

# PROPOSTA DE ARRANJO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

**Potira Soares de Abreu; Marcio Barreto Rodrigues**

Bióloga, Especialista em Gestão Sócio-Ambiental Portuária e Mestranda em Desenvolvimento Regional pela UTFPR; Químico, Doutor em Biotecnologia Industrial e Pesquisador do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da UTFPR.

**Resumo** - Durante a escolha e concepção de projetos de estações de tratamento de esgotos, geralmente priorizam-se aspectos econômicos e legais. Porém, atualmente tem-se solidificado a preocupação de se incorporarem conjuntamente, critérios de sustentabilidade. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é a proposição de um arranjo referenciado de indicadores para avaliação da sustentabilidade de uma Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETE'Z). Neste contexto foram selecionados sete indicadores relacionados às dimensões clássicas de sustentabilidade, que quando avaliados conjuntamente evidenciaram algumas vantagens das ETE'Z em relação aos sistemas convencionais de tratamento no tocante as relações de sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

**Palavras-Chave:** Sustentabilidade ambiental, Indicadores, Tratamento de esgoto por zona de raízes.

**Abstract**- During choosing and conception projects of sewage treatment stations, generally give priority to economic and legal aspects. Currently, however, has solidified a concern to incorporate jointly sustainability criterion. In such case, our objective is to propose an arrangement referenced indicators for assessing the sustainability of a wastewater treatment station by the root zone (ETE'Z). In this context we selected seven indicators related to the classic dimensions of sustainability, which when considered together showed some advantages of ETE'Z compared to conventional treatment in respect of the relations of socioeconomic and environmental sustainability.

**KeyWord:** Sustainability environmental. Indicators, Sewage treatment for the root zone.

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável difundido pelo Relatório de Brundtland em 1987 tornou-se a definição mais utilizada para explicar o termo, podendo ser entendido de maneira geral, como o desenvolvimento que não esgota os recursos para as futuras gerações.

Atualmente o termo sustentabilidade vem sendo aplicado de diversas maneiras, pois devido à crescente demanda por informações que retratem os problemas ambientais ocasionados pelo desenvolvimento desenfreado, tem-se buscado

identificá-lo em diferentes setores, para elaboração de novas informações que de maneira explícita demonstrem o estado das relações de equilíbrio sócio-econômico e ambiental.

Na busca de um melhor caminho para atingir a sustentabilidade, essas informações são utilizadas por governos, instituições e organizações de nível local e regional, para medir e avaliar o seu progresso rumo ao desenvolvimento sustentável.

Um dos desafios da construção do desenvolvimento sustentável é criar instrumentos de mensuração capazes de prover informações que facilitem a

avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorem as tendências de seu desenvolvimento e auxiliem na definição de metas de melhoria (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

Por isso, nas últimas décadas uma série de ferramentas e sistemas está sendo utilizada como indicadores de sustentabilidade ambiental para avaliar o progresso dos países em direção ao desenvolvimento sustentável. As mais usadas e reconhecidas neste âmbito são: a Pegada Ecológica, o Barômetro da Sustentabilidade e o Painel da Sustentabilidade, ambas auxiliam na construção de informações relevantes para os tomadores de decisão e o público.

Lançado em 1992, pelo professor inglês William Rees a expressão "Pegada ecológica", tradução de "Ecological footprint", segundo Van Bellen (2004), é descrito pelas pessoas que o desenvolveram como uma ferramenta que transforma o consumo de matéria-prima e a assimilação de dejetos, de um sistema econômico ou população humana, em área correspondente de terra ou água produtiva, ou seja, os cálculos desse modelo incorporam as receitas mais relevantes determinadas por valores socioculturais, tecnologia e elementos econômicos para a área estudada.

O indicador representa muito bem a relação entre o homem e a natureza, demonstrando o "rastros" que deixamos no planeta pelo nosso modo de vida, e também pelo elo existente na capacidade de carga que a população humana deposita sobre o sistema ecológico. Apresentando, uma grande vantagem perante as outras, esta ferramenta, além de conseguir abranger uma grande quantidade de informações e várias possibilidades de aplicação, é considerado o indicador de sustentabilidade mais pedagógico pelo seu apelo educativo, colaborando com a conscientização da sociedade sobre os problemas ambientais.

