



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**MESTRADO EM SANEAMENTO AMBIENTAL**

**JAIANA DA SILVA VILAROUCA**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO DESTINO FINAL DO LODO DE  
FOSSAS SÉPTICAS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA ETE  
SÃO CRISTÓVÃO, FORTALEZA/CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2013**

JAIANA DA SILVA VILAROUCA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO DESTINO FINAL DO LODO DE  
FOSSAS SÉPTICAS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA ETE SÃO  
CRISTÓVÃO, FORTALEZA/CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do  
Curso de Pós- Graduação em Engenharia  
Civil, da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
mestre em Engenharia Civil. Área de  
Concentração: Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Ana Bárbara de Araújo  
Nunes

FORTALEZA

2013

JAIANA DA SILVA VILAROUCA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO DESTINO FINAL DO LODO DE  
FOSSAS SÉPTICAS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA ETE SÃO  
CRISTÓVÃO, FORTALEZA/CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do  
Curso de Pós- Graduação em Engenharia  
Civil, da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
mestre em Engenharia Civil. Área de  
Concentração: Saneamento Ambiental.

Dissertação defendida e aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes (orientadora)**  
Universidade Federal do Ceará- UFC

---

**Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti**  
Universidade Federal do Ceará- UFC

---

**Prof. Dr Francisco Maurício de Sá Barreto**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará- IFCE

*A Deus.  
Aos meus pais, minha irmã  
e ao meu namorado.*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS por me amparar nos momentos de dúvida e insegurança, por me encorajar a seguir em frente me iluminando nos momentos de desânimo.

Aos meus pais pelo apoio e compreensão em todos os momentos, e o amor e a dedicação incondicional.

A minha irmã por me agüentar nos momentos de mau humor.

Ao meu namorado por todo amor, carinho, compreensão e apoio comigo, além da sua paciência. Obrigada por nossas conversas e por suas palavras de incentivo, acreditando sempre em mim. Por compartilhar das minhas conquistas e vivê-las como fossem suas.

A minha tia Roberta pela atenção e carinho, agradeço também pelos seus sábios conselhos.

A minha orientadora Prof<sup>ª</sup> Ana Bárbara pela permanente orientação na realização deste trabalho e grande contribuição para minha formação profissional. Agradeço pelo conhecimento transmitido e amizade, sem o qual este trabalho jamais estaria concluído.

A Companhia de água e Esgotos do Ceará (CAGECE) e aos seus funcionários pela disponibilização dos dados sem os quais este trabalho não teria sido realizado, em especial ao Jorge Medeiros e Pacífico.

A todos os colegas que fizeram parte desta etapa da minha vida.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA). A todos os professores da pós-graduação, pelo empenho e dedicação nas aulas ministradas.

E a todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

A cada dia que vivo mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos; nas forças que não usamos; na prudência egoísta que nada arrisca; e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade.

(Drummond)

## RESUMO

Um grande problema enfrentado nas grandes cidades é a destinação do lodo de fossa gerado pelas fossas sépticas utilizadas pela parcela da população que ainda não é atendida pelo serviço público de coleta de esgoto. Em Fortaleza, as Estações de Tratamento de Esgotos que recebem lodo não foram projetadas para tal propósito, estas ETE's não suportarão por muito tempo o acréscimo de carga orgânica e algumas já apresentam baixa eficiência do tratamento, além do transtorno causado pelo mau odor nas áreas povoadas do entorno. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os impactos ambientais provocados por uma ETE que começou a receber lodo de fossa em julho de 2009. Para identificação dos impactos que a ETE ocasiona, inicialmente foi utilizado o método Ad hoc, logo em seguida foi aplicado dois questionários, (ao operador da ETE e a comunidade) serviram de base para posterior elaboração de um check-list. Para identificação de impactos no corpo receptor, que recebe o efluente da estação e para constatação da eficiência da estação, foram avaliadas análises físico-químicas e biológicas realizadas pela CAGECE, em que foram observados alguns parâmetros em desacordo com os limites da Portaria da SEMACE nº 154/2002, como: SST (Sólidos Suspensos Totais), Amônia, Sulfeto e *Escherichia Coli*. Por último, estes impactos foram analisados de forma quantitativa por abordagens probabilística e difusa. Foi construída uma matriz com 36 impactos e na identificação dos impactos foi considerada a hipótese de um impacto afetar mais de um meio. No meio biótico foram identificados dois impactos, ambos de valoração negativa; no meio abiótico foram listados doze impactos: todos negativos e no meio antrópico, o mais impactante do, foram trinta e um impactos sendo os cinco positivos e vinte e seis negativos. Predominando nessa matriz os impactos negativos. Dentre os aspectos (efluente e lodo) tratados na estação, o lodo (com 97,82%) se mostrou o mais impactante e dentre as etapas de tratamento do efluente e do lodo, o destino final, foi para ambos, o mais impactante. Quando se analisa os meios (biótico, abiótico e antrópico) foi observado em ordem crescente de impactos negativos que o abiótico e o biótico ficaram na mesma proporção, ou seja, com 100% e o antrópico com 68%. Após a aplicação das medidas ambientais, vários impactos ambientais foram mitigados. O risco ambiental da ETE São Cristóvão é de aproximadamente 71,59% e após a aplicação das medidas ambientais teria-se uma redução para 40,32%.

Palavras - chave: Estação de Tratamento de Esgotos, Impacto Ambiental, Lodo.

## ABSTRACT

A great problem faced in big cities is the destination of the sludge generated by the pit septic tanks used by part of the population that is not served by public sewage collection. In Fortaleza Stations Sewage Treatment receiving sludge were not designed for that purpose, these ETES not endure for long the increased organic load and some already have low efficiency of treatment besides disorder caused by bad odor in the populated areas of the surroundings. This research aimed to evaluate the environmental impacts caused by in the ETE São Cristóvão that began receiving sludge pit in July 2009. To identify the impacts that ETE occasions, initially we used the method Ad hoc, soon after it was applied two questionnaires (the operator of ETE and the community). These formed the basis for further development of a checklist. To identify impacts on the receiving water body that receives the effluent from the station and for determining the efficiency of the station were evaluated physico-chemical and biological performed by CAGECE, in which were observed some parameters outside the limit of the Ordinance of SEMACE N° 154/2002 as SST (Total Suspended Solids), Ammonia, Sulfide and Escherichia coli. Finally these impacts were analyzed by qualitative approaches probabilistic and diffuse. Was built a matrix with 36 impacts and identification of impacts was considered the hypothesis of an impact affecting more than one medium. In the middle Biotic identified two impacts both negative valuation in the middle abiotic were all negative impacts listed twelve and in the middle anthropic ,the most impacted, were thirty-one impacts, in which five positive and twenty-six negative. In this matrix there is a predominance of negative impacts. Among the aspects (effluent and sludge) treated in sludge season (with 97.82%) is the most impressive and among the steps of the wastewater treatment and sludge, the final destination is most impactful for both. When analyzing the means (biotic, abiotic and anthropic). Was observed that in order of increasing biotic and abiotic impacts in the same proportion and with 100% anthropic with 68%. After application of environmental measures various environmental impacts were mitigated, the case examples above are respectively the economy in the anthropic environment and the fauna and flora in the biotic. The environmental risk of ETE São Cristóvão is approximately 71.59% and after application of environmental measures would reduce to 40.32%.

Keyword: Sewage Treatment Plant, Environmental Impact, Sludge

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Acesso ao esgotamento sanitário em áreas urbanas- Brasil.....	20
Figura 2.2 - Acesso ao esgotamento sanitário em áreas rurais- Brasil.....	21
Figura 2.3-Principais tipos de tratamento de esgotos sanitários de Minas Gerais e São Paulo	24
Figura 2.4 Número de RIMAs no período de 2009 á 2012 .....	37
Figura 3.1- Mapa de localização da ETE São Cristóvão.....	50
Figura 3.2 -Tubo flexível do caminhão limpa-fossa lançando lodo na ETE.....	53
Figura 3.3- Mangueiras do caminhão limpa-fossa desaguando na caixa de areia.....	54
Figura 3.4- Tratamento Preliminar .....	54
Figura 3.5 - Lagoa Anaeróbia Assoreada .....	55
Figura 3.6 - Percurso do lodo desde a sua geração até o destino final .....	58
Figura 3.7 - Número Difuso Triangular.....	64
Figura 4.1- Análise da eficiência de remoção de DQO (2009-2012) na ETE.....	68
Figura 4.2 -Limpeza do tratamento preliminar.....	69
Figura 4.3- Subprodutos retirados da limpeza do Tratamento Preliminar .....	72
Figura 4.4 - Resíduos deixados pela mangueira dos caminhões .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Solução alternativa adotada na ausência da rede coletora de esgoto sanitário.....	19
Tabela 2.2 –Quantidade de domicílios segundo os tipos de Esgotamento sanitário .....	21
Tabela 2.3 - Origem dos principais subprodutos sólidos gerado no tratamento de esgotos.....	25
Tabela 2.4 - Destino do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgotos .....	27
Tabela 2.5- Produção de RIMA por empreendimento .....	38
Tabela 3.1- Informações técnicas sobre a grade, caixa de areia e calha parshall.....	51
Tabela 3.2- Informações técnicas sobre as lagoas de estabilização .....	52
Tabela 3.3 - Parâmetros físicos- químicos e biológicos avaliados pela CAGECE na ETE São Cristóvão.....	60
Tabela 3.4 - Atributos e parâmetros de avaliação dos impactos .....	61
Tabela 4.1- Concentrações médias dos parâmetros analisados por ano .....	65
Tabela 4.2 - Quantificação dos Atributos Resultantes para a Matriz de Impactos.....	78
Tabela 4.3- Método difuso sem e com medidas ambientais.....	83
Tabela 4.4- Método probabilístico sem e com medidas ambientais.....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ASMOC	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia
Cagece	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
EVA	Estudo de Viabilidade Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará
NDT	Número Difuso Triangular
NIMBY	Not in my back yard
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PNAD	Plano Nacional de Amostras em Domicílio
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RAMA	Relatório Anual de Monitoramento Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná

SEMACE Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará

SEUMA Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza

SNIS Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento

UASB Upflow Anaerobic Sludge Blanket/ Reator Anaeróbio de Manta de Lodo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1OBJETIVOS .....	16
Objetivo Geral.....	16
Objetivos Específicos .....	16
1.2 Estrutura do trabalho.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2. 1 Panorama do esgotamento sanitário no Brasil.....	18
2.2 Estações de tratamento de esgotos (ETEs) .....	22
2.2.3 Subprodutos gerados no tratamento de esgoto... ..	25
2.3 Avaliação de Impactos Ambientais – Cenário Mundial .....	29
2.3.1 A Experiência Brasileira na Avaliação de Impactos Ambientais.....	33
2.3.2 A Experiência do Estado do Ceará na Avaliação de Impactos Ambientais .....	37
2.3.3 Impactos Ambientais provocados por uma ETE.....	39
2.4 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais.....	43
2.5 Análise de Risco .....	47
3 METODOLOGIA .....	49
3.1 Seleção da área de estudo .....	49
3.1.1Informações técnicas sobre a ETE São Cristóvão.....	50
3.1.2 Operação da Estação.....	52
3.2 Disposição do Lodo de fossa séptica em Fortaleza .....	57
3.3 Identificação e descrição das atividades impactantes.....	59

3.4 Construção da Matriz.....	61
3.4.1 Elaboração da escala de valores .....	62
3.5 Análise de Risco .....	63
3.5.1 Abordagem Probabilística .....	63
3.5.2 Abordagem Difusa.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1 Desempenho da ETE São Cristóvão nos anos de 2009 a abril de 2012 .....	65
4.2 Análise da matriz de impactos .....	68
4.3 Medidas Ambientais .....	80
4.4 Análise de Risco .....	84
5 CONCLUSÕES .....	86
6 RECOMENDAÇÕES .....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento dos esgotos nas Estações de Tratamento de Esgotos vem ganhando cada vez mais expressão no Brasil, em razão do aumento do número de estações instaladas e da necessidade de se atender às exigências ambientais. Nestas estações estima-se atualmente uma produção de lodo entre 150 mil e 220 mil toneladas de matéria seca por ano no Brasil. Devido aos baixos índices de coleta e tratamento de esgoto ainda existente no país, além da pressão da sociedade por melhores contribuições ambientais, observa-se uma potencial tendência de ocorrer um incremento substancial na quantidade de lodo a ser disposto na próxima década. A população urbana brasileira está estimada em 116 milhões de habitantes, porém apenas 32 milhões têm seu esgoto coletado, o qual se fosse integralmente tratado, acarretaria uma produção de 325 mil ou 473 mil toneladas por ano de lodo (DOS SANTOS, 2008).

A cidade de Fortaleza conta com uma cobertura de coleta e tratamento de esgoto em torno de 60%, o percentual restante tem como destino os tratamentos individualizados realizados nas próprias residências, empreendimentos comerciais e condomínios. Este percentual, que não é coletado através das redes de esgoto existentes na cidade, é em sua maior parte, destinada a uma fossa séptica. No Ceará, 10 % dos domicílios utilizam fossa séptica e em Fortaleza são 15% dos domicílios (IPECE, 2011). A concessionária local presta um serviço de coleta do lodo dessas fossas, onde tem como destino alguns sistemas de esgotamento e tratamento de esgoto (ETE São Cristóvão e a Estação Elevatória da Barra do Ceará).

