,00
5	Tanques de aeração (4 unid. 7,60m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)		1.588.500,00
6	Equipamento tanques de aeração		5.040.000,00
7	Decantador Secundário (2 unid. 26m diâmetro., 4,2m prof. útil)		749.500,00
8	Ponte raspadora p/ decantador secundário (2 unid.)		465.000,00
9	Equipamento elevatória de recirculação de lodo		85.312,50
10	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão		83.000,00
11	Equipamento outras elevatórias		14.218,75
12	Edificação outras elevatórias		27.666,67
13	Espessador de lodo (1 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)		144.500,00
14	Equipamento espessadores de lodo		111.000,00
15	Digestor (1 unid, total 1400m3)		1.028.500,00
16	Equipamento digestores		811.000,00
17	Centro de Operação e Controle		150.000,00
18	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação		350.000,00
19	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)		125.000,00
		Sub-Total 1:	11.313.517,92
	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação (60 %)		821.938,05
	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.: (70%)		625.966,71
	Aquisição terreno (100%)		437.994,20
	Rebaixamento lençol freático durante as obras: (60%)		330.180,24
		Sub-Total 2:	13.529.597,13
	Eventuais e imprevistos		650.372,25
		Total:	14.179.969,37

Tabela 42
Estimativa de custos - etapa 1 - opção 2

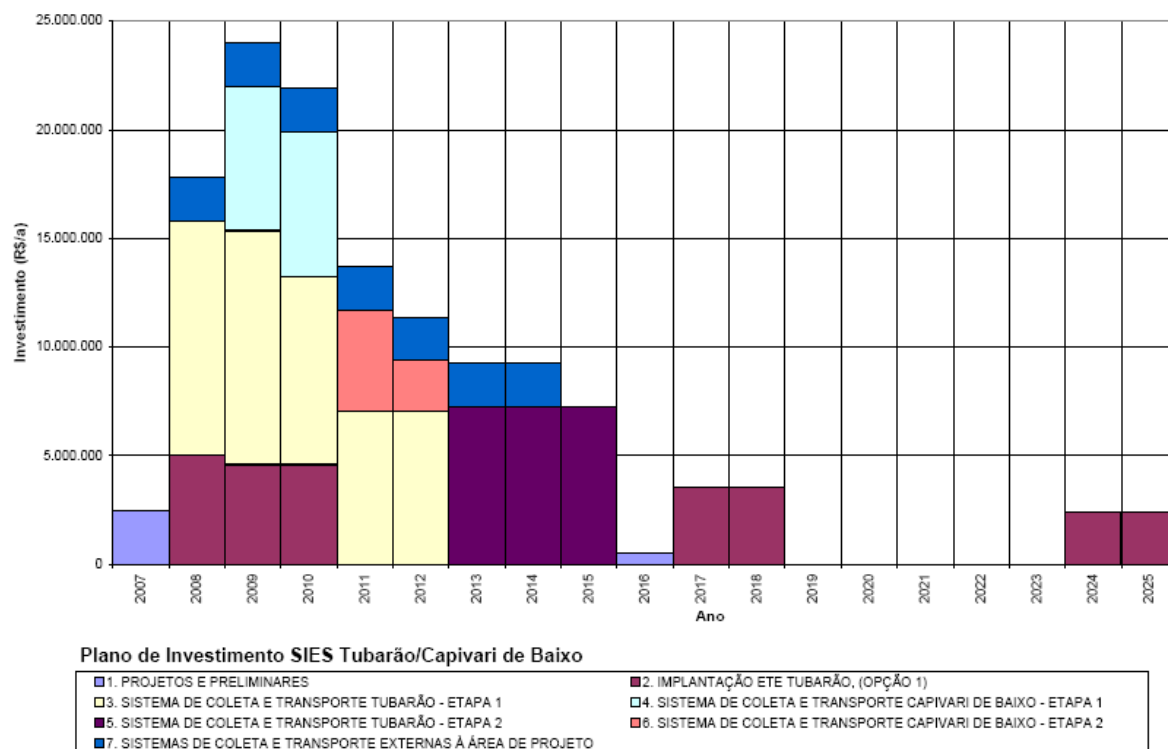
Item	Descrição	Custo Estimado (R\$)
1	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)	242.320,00
2	Parte civil do gradeamento	78.000,00
3	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)	135.000,00
4	Instalações e sopradores p/ desarenadores	85.000,00
5	Tanques de aeração (2 unid. (7,60 + 2 x 2,25)m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)	2.331.500,00
6	Equipamento tanques de aeração	5.040.000,00
7	Equipamento outras elevatórias	14.218,75
8	Edificação outras elevatórias	27.666,67
9	Espessador de lodo (2 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)	144.500,00
10	Equipamento espessadores de lodo	111.000,00
11	Digestor (2 unid, total 2800m3)	1.028.500,00
12	Equipamento digestores	811.000,00
13	Centro de Operação e Controle	150.000,00
14	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação	350.000,00
15	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)	125.000,00
	Sub-Total 1:	10.673.705,42
	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação (60 %)	772.931,14
	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.: 70%)	588.644,32
	Aquisição terreno (100%)	411.879,40
	Rebaixamento lençol freático durante as obras: (60%)	310.493,71
	Sub-Total 2:	12.757.653,98
	Eventuais e imprevistos (10% sobre o Total)	611.594,70
	Total:	13.369.248,69