Em relação à ferramenta conhecida como Barometer of Sustainability ou Barômetro da Sustentabilidade, a sua metodologia para construção é flexível, porque não existe um número fixo de indicadores na sua composição, e a escolha dos que serão utilizados é feita pelos analistas, de acordo com a possibilidade de construção de Escalas de Desempenho, da área de estudo e da disponibilidade de informações (COLLARES, J.E.R, et al, 2008).

Visando sempre a sustentabilidade de sistemas econômicos, esta ferramenta chega aos resultados esperados por meio de índices, representados graficamente a fim de facilitar a interpretação e onde os indicadores escolhidos respeitam uma hierarquia, que começa com a definição de objetivos e metas, critérios de performance e mensuração.

O Barômetro da Sustentabilidade permite comparar as condições socioeconômicas e do ambiente físico-biótico, podendo ser aplicado desde escala local até

a global, possibilitando comparações entre diferentes locais e ao longo de um horizonte temporal. A principal vantagem deste indicador é sua abordagem holística, que integra o bem estar humano com o meio ambiente. É um meio excelente de apresentação gráfica do desenvolvimento sustentável, além de permitir uma abordagem comparativa (LOURENÇO, 2006).

Com foco nos desafios teóricos de criar um sistema simples, mas que ao mesmo tempo representasse a complexidade da realidade surgiu na década de 90 o Painel de Sustentabilidade.

Com o intuito de ser atrativo e prender a atenção do público-alvo, este indicador é constituído de medidas unidas em três dimensões da sustentabilidade: a econômica, a social e a ambiental e a representação gráfica deste modelo, é semelhante ao painel de um carro, com três mostradores, sendo uma para cada dimensão.

Estas interações entre as dimensões econômica, social e ambiental, facilitam o processo de comunicação sobre o desenvolvimento sustentável, transformando dados numéricos e informações que até então somente poderiam ser compreendidas por especialistas, numa linguagem de sinais orientativos e facilitando a todos aqueles que pretendem mensurar a sustentabilidade do desenvolvimento.

Apesar de semelhanças, cada indicador apresenta particularidades que as diferenciam uma da outra, ambas auxiliam na tomada de decisões em todos os níveis e alimentam muitos esforços na criação e aprimoramento de novas ferramentas que mostrem a evolução do desenvolvimento econômico em direção a sustentabilidade.

Tendo um conjunto de indicadores como ferramentas para o planejamento, existirão parâmetros para melhor aproveitamento dos recursos naturais e também para a indicação de medidas preventivas de degradação ambiental e conseqüentes prejuízos econômicos (MATTAR NETO; KRÜGER; DZIEDZIC, 2009).

No caso de Estações de Tratamento de esgotos, na maioria das vezes o estabelecimento de indicadores para avaliação de sua sustentabilidade se faz necessário, porque geralmente durante a escolha e concepção de projetos levam-se em conta apenas aspectos econômicos. Além deste aspecto, é fundamental que se pondere as dimensões sociais e ambientais, pois os mesmos envolvem problemas de degradação ambiental, saúde e qualidade de vida. Com isso, solidifica-se a preocupação de se incorporarem critérios de sustentabilidade ambiental ao projeto de estações de tratamento de efluentes.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é propor um arranjo de indicadores para avaliação da sustentabilidade de uma Estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETE'Z), baseado nas características ambientais, sociais e econômicas desses sistemas.

Visando preservar a qualidade da água, tendo como princípio o baixo custo de energia e a utilização de tecnologias alternativas, este sistema trata o esgoto sanitário de suas instalações a partir de tanques de raízes. Nestes tanques, o esgoto entra em contato com as raízes de plantas que promovem a liberação de oxigênio e favorecem o desenvolvimento de bactérias que fixam nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) para a síntese vegetal, proporcionando redução da carga orgânica dos efluentes.

Trata-se de uma proposta que utiliza um método simples e que pode ser empregado tanto em áreas urbanas quanto rurais, funcionando como tratamento eficiente de esgoto sanitário, sendo uma tecnologia alternativa com alto índice de replicabilidade sócio ambiental.

## 2 DESENVOLVIMENTO

No conceito de desenvolvimento sustentável, empregado para a construção do indicador de sustentabilidade, foram consideradas as três dimensões clássicas: ambiental, social e econômica. Dessa maneira, para qualificar e quantificar a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental deste sistema fez-se necessário determinar indicadores que pudessem ser facilmente mensuráveis, aplicáveis em outros sistemas semelhantes e que apresentassem praticidade e facilidade de entendimento.