Diante desta situação, torna-se imprescindível dar um destino final adequado para o Lodo dessas fossas, devido a quantidade de Lodo coletado (em torno de 100 caminhões/dia, equivalente a 2.000 m<sup>3</sup>/dia) diariamente, quantidade esta que vem sobrecarregando as estações de tratamento de esgoto, visto que os sistemas não foram dimensionados para receber esta demanda de lodo, o que conseqüentemente afeta a eficiência do tratamento.

O lançamento de lodo nas ETE's pode ser uma alternativa adequada, desde que seu projeto contemple a possibilidade de tratamento da carga orgânica adicional e que seja prevista uma estrutura específica para o recebimento do lodo.

Segundo Jordão e Pessoa (2005) para a disposição do lodo em estações de tratamento dos esgotos é preciso que as instalações existentes atendam as seguintes características:

1. As instalações devem dispor de capacidade disponível para receber a carga sólida (lodo) nas suas unidades de tratamento de lodo;
2. As instalações devem estar localizadas em distâncias que tornem economicamente viável o transporte do lodo;
3. As instalações devem dispor de unidades projetadas racionalmente para receber e controlar eficientemente a quantidade e qualidade do material removido das fossas sépticas.

O grande problema é que em Fortaleza as ETEs que recebem lodo de fossa não foram projetadas para tal propósito. Estas ETE's não suportarão por muito tempo o acréscimo de carga e algumas já apresentam baixa eficiência de tratamento, além do transtorno causado pelo mau odor nas áreas povoadas do entorno.

Com este acréscimo de carga o tratamento do efluente fica comprometido e ocorrem diversos problemas nas bombas da ETE devido às grandes vazões e com isso a ETE deixa de cumprir sua função primordial que é a minimização dos impactos ambientais com o tratamento deste efluente.

Dentro deste contexto, justifica-se a avaliação dos impactos ambientais (AIA) causados pela ETE São Cristóvão de acordo com os meios afetados (biótico, abiótico e antrópico). A AIA é instrumento nacional, que deve ser empreendido para diversas propostas e atividades que tenham probabilidade de causar impactos adversos e significativos no meio. Após esta avaliação, será proposto medidas ambientais para mitigação ou monitoramento destes impactos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral:**

Avaliar os impactos ambientais produzidos por uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) localizada em Fortaleza/Ceará que recebe lodo de fossa séptica.

### **Objetivos Específicos:**

- Fazer um diagnóstico da situação atual da coleta do Lodo de Fossa Séptica em Fortaleza;
- Avaliar o impacto da operação da ETE para a comunidade que vive no seu entorno;
- Avaliar o impacto do lançamento do lodo de fossa séptica na ETE São Cristóvão;
- Identificar os impactos ambientais provocados por uma ETE
- Propor medidas mitigadoras para minimizar os impactos causados por estas atividades.
- Determinar quantitativamente o risco ambiental de uma ETE;

## **1.2 Estrutura do trabalho**

O trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos e seus subitens. O primeiro capítulo corresponde á introdução que busca apresentar a importância do tema, os objetivos da dissertação que serão investigados durante o transcorrer da pesquisa, e por fim a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica sobre as bases teóricas do assunto em questão, trazendo um panorama do esgotamento sanitário do Brasil/Ceará/ Fortaleza, o que são as estações de tratamento de esgotos e os subprodutos gerados e os impactos causados pela estação. È retratada a experiência Brasileira e do Ceará na Avaliação de Impactos Ambientais e seus métodos mais utilizados, além da Análise de Risco Ambiental.

No terceiro capítulo é descrito os materiais e métodos. Iniciando por uma caracterização da área de estudo, seguido pelos métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos. O quinto capítulo mostra as conclusões da pesquisa, visando recapitular sinteticamente os resultados da pesquisa. No último capítulo são apresentadas as recomendações para trabalhos posteriores.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Panorama do esgotamento sanitário no Brasil**

O Brasil apresenta deficiência na área de saneamento básico com parcelas significativas da sua população sem acesso aos benefícios de água tratada e de rede coletora de esgotos. Esta situação é visível tanto quando se faz comparações entre as regiões do país como quando se confrontam áreas das grandes cidades (RIOS, 2010).

Os serviços de abastecimento de água possuem uma maior abrangência no País do que os serviços de coleta e tratamento de esgotos. Em 2008 apenas 33 municípios ainda permaneciam sem serviços de abastecimento de água, enquanto que em 2495 municípios (45% dos municípios brasileiros) estava ausente a rede coletora (IBGE, 2008).

Os serviços de saneamento básico têm como objetivo garantir o bem - estar da população, saúde e segurança. Esses serviços devem ser planejados de forma abrangente e sistêmica, pois o mau funcionamento de um dos integrantes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, drenagem...) compromete os benefícios dos demais serviços.

A realidade das cidades brasileiras demonstra o agravamento de seus problemas ambientais e urbanos. Segundo Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS) em 2009, os índices médios nacionais de atendimento da população total (urbana+rural) foram de 44,5% para coleta de esgotos e 37,9% para o tratamento de esgotos.

Apesar do aumento desses índices a cada ano, a situação do esgotamento sanitário é preocupante, pois afeta a qualidade de vida, já que a coleta e o tratamento acontecem de forma incipiente, com isso ocorre a deteriorização do meio ambiente devido à contaminação do solo e dos recursos hídricos, trazendo prejuízo à saúde da população e em países em desenvolvimento essa carência é associada à desnutrição e a saúde debilitada, aumentando assim a mortalidade infantil.

De acordo com Andreoli (2009), geralmente nas cidades onde a infraestrutura está parcialmente implantada, essas redes se concentram nas regiões densamente povoadas e nos bairros de nível socioeconômico mais elevado, cabendo a população mais carente a adoção de sistemas individualizados.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na pesquisa realizada em 2000, 52,2% dos municípios brasileiros tinham serviço de coleta e em 2008 o percentual aumentou para 55,2%. O percentual de esgoto tratado em 2008 é 68,8% do que era coletado. Tomando como base as regiões brasileiras descritas na tabela 2.1, o Sudeste apresenta um percentual elevado de seus municípios com coleta de esgotos, a região Norte é a que apresenta menor proporção de municípios com coleta, seguida da região Centro-Oeste, Sul e o Nordeste.

Tabela 2.1 - Solução alternativa adotada na ausência da rede coletora de esgoto sanitário

Regiões	Nº total de municípios	Municípios sem rede coletora							
		Nº de municípios sem rede coletora	% de municípios não atendidos	Principal solução alternativa*					
				Fossa séptica e sumidouro	Fossa seca	Fossa Rudimentar	Vala a céu aberto	lançamentos em cursosd' água	Outros
<b>Brasil</b>	5.564	2495	44,84	1513	59	947	29	34	28
<b>Norte</b>	449	389	86,64	190	21	185	11	7	2
<b>Nordeste</b>	1793	974	54,32	714	29	229	11	16	17
<b>Sudeste</b>	1668	82	4,92	20	6	56	-	-	2
<b>Centro-Oeste</b>	466	334	71,67	65	1	259	2	9	3
<b>Sul</b>	1188	716	60,27	524	2	218	5	2	4

Fonte: IBGE (2008).

\* O município pode apresentar mais de um tipo de solução alternativa para esgotamento sanitário

De acordo com IBGE(2008) a fossa rudimentar é um dispositivo destinado à disposição de esgotos no solo, revestido ou não, mas que permite a infiltração de líquido no solo sem que haja separação da parte sólida e a fossa seca é considerado como um poço seco escavado em terra, destinada a acumular todo o esgoto primário (fezes e urinas), lançada diretamente pelo usuário, há ausência de água adicionada ao esgoto.

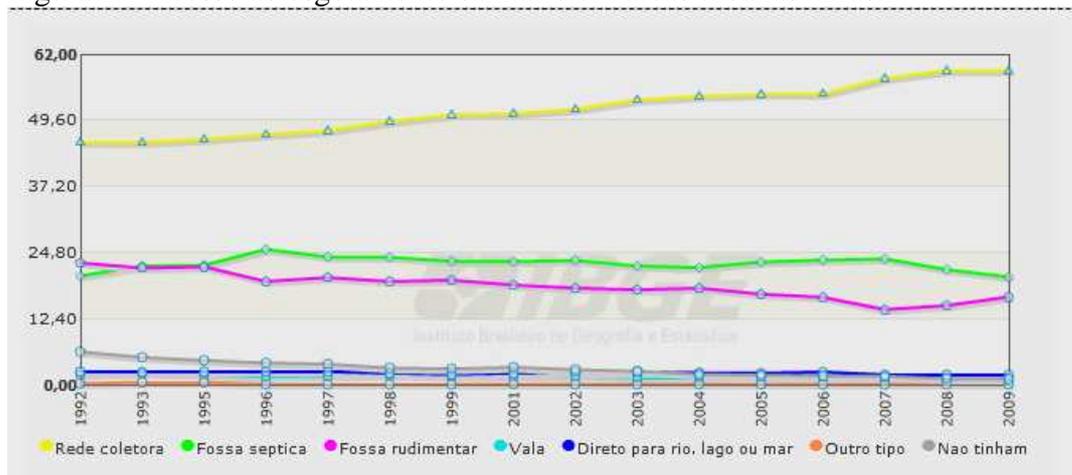
De acordo com o Plano Nacional de Amostras em Domicílio (PNAD) de 2009, o número de domicílios atendidos por rede coletora ou fossa séptica ligada a rede coletora é 59,1% dos domicílios, sendo o mais precário dos serviços, quando comparado com os outros setores do saneamento. As regiões Norte e Nordeste tiveram as menores parcelas de domicílios atendidos por esses serviços, com 13,5% e 33,8%, respectivamente.

A economia em recursos destinados ao saneamento, gera, como juros, doença e morte especialmente entre as populações menos favorecidas, além do aumento das despesas com saúde, maior número de internações hospitalares, maior dispêndio de recursos da Previdência Social, aumento da mortalidade infantil, redução da capacidade de trabalho, crescimento do desemprego (AISSE, 2000, p.19).

Para se ter uma condição sanitária adequada não basta apenas o esgoto ser coletado, deve ser tratado adequadamente de acordo com a tecnologia e recurso compatível com as condições de cada município. O melhor tratamento é aquele viável do ponto de vista econômico, social e ambiental, no entanto este último é negligenciado na maioria das vezes.

O Brasil possui 5564 municípios sendo que apenas 1513 municípios possuem tratamento do esgoto sanitário realizado nas ETEs. Analisando a Figura 2.1 percebe-se o aumento da presença da rede coletora e observa-se também o uso de soluções individuais como as fossas em quase 30% da população urbana, apesar de não ser uma solução muito desejável, minimiza a ausência de sistemas de saneamento já que diminuem impactos ambientais quando esses despejos deixam de correr a céu aberto ou de serem despejados em corpos d'água.

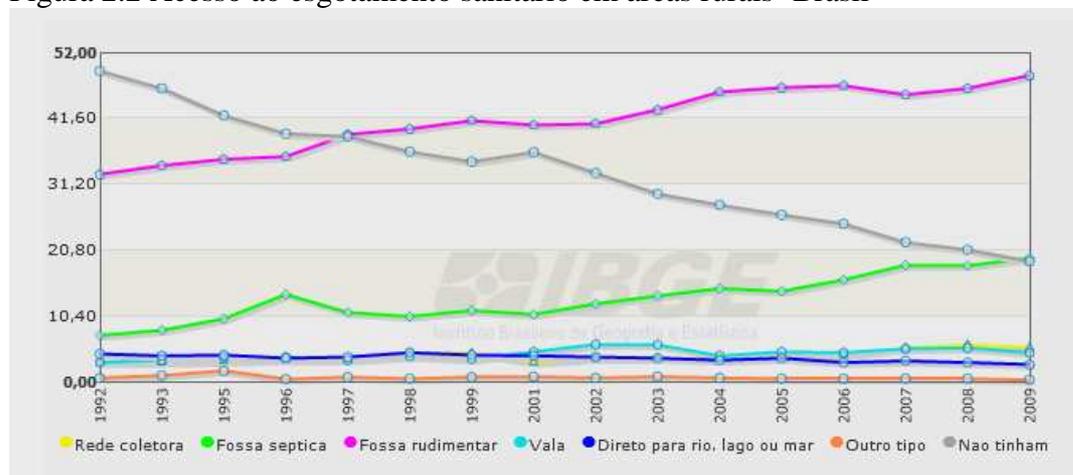
Figura 2.1 Acesso ao esgotamento sanitário em áreas urbanas- Brasil



FONTE: IBGE (2012).

Na zona rural a presença de rede coletora é insignificante, tendo maior destaque para as fossas rudimentares. Observa-se na Figura 2.2 uma queda no índice da população rural que não tinha nenhum acesso ao esgotamento sanitário.

Figura 2.2 Acesso ao esgotamento sanitário em áreas rurais- Brasil



FONTE: IBGE (2012).

Jordão & Pessoa (2005) afirmam que os tanques sépticos são formados de uma ou mais câmaras que possuem a função de reter os esgotos sanitários por um determinado período que permita a sedimentação dos sólidos e a remoção do material graxo que flota naturalmente, proporcionando que estes sofram transformações bioquímicas se transformando em substâncias mais simples. Ratis (2009) afirma que os tanques sépticos possuem todas as suas paredes impermeabilizadas, em contrapartida as fossas não possuem paredes impermeabilizadas. Borges (2009) atesta que a fossa séptica é um simples buraco escavado no solo, e podem ser agrupadas em secas ou sépticas, de acordo com a existência ou não de transporte hídrico dos dejetos. Neste trabalho a fossa e o tanque serão considerados similares, e será referenciado no decorrer do trabalho como fossa séptica.

