



Revista de Gestão Costeira Integrada -
Journal of Integrated Coastal Zone
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos
Hídricos

Wagner, Andresa G.; Bellotto, Valeria R.
Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: Análise Econômica de Alternativas para
Municípios Litorâneos - Estudo de Caso - Balneário Camboriú e Itajaí (SC), Brasil
Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,
vol. 8, núm. 1, 2008, pp. 93-108
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340123008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: Análise Econômica de Alternativas para Municípios Litorâneos_- Estudo de Caso_- Balneário Camboriú e Itajaí (SC), Brasil

Sewage Treatment Stations: Economic Analysis of Alternatives for Coastal Cities - Case Study Balneário Camboriú and Itajaí (SC), Brazil

Andresa G. Wagner¹, Valeria R. Bellotto²

RESUMO

Neste trabalho, considerado uma análise econômica, desenvolveram-se cenários com soluções alternativas para o tratamento de esgoto em municípios litorâneos, tomando como casos para estudo os municípios de Balneário Camboriú e Itajaí (SC, Brasil), que apresentam características distintas em termos de urbanização e fluxo turístico. A importância deste tema é evidenciada por um dos objetivos elencados nas Metas de Desenvolvimento do Milênio (MDGs) estabelecidas pela ONU que é de reduzir pela metade a população sem acesso sustentável à água potável e saneamento básico. No presente estudo, são analisados e discutidos três tipos de Estação de Tratamento de Esgoto – ETAR: individual (*wetland* construída), condominial e convencional, considerando que as três opções apresentam o mesmo nível de eficiência técnica e resultam em benefícios sócio-ambientais semelhantes. A análise econômica foi construída com valores de mercado, utilizando-se os critérios VPL – Valor Presente Líquido e TIR – Taxa Interna de Retorno. Independentemente da origem dos recursos – pública ou privada – entende-se este tipo de investimento como um projeto público. Além disso, aspectos não monetários também foram discutidos e os cenários selecionados foram analisados a partir dos critérios: econômico, sócio-ambiental e técnico. Aplicando os critérios econômicos VPL e TIR concluiu-se que é economicamente viável a combinação de unidades convencionais, condominiais e individuais de tratamento de esgoto para atender às demandas dos dois municípios, apesar de suas diferenças em relação ao tipo de urbanização e fluxo turístico.

Palavras-chaves: Sistemas de Tratamento de Esgoto, Análise de investimentos, Gestão ambiental

¹ Autora correspondente; agwagner@furb.br. Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Câmpus I, Rua Antônio da Veiga, 140 - Victor Konder, CEP 89012-900, Blumenau, SC-Brasil

² Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, CP 360, CEP 88320-220, Itajaí, SC-Brasil, bellotto@univali.br

ABSTRACT

In this work, considered as an economic analysis, it has been developed scenarios with alternative solutions for sewage treatment in coastal cities, using for case study the cities of Balneário Camboriú and Itajaí (SC, Brazil), which represent different models of urbanization and touristy fluxes. The main idea is to provide actual subsidiary information for the stakeholders involved in urban planning and management, mainly the decision-makers of the developing countries, where the basic sanitation is one of the most critical challenges. Accordingly to the World Health Organization (WHO) about 2.4 billion people globally live under highly unsanitary conditions, in such a manner that their exposure to risks of incidence and spread of infectious diseases, are enormous. Assessing the costs and impacts of different technical and policy actions provides a critical input to decision taking and policy making. The importance of this issue is highlighted by one target of the Millennium Development Goals (MDG) of the United Nations (UN) that is to "halve by 2015 the proportion of people without sustainable access to safe drinking water and basic sanitation". In the present study three types of sewage treatment stations were evaluated and discussed: individual (constructed wetland), "condominium system" and conventional, considering that these three technological options present the same level of technical efficiency and result in similar socio-environmental benefits. The economic analysis was built with market values, using the following criteria: NPV – Net Present Value and IRR – Internal Return Rate. Independent of the applied resources origin (public or private), this type of investment is understood as being a public project. Thus, non-monetary aspects were also discussed and selected scenarios were analyzed based on economic, socio-environmental and technical criteria. Applying the economic approaches NPV and IRR was ended that is economically viable the combination of conventional, "condominium system" and individual units of sewage treatment to assist the demands of the municipal districts of Balneário Camboriú and Itajaí, in despite of its differences in urbanization model and touristy fluxes.

Keywords: Environmental Sewage Systems, Investment Analysis, Environmental Management

1. INTRODUÇÃO

A descarga de esgoto doméstico não tratado tem sido identificada como uma das maiores fontes de poluição de ambientes marinhos (UNEP/GPA, 2006). Segundo relatório do Programa Global de Ação para Proteção do Ambiente Marinho de Atividades Baseadas em Terra (GPA) (UNEP/GPA, 2006) esse problema ocorre principalmente em países em desenvolvimento; nos quais, somente uma parcela do esgoto doméstico é coletada, e as estações de tratamento existentes, em sua maioria, não funcionam de forma eficiente.

Os efeitos da descarga de esgoto não tratado no mar, ou mesmo em ambientes estuarinos, incluem (Clark, 2001; UNEP/GPA, 2006):

- a destruição de habitats, danos à biodiversidade e possível eutrofização, que pode levar à florações de algas, incluindo as algas nocivas;
- risco para a saúde humana, incluindo infecção pelo banho de mar e pelo consumo de frutos do mar contaminados e
- impactos negativos em atividades econômicas, como pesca e turismo.

Inúmeras são as localidades brasileiras que apresentam deficiências em seu saneamento ambiental. Representando esta realidade, os municípios catarinenses de Balneário Camboriú e Itajaí também carecem de investimentos neste setor.

Diante desta situação, muitos estudos têm indicado que as soluções devem primar pela simplicidade operacional nos processos de tratamento de esgoto. Além disso, a centralização dos sistemas tem sido questionada.

A subutilização de grandes ETAR tem justificado a discussão de sistemas descentralizados. ETAR condominiais reduzem o custo de transporte do esgoto, permitem a construção gradativa do sistema e são mais flexíveis numa eventual ampliação ou redução da capacidade de tratamento do que a opção centralizada. Outra alternativa são as ETAR individuais do tipo *wetland* construída. Elas são eficientes, simples, de baixo custo, requerem pouca manutenção e adaptam-se esteticamente ao ambiente.

Tratar o esgoto, além de beneficiar diretamente o meio ambiente, gera emprego e pode desencadear um processo de desenvolvimento econômico, inclusive no contexto regional. A redução de gastos com a saúde, a ampliação da capacidade produtiva das pessoas e a inclusão social de moradores de áreas carentes que tem esgotamento implantado são alguns dos benefícios indiretos gerados por ações neste setor.

O objetivo geral deste trabalho é a análise econômica de três tipos distintos de estações de tratamento de esgoto: convencional, condominial e individual; considerando as características locais dos municípios de Balneário Camboriú e Itajaí (SC), para sugerir cenários com soluções alternativas adequadas

que contribuam com a tomada de decisão dos gestores municipais. Além de analisar os valores monetários inerentes a este tipo de investimento, também foram discutidos aspectos sócio-ambientais resultantes das ações de saneamento. Os cenários pretendem contribuir com o processo decisório dos gestores, porém convém destacar que este não é um estudo de eficiência técnica do tratamento de esgoto, sendo considerado aqui que as três opções apresentam o mesmo nível de eficiência na depuração dos efluentes e são adequadas tecnicamente ao local e clima da região. Cenários na realidade, não representam uma previsão a respeito daquilo que irá acontecer, mas constitui-se num exercício sobre hipóteses inerentes a tomada de decisão, visando conhecer as alternativas possíveis e facilitando o convívio com a imprevisibilidade do futuro (Bethlem, 2004).