Os critérios que nos levaram a escolhas destes indicadores são baseados nas características específicas da ETE'Z, considerando o seu funcionamento, operação, eficiência no tratamento do efluente, custo operacional e o seu papel social na sociedade.

Com relação aos indicadores que exprimem o desenvolvimento ambiental, comparam-se os valores de suas variáveis a partir de resultados obtidos em outras ETE tanto por zona de raízes com as que utilizam os métodos convencionais de tratamento coletivo. Um dos métodos convencionais utilizados como comparação no uso de energia foi o de tratamento em lagoas de tratamento com aeração seguida de lagoas de sedimentação, utilizado pelo município de Araraquara. No indicador de capital de investimento, a comparação foi feita com o método denominado RALF (Reator anaeróbio de lodo fluidizado), e no indicador de custos operacionais com uma Estação de tratamento de esgoto por lodos ativados na ETE de Barueri, São Paulo.

Portanto, nessa dimensão ambiental, avaliaremos o atendimento legal aos parâmetros de qualidade do efluente tratado definidos em legislações ambientais específicas, a eficiência do sistema na remoção da matéria orgânica e o uso de energia. O indicador econômico deve refletir a capacidade financeira do sistema, ou seja, os custos de operação e

manutenção. O indicador social exprime o aspecto visual e olfativo, e seu potencial educativo. Adicionalmente, foram propostos três indicadores para a dimensão ambiental e dois para cada uma das dimensões econômicas e sociais que serão apresentadas na seção de resultados e discussões.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de indicadores como forma de avaliação da sustentabilidade de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes, resultou num conjunto de indicadores descritos na Tabela 01. Embora sua avaliação ou interpretação tenha sido referenciada ao sistema convencional de tratamento pode-se considerá-los relativamente adequados na medida em que abrangem as dimensões clássicas do desenvolvimento sustentável.

TABELA 01: CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTOS

DIMENSÃO	ASPECTOS POTENCIAIS	INDICADORES PROPOSTOS	ETE ZONA DE RAÍZES	ETE CONVENCIONAL
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poluição das águas;</li> <li>- Legislação ambiental;</li> <li>- Resíduos sólidos;</li> <li>- Recursos Naturais;</li> <li>- Qualidade das águas.</li> </ul>	Atendimento a legislação ambiental	100% de atendimento conforme legislação específica	**
		% Eficiência na remoção de matéria orgânica	97,88% para DBO e 98,01 para DQO	**
		Uso de energia	Sem uso de Energia	Alto consumo de energia
SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participação da comunidade nas decisões de desenvolvimento;</li> <li>- Conhecimento sobre problemas ambientais;</li> <li>- Educação ambiental;</li> <li>- Saneamento básico;</li> <li>- Transferência de tecnologia;</li> <li>- Aceleração da população.</li> </ul>	Potencial educativo	Alto	Baixo
		Estética do sistema (visual e olfativo)	Inserção na paisagem sem liberação de odores	Grande infraestrutura e liberação de odores desagradáveis
ECONÔMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investimentos no setor;</li> <li>- Custos operacionais;</li> <li>- Viabilidade econômica;</li> </ul>	Capital de investimento	Baixo	Alto
		Custo operacional	Baixo	Alto

Fonte: Os autores

\*\* : Não houve comparação com sistema convencional nesse caso.

A seguir, são discutidas algumas características dos principais indicadores selecionados para cada uma das dimensões consideradas.

### 3.1 Dimensão ambiental

Como mencionado anteriormente os três indicadores determinados para a dimensão ambiental foram baseados em características específicas da ETE'z, levando em consideração a degradação ambiental provocada pela contaminação das águas e sua potencialidade no ambiente.

#### 3.1.1 Atendimento à legislação ambiental

Este indicador pretende comparar dados obtidos a partir de uma ETE'z implantado no litoral do Paraná por KAICK et al (2008) (vale ressaltar que das oito ETE estudadas, optamos pela ETE 06), com os parâmetros legais sugeridos pelo IAP –

Instituto Ambiental do Paraná, para lançamento de efluentes. Importante salientar que esta legislação que tomamos como parâmetro deixa claro que as atividades ou empreendimentos com vazão do efluente final inferior à 5 m³/dia ou Carga Poluidora inferior à 0,75 KgDBO/dia, ficam dispensadas da realização do monitoramento de efluentes. No caso da ETE'z a vazão do efluente gerado por uma família de 4 a 5 pessoas, evidentemente não chegaria próximo ao valor mínimo determinado. Mas da mesma maneira, a fim de atender o objetivo deste indicador foram selecionados dois parâmetros (DBO e DQO). A Portaria do IAP determina que devam seguir as diretrizes determinadas na Resolução CONAMA nº357/2005, portanto os limites máximos de emissão de efluentes para os parâmetros são de 60mgO2/L para DBO e de 120mgO2/L para DQO. Conforme a Tabela 02, podemos verificar que os níveis de DBO e DQO são atendidos conforme a legislação vigente.