Quando se analisa os dados do Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará (IPECE) sobre o perfil básico de Fortaleza (Tabela 2.3), observamos que mais da metade dos domicílios de Fortaleza possui uma rede coletora de esgotos e a fossa séptica ainda é utilizada por aproximadamente 15% dos domicílios. E o Ceará possui 32% de domicílios com rede coletora e 10% de domicílios ainda utilizando fossa séptica.

Tabela 2.2 - Quantidade de domicílios segundo os tipos de Esgotamento Sanitário

Tipos de Esgotamento Sanitário	Município	Estado
	2010 (%)	
<b>Total</b>	100	100
<b>Rede geral ou pluvial</b>	59,56	32,76
<b>Fossa Séptica</b>	15,10	10,62
<b>Outra</b>	24,95	49,3
<b>Não tinham banheiros</b>	0,38	7,24

Fonte: IPECE (2011)

## 2.2 Estações de tratamento de esgotos (ETEs)

Quando o homem passou a ter conhecimento dos problemas ocasionados pela má destinação dos resíduos líquidos produzidos por ele, tornou-se possível o desenvolvimento de projetos de engenharia tendo como objetivo desenvolver locais adequados para o tratamento dos mesmos denominados, de estações de tratamento de esgotos.

Estação de Tratamento de Esgotos, segundo a norma brasileira NBR-12209 (ABNT, 1992), é o “conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução de cargas poluidoras de esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do processo”.

A função primordial da ETE é a minimização dos impactos ambientais, através da transformação do esgoto bruto em tratado, através de uma série de processos interligados entre si, com o propósito de gerar um produto compatível com a qualidade do corpo receptor que vai recebê-lo, de modo a não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo.

De acordo com Rulkens (2004 *apud* Alvares, 2006), nos últimos anos, o desenvolvimento das estratégias de esgoto municipal têm contado com dois aspectos: o primeiro, relacionado com a aprimoração da qualidade do efluente por meio de melhoramentos de estações existentes e implementação de tratamentos eficientes; o segundo aspecto está relacionado com o aumento da conscientização dos problemas associados com o lodo de esgoto produzido durante o tratamento.

Tendo em vista a realidade econômica do Brasil e a necessidade de implantação das ETEs, é importante buscar tecnologias que permitam opções de

técnicas adequadas às condições locais ao menor custo possível, e produzindo efluentes compatíveis com os padrões de lançamento exigido.

Os tratamentos podem ser realizados por processos biológicos que ocorrem na ausência ou na presença de oxigênio livre, denominados anaeróbios e aeróbios, respectivamente. Ambos possuem vantagens e desvantagens, cabendo aos responsáveis a escolha do processo que melhor se adequar a sua realidade.

Os processos anaeróbios requerem baixa demanda de área, baixos custos de implantação, pequeno consumo de energia e no processo há formação do gás metano, que pode ser utilizado como fonte de energia. A característica mais valorizada desse processo é a menor produção de lodo. No entanto, normalmente o efluente necessita de um pós - tratamento para atender aos padrões ambientais.

Santos (2006, p.90) afirma que os reatores anaeróbios possuem uma boa possibilidade de uso no Brasil, devido a temperatura elevada ou moderada em grande parte do seu território, durante quase todos os meses do ano.

Embora os processos aeróbios sejam os mais conhecidos e usados, alguns necessitam de elevados custos de implantação e operação, há um alto consumo de energia devido à presença de aeradores (lodos ativados), grande demanda de área (lagoa de estabilização) e uma maior produção de lodo. Pedroza (2010) atesta que dos sistemas de tratamento aeróbio, as lagoas de estabilização são as que geram menor quantidade de lodo, ao passo que lodos ativados convencional são os sistemas com o maior volume de lodo a ser tratado.

No Brasil, assim como em grande parte dos países em desenvolvimento, a quantidade de estações de tratamento de esgotos é insuficiente para o volume de esgoto doméstico gerado, levando muitas vezes ao lançamento irregular em corpos receptores. Além disso, muitas estações existentes possuem diversos problemas de controle operacional os quais prejudicam o tratamento de efluentes sanitários a serem descartados e conseqüentemente geram um grande risco de poluição dos recursos hídricos receptores, podendo torná-los impróprios para diversos usos, modificando profundamente as características físicas, químicas e conseqüentemente biológicas originais destes ecossistemas. (MONTEIRO, 2009)

Os processos de tratamento de esgotos mais utilizados atualmente na sua maioria são para remoção de matéria orgânica e organismos patogênicos. No que se refere a remoção de nutrientes e compostos tóxicos persistentes, ainda se tem muito a pesquisar.

Tomando como base os estados de Minas Gerais e São Paulo em relação aos principais tratamentos de esgoto no Brasil, devido a escassez de dados em outros estados, observamos de acordo com a Figura 2.3 que em Minas Gerais há uma maior utilização de reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket/ Reator Anaeróbio de Manta de Lodo) sem (10 ETEs) e com (8 ETEs) pós – tratamento, em seguida uma maior presença de sistemas de lodos ativados. Em São Paulo as Lagoas de Estabilização aparecem como a principal forma de tratamento de esgotos (83,6 % das ETEs), nas modalidades de Lagoa Facultativa e Lagoa Anaeróbia seguida de Lagoa Facultativa . Nesse estado também existe a predominância de Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio nas ETEs.

Figura 2.3 Principais tipos de tratamento de esgotos sanitários de Minas Gerais e São Paulo

Tipo de entidade	Nome	Número de ETEs, por modalidade de tratamento						Nº Total
		FS+FA	LF	LAN+LF	LA <sup>(1)</sup>	UASB	UASB+POS <sup>(2)</sup>	
Minas Gerais								
Cia. Estadual de Saneamento	COPASA	2	2	1	6	4	3	19
Órgão ambiental	FEAM	1	1	2		2	1	6
Prestador de serviço municipal	Diversos					2	2	4
Órgão de pesquisa	UFMG					2	2	4
Total de ETEs em MG		3	3	3	6	10	8	33
São Paulo								
Cia. Estadual de Saneamento	SABESP	16	70	40	5			131
Prestador de serviço municipal	Diversos				2			2
Total de ETEs em SP		16	70	40	7	0	0	133
Total geral de ETEs		19	73	43	13	10	8	166

Legenda: FS+ FA (Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio); LF (Lagoa Facultativa); LAN +LF (Lagoa Anaeróbia seguida de Lagoa Facultativa); LA (Lodos Ativados); UASB (sem pós-tratamento); UASB + POS (reator UASB com pós- tratamento)

Fonte: Oliveira e Von Sperling (2005)

Segundo Bezerra (2007), no estado do Ceará, o sistema de tratamento de esgotos mais utilizado é o de lagoas de estabilização. Tal sistema é amplamente utilizado como opção de tratamento, principalmente no interior do Estado, onde a mão de obra para operar as ETEs não é abundante e se deseja minimizar os custos com operação e manutenção. No sistema de lagoas de estabilização, as lagoas facultativas seguidas das lagoas de maturação são as mais utilizadas; em segundo lugar vem as

lagoas anaeróbias, seguidas de lagoas facultativas e de maturação. No estudo de caso feito por esse mesmo autor para os centros urbanos (Fortaleza), o sistema de Fossa séptica ou decanto digestor seguida de filtro anaeróbio é o tratamento mais utilizado, seguido dos sistemas de lagoas de estabilização. Verifica-se a inclusão em algumas ETEs de tratamento anaeróbio por meio do reator UASB seguida de cloração. Recentemente algumas ETEs são projetadas com reatores UASB seguida de biofiltros aerados submersos.

As lagoas de estabilização ainda são muito utilizadas no interior e em alguns lugares de menor vazão utiliza-se o UASB isoladamente. Os novos projetos do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) prevêm a tecnologia do UASB seguido de lagoa facultativa e de maturação (informação verbal)<sup>1</sup>.

### 2.2.3 Subprodutos gerados no tratamento de esgoto

Nas diversas unidades da ETE são gerados subprodutos sólidos, semi-sólidos e líquidos. De maneira geral, os resíduos gerados no tratamento de esgoto são os seguintes: sólidos grosseiros, areia, espuma e lodo, conforme pode-se observar na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Origem dos principais subprodutos sólidos gerado no tratamento de esgotos

<b>Subproduto Sólido Gerado</b>	<b>Origem do Resíduo na ETE</b>
<b>Sólidos Grosseiros</b>	Grade
<b>Escuma</b>	Desarenador, Decantado Primário e Secundário, Reator Anaeróbio e Lagoa de Estabilização
<b>Areia</b>	Desarenador
<b>Lodo Primário</b>	Tanque Séptico e Decantador Primário
<b>Lodo biológico aeróbio (não estabilizado)</b>	Lodos ativados convencional e Reatores aeróbios com biofilme (alta carga)
<b>Lodo biológico aeróbio (estabilizado)</b>	Lodos ativados- aeração prolongada e reatores aeróbio com biofilme (baixa carga)
<b>Lodo biológico anaeróbio (estabilizado)</b>	Lagoas de estabilização anaeróbia, reatores UASB e filtros anaeróbios
<b>Lodo químico</b>	Decantador Primário com precipitação química e Lodos ativados com precipitação de fósforo

Fonte: Metcalf e Eddy(2002) apud Pedroza(2010)

<sup>1</sup> Informação obtida através do Engenheiro da Cagece.

O subproduto gerado de maior importância e de maior volume é o lodo. Os lodos gerados no tratamento de esgotos variam de acordo com a natureza do esgoto, tipo de tratamento empregado e com os processos no qual o lodo é submetido. São geralmente classificados conforme a fase do tratamento em que foram originados (lodo primário, lodo secundário). A tecnologia utilizada no tratamento de esgotos influencia a quantidade do lodo produzido. Quanto maior a eficiência do sistema, maior a produtividade de lodo

#### 2.2.3.1 Lodo de ETE

A disposição final do lodo de esgoto vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, cuja amplitude cresce diariamente, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, como reflexo da ampliação das redes de coleta de efluentes urbanos e incremento nos níveis de tratamento (PEGORINI et al, 2003 *apud* MANZOCHI, 2008). De acordo com Santos (2006), a população brasileira está estimada em 116 milhões de habitantes, porém apenas 32 milhões tem seu esgoto coletado, o qual se fosse integralmente tratado, acarretaria uma produção de 325 mil a 473 mil toneladas de lodo por ano.

A produção de lodo está estimada entre 150 mil e 220 mil toneladas de matéria seca por ano (ANDREOLI et al, 2001 *apud* ALVARES, 2006). Entre os subprodutos produzidos pela ETE o lodo destaca-se pelo grande volume gerado, pela sua complexidade no tratamento e destinação final, já que possui um elevado potencial poluidor, pois nele se concentra os principais contaminantes presentes nos esgotos sanitários (principalmente matéria orgânica e organismos patogênicos).

A maioria do lodo produzido representa 1 a 2 % do volume do esgoto tratado, no entanto os custos de processamento e disposição final podem representar até 60% dos custos de operação e 90% dos problemas operacionais de uma ETE (ANDREOLI et al., 1999 *apud* MANZOCHI, 2008).

De acordo com a Tabela 2.4, observamos os principais destinos do lodo gerado em estações. No Brasil o Aterro Sanitário é a principal solução. No entanto, quando se avalia a Região Sul, nota-se uma mudança na postura de destinação do lodo, em que aparece a alternativa do reaproveitamento do lodo, uma solução ambientalmente

correta do subproduto. No Ceará, o destino mais comum do lodo, segundo a pesquisa do IBGE realizada em 2008, são os terrenos baldios.

Tabela 2.4- Destino do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgotos

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios									
	Total	Com tratamento de esgoto sanitário realizado nas ETEs								
		Total	Destino do lodo gerado pelo processo de tratamento de esgotos							
		Total	Rio	Mar	Terr. Baldio	At. Sanitário	Incineração	Reaproveitamento	Outros	
<b>Brasil</b>	5564	1513	1091	163	1	97	452	19	160	316
<b>Norte</b>	449	35	27	4	-	4	11	-	2	10
<b>Nordeste</b>	1793	308	186	31	1	45	50	15	30	41
<b>Sudeste</b>	1668	782	570	111	-	37	284	4	29	159
<b>Sul</b>	1188	271	232	13	-	10	65	-	96	81
<b>Centro-Oeste</b>	466	117	76	4	-	1	42	-	12	25

Fonte: IBGE (2008)

A disposição do lodo em aterros tem sofrido cada vez mais restrições ambientais, devido ao seu potencial de contaminação, devido a produção de gás e lixiviados, além da dificuldade e a demora para recuperação da área após o encerramento do aterro. Segundo Lee e Santos (2011) a incineração do lodo além de apresentar um alto custo, gera gases como óxidos de nitrogênio, furanos, dioxinas e a geração de cinzas, provocando assim poluição atmosférica.

O uso do lodo na agricultura viabiliza a reciclagem de nutrientes, promove incremento da matéria orgânica no solo, reduz a dependência de fertilizantes químicos, melhora o balanço do gás carbônico na biosfera, além de apresentar uma solução definitiva para o lodo. Porém a sua utilização não é tão simples, o lodo deve passar por um tratamento extremamente rigoroso, tendo por base a Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 375/2006 e atualizações, que estabelece critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Outra forma de reaproveitamento do lodo é o seu aproveitamento energético, que objetiva a melhoria do desempenho global do processo, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa, bem como colaborando para aumentar a eficiência

energética global da ETE e, conseqüentemente, aumentando a viabilidade do saneamento básico (BURANI et al., 2004 *apud* SANCHES, 2009). No entanto, no Brasil são conhecidos casos isolados de ETEs que fazem o aproveitamento de gás metano gerado pelo processo. Como exemplo temos a ETE Ouro Verde no Paraná.