1.1. Saneamento Ambiental no Brasil

A ampliação dos sistemas de distribuição de água potável desencadeou novas preocupações em relação ao esgoto doméstico (Carrera-Fernandez & Garrido, 2002). O lançamento descontrolado de esgotos domésticos em rios, lagos e outros corpos de água, representa uma das principais causas da poluição hídrica no Brasil e no mundo (UNEP/GPA, 2006; Gonçalves & Souza, 1997). A precária rede de saneamento existente na maioria das cidades brasileiras, incluindo Balneário Camboriú e Itajaí, constitui-se na principal origem da poluição das águas, representando a mais importante pressão ambiental sobre os mananciais hídricos.

Segundo Margulis *et al.* (2002), os dados do Censo 2000 indicam que mais de 92% da população urbana conta com alguma forma de esgotamento sanitário, isto é, suas residências estão conectadas a rede de esgoto e/ou possuem fossa séptica ou rudimentar. Neto (1997) afirma que para levar o tratamento a toda a população brasileira, independente da classe social, somente será viável sob o aspecto sócio-econômico e ambiental se as soluções técnicas primarem pela simplicidade. Esta condição não deve ser entendida como uma opção pela segunda qualidade, pelo descaso com a eficiência e descuido com a construção, operação e manutenção do sistema.

Margulis *et al.* (2002) apresentam um custo médio por domicílio de US\$ 616,00 a US\$ 685,00 para implantar um sistema de coleta e tratamento de esgoto adequado para a população atualmente sem acesso a este serviço. Em documento com as prioridades dos municípios brasileiros (Brasília, 2000), são

apresentados dados do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) que indicam um investimento médio de US\$ 420,00 a US\$ 840,00 por domicílio atendido com coleta e tratamento de esgoto. A mesma fonte aponta custos médios anuais de operação entre US\$ 6,00 e US\$ 13,00 por unidade domiciliar. Por outro lado, demonstra-se que para cada US\$ 1 milhão investidos em esgotamento sanitário são criados 55 empregos diretos e 37 indiretos.

Poderão ocorrer também, tanto nas localidades objeto desta pesquisa, como nos demais municípios brasileiros, outros impactos positivos como a geração de novos negócios, a valorização dos imóveis, o desenvolvimento do potencial turístico e a ampliação da arrecadação municipal. Margulis *et al.* (2002) também constataram uma grande subutilização da capacidade instalada nas empresas de saneamento no Brasil: somente 20% da capacidade de tratamento é utilizada. Esta situação tem origem, em parte, no planejamento deficiente e nos elevados custos de manutenção de grandes ETAR. Estas grandes unidades foram privilegiadas pelas empresas, embora estações menores e menos onerosas pudessem proporcionar um efeito muito maior na qualidade dos rios em áreas ecológica e ambientalmente sensíveis. Parte considerável dos problemas que comprometam a ampliação dos serviços de saneamento é de natureza operacional, ou seja, decorrem da ineficiência no uso dos recursos investidos e não estão relacionados à necessidade de investimentos.

A subutilização das grandes ETAR serve de subsídio para a discussão sobre sistemas menores e de complexidade reduzida, já que o ganho de escala que justificou decisões anteriores parece não estar sendo bem aproveitado. A relação custo-benefício da centralização precisa ser revista a fim de ampliar a eficiência dos recursos aplicados no saneamento ambiental. A centralização prevê economias de escala devido ao dimensionamento das ETAR, porém, na prática brasileira relatada na literatura, este benefício parece estar se perdendo. Explica-se: a economia de escala poderia ser obtida a partir de uma determinada quantidade tratada de esgoto, ou seja, os custos fixos são divididos pelo volume produzido. Quando a capacidade instalada é subutilizada, os custos fixos médios daí decorrentes ficam mais elevados do que o projetado, gerando perdas econômicas.

1.2. Descrição da área de estudo

Os cenários foram desenvolvidos e analisados considerando a realidade local dos municípios de

Balneário Camboriú e Itajaí situados no litoral Centro-Norte do Estado de Santa Catarina, Região Sul do Brasil. Algumas informações sócio-econômicas são apresentadas na tabela 1 e permitem identificar semelhanças e diferenças existentes entre estes municípios vizinhos que apresentam clima subtropical úmido e tem como limite leste o Oceano Atlântico.

Os referidos municípios pertencem a Associação dos Municípios da Região da Foz do Itajaí (AMFRI) e segundo o Zoneamento Ecológico-Econômico fazem parte da região hidrográfica do Vale do Itajaí. Demonstram taxa de urbanização e densidades demográficas maiores que a média estadual - 78,7% e 56,2 hab/km², respectivamente. Segundo a Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão (2003), os dois municípios apresentam índices menores de mortalidade infantil, que a média do Estado de Santa Catarina: 15,2 óbitos para cada 1000 nascidos vivos até 1 ano de idade. Além disso, o PIB (Produto Interno Bruto) per capita municipal supera a média do Estado, que é de U\$ 4.003,00. O IDH (Índice de desenvolvimento humano) apresentado na tabela 1 demonstra um bom nível de desenvolvimento sócio-econômico, apesar das deficiências existentes inclusive na infra-estrutura urbana das duas cidades. Balneário Camboriú obteve a 2ª posição entre os municípios catarinenses e a 9ª posição entre os

municípios brasileiros no ranking do IDH. Itajaí com este indicador alcançou a 117ª colocação em SC e 507º lugar entre os municípios do Brasil. Isto demonstra que, apesar de vizinhos e litorâneos, existe uma representativa diferença sócio-econômica entre as duas entidades municipais, segundo o documento “Caracterização regional - Itajaí” (Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2003)

Balneário Camboriú

Município litorâneo fundado em 1964, tem no turismo a base de sua economia. Segundo Polette (2001), a partir da década de 1980, o município consolidou-se como cidade-balneária, alcançando um número de turistas maior que a população permanente. O expressivo aumento da população acarreta, sobretudo nos meses de verão, problemas na infra-estrutura urbana. A demanda por tratamento de esgoto muitas vezes supera a capacidade do sistema implantado, atendendo apenas parcialmente as necessidades da cidade (Kuroshima *et al.*, 2007). O dimensionamento ótimo do sistema de tratamento de esgoto em operação atende 86.700 habitantes, revelando-se aquém da demanda entre os meses de dezembro e fevereiro.

O Rio Camboriú, que deságua na porção sul da Enseada de Camboriú, é o corpo receptor do efluente da ETAR de Balneário Camboriú e do esgoto

Tabela 1. Informações sócio-econômicas dos municípios de Balneário Camboriú e Itajaí. PIB-produto interno bruto; IDH- índice de desenvolvimento humano.

Table 1. Socio-economic data from Balneário Camboriú and Itajaí cities. PIB - Gross domestic product ; IDH - Human Development Index.

INFORMAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS MUNICIPAIS		
<i>Descrição</i>	<i>Balneário Camboriú</i>	<i>Itajaí</i>
População total - hab.	73.455	147.494
Domicílios	23.393	41.36
Superfície - Km ²	46,4	303,1
Densidade demográfica - hab/km ²	1.583,1	486,6
Taxa de urbanização - %	100	96,2
Domicílios ligados à rede geral de água - %	94,1	93,6
Domicílios ligados à rede geral de esgoto - %	82,5	35,2
Mortalidade Infantil - óbitos/1.000 nasc. Vivos até 1 ano	9,9	13,8
Renda per capita (2000) anual - U\$	366,23	211,45
PIB per capita (2000) anual - U\$	5.183,59	5.140,97
IDH (2000)	0,87	0,80

Fonte: Adaptado de: Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão (2003)

doméstico *in natura* de Camboriú, um município vizinho.

Um monitoramento da qualidade da água do Rio Camboriú e da Enseada de Camboriú, no período entre os anos de 1997 e 2001, evidenciou uma elevação da descarga de esgoto doméstico nestes ambientes e, conseqüente deterioração da qualidade de suas águas, com elevação das concentrações médias de amônia e fósforo, principalmente, acompanhados de um acréscimo da demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) (Kuroshima *et al.*, 2007). De outro lado, a aplicação de dióxido de cloro no tratamento do esgoto na ETAR de Balneário Camboriú, a partir de 1999, resultou em um decréscimo da contaminação bacteriana, avaliada pela contagem de coliformes fecais, principalmente nas águas da enseada, gerando uma melhora das condições de balneabilidade da praia central de Balneário Camboriú (Kuroshima *et al.*, 2007).