TABELA 02: Resultado das análises físico-químicas realizada na ETE 06.

PARÂMETRO	ETE 06	
	BRUTO	TRATADO
DBO (mg/L)	1657	35
DQO (mg/L)	6234	118

Fonte: adaptado de KAICK et al (2008)

### 3.1.2 Eficiência na remoção de matéria orgânica

Com a intenção de avaliar o potencial poluidor do efluente sanitário, selecionamos para este indicador, dados do DBO (Demanda Bioquímica de oxigênio) e DQO (Demanda Química de oxigênio), pois são parâmetros mais adequados para definir o potencial poluidor do esgoto sanitário. Podemos dizer que quanto maior a quantidade de matéria orgânica presente na água, maior será a quantidade de oxigênio que dela é consumida, ou seja, a matéria orgânica é responsável por um demanda de oxigênio muito alta. Isto significa que cada litro de esgoto despejado nos recursos hídricos é responsável por "roubar" o oxigênio da água, fundamental para manutenção da vida. Utilizando as mesmas informações apresentadas na Tabela 01, podemos criar um indicador que mostre a eficiência na quantidade matéria orgânica removida após o tratamento feito pelas raízes. Tal informação será representada em valores percentuais obtidas pelo seguinte cálculo:

Equação 01:  $EB - ET / EB \times 100 = \% \text{ da Eficiência de remoção da matéria orgânica}$

Onde:

EB: Efluente bruto,  
ET: Efluente tratado

Aplicando os valores apresentados no indicador de atendimento a legislação ambiental na Equação 01, percebe-se que a DBO do efluente tratado,

apresentou uma média de 35 mg/L, e a DQO, uma média de 118 mg/L. Aplicando a fórmula de cálculo aos valores, obtemos uma eficiência na remoção de matéria orgânica de 97,88% para DBO e 98,01 para DQO.

### 3.1.3 Uso de energia

A utilização de energia é um importante fator a ser levado em consideração quando se avalia a sustentabilidade de Estações de Tratamento de esgoto. No caso da ETE'z, se for necessário utiliza-se uma bomba para elevar ou conduzir o efluente da fossa séptica para o sistema. O uso de bombas elétricas para conduzir o efluente, só se faz necessário quando as alternativas de condução não oferecerem um caimento mínimo, ou quando a fossa séptica não estiver abaixo do nível da ETE'z. Se não houver a necessidade desse tipo de bomba, o sistema todo funciona sem o gasto de energia utilizando-se da força da gravidade para conduzir o efluente, tornando-se um sistema de baixo custo e manutenção mínima. (KAICK, T.S.V, 2002).

Nesse caso, fica difícil fazer a comparação com os sistemas de tratamento de efluentes convencionais que desde o momento de sua construção, operação e manutenção, dispensam de uma grande quantidade de energia. Como exemplo da quantidade de energia utilizada no sistema convencional, com lagoas de tratamento com aeração seguida de lagoas de sedimentação no Município de Araraquara que trata 100% do efluente, segundo Leite, et al. o volume médio de esgoto tratado pela ETE-Araraquara no ano de 2002 foi de 1.158.023,64 m³/mês, caracterizando um consumo médio de energia elétrica de 529720,92 kwh/mês, gerando um gasto de R\$67.054,55/mês, representando um custo de R\$0,057 o m³ de esgoto tratado.

### 3.2 Dimensão econômica

Dentro da dimensão econômica do desenvolvimento sustentável, assim com os indicadores da dimensão ambiental, foram construídos dois indicadores para o aspecto econômico.

Foram levados em consideração na escolha e construção destes indicadores, os principais aspectos relacionados aos custos tanto de uso quanto de operação e os investimentos de uma ETE'Z, a partir de um estudo de caso no litoral do Paraná. Os dados obtidos são comparados com os custos de investimentos, operação e uso de uma ETE convencional.