Apresenta-se na Tabela 43 o resumo e respectivo diagrama dos investimentos (Gráfico 13), discriminados por Tubarão, Capivari de Baixo e Sistema Integrado de Esgotamento Sanitário.

Tabela 43
Custo total estimado – SIES Tubarão / Capivari de Baixo

	Tubarão	
1	Estação de Tratamento (Integral, Opção 1)	26.014.889,85
2	Stand Pipe e Linhas de Pressão, Etapa 1	8.660.818,97
3	Elevatórias, Etapa 1	473.000,00
4	Interceptores, Etapa 1	2.076.395,51
5	Rede Coletora, Etapa 1	26.545.789,45
6	Ligações Domiciliares, Etapa 1	6.541.324,13
		44.297.328,06
	Capivari	
7	Linhas de Pressão, Etapa 1	2.021.322,23
8	Elevatórias, Etapa 1	103.000,00
9	Interceptores, Etapa 1	764.864,23
10	Rede Coletora, Etapa 1	8.549.675,27
11	Ligações Domiciliares, Etapa 1	1.877.412,90
		13.316.274,63
	Tubarão	
12	Linhas de Pressão, Etapa 2	1.468.859,79
13	Elevatórias, Etapa 2	283.000,00
14	Rede Coletora, Etapa 2	16.989.172,56
15	Ligações Domiciliares, Etapa 2	2.942.900,30
		21.683.932,65
	Capivari	
16	Linhas de Pressão, Etapa 2	1.090.373,36
17	Elevatórias, Etapa 2	98.000,00
18	Rede Coletora, Etapa 2	4.934.599,83
19	Ligações Domiciliares, Etapa 2	889.438,00
		7.012.411,18
	Tubarão	
20	Redes Coletoras, Áreas fora da Área de Projeto	11.464.496,38
21	Ligações Domiciliares	2.219.360,37
22	Geração de Capacidades de Tratamento	359.675,76
		14.043.532,51
	SIES Tubarão - Capivari de Baixo, obras	126.368.368,87
	Trabalhos Preliminares	
	Projetos ETE (Básico, Executivo, Arquitetônico, Estrutural, Paisagismo,	
A	Elétrico, Automação)	1.320.000,00
B	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Tubarão	1.160.000,00
C	Projetos Sistema de Coleta e Transporte Capivari de Baixo	310.000,00
	Levantamento Topográfico Ruas novas (estimado: 10-15% da extensão da	
D	rede)	40.000,00
E	Aquisição / Desapropriação terrenos para elevatórias, Capivari	25.000,00
F	Aquisição / Desapropriação terrenos para elevatórias, Tubarão	128.698,00
		2.983.698,00
	Custo Total Estimado:	129.352.066,87

Gráfico 13
Plano de investimento SIES Tubarão/Capivari de Baixo



4.6 PLANO DE OBRAS

O Anexo 2 apresenta o Plano de Obras para a ampliação e melhoria do sistema de esgotamento sanitário de Tubarão ao longo do período de projeto.

5 OUTRAS AÇÕES

Além das ações detalhadas nos planos de obras, incluem-se as seguintes atividades e respectivos custos estimados:

Outros custos água	
Consultoria	180.000,00
Monitoramento da qualidade da água bruta	1.740.000,00
Limpeza da adutora existente	20.000,00
Cadastro técnico das redes de água.	174.000,00
Recadastramento comercial	130.499,80
Compatibilização dos setores comerciais/operacionais	100.000,00
TOTAL	2.164.499,80

Outros custos esgoto	
Aquisição de áreas	1.000.000,00
Projetos básicos e executivos das redes	1.160.000,00
Eventuais e imprevistos	1.300.744,49
Transporte e disposição de lodo	7.786.101,75
TOTAL	11.246.846,24

ANEXO 1

PLANO DE OBRAS DE ÁGUA

OBSERVAÇÕES:

- Não estão incluídos os gastos com projetos básicos e executivos;
- Não estão discriminadas as redes secundárias de 50, 75 e 100 mm e ligações de água, pois elas serão computadas no fluxo de caixa na proporção da evolução do atendimento estabelecido.