Itajaí

A economia do município está baseada, principalmente, na atividade portuária e na indústria pesqueira. A população, aproximadamente 150 mil pessoas, é quase totalmente atendida pela rede geral com água potável, entretanto, somente um terço está ligado à rede de coleta de esgoto. Vale ressaltar que esta rede de coleta não é exclusiva de esgoto doméstico, mas refere-se à rede de drenagem pluvial. Embora aproximadamente 52% das moradias possuam fossa séptica (IBGE, 2000), esta água residuária não recebe tratamento complementar, sendo destinada inadequadamente aos corpos receptores mais próximos, gerando poluição hídrica (Rörig, 2005). Não há sistema de tratamento de esgoto em operação, nem tampouco alguma ETAR em funcionamento.

Rörig (2005) destaca que, o principal indicador de contaminação por esgoto doméstico, os coliformes fecais, apresentam contagens excessivas no Rio Itajaí-Açu nas áreas com maior percentual de urbanização, incluindo os municípios de Blumenau, Gaspar e Itajaí.

1.3. Investimentos em sistemas de tratamento de esgoto sanitário

Os investimentos em sistemas de tratamento de esgoto sanitário, mesmo quando realizados por investidores privados, deverão ser encarados pela sociedade como projetos públicos geradores de benefícios diretos e indiretos. Os benefícios indiretos

poderão ser de difícil mensuração e monetização. A redução de doenças infecto-contagiosas e melhores condições de vida são exemplos de benefícios proporcionados por projetos de saneamento ambiental que indiretamente afetam de forma positiva a sociedade. Para Faminow & Clemente (2002), mesmo que a mensuração monetária dos custos e benefícios ambientais não esteja disponível, é de suma importância listá-los e descrevê-los para apontar os impactos decorrentes deste investimento.

O financiamento público é justificável pelo menos em parte, devido à poupança resultante dos gastos com a saúde pública e com outras externalidades, como a melhoria da produtividade das pessoas. As tarifas, inclusive, representam um mecanismo de recuperação de custos associados à apropriação dos recursos naturais, considerados bens públicos. O relatório Geo Brasil 2002 (Santos & Câmara, 2002), indica o esgoto doméstico como a origem dos três problemas mais graves de poluição da água brasileira: coliformes fecais, poluição orgânica e fósforo. O controle dos dois últimos demanda os maiores custos.

1.3.1 Análise de investimentos

A identificação e a quantificação monetária dos custos e benefícios do projeto permitem estruturar o fluxo de caixa (FC) esperado com o investimento. No fluxo de caixa apresentam-se todas as receitas e despesas relacionadas ao empreendimento ao longo de um determinado período (Carvalho, 2002). A partir do FC podem ser calculados o VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno), critérios econômicos largamente empregados na análise de projetos:

- VPL - Diferença entre o valor investido e o valor dos benefícios esperados no futuro, descontados para a data inicial, usando-se uma taxa de desconto (taxa de juros). Conhecer o valor presente dos recursos monetários que serão gerados no futuro é importante porque o valor da moeda modifica-se com o tempo. A taxa de desconto empregada contém expectativas positivas ou negativas em relação ao futuro da moeda e da economia. Considera-se que o projeto é economicamente viável diante de um VPL positivo.

- TIR - Representa a taxa de juros que um investimento proporciona ao investidor, isto ocorre porque são estimados custos menores que a soma das parcelas de benefícios esperados no futuro. Basicamente, espera-se que o fluxo

de caixa de projetos viáveis apresente uma TIR maior que a taxa mínima de atratividade (taxa de juros usada como referência, indicando o custo de oportunidade do investimento, sendo 12% a.a. neste trabalho).

Tanto o VPL como a TIR serviram como critérios econômicos nesta análise de investimento. São discutidas soluções para o tratamento de esgoto, coerentes com a realidade de Balneário Camboriú e Itajaí e, desta forma, torna-se importante conhecer alguns aspectos básicos inerentes às ETAR estudadas. A proposta deste estudo não é abordar concepções técnicas dos sistemas, mas discutir alternativas econômicas distintas do modelo convencional centralizado. Estas alternativas poderão ser avaliadas e adotadas tanto em Santa Catarina, como em demais municípios litorâneos situados entre outras regiões brasileiras ou mesmo em outros países com problemas semelhantes.

1.3.2 Sistemas de tratamento de esgoto sanitário **Sistema convencional**

O sistema convencional existente em Balneário Camboriú é centralizado, ou seja, trata numa única ETAR o esgoto gerado pela cidade. Este sistema conta com lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas, combinação comumente denominada de sistema australiano. Neste processo o esgoto é tratado em lagoas artificiais (taludes de terra), onde as algas promovem a aeração e as bactérias, a transformação da matéria orgânica. Juntas elas proporcionam o necessário equilíbrio ao sistema, ou seja, uma biodegradação compatível com o oxigênio produzido pelas algas (Neto, 1997; D'Avignon *et al.*, 2002).

Sistema condominial

Quanto ao sistema condominial aqui discutido, a descentralização do tratamento é a principal característica que o distingue do modelo convencional. Neste sistema também seriam empregadas lagoas de estabilização, entretanto seriam sistemas de menor dimensão, que tratariam o esgoto gerado por uma parcela da população. Assim, o tratamento não estaria concentrado em apenas uma estação e seria uma forma de solucionar o problema do volume variável de esgoto gerado, em função da flutuação da população. Para Neto e Campos (1999), em relação à descentralização, a tomada de decisão deve ser orientada pela disponibilidade de espaço e pela configuração do sistema de esgotamento já existente. Adotar mais de uma ETAR tende a resultar em

menores custos de transporte do esgoto. Dentro de certos limites, o tratamento concentrado tende a reduzir o custo por metro cúbico de esgoto tratado à medida que aumenta a capacidade produtiva de uma estação. Várias estações poderão necessitar de um número maior de funcionários e tendem a ampliar a complexidade dos serviços de controle.

Considerando a realidade brasileira, Moraes *et al.* (1999), afirma que a possibilidade de construção gradativa do sistema representa a principal vantagem da opção condominial. A flexibilidade quanto à ampliação ou redução do sistema é uma característica importante, sobretudo para o município de Balneário Camboriú que conta com representativa população flutuante.

Costa *et al.* (2003) explicam que o condomínio resulta de uma delimitação que pode ser um quarteirão, uma quadra ou algo equivalente conforme cada cidade. Neto (1999) enfatiza que a participação da comunidade pode limitar-se a compreensão do sistema e ao pagamento pelo serviço, mas poderá ampliar-se, orientando as ações a partir do ponto de vista da comunidade e, até mesmo, contribuindo com a execução física das obras de implantação do sistema. Em comunidades carentes, a companhia de saneamento pode aceitar o trabalho da população para reduzir os custos de investimento. As ações diretas da comunidade dependerão de suas próprias características, capacidades e do modelo tecnológico e de gestão escolhido. O sistema condominial começou a se difundir no Brasil a partir dos anos 1980. As experiências nesta época predominavam no Rio Grande do Norte e atualmente estão espalhadas por vários estados brasileiros (Oliveira & Moraes, 2003).

Sistema individual

O sistema individual aqui analisado está baseado no tratamento físico-biológico através de zonas de raízes. Nesta análise, este sistema costumeiramente chamado de *wetland* construída, compõe-se de fossa séptica, filtro anaeróbico e leito alagado. Nem todos os sistemas contam com filtro anaeróbico, mas o uso do tanque séptico é bastante frequente para a retenção de sólidos. Vicznevski e Silva (2003) explicam que o tratamento ocorre através de processos físicos, químicos e bioquímicos e que, à medida que o esgoto avança pelo leito filtrante, as plantas absorvem seus nutrientes químicos e orgânicos, oxigenando o meio onde se processa o tratamento. Criam-se, assim, condições ideais para o desenvolvimento de bactérias que realizam a digestão da matéria orgânica,

eliminando também bactérias e microorganismos patogênicos presentes na água residuária.