#### 3.2.1 Capital de investimento

Conforme o trabalho descrito por KAICK, 2002, o custo de investimento em uma ETE'z, especificamente neste estudo, leva em consideração duas situações distintas, qual sejam: a construção do tanque de raízes em linha de maré e

em lugares que não correm risco de alagamento. Essas duas situações são importantes na caracterização deste indicador, pois quando a construção acontece em áreas alagadas, possuem custos diferenciados em função da diferença do material utilizado na impermeabilização dos sistemas. O Quadro 01 demonstra os diferentes custos de investimentos de um tratamento de esgoto convencional denominado RALF (Reator anaeróbio de lodo fluidizado), comparado com uma ETE por meio de Zona de raízes. Para fazer a comparação utilizaremos os dados de Kaick, 2002, mas tendo como subsídio os valores investidos em um sistema que não utiliza a impermeabilização com cimento.

Aplicando os valores apresentados no indicador de atendimento a legislação ambiental na Equação 01, percebe-se que a DBO do efluente tratado, apresentou uma média de 35 mg/L, e a DQO, uma média de 118 mg/L. Aplicando a fórmula de cálculo aos valores, obtemos uma eficiência na remoção de matéria orgânica de 97,88% para DBO e 98,01 para DQO.

### 3.1.3 Uso de energia:

A utilização de energia é um importante fator a ser levado em consideração quando se avalia a sustentabilidade de Estações de Tratamento de esgoto. No caso da ETE'z, se for necessário utiliza-se uma bomba para elevar ou conduzir o efluente da fossa séptica para o sistema. O uso de bombas elétricas para conduzir o efluente, só se faz necessário quando as alternativas de condução não oferecerem um caimento mínimo, ou quando a fossa séptica não estiver abaixo do nível da ETE'z. Se não houver a necessidade desse tipo de bomba, o sistema todo funciona sem o gasto de energia utilizando-se da força da gravidade para conduzir o efluente, tornando-se um sistema de baixo custo e manutenção mínima. (KAICK, T.S.V, 2002).

Nesse caso, fica difícil fazer a comparação com os sistemas de tratamento de efluentes convencionais que desde o momento de sua construção, operação e manutenção, dispensam de uma grande quantidade de energia. Como exemplo da quantidade de energia utilizada no sistema convencional, com lagoas de tratamento com aeração seguida de lagoas de sedimentação no Município de Araraquara que trata 100% do efluente, segundo Leite, et al. o volume médio de esgoto tratado pela ETE-Araraquara no ano de 2002 foi de 1.158.023,64 m<sup>3</sup>/mês, caracterizando um consumo médio de energia elétrica de 529720,92 kwh/mês, gerando um gasto de R\$67.054,55/mês, representando um custo de R\$0,057 o m<sup>3</sup> de esgoto tratado.

## 3.2 Dimensão econômica

Dentro da dimensão econômica do desenvolvimento

sustentável, assim com os indicadores da dimensão ambiental, foram construídos dois indicadores para o aspecto econômico.

Foram levados em consideração na escolha e construção destes indicadores, os principais aspectos relacionados aos custos tanto de uso quanto de operação e os investimentos de uma ETE'Z, a partir de um estudo de caso no litoral do Paraná. Os dados obtidos são comparados com os custos de investimentos, operação e uso de uma ETE convencional.

### 3.2.1 Capital de investimento

Conforme o trabalho descrito por KAICK, 2002, o custo de investimento em uma ETE'z, especificamente neste estudo, leva em consideração duas situações distintas, qual sejam: a construção do tanque de raízes em linha de maré e em lugares que não correm risco de alagamento. Essas duas situações são importantes na caracterização deste indicador, pois quando a construção acontece em áreas alagadas, possuem custos diferenciados em função da diferença do material utilizado na impermeabilização dos sistemas. O Quadro 01 demonstra os diferentes custos de investimentos de um tratamento de esgoto convencional denominado RALF (Reator anaeróbio de lodo fluidizado), comparado com uma ETE por meio de Zona de raízes. Para fazer a comparação utilizaremos os dados de Kaick, 2002, mas tendo como subsídio os valores investidos em um sistema que não utiliza a impermeabilização com cimento.

QUADRO 01 – Diferentes custos de investimentos em ETE.