Tabela 1
Plano de obras de água

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
1.00.00	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA						
1.01.00	Captação e adução de água bruta						
1.01.01	> Barragem de Elevação de Nível	325	m³	5.000,00	1.625.000,00	2009	2010
1.01.02	Recuperação da mata ciliar ao longo do manancial dentro do Município	1	gb	150.000,00	150.000,00	2010	2013
1.01.03	Reforma e ampliação civil da casa de bombas	1	gb	525.000,00	525.000,00	2009	2010
1.01.04	Substituição dos conjuntos motor-bombas por outros de capacidade e rendimentos adequados e substituição dos painéis de comando	2	gb	700.000,00	1.400.000,00	2010	2011
1.01.05	Substituição do conjunto motor-bomba por outro de capacidade e rendimentos adequados e substituição do painel de comando	1	gb	700.000,00	700.000,00	2015	2016
1.01.06	Automação e telemetria	1	gb	150.000,00	150.000,00	2010	2011
1.01.07	Implantação de nova AAB – 400 mm	1500	m	721,48	1.082.218,50	2010	2011
1.01.08	Implantação de sistema de segurança contra transiente hidráulico	1	gb	120.000,00	120.000,00	2010	2011
1.01.09	Recuperação da mata ciliar do Rio Tubarão.	20.000	un	2,30	46.000,00	2012	2013
Subtotal					R\$ 5.798.218,50		

Tabela 2
Plano de obras de água

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
1.00.00	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA						
1.02.00	Estação de tratamento de água						
1.02.01	Adequação do canal de entrada de água bruta	1	gb	185.000,00	185.000,00	2009	2010
1.02.02	Recuperação estrutural dos decantadores e canal de floculação	4	gb	110.000,00	440.000,00	2009	2011
1.02.03	Substituição das placas dos decantadores	4	gb	10.000,00	40.000,00	2009	2011
1.02.04	Estudo e eventual readequação do sistema de coleta de água decantada com implantação de novas calhas	4	gb	20.000,00	80.000,00	2009	2011
1.02.05	Implantação de sistema de re-utilização de água de lavagem dos filtros	1	gb	180.000,00	180.000,00	2009	2010
1.02.06	Construção de reservatório de água de lavagem de 500 m³	1	un	185.000,00	185.000,00	2010	2011
1.02.07	Reforma dos filtros para implantação de sistema de reutilização	9	un	25.000,00	225.000,00	2010	2011
1.02.08	Substituição dos leitos filtrantes	9	un	10.000,00	90.000,00	2010	2011
1.02.09	Implantação de novo sistema de cloração.	2	gb	20.000,00	40.000,00	2008	2009
1.02.10	Implantação de corrimão ao longo dos decantadores e filtros	1	gb	18.000,00	18.000,00	2008	2009
1.02.11	Substituição dos conjuntos motor-bomba da EEAT de retrolavagem	2	un	45.000,00	90.000,00	2010	2011
1.02.12	Substituição dos painéis elétricos de comando da EEAT de retrolavagem	2	un	30.000,00	60.000,00	2010	2011
1.02.13	Ampliação da ETA para atender a vazão de fim de plano de 600 l/s.	1	gb	1.500.000,00	1.500.000,00	2009	2010
1.02.14	Ampliação da ETA para atender a vazão de fim de plano de 600 l/s.	1	gb	1.500.000,00	1.500.000,00	2017	2018
1.02.15	Automação e instrumentação	1	gb	300.000,00	300.000,00	2010	2011
Subtotal					R\$ 4.933.000,00		