O grande desafio é conseguir um destino adequado viável, economicamente, socialmente e ambientalmente, que de forma alguma prejudique a saúde pública. Um problema complexo, devido a grande quantidade gerada e o seu potencial patogênico, além da dificuldade de se encontrar áreas seguras e adequadas para o destino do lodo seco, levando em conta o custo envolvido no processo e os impactos ambientais. A ausência de um correto gerenciamento do lodo questiona a eficiência dos atuais sistemas de tratamento de esgotos.

#### 2.2.3.2 *Lodo de fossa séptica*

De acordo com o SNIS (2010), cerca de 44% da população brasileira ainda não é atendida pelo serviço público de coleta de esgoto, tendo como única saída a disposição individual do esgoto em fossas ou tanques sépticos.

Esse tipo de disposição individual gera o chamado lodo de fossa que é basicamente composto pelo lodo de fundo, pela espuma e pelo líquido presente no interior da fossa na ocasião do bombeamento de limpeza (CORDEIRO, 2010). É estimado uma produção de cerca de 80.000 m<sup>3</sup>/d de lodo séptico úmido no Brasil.

Apesar da operação das fossa sépticas serem simples, em que se deve fazer a limpeza do sistema em intervalos pré- determinados pelo projeto, é o tratamento e o destino final desses resíduos que gera grande preocupação. Na tentativa de redução de custo, o próprio morador ou pessoas não habilitadas executam a limpeza, sendo comum o lançamento indevido do lodo de fossa em corpos de água, terrenos abandonados e lixões. A maioria das pessoas não tem conhecimento acerca dos problemas advindos do lodo.

Outra alternativa para este lodo é a contratação de serviços de empresas “limpa-fossa”. Em muitos casos não existe preocupação por parte do usuário que contrata tal serviço em saber qual será o destino daquele resíduo, aonde o mesmo será depositado e se a empresa possui licença dos órgãos ambientais municipais para desenvolver a atividade (MEDEIROS, 2009).

Em Natal-RN, as empresas do ramo limpa-fossa, são obrigadas a manter e operar seus próprios sistemas de tratamento de resíduos. Segundo a Lei ordinária Municipal nº 4.867/97 as empresas que coletam despejos sanitários, residenciais ou comerciais, públicos ou particulares, são obrigadas a manterem sistemas próprios de lagoa de estabilização.

Em Fortaleza não existe nada específico, porém as empresas precisam do licenciamento da SEMACE, após a concessão desta licença estas empresas se cadastram junto a Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) para lançar esse lodo na entrada da ETE, a companhia não tem o controle do lodo despejado (não é realizado análise do lodo). Atualmente tem se o conhecimento de dois locais que recebem esse tipo de despejo a ETE São Cristovão e a Estação Elevatória da Barra do Ceará. O grande problema é que estas estações não foram projetadas para receber esta demanda de lodo, com isso sua eficiência é comprometida. A demanda para a ETE é em torno de 80 caminhões por dia, equivalente a 2000 m<sup>3</sup>/dia. Rios (2010) afirma que o mesmo procedimento é utilizado em Goiânia, 72% das empresas limpa-fossa despejam o lodo na ETE Goiânia.

### **2.3 Avaliação de Impactos Ambientais – Cenário Mundial**

Desde a Revolução Industrial, com o progressivo crescimento populacional e econômico, o homem vem dilapidando a natureza, seja para dela extrair os recursos necessários a esse crescimento, seja lançando nela os detritos e as sobras resultantes das suas atividades. Assim é que o solo, o ar e a água foram sendo progressivamente conspurcados pela poluição e os recursos minerais sendo extraídos sem nenhum cuidado com a conservação do meio. O processo AIA – Avaliação de Impactos Ambientais, obrigatório para certos tipos de empreendimentos, surgiu com a finalidade de corrigir essas distorções (NUVOLARI, 2003, p.88).

Segundo Cunha (2009) acreditava-se que o crescimento econômico não tinha limites e que o desenvolvimento significava dominar a natureza e os homens. Entretanto, nos anos 60/70, percebeu-se que os recursos naturais são esgotáveis e que o

crescimento sem limites revelava-se insustentável. As ações antrópicas colocam em risco os recursos naturais do planeta, o cuidado e a sua preservação se tornaram questão de sobrevivência, uma preocupação eminente com a qualidade de vida das gerações futuras. O impacto ambiental atualmente está em pauta em todos os setores da sociedade, e são causados pelo acelerado ritmo de industrialização, consumo desenfreado, ocupação urbana mal planejada e desenfreada, expansão agrícola, dentre outros.

A AIA foi oficialmente instituída a partir da legislação pioneira dos Estados Unidos, através da Política Nacional do Meio Ambiente (NEPA – National Environmental Policy Act). A NEPA foi criada em 1969, mas somente entrou em vigor em 1970, com o objetivo ser um instrumento de planejamento ambiental, em que inicialmente era direcionada apenas para as iniciativas do governo federal norte-americano. Surgiu a partir de pressões populares de grupos que se consideravam prejudicados por certos empreendimentos no país. Na época os estudos se limitavam apenas a relação custo-benefício, sem considerar os fatores ambientais.

A França foi o primeiro país europeu a adotar a AIA, em 1976. Nesse país a AIA aparece como uma modificação no sistema de licenciamento ambiental de atividades que possam causar impactos ambientais, e diferentemente dos Estados Unidos os estudos de impacto ambiental devem ser feitos pelo próprio interessado e aplicável a qualquer proposta seja pública ou privada. Nos Estados Unidos esses estudos eram feitos pela própria agência governamental encarregada da tomada de decisões, sendo aplicáveis apenas as ações do governo federal.

Na Alemanha o governo adotou recomendações em 1975, sob a forma de “Princípios para Avaliação de Impacto Ambiental de Ações Federais”. O seu seguimento não era obrigatório e os Estados não tinha qualquer obrigação a respeito, ou seja, não conseguiu obrigar a ninguém a fornecer tal relatório. Somente após a diretiva europeia a Alemanha adotou uma lei sobre AIA, conhecida como Umweltvertraglichkeitprufung (UVP) cuja tradução direta significa “exame de compatibilidade ambiental” (SÁNCHEZ, 2008).

Na Europa, a adoção da AIA ocorreu após quinze anos da promulgação do NEPA, em 1985, o modelo americano não era bem aceito, e os governos alegavam que suas políticas de planejamento já contemplavam as questões ambientais. Mesmo assim a

Comissão Européia implantou uma diretiva (337/85) de aplicação compulsória por parte dos países - membros da Comunidade Econômica Européia (atual União Européia), obrigando-os a adotar procedimentos formais de AIA como critério de decisão para empreendimentos considerados causadores de degradação ambiental (SÁNCHEZ, 2008).

Dos países em desenvolvimento o pioneiro foi à Colômbia em 1974, seguida da Venezuela, em 1976. Um dos fatores determinantes para essa adesão foi à exigência por parte das entidades financiadoras de projetos internacionais. De acordo com Oliveira (2008), em decorrência desta exigência, vários países adotaram a AIA nas décadas de 80 e 90, dentre eles: Coréia, Filipinas, Tailândia, Malásia, Uruguai, Bolívia, Brasil e México.

Uma das principais razões para difusão internacional da AIA, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento são os problemas ambientais, oriundos do estilo de desenvolvimento e das formas semelhantes de degradação ambiental.

Sánchez (2008) destaca que a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (CNUMAD), a Rio- 92 foi um grande impulso para difusão internacional da AIA. Vários documentos resultantes da CNUMAD mencionam a AIA, como a Agenda 21, em que os Estados signatários a reconhecem como um instrumento que deve ser fortalecido para estimular o desenvolvimento sustentável, outro documento é a Declaração do Rio que no seu princípio 17 estabelece:

A Avaliação do Impacto Ambiental, como um instrumento nacional, deve ser empreendida para diversas propostas que tenham probabilidade de causar um impacto adverso significativo no meio ambiente e sujeitas a uma decisão da autoridade nacional competente.

Uma das conseqüências da Rio-92 foi o surgimento de novas leis que requeressem a avaliação prévia de impacto ambiental. De acordo com Sánchez (2008), durante o período preparatório da conferência e nos anos que se seguiram, novos países incorporaram a AIA em suas legislações, principalmente na América Latina, na África e na Europa Oriental.

Com a Avaliação de Impacto Ambiental é possível identificar as conseqüências futuras de uma ação presente ou proposta, visando antever os efeitos de uma decisão, com isso ocorre a prevenção do dano ambiental e a promoção do desenvolvimento sustentável. Segundo Cunha e Guerra (1999, p.81), afirmam que a Avaliação de Impacto Ambiental:

Instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos, capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados.

Canter (1996) conceitua AIA como a identificação e a avaliação sistemática do impacto potencial dos projetos propostos, planos, programas ou medidas legislativas sobre os componentes físico- químicos, biológicos, culturais e socioeconômicos do ambiente.

O Banco Mundial teve um importante papel na difusão da AIA, e como principal motivo para o seu envolvimento foi a pressão exercida por organizações não-governamentais ambientalistas, devido aos grandes impactos causados pelos projetos financiados pelo banco. Lutzemberger (1985 *apud* SANCHEZ, 2008) relata que um dos piores exemplos de atuação do banco foi o empréstimo concedido ao governo brasileiro para pavimentação da rodovia BR- 364 de Cuiabá a Porto Velho, em 1980, a obra foi apontada como indutora de um processo perverso de ocupação da região, causando desmatamento indiscriminado e dizimação de grupos indígenas.

Por volta de 1980 os bancos passaram a exigir a AIA nos projetos por eles financiados, com isso os impactos ambientais passaram a ser um dos critérios de concessão de empréstimos. Já que não há nada pior para um órgão financiador que seu projeto ao invés de ter contribuído para o desenvolvimento humano e da região, este tenha, na realidade agravado a qualidade de vida das populações ou causado danos ambientais.

### 2.3.1 A Experiência Brasileira na Avaliação de Impactos Ambientais

A introdução da AIA no Brasil tem suas origens na realização de Estudos Ambientais, ainda na década de 70, antes da regularização da legislação de licenciamento ambiental. O primeiro estudo ambiental realizado foi o da barragem e hidrelétrica de Sobradinho, em 1972. A realização desse estudo em grande parte ocorreu devido a um reflexo da influência de demandas originadas no exterior, porém Lago e Pádua (1984 *apud* SANCHEZ, 2008) afirmam que os estudos ambientais também em parte tenham acontecidos por pressões internas, devido o surgimento de um pensamento “ecológico” bastante crítico desse modelo de desenvolvimento, em uma época (década de 80 e 90) marcada pelo crescimento da economia e grandes investimentos governamentais em projetos de infraestrutura, como a Transamazônica e a barragem de Itaipu, em que seus impactos ambientais eram mencionados somente *en passant*.

No Brasil, parece ter ocorrido uma convergência entre as demandas colocadas por agentes exógenos e as demandas internas formuladas por determinados grupos sociais, como o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) e diversos setores do movimento ambientalista.

(SANCHEZ, 2008, p.64).

Sem dúvida, os agentes financiadores internacionais tiveram um papel central na adoção da AIA em muitos países em desenvolvimento. O Brasil passava por uma série de restrições por causa da ditadura militar, mas apesar das circunstâncias o movimento ambientalista foi paulatinamente se firmando e legitimando seu discurso, tendo os impactos socioambientais dos grandes projetos estatais e privados como uma das críticas ao modelo de desenvolvimento adotado, visto como socialmente excludente e ecologicamente destrutivo (LUTZEMBETGER, 1980 *apud* SANCHEZ, 2008).

A AIA chegou ao Brasil por meio das legislações estaduais do Rio de Janeiro e Minas Gerais. O pioneirismo do Rio de Janeiro em 1977, sobre as questões relativas à AIA está ligada a implementação de um sistema estadual de licenciamento de fontes de poluição e a exigência do relatório de impacto ambiental (RIMA). No entanto,

houve poucos estudos, até 1983 só se exigiu o RIMA duas vezes, em que obtiveram resultados não muito significativos. Na prática, esse instrumento somente se firmaria a partir da legislação federal.

Como marco na estruturação da Legislação Brasileira surge a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6938/81), que incorporou efetivamente a AIA e em 1988 a legislação foi fortalecida com o artigo 225 da Constituição Federal. Neste artigo vários princípios são mencionados como forma de assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, faz-se menção inclusive a necessidade de que o poder público exija para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental. De acordo com Cunha (2009, p.107):

O advento da Constituição Federal deu um grande impulso à questão ambiental no Brasil, pois o combate a qualquer degradação do ambiente tornou-se dever de todos os cidadãos e não apenas do Estado, sendo que os meios judiciais de proteção ambiental tornaram-se legítimos instrumentos para esse fim.

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA criou o CONAMA, um órgão consultivo e deliberativo do governo federal, com várias competências e dentre elas:

- estabelecer, mediante proposta do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pelos Estados e supervisionado pela IBAMA;

- determinar, quando julgar necessário, a realização de estudos das alternativas e das possíveis conseqüências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais e municipais, bem assim a entidades privadas, as informações indispensáveis para apreciação dos estudos de impacto ambiental, e respectivos relatórios, no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental, especialmente nas áreas consideradas patrimônio nacional.