	CAPITAL DE INVESTIMENTO (R\$)	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab.)
ETE'Z	219,00	5
ETE convencional	70.000,00	1.500

Fonte: Adaptado de Kaick, 2002.

Comparando os dados, podemos desenvolver uma fórmula de cálculo para mensurar o capital investido, onde CI: Capital de Investimento e PA: População atendida.

Equação 02:  $CI/PA$  = Capital de investimento por habitante

Através da aplicação Equação 02, percebemos que o capital de investimento para a instalação de uma ETE'z por habitante, é de R\$43,80 e de uma ETE convencional o custo é de R\$46,66. A diferença de investimentos de uma tecnologia para a outra é visivelmente grande, pois a ETE'Z possui baixo custo de materiais de construção, utilizando materiais alternativos, recursos disponíveis na comunidade (como a planta) e ainda, aproveitando a mão de obra local não especializada. Porém, convém destacar a diferença que existe no que diz respeito ao tamanho da população atendida. A tecnologia convencional abrange um número muito maior de pessoas se comparada com a tecnologia

alternativa de tratamento por zona de raízes, podendo ser uma desvantagem muito representativa quando se avalia a sustentabilidade de um sistema.

### **3.2.2 Custo operacional do sistema**

O custo operacional é um fator determinante na escolha do processo de tratamento de esgoto. Basicamente os custos operacionais de uma ETE, incluem as despesas de salários, encargos, energia elétrica, água, materiais de tratamento e serviços. Na formulação deste indicador foi utilizado como base para sua avaliação, a comparação dos custos mensais de uma ETE'z com uma ETE que utiliza de métodos tradicionais de tratamento.

Os custos operacionais de uma ETE'Z não são muito representativos, pois economicamente é viável não exigindo uma frequência determinada de monitoramento e operação. Este é um dos quesitos que torna o sistema viável para a implantação em populações de baixa renda sem acesso ao tratamento de esgoto.

Como o tratamento é biológico, a manutenção realizada compreende apenas a limpeza ou esgotamento da fossa séptica que pode ocorrer numa frequência variada, (tudo dependendo da vazão do efluente e do tamanho da fossa), a poda das plantas e retirada de ervas daninhas podendo ser feita numa frequência bimensal, e ainda recomenda-se que pelo menos 1 vez ao ano ou mais, seja feita a limpeza das pedras que fazem parte do filtro. Outra característica fundamental deste sistema é que a manutenção não precisa ser executada por pessoas especializadas, podendo ser realizada pela própria comunidade, não gerando custos com pessoal.

O uso de bomba elétrica para conduzir o efluente ao sistema, somente é necessário caso a localização da fossa séptica seja num ponto menos elevado que a ETE'z, caso contrário o sistema funciona sem a utilização de energia, não gerando custos neste sentido. Por estes motivos a ETE'Z torna-se um sistema de baixo custo operacional.

Já num sistema convencional de tratamento de esgoto os custos operacionais segundo, Gonçalves e Sampaio, 1999 quase 75% do custo operacional total referem-se aos custos de pessoal, encargos sociais e benefícios, energia elétrica e materiais de tratamento. Neste caso descrito por Gonçalves e Sampaio, é apresentado por eles, os custos operacionais de tratamento de esgoto por lodos ativados na ETE de Barueri, São Paulo. Trabalhando com 3,91 m<sup>3</sup>/s vazão, sendo esta, a metade de capacidade de operação, a ETE de Barueri tem um custo operacional mensal de R\$ 953.504,00.

Os resultados demonstram que durante o período estudado o custo operacional por m<sup>3</sup> tratado foi de R\$ 0,094. Na comparação entre estes dois

sistemas, percebe-se que os custos operacionais entre os dois sistemas são claramente evidentes, tornando a ETE'Z uma tecnologia alternativa economicamente viável no tratamento de efluente sanitário, e ainda com grande capacidade de influência social na sua realização de sua manutenção. Vale ressaltar que os custos operacionais de qualquer ETE que utilize métodos convencionais de tratamento de efluente sanitário e operado por empresas especializadas, são financiados pelo pagamento deste serviço pelos seus usuários.

### **3.3 Dimensão social**

No contexto social, a implantação de um sistema de tratamento esgoto por zona de raízes, se insere como parte fundamental a participação social. Possibilitando a participação da população, a ETE por zona de raízes terá uma utilização social de grande impacto em relação à saúde e a preservação ambiental sendo possível sua replicabilidade em comunidades que não tenham acesso a rede coletora de esgoto. Sendo assim, os indicadores dentro da dimensão social incluem o potencial educativo deste sistema e também o potencial paisagístico ou a sua estética, englobando principalmente os aspectos visuais e olfativos.