Vicznevski & Silva (2003) consideram este sistema uma opção simples, de baixo custo, pouca manutenção e elevada eficiência. Vários estudos têm sido desenvolvidos no Brasil com relação à eficiência e a aplicabilidade deste tipo de tratamento em sistemas individuais. Alguns destes trabalhos são descritos e discutidos a seguir.

O tratamento de esgoto através de zona de raízes está sendo testado em Joinville, município situado na região norte de Santa Catarina, desde junho de 1999, sendo que até setembro de 2003, 17 unidades estavam implantadas (14 residências, uma escola, um hotel e um aeroporto). A manutenção até agora tem se restringido a retirada do lodo do tanque séptico e a poda das plantas para que elas desenvolvam seu sistema radicular.

Os critérios de dimensionamento das instalações, mesmo precisando de aperfeiçoamentos e adaptações para a realidade brasileira, são determinados em função do volume de efluente em m³, da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) do efluente a ser tratado, da análise do solo, da legislação ambiental, da profundidade do lençol freático e do tipo de vegetação a ser empregado. Sezerino & Philippi (2003) consideram que estes critérios são muito variados, sendo que as faixas de aplicação no solo oscilam entre 1 a 5 m²/pessoa, quando as áreas plantadas com macrófitas são usadas como tratamento secundário; precedido geralmente de decanto-digestores como as fossas sépticas. Em Florianópolis, estado de Santa Catarina, os referidos pesquisadores monitoraram por 20 meses uma *wetland* construída e nenhum problema hidráulico foi constatado, não ocorreu a emissão de odor, a macrófita utilizada adaptou-se a realidade estética local e a qualidade do efluente final apresentou performances de remoção entre os níveis satisfatório e excelente.

Roston & Mansor (1999) explicam que nos leitos cultivados de vazão sub-superficial, cuja lâmina de água não fica exposta, o risco de proliferação de mosquitos e propagação de odores é reduzido, protegendo pessoas e animais da exposição a microorganismos patogênicos. Estes sistemas de tratamento têm demonstrado eficiência tanto no tratamento secundário como na remoção de nutrientes, principalmente o nitrogênio. Mesmo apresentando requisitos viáveis para a realidade brasileira, por depender basicamente da habilidade natural de certas plantas aquáticas e suas respectivas associações microbianas para despoluir a água, as

pesquisas sobre leitos cultivados ainda são bastante incipientes no Brasil. Feijó (2001) aponta a necessidade de ampliação dos estudos sobre este sistema, visando adaptá-lo às diversas regiões brasileiras e suas respectivas plantas nativas.

Van Kaick (2002) monitorou a implantação e operação de uma ETAR piloto com zona de raízes na Ilha Rasa no litoral do estado do Paraná e constatou que este tipo de tratamento de esgoto tem no Brasil e em outras regiões tropicais a vantagem de demandar áreas menores que em regiões de clima temperado, podendo alcançar uma longa vida útil. A água residuária, ao passar por uma fossa séptica e uma zona de raízes é submetida a duas etapas de tratamento: primário e secundário, respectivamente. As raízes funcionam como um filtro, evitando a liberação de odores. A ETAR monitorada por Van Kaick (2002) foi considerada viável para tratar o esgoto das residências situadas na linha de maré.

Sousa *et al.* (2000) avaliaram o desempenho de sistemas *wetlands* construídos no pós-tratamento do efluente de um reator anaeróbico de manta de lodo (UASB), empregado no tratamento de esgoto sanitário proveniente da cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, na região nordeste do Brasil. Os resultados mostraram uma grande eficiência do sistema, havendo uma remoção de matéria orgânica de 76 a 84%; enquanto a remoção de nitrogênio total foi de 87% e de fósforo total foi de 100%.

2. MÉTODO

2.1 Análise de investimentos

A análise de investimentos foi desenvolvida através dos critérios econômicos VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno). Os valores monetários, obtidos em projetos da companhia de saneamento (Engevix, 1998), permitiram a construção do fluxo de caixa (FC). Este foi projetado para um período de 20 anos e, seguindo a indicação do Banco Mundial para o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) do Governo Federal do Brasil, aplicou-se uma taxa de desconto de 12% ao ano. A tarifa considerada no fluxo de caixa foi baseada nos valores cobrados pela Companhia de Saneamento (CASAN) em 2003 e o volume per capita de esgoto a ser tratado anualmente (72 m³) derivou dos valores históricos médios de consumo, obtido da referida empresa de saneamento; correspondendo, também, aos números indicados na literatura. A receita per capita demonstrada nos

cenários resulta do valor monetário da tarifa por m³ de esgoto multiplicado pelo volume gerado de esgoto anualmente por pessoa. As estações de tratamento de esgoto foram analisadas a partir de valores de mercado neste estudo, mesmo considerando este um projeto público.

Para se identificar o investimento per capita necessário, desenvolveu-se uma equação conforme o dimensionamento da ETAR convencional e condominial. Neste caso foram utilizados os dados: população atendida e investimento per capita, encontrados no projeto da CASAN para o município de Itajaí. Documento este cedido pela companhia de saneamento do município que desenvolveu o projeto do sistema de tratamento centralizado e convencional, mas não realizou o investimento devido ao montante de recursos necessários para sua plena implantação. Descentralizar o sistema passou a ser uma das opções em questão, demandando estudos como este que ora se apresenta. A mesma equação foi adotada para os dois tipos de estação, por se considerar aqui que a ETAR condominial representa uma ETAR convencional de menor tamanho. A partir de uma análise de regressão, a equação logarítmica neperiana demonstrou o melhor ajuste diante dos dados disponíveis e foi aplicada na construção dos cenários.

$$y = -94,607 \ln(x) + 1227 \quad (1)$$

x: População atendida por ETAR

y: Valor do investimento per capita

O investimento per capita para a implantação da ETAR individual foi de U\$ 151,60. O custo operacional per capita, baseado no custo de limpeza das fossas sépticas, foi estimado em U\$ 3,25 por ano - valores monetários levantados no mercado local e apurados em setembro de 2003.

Os dados primários foram obtidos por meio de pesquisa de campo exploratória a partir da aplicação de questionários em Balneário Camboriú e Itajaí. A consulta não teve cunho comprobatório e buscou levantar alguns aspectos relacionados à percepção ambiental dos consultados, cuja abordagem ocorreu, aleatoriamente, nos principais bairros dos municípios supracitados.

2.1 Desenvolvimento e Seleção dos Cenários

Considerando a população a ser atendida, foram desenvolvidos vários cenários, combinando até três

tipos de ETAR. Para cada município em questão foram selecionados três cenários a partir de aspectos técnicos, econômicos e sociais. Esta seleção foi baseada nos seguintes pontos:

- Aspecto técnico: população a ser atendida, disponibilidade de área, configuração do sistema de esgotamento existente no município e flexibilidade quanto à ampliação ou redução do sistema.

- Aspecto econômico: investimento per capita, custo operacional per capita e resultados obtidos com o cálculo do VPL e da TIR.

- Aspecto social: uma pesquisa de campo foi realizada e permitiu identificar, sob o ponto de vista da comunidade, a importância dos critérios econômico, técnico e sócio-ambiental, relacionados ao tratamento do esgoto. Este resultado contribuiu com a escolha dos cenários.

Teixeira & Heller (2003) desenvolveram um modelo de priorização de investimento neste setor considerando indicadores epidemiológicos e financeiros. Os autores adotaram o VPL como indicador econômico, a taxa de mortalidade infantil serviu como indicador de saúde. Concluíram que tanto critérios epidemiológicos, como outros socialmente relevantes, não têm sido observados durante a definição dos investimentos que, muitas vezes, são orientados por demandas políticas nem sempre legítimas.