Ao CONAMA foram atribuídas diversas tarefas entre as quais a de regulamentar a Lei 6938/81 e a de formular diretrizes da política ambiental.

Em 1986 entrou em vigor a Resolução CONAMA 01/86 que estabelece às definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da AIA como um dos instrumentos da PNMA. No seu artigo 2º são listadas as atividades modificadoras do meio ambiente passíveis ao licenciamento, e no decorrer da resolução são estabelecidas diretrizes gerais para preparação do estudo de impacto ambiental, em que fica estabelecido que dentro do processo de AIA o proponente do projeto deve apresentar dois documentos (EIA/RIMA), preparado por uma equipe técnica multidisciplinar independente, em que as despesas de elaboração do estudo correrão por conta do empreendedor.

A AIA no Brasil é realizada por ocasião do licenciamento ambiental (outro instrumento da PNMA), no entanto não se exige a apresentação de Estudos de Impactos Ambientais para toda e qualquer atividade que necessite de um licenciamento ambiental para funcionar, só é exigido para aqueles com potencial capacidade de causar degradação ambiental. O licenciamento ambiental é um procedimento que busca conciliar a exploração dos recursos naturais de forma sustentável. Segundo o artigo 1º da Resolução CONAMA nº 237/97 o licenciamento ambiental significa:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação e ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

A resolução 237/97, foi criada com o objetivo de revisar os procedimentos e regular os aspectos, de forma a propiciar uma efetiva utilização do instrumento do licenciamento ambiental como forma para uma gestão ambiental otimizada, buscando um desenvolvimento de forma sustentável e contínua, integrando a atuação dos órgãos do SISNAMA na execução da PNMA. No Anexo I dessa resolução, contem a relação das atividades para as quais é exigido o licenciamento ambiental. Embora nem todas precisem da elaboração do EIA/RIMA, poderá ser pedido outros estudos ambientais como o Plano e o Projeto de Controle Ambiental, Relatório de Controle Ambiental,

Plano Básico Ambiental, Relatório Ambiental Simplificado, Estudo de Viabilidade Ambiental, dentre outros.

Na lei de Crimes Ambientais criada em 1998, caracteriza-se como crime ambiental a construção, reforma, instalação ou funcionamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, estando sujeitas as sanções penais e administrativas. Cunha (2009, p.107) afirma que:

A sociedade brasileira conta com uma legislação ambiental exemplar, com avançados instrumentos processuais para a defesa ambiental, tendo que enfrentar, contudo, o desafio da correta implementação dessa legislação como afirmação de sua própria cidadania, no sentido de garantir para as presentes e futuras gerações o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

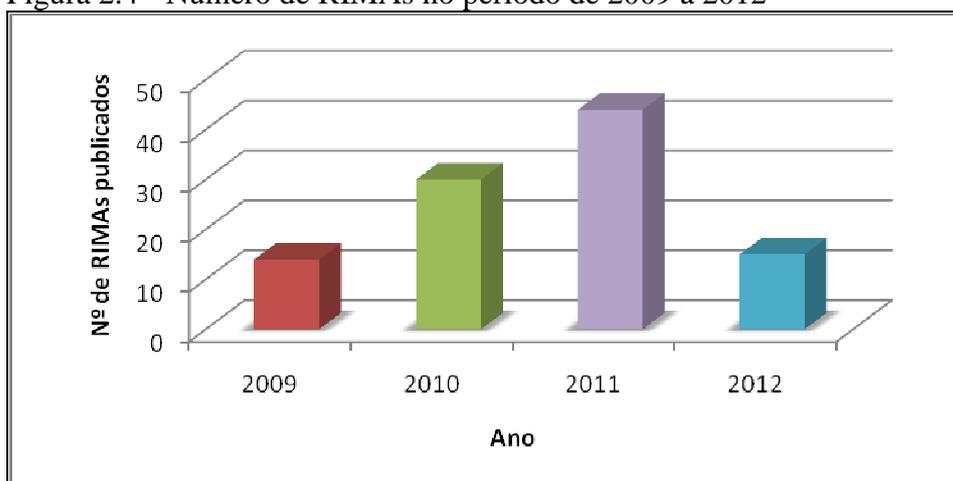
### ***2.3.2 A Experiência do Estado do Ceará na Avaliação de Impactos Ambientais***

Com a Lei complementar nº140/2011, houve a regulamentação das competências da União, do Estado e do Município. De acordo com esta lei cabe ao município (SEUMA- Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza) licenciar atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local e que estejam localizados em unidades de conservação instituídas pelo município. Cabe ao Estado (SEMACE-Superintendência Estadual do Meio Ambiente) licenciar as atividades ou empreendimentos que compreendem um ou mais municípios, com impacto de abrangência regional (desde que não compreendam terras indígenas, mar territorial, plataforma continental, dentre outros que são de responsabilidade do IBAMA).

Os estudos ambientais são solicitados para expedição das licenças ambientais. O EIA/RIMA são os tipos de estudos mais solicitados para os empreendimentos com significativo potencial degradador do meio ambiente. Os dados a seguir foram disponibilizados pela biblioteca da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), do período de 2009 ao primeiro semestre de 2012, em que foram identificados 103 RIMAs.

Na Figura 2.4 é mostrado o número de RIMAs publicados por ano. Em 2009 foram 14 publicações, em 2010 o número duplicou, o que reflete em uma maior tendência ao seguimento das legislações ambientais e a maior fiscalização do órgão competente, no ano seguinte (2011) continua a crescer o número de RIMAs publicados, foram 44. Os dados referentes ao primeiro semestre de 2012, já mostra a publicação de 15 RIMAs.

Figura 2.4 - Número de RIMAs no período de 2009 á 2012



FONTE: SEMACE (2012).

Na Tabela 2.5 é mostrado a relação entre o tipo de empreendimento e a quantidade de RIMAs produzidos. Os empreendimentos foram categorizados da seguinte forma: Açudes e Barragens, Carnicultura, Construções Turísticas (Resort, hotéis, complexos turísticos e outros empreendimentos turísticos), Geração de energia (parque eólico, termelétricas, solar), Mineração (extração de argila, calcário, calcita e granito), Construção e duplicação de rodovias e avenidas, Saneamento (esgotamento sanitário, implantação de aterro sanitário, macrodrenagem urbana), Urbanização (requalificação urbanística e loteamento) e Outros empreendimentos (aeroporto, usina siderúrgica, agropecuária, refinaria, veículo leve sobre os trilhos (VLT), instalação de incinerador).

Tabela 2.5 Produção de RIMA por Empreendimento

<b>Tipo de empreendimento</b>	<b>Quantidade</b>
Açudes e barragens	5
Carcicultura	5
Construções Turísticas	16
Geração de Energia	44
Mineração	10

Construção/duplicação de rodovias e avenidas	2
Saneamento	4
Urbanização	5
Outros	12
<b>Total</b>	<b>103</b>

FONTE: SEMACE (2012).

Verifica-se de acordo com a tabela 2.5, que os projetos de geração de energia são os que mais solicitaram RIMAs (44 publicados), cabe ressaltar que deste número 90% são projetos de energia eólica, mostrando o crescimento no setor de energias alternativas no Estado do Ceará. Destacando-se em seguida as construções turísticas, houve um crescimento expressivo do fluxo turístico ao Ceará, no Estado há grandes investimentos privados internacionais para construções de hotéis, resort e complexos turísticos.

Em relação ao setor de saneamento poucos empreendimentos são licenciados conforme mostrado na tabela 2.5. Foram objetos de licenciamento o esgotamento sanitário da rede municipal de Iguatu em 2009; a implantação do aterro sanitário consorciado dos municípios de Paracuru, Paraipaba e Trairi em 2011; a macrodrenagem urbana em Juazeiro, 2011; a implantação do aterro sanitário regional do Cariri- Caririaçu em 2012. A Cagece possui 237 ETE's em todo estado e algumas estão com a licença negada, devido a exigência de um grupo gerador nas estações elevatórias de esgoto e outras porque a tecnologia da ETE não permite a eficiência no tratamento do esgoto de acordo com a legislação vigente, como exemplo tem-se as ETE's do tipo Decanto Digestor Associado a Filtro Anaeróbio (informação verbal)<sup>2</sup>. Para a instalação de uma ETE é solicitado pelo órgão ambiental estudos como o EIA/RIMA ou um Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA) dependendo do porte e da localização do sistema de esgotamento sanitário. Na fase de operação é solicitado um Relatório Anual de monitoramento Ambiental (RAMA)

### ***2.3.3 Impactos Ambientais provocados por uma ETE***

A Resolução Conama nº 01/86, define em seu artigo 1º que impacto ambiental:

<sup>2</sup> De acordo com um técnico da CAGECE

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem - estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Os projetos de esgotamento sanitário trazem muitos benefícios ao bem estar e a qualidade de vida da população, no entanto também existem eventuais impactos negativos sobre o ambiente natural que durante muito tempo foram desconsiderados, e como resultado em muitos estados brasileiros existe um grande número de mananciais comprometidos, devido ao lançamento de efluentes em concentrações não compatíveis com o poder de autodepuração desses corpos de água, alterando desse modo o ecossistema e inviabilizando outros usos a jusante.

As estações de tratamento de esgotos reproduzem a ação da natureza de maneira mais rápida, tendo como finalidade a redução da carga poluidora do esgoto para conseqüente lançamento no mar ou rio, em níveis de poluição compatível com a legislação vigente e a capacidade de depuração do corpo receptor.

Os impactos produzidos por uma Estação de tratamento podem ser positivos ou negativos. Impacto positivo ou benéfico é quando a ação resulta na melhoria da qualidade ambiental de um fator ou parâmetro ambiental; impacto negativo ou adverso, quando a ação resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental (TOMMASI, 1993).

Em ETE's pode-se citar como impacto positivo, quando o tratamento elimina uma fonte poluidora; e um impacto negativo, quando não se tem um tratamento adequado, podendo induzir na deteriorização do corpo receptor, inviabilizar a biota aquática e mesmo prejudicar outros usuários da água ou outras espécies de animais e vegetais.

Em uma ETE, não é apenas o lançamento de seus efluentes nos corpos de água o motivo de grande preocupação, mas também devem-se avaliar os impactos provenientes do sistema completo de tratamento e das peculiaridades das unidades operacionais (BOLZANI, 2011).

Segundo a literatura os impactos ambientais negativos mais comuns relativos à ETE são a geração de odores, ruídos e aumento do tráfego. Sendo o de maior relevância o odor, que compromete o bem estar da população e a qualidade de vida da população exposta ao problema.

Segundo Metcalf e Eddy (1985, *apud*, Giuliano; Giuliano, 2008):

Os odores podem diminuir o apetite, prejudicar a respiração, causar náuseas e vômitos e criar perturbações de humor. Em situações extremas podem conduzir ao deterioramento da dignidade pessoal e comunitária (restrições na utilização de áreas externas a residência ou escolas, fechamento de portas e janelas, para citar alguns exemplos); interferir nas relações humanas (constrangimento diante de visitas); inibir investimentos e deter o crescimento de uma comunidade.

De acordo com um estudo realizado por Giuliano et al (2008), que tinha como objetivo estudar os impactos da proliferação de odores ofensivos decorrentes da operação de uma ETE em Piracicaba – São Paulo, obtiveram resultados que comprovaram a relevância do impacto estudado, em que 94 % dos entrevistados queixaram-se de odores atribuídos a estação. Quanto ao reconhecimento dos efeitos da exposição aos odores, 51% dos entrevistados apontaram a necessidade de fechar portas e janelas em decorrência dos odores, 41% afirmaram sofrer restrições no uso das áreas externas de suas residências, 23% queixaram-se de mal estar e 15% de doenças respiratórias.

Surgiu nos países desenvolvidos o “efeito NIMBY” (Not in my back yard, que significa, “não em meu quintal”). Todo mundo reconhece a importância e a necessidade daquele serviço, contudo ninguém quer estas instalações perto da sua casa. Este efeito está relacionado à percepção social de risco, em que uma comunidade ou grupo de pessoas oferecem rejeição ou resistência à implantação de um projeto polêmico, devido a desconfiança na gestão e na tecnologia, além do medo dos efeitos sobre a saúde (POL, 2003). No caso das ETEs, apesar das melhorias das condições de saúde da população e do meio ambiente, a população não aceita a sua construção, apesar de vários estudos técnicos, econômicos e financeiros, indicando que aquele local é o mais viável.

Ludovici et al(1997) afirma que: "o efeito NIMBY pode ser considerado a defesa do leigo contra algo que ele acredita ser repulsivo e inconveniente, uma fonte eterna de problemas".

A AIA no Brasil está ligada ao licenciamento de atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos naturais com efetiva ou potencial capacidade de degradação ambiental, por isso as obras de saneamento básico estão sujeitas ao licenciamento.

A Resolução CONAMA nº 01/86 em seu artigo 2º faz menção apenas a troncos coletores e emissários de esgotos sanitários, Nuvolari (2003) afirma que apesar das estações de tratamento não serem citadas textualmente, estariam incluídas no item: Complexos e Unidades Industriais. A Resolução Conama 237/97 apresenta em seu anexo um rol de atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, e dentre elas as estações de tratamento de esgoto estão inseridas no item Serviços de utilidades.