#### **3.3.1 Potencial educativo**

Neste indicador, serão comparados o potencial educativo da tecnologia aplicada a uma ETE'z e com o de uma tecnologia convencional. Para que a sustentabilidade de qualquer sistema seja eficaz não se exige apenas o emprego da melhor solução técnica, mas sim que se propicie a mudança do comportamento da comunidade em relação à responsabilidade ambiental e a compreensão da importância de manter o ambiente saudável.

A tecnologia utilizada numa ETE'z é vista como uma tecnologia apropriada, pois além de ser uma tecnologia disponível para qualquer classe social, ela cumpre com seu objetivo de solucionar o problema proposto. O surgimento dessa tecnologia alternativa de tratamento de esgoto, muitas vezes pode gerar certa desconfiança, por parte da comunidade. Para isso, a implantação de uma nova tecnologia exige uma estratégia onde a própria comunidade participe do processo de implantação e acompanhamento. Desde o planejamento, escolha dos materiais e da planta, construção e operação da ETE'z é possível o repasse do conhecimento aos envolvidos, permitindo ainda que seja transmitida e aplicada em outras comunidades. A tecnologia passa a ser conhecida e a população envolvida desenvolve uma percepção maior a respeito de vários assuntos.

Certamente, para que qualquer projeto tenha um potencial educativo elevado, deve priorizar como metodologia básica, a coletividade, a participação e

a co-responsabilidade, e todos esses são pontos fortes na ETE'z. Possibilitando a participação da população, a ETE por zona de raízes terá uma utilização social de grande impacto em relação à saúde e a preservação ambiental sendo possível sua replicabilidade em comunidades que não tenham acesso a rede coletora de esgoto.

As técnicas de tratamento utilizadas nos sistemas convencionais são pouco conhecidas pela população que é atendida por este serviço. Por se tratar de um processo extremamente técnico, os métodos aplicados nesse sistema apresentam nomenclaturas complicadas e fases de tratamento que exigem um nível de conhecimento mais apurado. Somente os que detem o conhecimento da tecnologia empregada conseguem compreender o seu funcionamento, pois se trata de uma metodologia que não se insere no cotidiano das pessoas comuns. Com base nisso, acreditamos que a tecnologia convencional aplicada ao tratamento de esgoto, apresenta um potencial educativo baixo, servindo apenas àqueles que possuem um estudo mais específico sobre o tema, não sendo acessível à população em geral.

### 3.3.2 Estética (visual e olfativo)

Para representarmos este indicador, utilizaremos dois aspectos importantes na dimensão social, que são: o impacto visual e olfativo causado por uma ETE convencional, comparado com uma ETE'z. Numa ETE convencional, sua estrutura física envolve grandes dimensões (Figura 01) para as muitas fases de seus tratamento, o que a primeira vista já se torna um grande diferencial se comparado com uma ETE'z, (Figura 02) e ainda deve ser ambientalmente aceita pela comunidade. Um dos problemas mais sérios em relação a este último aspecto é a produção de odor, que gera desconforto as populações vizinhas. Além do desconforto que os odores podem causar às áreas circunvizinhas, deve-se lembrar que os mesmos prejudicam a saúde, principalmente daqueles que tenham uma exposição aos gases mais freqüentes, como por exemplo, os operadores das ETEs.



Figura 01: ETE – BELEN/ Curitiba-PR  
Fonte: <http://www.educando.sanepar.com.br>

Tal fator representa uma grande interferência sobre a escolha dos locais onde serão instaladas, pois geralmente estão localizados em lugares afastados dos centros urbanos.

A ETE por zona de raízes pode ser construída no quintal de uma casa, se inserindo na paisagem, pois a utilização de recursos naturais próprios e plantas com potencial paisagístico fazem com o sistema se torne um elemento estético integrado ao jardim, justamente por não exalar odores, possibilitando transformá-lo em um local de observação.



Figura 2 – Tanque de Tratamento de esgoto por zona de raízes na TPPF.  
Fonte: os autores

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção dos indicadores de performance ambiental e econômica e social adequados para ETE'Z é de fundamental importância para avaliação de sua tendência à sustentabilidade.