2.2 Análise dos Cenários Selecionados

A análise econômica dos três cenários, aqui denominados de A, B e C, foi confrontada com os resultados obtidos nos questionários de opinião pública e com o levantamento de áreas disponíveis. O levantamento dessas áreas foi efetuado junto às imobiliárias de Balneário Camboriú e Itajaí. A classificação dos cenários em "A", "B" ou "C", não exprime ordem de prioridade ou importância, estas letras servem somente de identificação, sendo que os três cenários são considerados coerentes com a realidade local, cabendo ao gestor municipal avaliar e escolher a proposta adequada ao seu plano de governo e às diretrizes definidas para o desenvolvimento regional. O processo de escolha também deverá ser auxiliado por estudos de engenharia, visando determinar as especificidades das alternativas tecnológicas discutidas aqui.

A idéia de que algum tratamento é melhor que nenhum norteou o desenvolvimento deste estudo. Margulis *et al.* (2002) sugerem que para ampliar a cobertura das redes públicas de esgoto pode ser mais

coerente abrir mão de um efluente de excelente qualidade, em prol de uma coleta e tratamento condizentes com a realidade brasileira, que buscar um tratamento do mais elevado nível de eficiência, que esteja disponível somente a uma parcela muito pequena da população.

3. RESULTADOS

3.1 Cenários selecionados para Balneário Camboriú

A tabela 2 apresenta de forma consolidada e resumida os três cenários selecionados para o município de Balneário Camboriú. Vale lembrar que cada cenário representa uma proposta de solução na qual foram combinadas ETAR convencionais, condominiais e individuais.

Cenário A – Foram combinados os três tipos de ETAR propostos neste estudo. Levando em conta a

existência de uma ETAR convencional com capacidade instalada para atender 87 mil pessoas, sugeriu-se a complementação do atendimento com quatro ETAR condominiais e 9750 *wetland* construídas.

A partir da equação logarítmica, obteve-se o valor do investimento per capita necessário (US\$ 80,76) para a implantação de ETAR condominiais, dimensionadas aqui para atender 31 mil pessoas. Este valor é substancialmente maior que o investimento per capita na ETAR convencional, mas ainda é inferior aos US\$ 151,60 necessários por pessoa para a implantação de uma *wetland* construída. Conseqüentemente, os valores do VPL e da TIR também indicam vantagem econômica para a ETAR convencional e condominial em relação à opção individual. Mesmo assim, todos os sistemas são viáveis economicamente, considerando os critérios econômicos empregados, VPL positiva e TIR superior a 12% ao ano.

Tabela 2. Cenários selecionados para o município de Balneário Camboriú. VPL – Valor Presente Líquido e TIR – Taxa Interna de Retorno

Table 2. Select scenarios for Balneário Camboriú city. VPL – Net Present Value and TIR – Internal Return Rate.

Balneário Camboriú															
População atendida com sistema actual - pessoas 87000				População aproximada durante o verão (dez-fev) - pessoas 25000		Ampliação necessária		Volume per capita de esgoto - m3 anual 72		Tarifa m3 esgoto tratado - U\$ 0,5847		Períodos de projecto - anos 20		Taxa desconto anual % 12	
Solução combinada						Valores per capita U\$									
Cenário	Quantidade ETAR	Tipo de ETAR	População atendida por ETAR	Custo		Receita		Saldo	VPL	TIR					
				Investimento	operac. anual	opeac. anual	operac.	operac.	%	%					
A	1,00	convencional	87.000,00	49,04	2,21	42,10	39,89	248,93	81,3						
	4,00	condominial	31.000,00	80,76	2,21	42,10	39,89	217,21	49,4						
	9.750,00	individual	4,00	151,60	3,25	42,10	38,85	138,59	25,3						
B	1,00	convencional	87.000,00	49,04	2,21	42,10	39,89	248,93	81,3						
	3,00	condominial	40.000,00	72,92	2,21	42,10	39,89	225,04	54,7						
	10.750,00	individual	4,00	151,60	3,25	42,10	38,85	138,59	25,3						
C	1,00	convencional	87.000,00	49,04	2,21	42,10	39,89	248,93	81,3						
	4,00	condominial	40.750,00	72,35	2,21	42,10	39,89	225,61	55,1						

ETAR – Estação de Tratamento de Esgoto

Cenário B – Esta proposta de solução conjuga uma ETAR convencional para atender 87 mil pessoas, 3 ETAR condominiais com capacidade para tratar o esgoto de 40 mil usuários cada e 10.750 *wetland* construídas, no qual cada unidade atende a 4 pessoas. Neste cenário, o investimento per capita na ETAR condominial foi estimado em U\$ 72,92 e um VPL de U\$ 225,04 para um período de 20 anos e uma TIR de 54,7%. Nesta proposta previu-se uma ETAR condominial a menos que no Cenário A, mas de maior dimensionamento, reduzindo o valor do investimento per capita e aumentando o VPL e a TIR. A sugestão de três ETAR condominiais ao invés de quatro é válida diante de uma eventual indisponibilidade de grandes áreas. No caso da *wetland* construída, os valores per capita de investimento (U\$ 151,60), do VPL (U\$ 138,60) e da TIR (25,3%) são iguais aos do Cenário A e para os demais cenários apresentados.

Cenário C - Aqui se combina a ETAR convencional existente, que atende 87 mil pessoas, com quatro ETAR condominiais, sendo cada uma com capacidade para atender 40.750 usuários. Nesta proposta não se previu a *wetland* construída, supondo que avaliações posteriores poderiam demonstrar impedimentos técnicos para o emprego deste tipo de estação de tratamento. O investimento per capita necessário para a implantação da ETAR condominial é de U\$ 72,35. Este valor é justificado pelo dimensionamento adotado para esta ETAR: 40.750 pessoas.

3.2 Cenários selecionados para Itajaí

Do mesmo modo que Balneário Camboriú, os três cenários selecionados para o município de Itajaí também foram consolidados e os resultados resumidos são apresentados na tabela 3.

Cenário A – Nesta proposta foram combinados os três tipos de ETAR. Sugeriu-se uma ETAR convencional para atender 75 mil usuários, duas ETAR condominiais que atenda 30 mil pessoas cada e 3.750 *wetland* construídas, sendo tratado o esgoto de 4 pessoas por unidade. O investimento per capita na ETAR convencional foi estimado em U\$ 53,60, com VPL de U\$ 244,37 e TIR de R\$ 74,4%. Estes valores, quando comparados com os resultados obtidos para a ETAR condominial e individual, apresentaram uma vantagem bastante positiva em termos monetários, entretanto, outros aspectos serão posteriormente discutidos.

Cenário B – Esta proposta conta com uma ETAR convencional (80 mil usuários) e duas ETAR

condominiais (35 mil usuários por ETAR). Seguindo o mesmo raciocínio do Cenário C de Balneário Camboriú, simulou-se um cenário sem *wetland* construída por se considerar possível a existência de algum impedimento técnico para o uso deste sistema ou, simplesmente, para fornecer mais uma possibilidade de solução para que o gestor possa escolher entre as três alternativas apresentadas.

Cenário C – Este cenário foi baseado na idéia de descentralização do tratamento do esgoto. Ao invés de contar com uma grande ETAR, procurou-se dividir a produção de esgoto tratado em quatro unidades condominiais e 2.500 unidades individuais de tratamento. A ETAR condominial, dimensionada para atender 35 mil pessoas cada, gerou uma estimativa de investimento per capita de U\$ 77,03, um VPL de U\$ 220,94 e uma TIR de 51,8%.