A Resolução CONAMA 005/88 dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento. Esta resolução considera que as obras de saneamento nas quais seja possível identificar modificações ambientais significativas devem ser licenciadas. São consideradas significativas as obras que por seu porte, natureza e peculiaridade sejam assim consideradas pelo órgão licenciador e necessariamente as atividades e obras mencionadas na própria resolução. Entre as instalações de sistemas de esgotos sanitários, encontram-se especificadas as estações de tratamento. E ainda, fica estabelecido que esta resolução se aplica em obras já implantadas ou em implantação, observando as demais exigências da legislação ambiental em vigor, não isentando-as, porém, de licenciamento nos casos de ampliação.

Ainda de acordo com esta Resolução, em obras de sistemas de esgotamento sanitário ficam sujeitas ao licenciamento: obras de troncos coletores, interceptores, elevatórias, estações de tratamento, emissários e disposição final.

Após dezoito anos desta resolução é editada uma legislação específica para o licenciamento ambiental simplificado de esgotamento sanitário, a Resolução CONAMA 377/2006, que dispõe que os órgãos ambientais definirão os critérios para o enquadramento de sistemas de esgotamento sanitário (unidades de coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário) de pequeno e médio porte, de acordo com os parâmetros

de vazão nominal ou população atendida. As unidades de transporte e de tratamento de esgotos de pequeno porte, ressalvadas as situadas em áreas ambientalmente sensíveis, ficam sujeitas, tão somente a Licença Ambiental Única de Instalação e Operação (LIO) ou ato administrativo equivalente, desde que regulamentado pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente.

Considera-se para fins desta Resolução:

-Unidades de transporte de esgoto de pequeno porte: interceptores, emissários e respectivas estações elevatórias de esgoto com vazão nominal de projeto menor ou igual a 200 L/s;

-Unidades de tratamento de esgoto de pequeno porte: estação de tratamento de esgoto com vazão nominal de projeto menor ou igual a 50 L/s ou com capacidade para atendimento até 30.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente;

-Unidades de transporte de esgoto de médio porte: interceptores, emissários e estações elevatórias de esgoto com vazão nominal de projeto maior que 200 L/s e menor ou igual a 1000 L/s;

- Unidades de tratamento de esgotos de médio porte: estação de tratamento de esgoto com vazão nominal de projeto maior que 50L/s e menor ou igual a 400 L/s ou com capacidade para atendimento superior a 30.000 e inferior 250.000 habitantes, a critério do órgão ambiental competente.

De acordo com Spadotto e Gomes (2004, *apud* Nunes, 2006), a avaliação de impactos pode ocorrer em dois momentos: antes da ação potencialmente impactante (ex-ante) e depois dela (ex-post).

## **2.4 Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais**

Segundo Rodrigues e Campanhola (2003 *apud* Bolzani, 2011), os métodos de AIA são mecanismos estruturados para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais. Esta avaliação não deve ser considerada apenas como uma técnica, mas como uma dimensão política de gerenciamento, educação na sociedade e coordenação de ações impactantes (CLAUDIO, 1987, *apud* SPADOTTO, 2002).

O exame sistemático dos impactos implica nas atividades de identificação e valoração dos prováveis impactos, através de métodos e técnicas objetivas, de modo a

garantir resultados mais consistentes, considerando os impactos no meio natural, como também os impactos sociais e as interações existentes entre eles (MOREIRA, 1985).

Os impactos ambientais podem ser classificados qualitativamente segundo seis critérios: valor, ordem, espaço, tempo, dinâmica e plástica (SILVA, 1994 *apud* SPADOTTO, 2002).

O valor do impacto se refere ao impacto positivo ou negativo; a ordem quanto aos impactos serem diretos e indiretos; o critério espacial se refere à dimensão do impacto (local, regional ou global); o critério tempo identifica se o impacto é curto, médio ou longo prazo; o critério dinâmica faz alusão ao impacto temporário, cíclico ou permanente; o critério plástica faz referência ao impacto ser reversível ou irreversível. Os impactos podem ocorrer nos meios abiótico, biótico e sócio- econômico (antrópico).

Existem distintas linhas metodológicas desenvolvidas para avaliação de impactos ambientais: Metodologias espontâneas (Ad hoc), Listagens (check-list), Matrizes de interações, redes de interação (networks), Modelos de simulação, Mapas de superposição (Overlays), dentre outras.

O método “Ad hoc”, consiste na prática de reuniões entre especialistas, que possuem conhecimento científico e experiência profissional suficiente para dar o maior respaldo possível ao estudo, a fim de que sejam obtidos dados e informações em tempo reduzido. Os impactos são identificados normalmente através de *brainstorming* (“tempestade de idéias”), realizada entre o organizador da reunião e o especialista. Com isso facilita a análise de muitas informações obtidas de profissionais de áreas distintas, obtendo-se um diagnóstico dos impactos sob diferentes pontos de vista. Possui como vantagem a estimativa rápida da evolução de impactos de forma organizada, no entanto não há um exame mais detalhado das intervenções e variáveis ambientais envolvidas. São passíveis de crítica em razão da grande subjetividade envolvida nas opiniões e do risco de tendenciosidade desde a avaliação até a escolha dos participantes (BRAGA, 2005).

Como um dos exemplos mais conhecidos do método ad hoc está o método Delphi. Neste método são utilizadas várias rodadas com questionários nos quais os especialistas apresentam suas impressões sobre assuntos levados anteriormente, até obtenção de consenso ou não. Os pontos onde não existe consenso são tabeladas como tais (STAMM, 2003).

Outro método é o de listagem (checklist), um dos primeiros métodos a serem utilizados para a avaliação de impactos ambientais, tendo em vista a facilidade da sua aplicação. Moreira (1985), afirma que as primeiras listagens apenas enumeravam os fatores ambientais e os respectivos indicadores de impacto. Com o tempo, criaram-se listagens de controle que associavam aos fatores ambientais escalas de valor e índices de ponderação da importância dos impactos. De acordo com Stamm (2003) o checklist guia o processo de obtenção de informações detalhadas para a caracterização dos indicadores ambientais, essenciais para a hierarquização e avaliação do impacto, determinando seu grau de significância. As principais variantes do Método das Listagens são as descritivas, comparativas, em questionário e ponderável. Tem como limitações a não identificação de impactos diretos ou indiretos, não consideram características temporais ou espaciais dos impactos e também a dinâmica dos sistemas ambientais.

A primeira das matrizes de interação foi a Matriz de Leopold, desenvolvida pelos Estados Unidos para projetos de mineração em 1971. Surge na tentativa de suprir as deficiências das listagens. Na sua concepção original, consistia no cruzamento de 88 componentes ambientais e 100 ações potencialmente alteradoras do ambiente resultando em 8800 quadriculas. Em cada uma dessas quadriculas são indicados algarismos que variam de 1 e 10, correspondente, à magnitude e à importância do impacto. A magnitude é colocada no canto superior esquerdo de cada célula e, a significância, no canto inferior direito. Ao número 1 corresponde a condição de menor magnitude e de menor importância. Ao número 10 corresponde os valores máximos desses atributos. O sinal (+ ou -) na frente dos números indica se o impacto é, respectivamente, benéfico ou adverso (BRAGA, 2005). Este método continua sendo um dos mais utilizados nos EIA/RIMA realizados no Brasil. Com o tempo inúmeras variantes desta matriz foram surgindo como forma de suprir as suas deficiências e adaptá-las a utilização em grande variedade de projetos.

A matriz de interação também é chamada de Matriz de correlação causa x efeito. Tem como princípio relacionar o máximo possível as ações impactantes e os fatores ambientais impactados, para estabelecer em escala numérica os seus atributos, como a magnitude, importância, valoração e duração. Este método além de ser multidisciplinar, possui um baixo custo de montagem. As matrizes podem ser simples ou complexas, dependendo da quantidade de informações com que se trabalha.

As Matrizes são utilizadas na identificação dos impactos ambientais diretos. De acordo com Moreira (1995) *apud* Mota e Aquino (2002) estas matrizes têm como vantagem a boa disposição visual do conjunto de impactos diretos, simplicidade de elaboração e baixo custo; e como desvantagem a não identificação de impactos indiretos, a subjetividade na atribuição da magnitude, usando valores simbólicos para expressá-la.

As matrizes são utilizadas em diversas metodologias para Avaliação de Impacto Ambiental tais como MAASPI – Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais (SILVA; AMARAL, 2011) e MAICAPI - Metodologia para Avaliação de Impactos e custos Ambientais em processos naturais (SILVA; AMARAL, 2006), ambos foram aplicados em uma empresa do setor metal- mecânico.

Outra aplicação da matriz de impactos foi utilizada por Naval (2004) em uma ETE que tinha como tecnologias de tratamento reator UASB e lagoas de estabilização. De acordo com a matriz de impactos foram identificados oitenta e nove possíveis impactos, onde 31,5% foram positivos e 68,5% foram negativos e o meio mais afetado foi o físico com trinta e sete impactos.

Os modelos de simulação são modelos matemáticos para previsão e avaliação de impactos, e têm por finalidade representar a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais através de relações complexas entre componentes quantitativos e qualitativos, físicos, bióticos ou sócio-econômicos, a partir de um conjunto de hipóteses ou pressupostos. Este método apresenta a interação existente entre os sistemas ambientais e seus impactos relacionados com o tempo de ocorrência. Tem como limitações os custos elevados, exigência de especialistas para o desenvolvimento de modelos matemáticos e pessoal com experiência em computação além de depender da disponibilidade e qualidade dos dados apropriados (FOGLIATTI *et al*, 2004).

O método de superposição de mapas consiste na confecção de uma série de cartas temáticas, uma para cada fator ambiental, quando superpostas as cartas reproduzem a síntese da situação ambiental de uma área geográfica. A carta base apresenta a localização do projeto e sua área de influência, as demais cartas representam cada uma das atividades a serem avaliadas (FOGLIATTI *et al*, 2004).

Este método tem como vantagens a visualização espacial dos fatores ambientais e a extensão dos impactos, o poder de síntese, facilidade de comparação de

alternativas e possibilidade de utilização em grandes projetos. E como desvantagens a despesa envolvida para a realização de um estudo deste nível, possui difícil integração dos impactos socioeconômicos e não considera a dinâmica dos sistemas ambientais.

Outro método são as redes de interação (ou *networks*). São esquemas de operações entre os componentes de um projeto, com isso permitem estabelecer relações do tipo causa-efeito, retratando, a partir do impacto inicial, o conjunto de ações que o desencadearam direta ou indiretamente. De acordo com Fogliatti et al (2004) este método delinea conexões ou conjuntos de dependências entre as ações de um projeto e seus impactos resultantes, podendo ser usado para mostrar o relacionamento dos impactos de primeira, segunda e terceira ordens, sendo esta sua principal vantagem, pois uma ação qualquer dificilmente ocasiona apenas um impacto. Como desvantagens este método não define a sua importância relativa, não consideram aspectos espaciais e temporais.

Nos últimos anos, observou-se a adoção de métodos compostos, combinando-se dois ou mais métodos de avaliação de impactos ambientais, adequando-os de acordo com as especificidades dos projetos e das áreas a serem afetadas. Deve-se levar em conta o custo e o tempo disponível para realização do estudo.

## **2.5 Análise de Risco**

Análise de risco é definida por Molak (1997 *apud* Vieira, 2005) como “uma metodologia que avalia e determina a probabilidade de um efeito adverso por um agente (físico, químico ou outro), processo industrial ou natural e tecnologias”.

De acordo com Wessberg *et al*(2008) a análise de risco ambiental consiste em definição de escopo, identificação de riscos, avaliação de riscos e propostas de redução de riscos e ações de mitigação.

A análise de risco é composta por duas etapas:

- Qualificação ou identificação dos riscos;
- Quantificação ou avaliação dos riscos

Na identificação dos riscos, ocorre a listagem completa das incertezas existente; na avaliação dos riscos são avaliadas as consequências potenciais e estimação de suas probabilidades de ocorrência. Há autores que defendem uma terceira etapa na

análise de risco (Tommasi, 1993; Sanchez, 2008), a tomada de decisões ou gerenciamento do risco, em que esta fase engloba o conjunto de atividades de identificação, seleção de alternativas de minimização dos riscos e suas conseqüências.

Existe certa confusão entre as definições de risco e incerteza. O risco é definido pela *Society for Risk Analysis*<sup>3</sup> como o potencial de ocorrência de resultados adversos indesejados para a saúde ou vida humana, para o meio ambiente ou bens materiais. É definido de um modo mais formal como a probabilidade de ocorrência de um determinado evento pela magnitude das conseqüências (SANCHEZ, 2008).

A incerteza é algo que não pode ser quantificado, ou seja, não pode ser associado a uma função de probabilidade. De acordo com Vieira (1979, *apud* Nunes, 2006) a incerteza são todos os erros que envolvem as relações do homem com a natureza.

Listas sistemáticas devem ser utilizadas para classificar os riscos em categorias: Comercial, Ambiental, Gerência, entre outros.

Na qualificação dos riscos, há uma análise observando todas as etapas, fases ou componentes, com uma visão multidisciplinar e ampla discussão entre todos os interessados e envolvidos. Atribui-se ao evento indesejável e ao respectivo impacto, escala de valores, através de expressões, como: Nulo (N), Muito Baixo (MB), Baixo (B), regular (R), Alto (A) e Muito Alto (MA) (VIEIRA, 2005).

Após adoção das escalas, os riscos poderão ser ordenados ou priorizados, possibilitando ao tomador de decisão um posicionamento mais adequado, de acordo com suas aspirações e expectativas.