Estudos de obtenção ou elaboração de indicadores de sustentabilidade para os ETE'Z podem colaborar na implantação de políticas públicas, definição de investimentos, e desenvolvimento de campanhas de mobilização bem como monitorar as ações realizadas.

A seleção de indicadores constantes neste trabalho é considerada pelos seus autores absolutamente preliminar devendo ser complementados seja pela extensão e aprofundamento dos parâmetros de performance de estado ou pela agregação dos indicadores apresentados, a qual deverá ocorrer em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

- COLLARES, J.E.R.; JUNIOR, J.C; NASCIMENTO, J.A.S.; SILVA, L.C.D.; KRONENBERGUER, D.M.P. Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. 2008.
- CONAMA. Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- GONÇALVES, M.C.; SAMPAIO, A.O. Custos operacionais de tratamento de esgoto por lodos ativados: estudo de caso ETE – Barueri. 20º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. 1999. Acessado em 12/05/2011. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-130.pdf>
- IAP. Instituto Ambiental do Paraná. Portaria nº 19 de 10 de fevereiro de 2006. Aprova e determina o cumprimento da IN

Diram nº 02/06, que estabelece o sistema de automonitoramento de atividades poluidoras no Paraná. Acessado em 12/05/2011. Disponível em: [http://www.pr.senai.br/senaiempresas/ensaioslaboratoriais/upload/Address/Portaria\\_IAP\\_019\\_2006%5B18507%5D.pdf](http://www.pr.senai.br/senaiempresas/ensaioslaboratoriais/upload/Address/Portaria_IAP_019_2006%5B18507%5D.pdf)

LEITE, W.C.A.; SCOGNAMIGLIO, J.B.; SCALIZE, P.S.; SITA, W. Aspectos construtivos e operacionais da Estação de tratamento de esgoto da cidade de Araraquara. Acessado em 11/05/2011. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/documentos/ASSEMAE/Trab-115.pdf>.

LIMA, H.M.; GRANDA, W.J.V. Aplicação do índice globais de sustentabilidade na exploração de coquina na península de Santa Helena. REM. Revista Escola de Minas. p.323-327. 2006. Acessado em: 09/05/2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037044672006000300012&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037044672006000300012&lng=pt&nrm=iso)

LOURENÇO, M.S. Questões técnicas na elaboração de indicadores de sustentabilidade. 2008. Acessado em: 09/05/2011. Disponível em: [http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/marcus\\_lorenco.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/marcus_lorenco.pdf)

MATTAR, N.J.; KRUGUER, C.M.; DZIEDZIC, M. Análise de indicadores ambientais no Reservatório de Passaúna. Engenharia sanitária e ambiente, v.14,n.2,p.205-214, 2009. Acessado em: 09/05/2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141341522000200008&ng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522000200008&ng=pt&nrm=iso).

POLAZ, C.N.M.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores de

sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbano: um estudo para São Paulo. Engenharia sanitária e ambiental, v.14,n.3, p.411-420, 2009. Acessado em: 09/05/2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141341522009000300015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522009000300015&lng=pt&nrm=iso)

KAICK, Tamara. S. V. Estação de tratamento de esgotos por zona de raízes: Uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná. 2002. 128 f. Tese (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.

KAICK, Tamara. S. V; MACEDO, Carolina X.; PRESZNHUK; Rosélis.A.; Jardim ecológico - Tratamento de esgoto por zona de raízes: Análise e comparação da eficiência de uma tecnologia de saneamento apropriada e sustentável. VI Semana de Estudos de Engenharia ambiental. 02-05 de junho. 2008. UNICENTRO – Campos de Irati. Disponível em: [www.unicentro.br/.../jardim%20ecologico%tratamentode%esgoto%porzonaderaizes](http://www.unicentro.br/.../jardim%20ecologico%tratamentode%esgoto%porzonaderaizes). Acesso em: 02.10.2010.

SANEPAR. Relatório anual de administração e demonstrações contábeis. 2010.

SIENA, Osmar. Método para avaliar desenvolvimento sustentável: técnicas para escolha e ponderação de aspectos e dimensões. Produção, v.18, n.2, p. 359-374, 2008.

VAN BELLEN, Hans Michael. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. Ambiente e sociedade. v.7. n.1. Jan/jun.2004.

VEIGA, José Eli. Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor. Editora Senac. São Paulo, 2010.