4. DISCUSSÃO

4.1 Cenários selecionados para Balneário Camboriú

Cenário A – Nesta proposta de solução (1 ETAR convencional, 4 ETAR condominiais e 9.750 *wetland* construídas) considerou-se a disponibilidade de área para a implantação da ETAR condominial e da *wetland* construída. No levantamento realizado nas imobiliárias, quatro áreas foram identificadas como possíveis para a localização das estações de tratamento de esgoto condominiais. Além disso, a existência de ETAR condominiais e individuais representa uma grande flexibilidade quanto à ampliação ou redução do sistema de tratamento. Para um município como Balneário Camboriú que conta com uma representativa população flutuante, esta característica de flexibilidade revela-se muito importante. A implantação gradativa das ETAR também pode ser considerada uma vantagem, dada a restrição de recursos presente na companhia de saneamento e no setor público.

Neto & Campos (1999) afirmam que identificar a disponibilidade de espaço e a configuração do sistema de esgotamento já existente são requisitos fundamentais para a escolha das soluções em saneamento. Estes e outros autores explicam que, contar com ETAR descentralizadas, pode reduzir os custos de transporte do esgoto. Moraes et al. (1999), expõe a possibilidade de construção gradativa do sistema como a principal vantagem da opção condominial. Por este e outros motivos, Sobrinho & Tsutiya (1999), apontam que o modelo de

Tabela 3. Cenários selecionados para o município de Itajaí. VPL – Valor Presente Líquido e TIR – Taxa Interna de Retorno

Table 3. Select scenarios for Itajaí citie. VPL – Net Present Value and TIR – Internal Return Rate.

Itajaí									
População a ser atendida - pessoas 150000				Volume per capita de esgoto - m3 anual 72	Tarifa m3 esgoto tratado - U\$ 0,5847	Períodos do projeto - anos 20	Taxa desconto anual % 12		
Solução combinada				Valores per capita U\$					
Cenário	Quantidade ETAR	Tipo de ETAR	População atendida por ETAR	Investimento	Custo operac. anual	Receita operac. anual	Saldo operac.	VPL	TIR %
A	1,00	convencional	75.000,00	53,60	2,21	42,10	39,89	244,37	74,4
	2,00	condominial	30.000,00	81,76	2,21	42,10	39,89	216,21	48,7
	3.750,00	individual	4,00	151,6	3,25	42,10	38,85	138,59	25,3
B	1,00	convencional	80.000,00	51,62	2,21	42,10	39,89	246,35	77,3
	2,00	condominial	35.000,00	77,03	2,21	42,10	39,89	220,94	51,8
C	4,00	condominial	35.000,00	77,03	2,21	42,10	39,89	220,94	51,8
	2.5000,00	individual	4,00	151,60	3,25	42,10	38,85	138,59	25,3

ETAR Estação de Tratamento de Esgoto

condomínios vem sendo percebido como uma das alternativas para o elevado custo de implantação do sistema convencional. A flexibilidade quanto à ampliação ou redução do sistema é uma característica relevante, sobretudo, em municípios litorâneos com população flutuante.

A aplicação dos critérios econômicos VPL e TIR demonstrou que todos os sistemas são viáveis economicamente. Embora os valores monetários apresentados neste cenário sugiram vantagem econômica para a ETAR convencional, retoma-se aqui a discussão sobre a subutilização de grandes ETAR e os aspectos da descentralização discutidos nos parágrafos anteriores. No caso de Balneário Camboriú, a dependência de um sistema de tratamento de esgotos baseado em uma única ETAR é um fator crítico e questionável. A ETAR em funcionamento, com capacidade para atender 87 mil pessoas, supre a demanda da população residente, porém há insuficiência na prestação do serviço nos

meses de alta temporada – entre dezembro e fevereiro, tornando-se necessário decidir como alocar os recursos para sanar esta deficiência.

Este problema sazonal de infra-estrutura, comum em outros municípios litorâneos brasileiros, pode comprometer o meio ambiente e a saúde pública não apenas no verão, mas desencadear danos ambientais no longo prazo, colocando em risco inclusive a atividade turística da região. A ampliação do sistema de tratamento de esgoto de Balneário Camboriú representa uma condição fundamental para atenuar ou resolver as deficiências do saneamento local. (Kuroshima *et al.*, 2007)

Entretanto, investir numa ETAR grande e centralizada para atender a demanda média de 250 mil pessoas no verão tornará o sistema ocioso por aproximadamente nove meses por ano. Além do custo econômico desta ociosidade, existem implicações técnicas quanto ao funcionamento das lagoas de estabilização. A utilização parcial do sistema de

tratamento por períodos longos poderá comprometer o nível de eficiência do processo (Von Sperling, 1996). Esta discussão revela-se pertinente diante da contradição brasileira de ser carente em tratamento de esgoto e apresentar subutilização nos sistemas existentes.

Conjugar ETAR convencionais com condominiais poderá evitar o desperdício gerado pela ociosidade, apesar de inicialmente os valores monetários, do sistema centralizado, apresentarem vantagem em relação às outras alternativas de tratamento. No entanto, estes benefícios monetários poderão ser compensados por vantagens difíceis de serem mensuradas.

Embora o perfil urbano de Balneário Camboriú seja bastante verticalizado, em vários bairros existem muitas residências com jardim que poderiam suportar uma wetland construída. Um estudo visando um levantamento específico sobre esta disponibilidade de espaço teria de ser realizado, entretanto, a existência de fossas sépticas, algumas vezes acompanhadas de filtro anaeróbio, indica uma possibilidade de implantação de unidades complementares individuais de tratamento de esgoto. Os resultados da consulta à população indicaram que 27% dos entrevistados tinham pelos menos 10 m² de área livre de construção no terreno de sua casa. Além disso, 20,3% dos consultados apontaram o tratamento individualizado como a melhor opção de configuração do sistema de esgotamento sanitário.

Quanto às ETAR condominiais, elas poderiam ser gradativamente implantadas e, por serem menores, alcançariam em menos tempo a estabilidade do sistema físico-biológico se comparadas com uma ETAR convencional. A descentralização do sistema de tratamento tende a gerar menores custos de transporte do esgoto, apesar da necessidade de mais pessoas para realizar as atividades de controle, operação e manutenção dos processos. Esta relação custo-benefício pode ser positiva. A redução das despesas com transporte pode compensar positivamente a demanda por mão-de-obra. Além disso, 35,4% das respostas obtidas com a consulta a população, indicaram a preferência pelo modelo condominial.

Enfim, os aspectos apontados sugerem que o Cenário A, que combina uma ETAR convencional, quatro ETAR condominiais e 9.750 *wetland* construídas, representa uma proposta coerente com a realidade do município e pode ser uma solução viável para Balneário Camboriú que, assim como outras regiões litorâneas, carece de medidas urgentes para

atenuar as deficiências existentes em seu saneamento ambiental. Ações neste setor convergem para o desenvolvimento sustentável e contribuem com a continuidade das atividades turísticas na região.

Cenário B – Neste cenário (1 ETAR convencional, 3 ETAR condominiais e 10.750 *wetland* construída), a discussão apresentada no cenário anterior para justificar a importância do modelo condominial também é válida. Nesta proposta previu-se uma ETAR condominial a menos que no Cenário A, considerando uma eventual indisponibilidade de grandes áreas.

No caso da wetland construída, os valores per capita de investimento (US\$ 151,60), do VPL (US\$ 138,59) e da TIR (25,3%) são iguais aos do Cenário A e para os outros cenários a serem apresentados. Apesar dos valores monetários do tratamento individual indicarem uma aparente desvantagem em relação aos resultados encontrados para a ETAR convencional e condominial, é importante observar que a TIR de 25,3% supera a taxa de desconto, também considerada taxa mínima de atratividade (12% ao ano, taxa adotada no Programa de Modernização do Setor de Saneamento do Governo Federal do Brasil), demonstrando ser economicamente viável esta alternativa. A simplicidade operacional desta ETAR, a existência de residências com área livre no terreno, a percepção dos entrevistados quanto à poluição gerada pelo esgoto, aliada à indicação de responsabilidade pessoal com o tema, sugerem a possibilidade de implantação deste tipo de tratamento. Uma eventual indisponibilidade de área para a construção de quatro ETAR condominiais torna o Cenário B uma proposta alternativa para a complementação do sistema de tratamento de esgoto de Balneário Camboriú.