Tabela 3
Plano de obras de água

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unit. (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
1.00.00	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA						
1.03.00	Reservação						
1.03.01	Novo centro de reservação a ser implantado na ETA com capacidade de 5.500 m³ para reforço da área central e atendimento à margem esquerda da BR-101	1	gb	2.500.000,00	2.500.000,00	2009	2011
1.03.02	Instrumentação e telemetria	1	gb	150.000,00	150.000,00	2009	2011
Subtotal					R\$ 2.650.000,00		
1.04.00	Adução de água tratada						
1.04.01	Implantação da nova adutora de adução de água tratada para a margem esquerda do Rio Tubarão e da BR-101 – 300 mm	3.180	m	510,14	1.622.232,48	2009	2011
1.04.02	Implantação da nova adutora de adução de água tratada para a margem esquerda do Rio Tubarão e da BR-101 – 400 mm	2.580	m	721,48	1.861.415,82	2009	2011
1.04.03	Implantação da nova adutora de adução de água tratada para a região da Madre e Congonhas - 300 mm	22.000	m	510,14	11.223.080,00	2011	2013
Subtotal					R\$ 14.706.728,30		

Tabela 4
Plano de obras de água

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unit. (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
1.00.00	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA						
1.05.00	Rede de distribuição						
1.05.01	Implantação das obras de reforço da rede do anel da zona central e Bairro Periféricos – 200 mm	1.500	m	318,78	478.170,00	2009	2011
1.05.02	Implantação das obras de reforço da rede do anel da zona central e Bairro Periféricos – 150 mm	2.000	m	262,05	524.106,00	2009	2011
1.05.03	Implantação das obras de reforço da rede do anel da zona central e Bairro Periféricos – 100 mm	1.500	m	89,78	134.673,00	2009	2011
1.05.04	Implantação das obras de reforço da rede dos bairros São Cristovão e Sertão dos Corrêas - 100 mm	1.500	m	89,78	134.673,00	2011	2013
1.05.05	Implantação das obras de reforço da rede Margem esquerda do Rio Tubarão e BR – 101 – 200 mm	4.200	m	318,78	1.338.876,00	2009	2011
1.05.06	Implantação das obras de reforço da rede Margem esquerda do Rio Tubarão e BR – 101 – 150 mm	600	m	262,05	157.231,80	2009	2011
1.05.07	Implantação das obras de reforço da rede Margem esquerda do Rio Tubarão e BR – 101 – 100 mm	10.000	m	89,78	897.820,00	2009	2011
1.05.08	Implantação de setorização	10	gb	50.000,00	500.000,00	2009	2014
1.05.09	Sistema de controle de pressão por VRP – 100 mm x 50 mmm	4	un	33.950,00	135.800,00	2009	2012
1.05.10	Sistema de controle de pressão por VRP – 150 mm x 100 mmm	2	un	45.340,00	90.680,00	2009	2010
1.05.11	Sistema de controle de pressão por VRP – 200 mm x1 50 mmm	1	un	59.760,00	59.760,00	2010	2011
Subtotal					R\$ 4.451.789,80		
1.06.00	Implantação de macromedidores eletromagnéticos						
1.06.01	DN 500 mm	1	un	80.000,00	80.000,00	2011	2012
1.06.02	DN 500 mm	3	un	80.000,00	240.000,00	2009	2011
1.06.03	DN 300 mm	2	un	60.000,00	120.000,00	2009	2010
1.06.04	Telemetria dos macromedidores	6	un	10.000,00	60.000,00	2009	2012
Subtotal					R\$ 500.000,00		
TOTAL GERAL DO PLANO DE OBRAS DE ÁGUA					R\$ 33.039.736,60		

ANEXO 2

PLANO DE OBRAS DE ESGOTO

OBSERVAÇÕES:

- Não estão incluídos os gastos com projetos básicos e executivos;
- Não estão discriminadas as redes de 150 e 200 mm e ligações de esgoto, pois elas serão computadas no fluxo de caixa na proporção da evolução do atendimento estabelecido;
- As áreas externas à Área de Projeto não constam do Plano de Obras. Elas serão consideradas no fluxo de caixa da seguinte forma:
 - As redes serão consideradas na proporção da evolução do atendimento estabelecido
 - Para os fins do planejamento econômico-financeiro o tratamento será admitido como sendo realizado na ETE central. Ainda que isso não venha a ocorrer no futuro, considera-se que os investimentos e custos operacionais serão proporcionais.