Na avaliação quantitativa dos riscos, por exemplo a abordagem probabilística pode medir o risco através de um coeficiente de desempenho ( $Z = C - S$ ) de uma obra, este coeficiente também é chamado de margem de segurança, o C significa a capacidade do sistema e o S o conjunto de solicitações (Vieira, 2005). Dentre os métodos probabilísticos estão o método de Período de Retorno, Integração Direta, Monte Carlo, Índice de Confiabilidade, MFOSM (mean- valuefirst- ordersecond-

---

<sup>3</sup> É uma sociedade interdisciplinar profissional fundada em 1981, voltada à análise, gerenciamento e comunicação dos riscos. Maiores informações no site: < [http:// www.sra.org](http://www.sra.org) >.

moment), AFOSM (advanced first-order second-moment) e PEM (point estimate method).

Outra forma de avaliar quantitativamente o risco é através da abordagem difusa, utilizada principalmente quando não se tem dados suficientes para a construção das funções densidade de probabilidade. Nesta abordagem,  $Z$  é considerada uma variável difusa, definida em um certo intervalo real, a cujos valores estão associados a níveis de pertinência, através da função de pertinência (VIEIRA, 2005).

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida nas seguintes etapas:

- Levantamento Bibliográfico acerca do tema em livros, artigos, monografias, dissertações, teses e busca de dados na Cagece;
- Visita “in loco” na ETE São Cristovão, para registrar as fases que constituem seu tratamento;
- Levantamento junto a Cagece das empresas que realizam coleta de lodo de fossa e que desaguam na ETE São Cristóvão;
- Realização de uma avaliação qualitativa através dos dados do efluente tratado do monitoramento da Cagece da Estação em estudo, no período de 2009 a abril de 2012;
- Avaliação da eficiência do tratamento da ETE e o impacto ocasionado pelo lançamento do lodo de fossa nesta ETE;
- Elaboração de uma matriz de impactos com aspectos ambientais e sociais;
- Avaliação quantitativa do risco ambiental provocado pela ETE.

#### 3.1 Seleção da área de estudo

De acordo com os dados da Cagece existem atualmente 127 Estações de Tratamento de Esgotos na Região Metropolitana de Fortaleza, e as tecnologias mais utilizadas nas estações são as lagoas de estabilização, lodos ativados, reatores anaeróbios, FSA (Filtro Submerso aerado) e decanto digestor com e sem filtro anaeróbio.

Dentre estas ETEs existentes, foi escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa a ETE São Cristovão, devido ser a Estação que atualmente recebe Lodo dos caminhões limpa-fossa de Fortaleza.

A ETE citada acima é gerenciada pela Cagece, mas especificamente pela UN-MTE– Unidade de Negócio Metropolitana de Macro Coleta e Tratamento de Esgotos.

### **3.1.1 Informações técnicas sobre a ETE São Cristóvão**

A ETE do São Cristóvão encontra-se na Avenida Jornalista Tomaz Coelho s/n, uma das opções de acesso é pela Avenida Presidente Costa e Silva indo em direção a BR-116. O Conjunto São Cristóvão localiza-se na sub- bacia CD-04 de Fortaleza.

A Estação foi projetada pelos engenheiros José Cleantho Cavalcanti Gondim e Paulo Roberto Lima de Oliveira e construída pela construtora Colméia, em fevereiro de 1991. A ETE São Cristóvão é uma estação de tratamento de grande<sup>4</sup> porte com grade, caixa de areia, calha parshall, poço de sucção, 02 bombas instaladas em poço seco, com 01 lagoa anaeróbia, seguida de 01 facultativa e 02 de maturação, todas em série, conforme pode ser observado na Figura 3.1. Tem como corpo receptor dos efluentes da lagoa um afluente do Rio Cocó.

Figura 3.1 - Mapa de localização da ETE São Cristóvão



Fonte: Google Earth (2012).

Em relação ao projeto atual, as modificações realizadas na estação foram a construção de duas “caixas de areia” para recebimento do lodo de fossa com a finalidade de reter a areia presente neste lodo, a fim de que não sobrecarregasse o tratamento preliminar e não ocorresse o assoreamento da lagoa anaeróbia.

<sup>4</sup> Segundo o técnico responsável da Cagece

A referida estação entrou em operação em 1993 e foi projetada para atender uma população com 20.563 habitantes com seu esgoto doméstico, com uma vazão média de 33,41 L/s.

Atualmente a ETE São Cristovão recebe além do esgoto doméstico, o lodo de fossa (devido não serem monitorados quanto a sua caracterização, é possível que haja efluente industrial), operando com uma vazão média de 90,46 L/s, que corresponderia a uma população de aproximadamente 65.000 habitantes (considerando uma vazão per capita de 150 L/hab.d). Uma vazão muito acima da vazão de projeto, sobrecarregando o sistema.

Nas Tabelas 3.1 e 3.2 a seguir estão descritas as informações técnicas da ETE:

Tabela 3.1- Informações técnicas sobre a grade, caixa de areia e calha parshall

<b>Dispositivo</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Valor</b>
<b>Grade</b>	Espessura	10 mm
	Espaçamento	25 mm
	Comprimento do canal a montante	1,10 m
	Largura do canal	0,52 m
	Número de barras	14
<b>Caixa de areia</b>	Comprimento	5 m
	Largura	1,04 m
<b>Calha PA</b>	Largura da garganta	9”(229 mm)
<b>Parshall</b>		

Fonte: José Cleantho Gondim e Paulo Roberto Oliveira (1991)

Tabela 3.2 - Informações técnicas sobre as lagoas de estabilização

<b>Lagoas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Comprimento(m)</b>	<b>Largura(m)</b>	<b>Profundidade da lâmina líquida (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Anaeróbia</b>	1	160	25	3	4000
<b>Facultativa</b>	1	160	80	1,85	12800

<b>Maturação</b>	2	160	75	1,5	12800
------------------	---	-----	----	-----	-------

Fonte: José Cleantho Gondim e Paulo Roberto de Oliveira (1991)

De acordo com o projeto este tipo de arranjo das lagoas apresenta como maior vantagem a redução de coliformes termotolerantes e microrganismos patogênicos sem adoção de produtos desinfetantes como o cloro.

A estação elevatória destinada a recalcar os esgotos para as lagoas de estabilização foi dimensionada para uma vazão de 57 L/s, uma vazão superior a máxima (56,25 L/s). No início da estação elevatória existe uma grade média para remoção de sólidos grosseiros.

De acordo com o projeto o canal seria duplo, e seriam utilizados de forma alternada, ou seja, um canal só entra em operação quando o outro que estava sendo utilizado já está sobrecarregado e vai ser limpo. Devido ao aumento da vazão desde 2009 com o incremento do lodo de fossa, as duas caixas de areia estão operando simultaneamente.

### **3.1.2 Operação da Estação**

As bombas de projeto são submersíveis com potência de 15 CV, sendo uma ativa e outra para reserva e rodízio. Atualmente somente uma das bombas funcionam, por isso quando ocorre algum problema (entupimento) com a bomba, a ETE é desativada temporariamente.

De acordo com o projeto da estação, os esgotos seriam coletados inicialmente através de rede pelo fundo do lote, do tipo condominial, sendo em seguida interligada a uma rede pública, que inicialmente correria pelos passeios e teria como extremidade final um tratamento completo de um conjunto de lagoas de estabilização em série. As lagoas de estabilização estão localizadas na faixa de domínio da linha de transmissão da CHESF.

O projeto recomenda que na falta de energia existisse um by-pass geral interligando a caixa de areia ao corpo receptor. Atualmente algumas ETEs (inclusive a ETE São Cristóvão) estão sem licenciamento devido a inexistência do grupo gerador, com ausência deste equipamento na falta de energia os esgotos são lançados direto no corpo receptor e o órgão ambiental não autoriza mais este procedimento.

A ETE São Cristovão conta com 3 funcionários, todos trabalhando de segunda à sábado de 8:00h às 17h, à noite a segurança é eletrônica.

O aumento de vazão da ETE tem como motivo o recebimento do lodo dos caminhões limpa - fossa, que se iniciou em julho de 2009. Na ETE foi construído um sistema para recebimento dos efluentes dos caminhões limpa fossa, composto de duas caixas de areia (“espécies de leito de secagem”) com capacidade de  $30\text{m}^3$ , ou seja, aproximadamente 120 caminhões diários. Atualmente a ETE atende caminhões com capacidade de 10 e 20 metros cúbicos sendo em torno de oitenta por cento caminhões de 20 metros cúbicos, em média deságuam 80 caminhões por dia.

Devido a uma pequena reforma na estação, os caminhões de lodo de fossa estacionam e passam suas mangueiras por um acesso feito na parede (Figura 3.2). O efluente começa a encher as novas caixas de areia (Figura 3.3) e apenas o líquido passa ao poço de sucção, onde é recalcado até o sistema de tratamento (lagoas de estabilização). Todos os sólidos que ficam nas caixas são retirados por uma empresa terceirizada (Transágua) e enviado para o aterro de Caucaia.

Figura 3.2 - Caminhões limpa-fossa desaguando na ETE



Fonte: a autora(2012)

Figura 3.3- Tubo flexível do caminhão limpa-fossa lançando lodo na caixa de areia



Fonte: a autora(2012)

O lançamento do lodo na ETE provoca um aumento na vazão fazendo com que o tratamento preliminar fique submerso, perdendo sua finalidade. Devido às novas caixas de areia, o esgoto transporta grande parte da areia do sistema (ou seja, as caixas de areia não cumprem a função para qual foi projetada), e com a pouca eficiência do tratamento preliminar esse subproduto impactará as lagoas de estabilização, principalmente a lagoa anaeróbia que já se encontra assoreada (Figura 3.5).

Figura 3.4 Tratamento Preliminar



Fonte: a autora(2012)

Figura 3.5 - Lagoa Anaeróbia assoreada



Fonte: a autora(2012)

Nas lagoas de estabilização da ETE São Cristóvão começou a ser utilizado desde setembro de 2010 uma solução líquida a base de biopolímeros ionizáveis, utilizado para a redução da carga orgânica. Em outras estações operadas pela CAGECE este produto é utilizado para eliminação de maus odores, e sua função vai depender da concentração e da forma de aplicação do produto. Esta solução possui uma coloração marrom castanho e um odor moderado não tóxico. Um galão de 20 litros custa em torno de R\$ 280,00 (duzentos e oitenta reais) (Ficha de Informação de segurança de produtos biológicos -FISPB- no anexo B).

São utilizados 80 litros deste produto por dia, na seguinte proporção:

- Como a lagoa anaeróbia está muito assoreada não é adicionado o biopolímero;
- Na facultativa são 60L distribuídos em 3 bateladas durante o expediente (8 às 17h);
- Nas duas lagoas de maturação são 10 litros em cada – em batelada apenas pela manhã.

De acordo com o engenheiro responsável pela ETE o biopolímero é lançado da seguinte forma nas lagoas facultativas: é feita uma mistura do biopolímero com a água e colocada em uma caixa d'água ou qualquer reservatório elevado, deste reservatório é controlado a vazão para se obter a concentração desejada na saída de uma

mangueira que vai até a entrada da lagoa, fazendo neste local a mistura do biopolímero com o efluente que está chegando nas lagoas.

A limpeza geral do tratamento preliminar ocorre uma vez por semana pela madrugada (para que não seja preciso desativar a ETE), e uma vez por ano é retirado a vegetação e o sobrenadante das lagoas de estabilização. Os dois procedimentos são realizados por uma empresa terceirizada. Além disto, as grades são limpas todos os dias pelo operador da ETE, os subprodutos gerados por essa limpeza são recolhidos duas vezes na semana.

As caixas de areia usadas para o desague do lodo são limpas a cada quinze dias. Todo o material oriundo da limpeza da ETE tem como destino final o aterro de Caucaia (ASMOC – Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia). Esses resíduos são dispostos nas mesmas células que recebem residuo domiciliar. Somente no período de janeiro a março de 2012 já foi disposto no aterro 15,92 toneladas de resíduos provenientes da ETE São Cristóvão. A Cagece paga R\$71,00 (setenta e um reais) por tonelada para o transporte dos subprodutos (caixas de areia que recebem o lodo de fossa e do tratamento preliminar) da ETE São Cristóvão para o aterro. É pago também a rota que inclui várias ETEs, cada rota custa R\$ 427,00 (quatrocentos e vinte e sete reais). Totalizando em um contrato anual (2012) no valor de R\$ 227.400,00 (duzentos e vinte sete mil e quatrocentos reais)

Mesmo após 20 anos de operação das lagoas de estabilização o lodo nunca foi retirado. A lagoa anaeróbia encontra-se assoreada não participando mais do tratamento, o efluente é desviado para a lagoa seguinte (lagoa facultativa). No momento está sendo estudado pela Cagece a possibilidade de remoção do lodo através da tecnologia de desidratação com um tecido geotextil drenante, uma tecnologia simples e de baixo custo quando comparada aos outros métodos. No entanto, existem alguns entraves para a sua utilização na ETE em estudo, como a inexistência de grandes áreas disponíveis para acomodação dos bags (contentores geotexteis). A limpeza das lagoas possui um custo elevado, de acordo com o engenheiro responsável está previsto a priori somente a limpeza da lagoa anaeróbia.No momento existe um orçamento para o desassoreamento das lagoas anaeróbias da região metropolitana em torno de 34 milhões de reais(informação verbal)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Informação fornecida por um Engenheiro da Cagece.