Cenário C – Nesta proposta (1 ETAR convencional e 4 ETAR condominiais) não se previu a wetland construída, supondo impedimentos técnicos para a utilização deste tipo de estação de tratamento.

Neste cenário, devido ao dimensionamento adotado para a ETAR condominial (40.750 pessoas), o investimento per capita necessário para a implantação desta ETAR foi calculado em US\$ 72,35. Reforçando as considerações apontadas anteriormente sobre o modelo condominial, esta solução pode ser adequada, sobretudo, quando o montante de recursos necessários para a implantação total do sistema não estiver disponível. O formato condominial permite a construção gradativa do sistema, isto é, à medida que o atendimento vai sendo ampliado, incrementando as receitas geradas com a

prestação do serviço, outras ações podem ser desenvolvidas até que se atenda a toda a demanda. Atenuam-se, desta forma, as deficiências no saneamento ambiental deste município litorâneo, cuja economia está fortemente baseada no setor turístico, no qual a praia representa um dos principais atrativos da região.

4.2 Cenários selecionados para Itajaí

Cenário A – Neste cenário (1 ETAR convencional, 2 ETAR condominiais e 3.750 *wetland* construídas), o investimento per capita na ETAR convencional foi estimado em U\$ 53,60, com VPL de U\$ 244,37 e TIR de 74,4%. Estes valores, em relação aos resultados obtidos para a ETAR condominial e individual, apresentam uma vantagem bastante positiva, entretanto, conforme a discussão apresentada no Cenário A de Balneário Camboriú, o modelo descentralizado apresenta aspectos que não podem ser ignorados. A flexibilidade, a possibilidade de implantação gradativa do esgotamento sanitário e a redução nos custos de transporte do esgoto representam pontos positivos deste modelo que poderia ser implantado em Itajaí (Morais *et al.*, 1999; Sobrinho & Tsutiya, 1999; Neto & Campos, 1999). Além disso, 39,1% da população consultada apontou o sistema condominial como mais indicado para o tratamento de esgoto.

Quanto a ETAR individual, estimou-se um investimento per capita de U\$ 151,60, para um VPL de U\$ 138,59 e TIR de 25,3%. Este modelo foi apontado por 21,7% dos entrevistados. Os resultados do questionário indicam que 54 % das pessoas consultadas contam com mais de 10m² de área livre no terreno, sugerindo uma possibilidade de implantação da *wetland* construída em muitas residências de Itajaí. Além disso, outros aspectos como simplicidade, baixo custo, pouca manutenção, elevada eficiência, adaptabilidade estética ao ambiente e a não produção de odores torna a *wetland* construída uma opção viável para tratar o esgoto das residências (Viczevski & Silva, 2003).

Descentralizar o tratamento, empregando unidades condominiais e individuais, pode contribuir com o saneamento ambiental do município, sobretudo diante da indisponibilidade do montante total de recursos financeiros necessários para a implantação de grandes ETAR. Entende-se ser preferível o atendimento parcial da população à ausência da prestação do serviço.

Cenário B – Nesta proposta (1 ETAR

convencional e 2 ETAR condominiais) seguiu-se o mesmo raciocínio do Cenário C de Balneário Camboriú, sendo simulado um cenário sem *wetland* construídas. Considerou-se que motivos técnicos poderiam impedir o uso deste sistema, além de simplesmente, representar mais uma sugestão de solução para que o gestor possa decidir entre as três alternativas aqui discutidas.

A proposta de duas unidades condominiais é, inicialmente, coerente com a disponibilidade de área verificada com algumas imobiliárias de Itajaí e com as respostas obtidas na consulta popular. Mesmo contando com uma pequena população flutuante, duas ETAR condominiais descentralizam o tratamento, reduzindo custos de transporte do esgoto, além dos outros benefícios já discutidos ao longo deste trabalho. Neste caso, a vantagem da flexibilidade do tratamento descentralizado não tem tanto peso quanto a possibilidade de implantação gradativa do sistema e a redução nos custos de transporte.

Cenário C – Neste cenário (4 ETAR condominiais e 2.500 *wetland* construídas), sugeriu-se não implantar a ETAR convencional, descentralizando o sistema através da adoção de um maior número de unidades de tratamento.

Nesta proposta, cada ETAR condominial foi dimensionada para atender 35 mil pessoas cada, resultando numa estimativa de investimento per capita de U\$ 77,03, um VPL de U\$ 220,94 e uma TIR de 51,8%. Conforme os critérios econômicos aqui discutidos, estes valores demonstram vantagem em relação à ETAR individual. Porém, combinar as duas alternativas de tratamento poderá reduzir custos de transporte, mitigar a dependência de uma única ETAR, assim como permitir a implantação gradual do sistema.

Observando as respostas dos entrevistados, sugerir 2.500 *wetland* construídas pode ser bastante coerente, quando 54% dos entrevistados têm mais de 10m² de área disponível no terreno de sua residência, além de 64,3% classificarem-se como responsáveis pela poluição da água. Estas informações fornecem indicativos para a adoção desta ETAR, visando atender uma parte da população da cidade.

Abdicar da ETAR convencional neste cenário não significa que este modelo não seja eficiente, tanto técnica quanto economicamente. Optou-se por excluir o tratamento centralizado por se considerar que uma grande ETAR pressupõe um elevado investimento, cujo financiamento nem sempre está disponível para o gestor público e/ou para a empresa de saneamento. A construção gradativa do sistema permite o

atendimento parcial da população. À medida que os recursos são obtidos, novas ETAR podem ser incrementadas até que a maioria das pessoas possa contar com este serviço de saneamento.

Este cenário resulta de uma análise que considera os benefícios não monetários, das *wetland* construídas e das estações condominiais, tão importantes quanto os valores apurados pelos critérios econômicos VPL e TIR do modelo convencional. Neste caso, entende-se que a vantagem monetária do sistema convencional pode ser compensada pelos aspectos positivos inerentes às opções descentralizadas. Também vale lembrar que a população consultada apontou que os benefícios do tratamento do esgoto são mais importantes, que os custos monetários inerentes ao sistema. Deste modo, os entrevistados consideraram o critério econômico menos importante que o critério sócio-ambiental, avalizando pelo menos em parte, uma possível adoção de soluções descentralizadas.

5. CONCLUSÕES

O saneamento ambiental representa um fator determinante tanto da sustentabilidade econômica, quanto sócio-ambiental das regiões litorâneas. Admite-se que as deficiências no tratamento de esgoto comprometam tanto o meio ambiente, quanto a saúde pública, desencadeando danos ambientais, que podem gerar efeitos de curto e longo prazo, colocando em risco setores produtivos, como a pesca, a maricultura e o turismo. Investimentos em saneamento, além de proporcionar os benefícios relacionados à salubridade, tendem a instigar o desenvolvimento sócio-econômico da região, acarretando novos investimentos em outros setores da economia.

Os três cenários propostos para os dois municípios constituem-se soluções alternativas diferentes, porém equivalentes. Cada proposta tem suas vantagens e desvantagens, por isso, a apresentação de três sugestões para cada município. Estas sugestões representam alternativas ao modelo centralizado de tratamento de esgoto. Esta análise, desde que considerados os aspectos locais, poderia ser estendida a outras regiões brasileiras. Neste estudo de caso, Balneário Camboriú e Itajaí foram analisados por apresentarem características distintas e representarem os principais tipos de urbanização dos municípios litorâneos no Brasil.