Tabela 5
Plano de obras de esgoto

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
2.00.00	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO						
2.01.00	Estação de tratamento de esgotos						
2.01.01	Gradeamento mecanizado (2 unid. de 0,80m de largura)	1	gb	242.320,00	242.320,00	2010	2013
2.01.02	Parte civil do gradeamento	1	gb	78.000,00	78.000,00	2010	2013
2.01.03	Desarenador aerado (2 unid., 2,4m largura 22m comprimento)	1	gb	135.000,00	135.000,00	2010	2013
2.01.04	Instalações e sopradores p/ desarenadores	1	gb	85.000,00	85.000,00	2010	2013
2.01.05	Tanques de aeração (4 unid. 7,60m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)	1	gb	1.588.500,00	1.588.500,00	2010	2013
2.01.06	Tanques de aeração (2 unid. 7,60m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)	1	gb	794.250,00	794.250,00	2016	2018
2.01.07	Tanques de aeração (2 unid. 7,60m larg. 4,90m prof útil, 58,40m compr.)	1	gb	794.250,00	794.250,00	2027	2029
2.01.08	Equipamento de 4 tanques de aeração	1	gb	5.040.000,00	5.040.000,00	2010	2013
2.01.09	Equipamento de 2 tanques de aeração	1	gb	2.520.000,00	2.520.000,00	2016	2018
2.01.10	Equipamento de 2 tanques de aeração	1	gb	2.520.000,00	2.520.000,00	2027	2029
2.01.11	Decantador Secundário (2 unid. 26m diâmetro., 4,2m prof. útil)	1	gb	749.499,00	749.499,00	2010	2013
2.01.12	Decantador Secundário (1 unid. 26m diâmetro., 4,2m prof. útil)	1	gb	374.750,00	374.750,00	2016	2018
2.01.13	Decantador Secundário (1 unid. 26m diâmetro., 4,2m prof. útil)	1	gb	374.750,00	374.750,00	2027	2029
2.01.14	Ponte raspadora p/ decantador secundário (2 unid.)	1	gb	465.000,00	465.000,00	2010	2013
2.01.15	Ponte raspadora p/ decantador secundário (1 unid.)	1	gb	232.500,00	232.500,00	2016	2018
2.01.16	Ponte raspadora p/ decantador secundário (1 unid.)	1	gb	232.500,00	232.500,00	2027	2029
2.01.17	Equipamento elevatória de recirculação de lodo	1	gb	85.314,00	85.314,00	2010	2013
2.01.18	Equipamento elevatória de recirculação de lodo	1	gb	42.476,00	42.476,00	2016	2018
2.01.19	Equipamento elevatória de recirculação de lodo	1	gb	42.476,00	42.476,00	2027	2029
2.01.20	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão	1	gb	83.001,00	83.001,00	2010	2013
2.01.21	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão	1	gb	41.500,00	41.500,00	2016	2018
2.01.22	Edificação elevatória de recirculação de lodo e linha de pressão	1	gb	41.500,00	41.500,00	2027	2029

Tabela 6
Plano de obras de esgoto (continuação)

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
2.00.00	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO						
2.01.00	Estação de tratamento de esgotos						
2.01.23	Equipamento outras elevatórias	1	gb	14.220,00	14.220,00	2010	2013
2.01.24	Equipamento outras elevatórias	1	gb	7.110,00	7.110,00	2016	2018
2.01.25	Equipamento outras elevatórias	1	gb	7.110,00	7.110,00	2027	2029
2.01.26	Edificação outras elevatórias	1	gb	27.666,00	27.666,00	2010	2013
2.01.27	Edificação outras elevatórias	1	gb	13.834,00	13.834,00	2016	2018
2.01.28	Edificação outras elevatórias	1	gb	13.834,00	13.834,00	2027	2029
2.01.29	Espessador de lodo (1 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)	1	gb	144.500,00	144.500,00	2010	2013
2.01.30	Espessador de lodo (1 unid, 12m diâmetro, 3,5m profundidade)	1	gb	144.500,00	144.500,00	2016	2018
2.01.31	Equipamento espessadores de lodo	1	gb	111.000,00	111.000,00	2010	2013
2.01.32	Equipamento espessadores de lodo	1	gb	111.000,00	111.000,00	2016	2018
2.01.33	Digestor (1 unid, total 1400 m3)	1	gb	1.028.500,00	1.028.500,00	2010	2013
2.01.34	Digestor (1 unid, total 1400 m3)	1	gb	1.028.500,00	1.028.500,00	2016	2018
2.01.35	Equipamento digestores	1	gb	811.000,00	811.000,00	2010	2013
2.01.36	Equipamento digestores	1	gb	811.000,00	811.000,00	2016	2018
2.01.37	Centro de Operação e Controle	1	gb	150.000,00	150.000,00	2010	2013
2.01.38	Equipamento COC, laboratório, oficinas, desidratação	1	gb	350.000,00	350.000,00	2010	2013
2.01.39	Edificações auxiliares (casa de máquinas, oficina, laboratório)	1	gb	125.000,00	125.000,00	2010	2013
2.01.40	Instalações elétricas, mecânicas, tubulações, PV's, automação	1	gb	1.369.896,76	1.369.896,76	2010	2013
2.01.41	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.	1	gb	625.968,00	625.968,00	2010	2013
2.01.42	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.	1	gb	134.136,00	134.136,00	2016	2018
2.01.43	Arruamento, conexão energia em AT, jardinagem, cerca, etc.	1	gb	134.136,00	134.136,00	2027	2029
2.01.44	Rebaixamento lençol freático durante as obras	1	gb	330.180,00	330.180,00	2010	2013
2.01.45	Rebaixamento lençol freático durante as obras	1	gb	137.576,00	137.576,00	2016	2018
2.01.46	Rebaixamento lençol freático durante as obras	1	gb	82.546,00	82.546,00	2027	2029
Sub-total					R\$ 24.275.798,76		