Aplicando os critérios econômicos VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno), amplamente empregados em análises de investimento, concluiu-se que é economicamente viável a

combinação de unidades convencionais, condominiais e individuais de tratamento de esgoto para atender às demandas dos municípios de Balneário Camboriú e Itajaí. Outros municípios brasileiros poderão se valer deste estudo para desenvolver as necessárias estratégias relacionadas à problemática do saneamento. As soluções descentralizadas têm significativa importância diante da indisponibilidade de recursos financeiros para as obras de uma grande ETAR convencional.

A intenção aqui não foi reduzir a importância da economia de escala prevista na implantação e operação de grandes ETAR. Buscou-se neste trabalho questionar o quanto este benefício pode ser decisivo em municípios com considerável população flutuante e/ou com limitações de recursos financeiros. Esta vantagem prevista com o dimensionamento das unidades não tem se generalizado na prática. A ociosidade encontrada em grandes ETAR tende a anular este benefício econômico que, muitas vezes, determina a escolha do sistema. Ao longo deste trabalho foram caracterizados sistemas menores que poderiam, quando bem administrados e operacionalizados, gerar outras vantagens, compensando a economia de escala. É necessário rever esta relação custo-benefício, sobretudo diante dos vultosos recursos exigidos para se implantar uma ETAR centralizada convencional.

Não se quis aqui sugerir um abandono do modelo dominante, principalmente, porque a capacidade potencial instalada e o know how desenvolvido devem ser aproveitados em benefício da sociedade brasileira. Ampliar a eficiência do sistema convencional é fundamental diante da limitação de recursos, mas sistemas descentralizados também poderiam ser implantados e aperfeiçoados. Enfim, este trabalho procurou demonstrar que ETAR convencionais, condominiais e individuais podem coexistir numa mesma cidade ou região, desde que sejam analisados critérios múltiplos e necessidades locais. Além disso, a comunidade deve ser envolvida no processo para reconhecer seu papel nos resultados do empreendimento.

BIBLIOGRAFIA

- Bethlem, A. S. (2004) - *Estratégia empresarial: conceitos, processo e administração estratégica*. 5 ed. São Paulo, Atlas.
- Brasília (2000) - *Incorporação da coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário na agenda de prioridades dos municípios brasileiros*. <http://>

- www.cehcom.univali.br/educado/
dossie_agua_esgoto.doc. Brasília, Brasil.
Acedido Ago2003.
- Carrera-Fernandez, J. & Garrido, R.J. (2002) - *Economia dos recursos hídricos*. Salvador, Edufba.
- Carvalho, J. V. (2002) - *Análise econômica de investimentos: eva: valor econômico agregado*. Rio de Janeiro, Qualitymark.
- Clark, R.B. (2001) - *Marine Pollution*. New York, Oxford University Press.
- Costa, F. J. L. (2003)- *Estratégias de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial*. http://www.bancomundial.org.br/index.php?action=/content/view_folder&cod_object=89>. Brasília, Banco Mundial. Acedido em Ago03.
- D'Avignon, A. (ed) (2002) - *Manual de auditoria ambiental para estações de tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro, Qualitymark.
- Engevix Engenharia S/C Ltda (1998) - *Projeto final de engenharia do sistema de esgotos sanitários de Itajaí: descrição detalhada da solução proposta*. Florianópolis, Brasil. (não publicado).
- Faminow, M. D.& Clemente, A. (2002) - *Projetos ecológicos*. In: Clemente, A. (ed.) "*Projetos Empresariais e Públicos*. São Paulo, Atlas.
- Feijó, J. (2001) - *Tratamento de esgotos sanitários através de escoamento sub-superficial em módulos com vegetais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional de Blumenau.
- Gonçalves, F. B. e Souza, A.P. (1997) - *Disposição oceânica de esgotos sanitários: história, teoria e prática*. Rio de Janeiro, ABES.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) - *Fossa séptica Itajaí*. In: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso Fev2007.
- Kuroshima, K.N., Barreiros, M.A.B., Laçava, L.A. & Costódio, P.F.S. (2007) – The influence of dioxide chloride on water quality of Balneário Camboriú beach, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 129, 179-187.
- Margulis, S; Hughes, G.; Gambrell, M. & Azevedo, L.G.T. (2002) - *Brasil: a gestão da qualidade da água: inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico*. http://www.bancomundial.org.br/index.php?action=/content/view_folder&cod_object=89 Brasil. Acedido em Jul03.
- Morais, J. C.; Florêncio, L. & Kato, M.T. (1999) - Avaliação de um sistema de esgotamento e tratamento descentralizado. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20, 1999, ABES, Rio de Janeiro - Brasil. http://www.saneamentobasico.com.br/Acervo/defaultresumo.asp?Id_Acervo=179 \Acedido Fev2003.
- Neto, C. O. Andrade (1997) - *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira*. Rio de Janeiro, ABES.
- Neto, C. O. Andrade (1999) - Participação da comunidade na implantação e na operação de sistemas de esgoto. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20, 1999, ABES, Rio de Janeiro - Brasil. http://www.saneamentobasico.com.br/Acervo/defaultresumo.asp?Id_Acervo=179 \Acedido Fev2003.
- Neto, C. O. Andrade & Campos, J. R. (1999) - Introdução. In: Campos, J. R. (ed.), "*Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo*". Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB.
- Oliveira, M.T.C.S. & Moraes, L.R.S. (2003) - Participação popular na implantação de redes de esgotamento sanitário do tipo condominial: um olhar da comunidade. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 2003, Joinville - Brasil. ABES - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1 CD-ROM.
- Polette, M.(2001) - *Análise sócio-econômica para o desenvolvimento dos campos de Coral e Estrela do mar: estudo de impacto ambiental*, Univali/CTTMar, Itajaí, Brasil.(não publicado).
- Rörig, L.R. (2005) – *Usos múltiplos e qualidade das águas da bacia do baixo Itajaí-açu –SC: elementos para um gerenciamento integrado*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, 295 p.
- Roston, D.M. & Mansor, M.T.C. (1999) - Tratamento de esgoto por sistema de leitos cultivados de vazão sub-superficial: avaliação de remoção de nitrogênio. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20, 1999, ABES ,Rio de Janeiro - Brasil. http://www.saneamentobasico.com.br/acervo/defaultresumo.asp?Id_Acervo=181. Acedido Fev2003.
- Santos, T.C.C. & Câmara, J.B.D. (eds.) (2002) - *Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil*. IBAMA <http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo2002.htm>. Brasília, Brasil. Acedido em Ago03.
- Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. SDR - Secretaria de Desenvolvimento Regional: Itajaí. Governo do Estado de Santa Catarina (2003). - *Caracterização regional*. In: http://www.saneamentobasico.com.br/Acervo/defaultresumo.asp?Id_Acervo=181. Acedido Fev2003.

- /www.icepa.com.br/Publicacoes/diagnostico/ITAJAI.pdf Acedido Jul2003.
- Sezerino, P.H. & Philippi, L.S. (2003) - Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais: critérios para dimensionamento. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 2003, Joinville - Brasil. ABES - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1 CD-ROM.
- Sobrinho, P. Alem & Tsutiya, M. T. (1999) - *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. São Paulo, Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Sousa, J.T., Van Haandel, A.C., Consentino, P.R. da S. & Guimarães, A.V.A. (2000) - Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas "wetlands" construídos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, 87-91.
- Teixeira, J.C. & Heller, L. (2003) - Priorização de investimentos em saneamento baseada em indicadores epidemiológico e financeiro. *Engenharia sanitária e ambiental*, v. 8, n.3, p.187-195.
- UNEP/GPA. (2006) - *The state of Marine Environment: Trends and processes*. UNEP/GPA, The Hague.
- Van Kaick, T.S. (2002) - *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná*. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.
- Vicznevski, Í.S. & Silva, C.G. (2003) - Tratamento biológico de esgoto com zona de raízes: experiência da Prefeitura Municipal de Joinville. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 2003, Joinville - Brasil. ABES - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 1 CD-ROM.
- Von Sperling, M. (1996) - *Princípios básicos do tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. V.2. Belo Horizonte, Brasil, Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