Tabela 7
Plano de obras de esgoto

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço un. (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
2.00.00	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO						
2.02.00	Coleta e transporte de esgoto – Etapa 1						
2.02.01	Stand-Pipe, 730mm	3.415	m	1.225,16	4.183.931,46	2012	2013
2.02.02	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 250	5.559	m	263,91	1.467.175,25	2010 a 2012	2013
2.02.03	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 300	4.559	m	308,84	1.407.980,49	2010 a 2012	2013
2.02.04	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 350	1.249	m	363,20	453.511,35	2010 a 2012	2013
2.02.05	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 400	406	m	403,90	163.985,19	2010 a 2012	2013
2.02.06	Interceptores: Tubos PVC rígido DN 350	886	m	363,20	321.944,24	2010 a 2012	2013
2.02.07	Interceptores: Tubos PVC rígido DN 400	91	m	403,90	36.803,77	2010 a 2012	2013
2.02.08	Interceptores: Tubos Concreto Armado DN 500	3.165	m	367,64	1.163.494,38	2010 a 2012	2013
2.02.09	Interceptores: Tubos Concreto Armado DN 600	124	m	430,72	53.451,79	2010 a 2012	2013
2.02.10	Interceptores: Tubos Concreto Armado DN 700	992	m	504,99	500.701,32	2010 a 2012	2013
2.02.11	Linha de Pressão, DN 75/80	651	m	166,41	108.331,52	2010 a 2012	2013
2.02.12	Linha de Pressão, DN 100	373	m	178,84	66.706,83	2010 a 2012	2013
2.02.13	Linha de Pressão, DN 200	1.692	m	298,38	504.857,09	2010 a 2012	2013
2.02.14	Linha de Pressão, DN 450	1.456	m	721,53	1.050.545,78	2010 a 2012	2013
2.02.15	Linha de Pressão, DN 600	2.760	m	995,09	2.746.446,30	2010 a 2012	2013
2.02.16	Escoramento de valas	27.378	m	86,00	2.354.508,00	2010 a 2012	-
2.02.17	Estações Elevatórias – 7 unidades de diferentes capacidades	1	gb	473.000,00	473.000,00	2010 a 2012	2013
Sub-total					R\$ 17.057.374,76		

Plano de obras de esgoto

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Início da obra	Início da operação
2.00.00	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO						
2.03.00	Coleta e transporte de esgoto – Etapa 2						
2.03.01	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 250	914	m	263,91	241.188,96	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.02	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 300	1.403	m	308,84	433.288,67	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.03	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 350	3.179	m	363,20	1.154.517,34	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.04	Rede Coletora: Tubos PVC rígido DN 400	75	m	403,90	30.292,83	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.05	Linha de Pressão, DN 75/80	1.007	m	166,41	167.572,72	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.06	Linha de Pressão, DN 100	2.858	m	178,84	511.120,94	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.07	Linha de Pressão, DN 150	1.967	m	247,95	487.724,23	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.08	Linha de Pressão, DN 300	690	m	438,32	302.441,90	2013 a 2015	2014 a 2016
2.03.09	Escoramento de valas	12.093	m	86,00	1.039.998,00	2013 a 2015	-
2.03.10	Estações Elevatórias – 11 unidades de diferentes capacidades	1	gb	283.000,00	283.000,00	2013 a 2015	2014 a 2016
Sub-total					R\$ 4.651.145,59		
TOTAL GERAL DO PLANO DE OBRAS DE ESGOTO					R\$ 45.984.141,11		