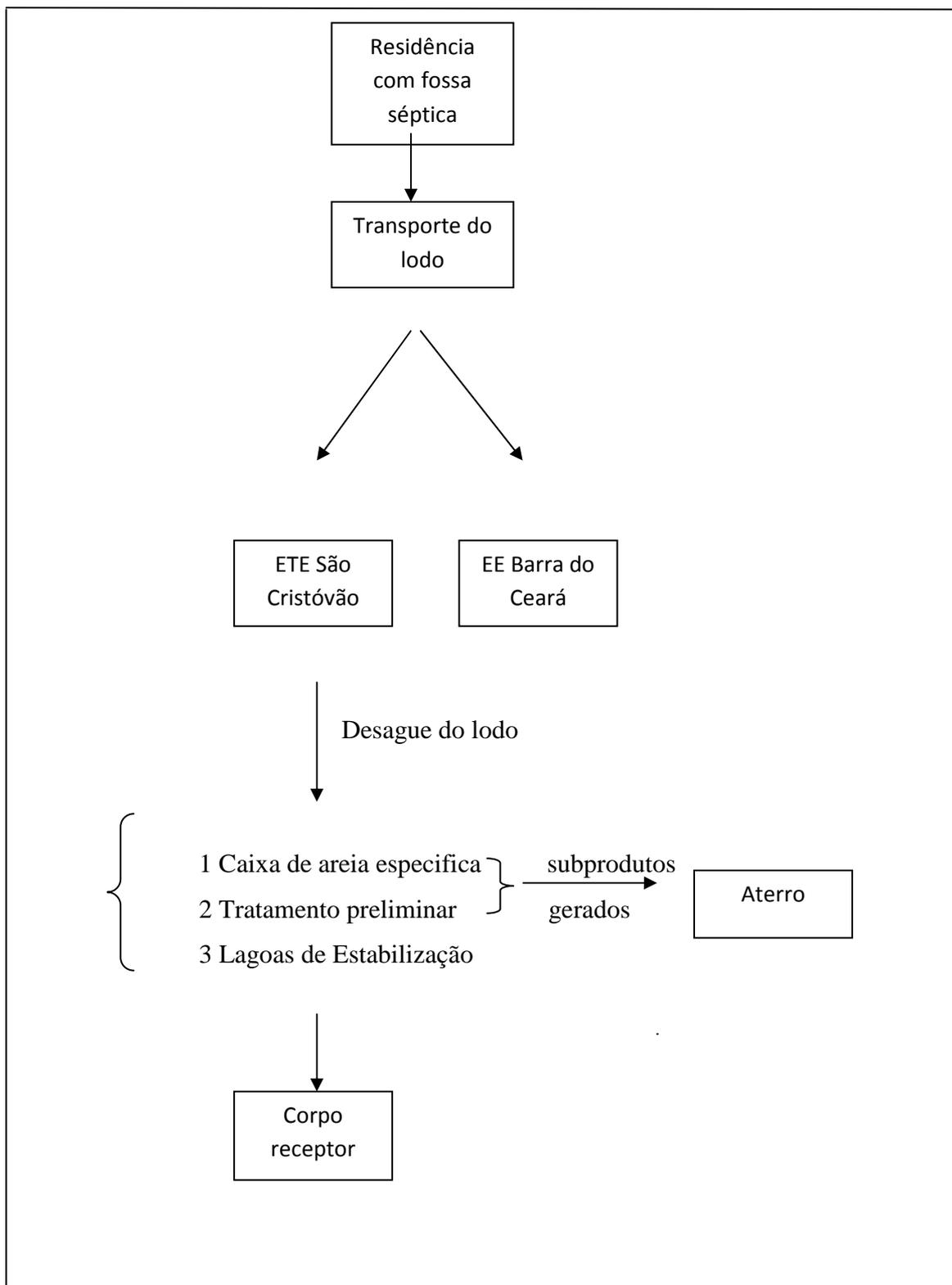
### 3.2 Disposição do Lodo de fossa séptica em Fortaleza

De acordo com o levantamento realizado junto a Cagece atualmente existem 24 empresas limpa fossa que encaminham o Lodo das residências para a Estação Elevatória (EE) da Barra do Ceará e ETE São Cristovão, segundo informações obtidas com essas empresas, o destino final dependerá da proximidade da residência esgotada com a ETE, mas ressaltam que na maioria das vezes o deságue do lodo ocorre na ETE São Cristovão.

A ETE São Cristovão começou a receber lodo de fossa em julho de 2009, que antes era lançado em uma ETE localizada no Distrito Industrial. Devido a questões relacionadas a concessão da ETE entre a CAGECE e a prefeitura de Maracanaú o lodo começou a ser distribuído em todas as lagoas de estabilização de Fortaleza (17 lagoas), mas devido às constantes reclamações da população o deságüe do lodo ficou restrito a ETE São Cristóvão e a EE da Barra do Ceará.

No fluxograma (Figura 3.6) é mostrado o percurso do lodo desde a sua geração nas residências até o tratamento realizado na ETE. Após a geração do lodo nas residências que utilizam fossas sépticas, o morador entra em contato com uma empresa limpa fossa, então o lodo é esgotado e transportado até a ETE mais próxima da residência (São Cristóvão ou Barra do Ceará). Os caminhões que fazem esse serviço possuem uma capacidade de 10 e 20 metros cúbicos, os preços variam de acordo com a proximidade da empresa com a residência esgotada (normalmente é cobrado entre R\$ 80,00 a 150,00 reais) não importando o volume retirado da fossa. Esta empresa para lançar o lodo na ETE compra um ticket (permissão) da Cagece por R\$ 7,61, esse ticket é por caminhão, não importando o volume a ser desaguado. Ao chegar à ETE o lodo é desaguado em uma “caixa de areia especial”. As caixas foram uma iniciativa de técnicos da Cagece com o propósito de não sobrecarregar o tratamento preliminar da estação, tendo como função reter a areia proveniente do lodo de fossa. Logo após, o deságüe do lodo passa ao tratamento preliminar e em seguida as lagoas de estabilização, e logo após a última lagoa (maturação) o efluente é lançado em um afluente do Rio Cocó. Todos os resíduos gerados pela ETE têm como destino final o ASMOC (Aterro Sanitário Metropolitano de Caucaia).

Figura 3.6- Percurso do lodo de fossa séptica em Fortaleza-CE desde a sua geração até o destino final



Fonte: a autora (2012).

### 3.3 Identificação e descrição das atividades impactantes

Para identificação dos impactos que a ETE São Cristóvão ocasiona inicialmente foi utilizado o método Ad hoc, aplicado ao engenheiro da Cagece (Apêndice A) responsável pela ETE. De acordo com Mota (2012) pode ser considerado um método indicador para uma análise prévia dos impactos prováveis de um projeto, sendo útil na identificação da melhor alternativa a ser adotada.

Em seguida foi aplicado um questionário ao operador da ETE (Apêndice B) sobre as condições de operação da ETE e sobre a comunidade do entorno da ETE. Não se obteve muito êxito com este questionário, pois o operador estava apreensivo em falar sobre os problemas da ETE e não sabia quase nada sobre a comunidade, pois o próprio não tinha contato com a comunidade.

Os dois questionários (engenheiro e do operador) serviram de base para as perguntas do questionário aplicado à comunidade (Apêndice C). Poucas casas existem ao redor da ETE, e muitas estavam fechadas no momento de aplicação do questionário. Foram entrevistados moradores de quinze residências em um mesmo dia. Não se estendeu os questionários para demais residências devido ser uma área de risco onde são constantes os assaltos e brigas de gangues. No momento da aplicação dos questionários houve o acompanhamento de um técnico da Cagece e de representantes do líder comunitário.

Após a aplicação do questionário, foi elaborado um checklist (Apêndice D) embasado nas respostas dos questionários. De acordo com Mota (2012), no checklist é apresentado uma relação dos impactos mais relevantes de um empreendimento, podendo associá-los às características ambientais afetadas e às ações que a provocam.

Para identificação de impactos no corpo receptor que recebe o efluente da ETE e para constatação da eficiência da estação, foram avaliadas análises físico-químicas e biológicas realizadas pela Cagece. Os parâmetros de desempenho da ETE foram avaliados através de dados do Laboratório de Controle de Qualidade da Água e Esgoto da Cagece, que realiza as análises dos parâmetros de acordo com as metodologias descritas no APHA (2005). Os parâmetros são analisados conforme a metodologia e a periodicidade mostradas na Tabela abaixo. Em relação ao afluente da ETE, somente a DQO (Demanda Química de Oxigênio) é monitorada.

Tabela 3.3 - Parâmetros físicos- químicos e biológicos do efluente avaliados pela Cagece na ETE São Cristóvão

<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Periodicidade</b>
<b>pH</b>	Potenciometria	Trimestral
<b>DQO</b>	Refluxo Aberto/Titrimetria	Mensal
<b>DBO</b>	Titrimetria	Variável
<b>OD</b>	Titrimetria	Bimestral
<b>SST</b>	Gravimetria	Trimestral
<b>Sol.Sedimentáveis</b>	Cone Imhoff	Semestral
<b>Sulfeto</b>	Titrimetria/Iodometria	Semestral
<b>Sulfato</b>	Espectrofotometria	Anual
<b>Amônia</b>	Espectrofotometria/Fenato	Semestral
<b><i>Escherichia Coli</i></b>	Substrato Cromogênico	Bimestral

Fonte: Plano de Monitoramento da CAGECE(2012)

Todos esses parâmetros que constam na Tabela 3.1 são analisados pela Cagece, no entanto neste trabalho serão analisados somente aqueles parâmetros (DQO, DBO, OD, Sulfeto, Amônia, *Escherichia Coli*) que possuem um período maior de dados. Os dados analisados datam de janeiro de 2009 a abril de 2012.

O uso de matrizes para qualificação dos impactos foi utilizado por Mota e Aquino (2002), Santos e Bononi (2003), Barbosa e Dupas (2008) e Pimpão (2011).

Os impactos serão analisados de forma qualitativa através da matriz de interação e de forma quantitativa por abordagens probabilística e difusa.

### **3.4 Construção da Matriz**

De acordo com Oliveira (2008), no método matriz de interação utiliza-se de linhas e colunas para relacionar as atividades propostas (ações) com seus efeitos e os possíveis impactos nos componentes dos ecossistemas e/ou comunidades humanas, com atributos numéricos (quantitativos) ou descritivos (qualitativos).

Foi tomada como base a matriz de Leopold e foram realizadas algumas modificações de acordo com as necessidades do empreendimento em estudo.

A matriz de impacto construída para a Estação de Tratamento de Esgotos do São Cristóvão, abrange somente a fase de operação devido a inexistência de matrizes ou registros da época de construção e implantação da ETE. Como a estação realiza o

tratamento tanto do lodo de fossa quanto do esgoto domiciliar do Conjunto São Cristóvão, a matriz foi dividida em dois Aspectos : Lodo e Efluente (lodo + esgoto).

Na matriz são identificados os impactos de acordo com cada aspecto e etapa de tratamento. No aspecto lodo consiste de quatro etapas: transporte, desagüe, tratamento e disposição final. O outro aspecto é dividido em três etapas: tratamento preliminar, lagoas de estabilização e destino final do efluente no corpo receptor. Em um dos eixos, são relacionados os impactos do empreendimento em suas diversas etapas, e no outro eixo o meio afetado. Para cada impacto negativo foi indicado uma medida do tipo mitigadora ou de monitoramento, de natureza preventiva ou corretiva.

Os impactos do empreendimento foram classificados, de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 3.4 - Atributos e parâmetros de avaliação dos impactos

<b>Atributos</b>	<b>Parâmetros de Avaliação</b>	<b>Símbolo</b>
• VALORAÇÃO-Expressa a alteração ou modificação gerada por uma ação do empreendimento	Benéfico	+
	Adverso	-
• IMPORTÂNCIA- Estabelece o quanto cada impacto é importante para o meio ambiente (este atributo teve como parâmetro o número de respostas do questionário aplicado a comunidade)	Muito Importante*	Mi
	Importante	I
	Pouco Importante	Pi
• MAGNITUDE- Extensão do impacto (Quantas pessoas aproximadamente são atingidas pelo impacto)	Grande**	G
	Média	M
	Pequena	P
• DURAÇÃO- É o registro de tempo de permanência do impacto depois de terminada a ação que o gerou	Longa	L
	Média	Md
	Pequena	P

FONTE: a autora (2012)

\* Foi considerado muito importante quando mais da metade das respostas dos questionários falaram sobre o mesmo impacto

\*\* Foi considerado um impacto de grande magnitude quando o impacto atingia mais da metade da população entrevistada

### 3.4.1 Elaboração da escala de valores

Tomando como base o trabalho desenvolvido por Nunes (2006) foram definidos os atributos para cada impacto:

1 -Quanto ao Caráter: Positivo (+) ou Negativo (-);

2- Quanto á Duração: Longa (3), Média(2) ou Pequena (1)

3- Quanto á Magnitude: Grande (3), Média (2) ou Pequena (1);

4 -Quanto á Importância: Muito Importante (3), Importante (2) ou Pouco Importante (1).

O atributo resultante para cada impacto, resultado da composição dos quatros atributos citado acima. Como exemplo temos um impacto adverso, importante, com magnitude média e duração curta, este impacto seria representado pela combinação “ -IMC“ e assim por diante. Para ordenação dos atributos resultantes foi necessário o produto dos pesos de cada atributo, tomando como referência o exemplo citado acima resultaria em:  $2*2*1$  igual a -4.

### 3.5. Análise de Risco

Na quantificação dos risco foi tomado como base a matriz DIJA- Distrito de Irrigação Jaguaribe, Apodi (Nunes, 2006) e o estudo de caso do açude Aracoiaaba (Menescal, 1999 *apud* Vieira 2005).

#### 3.5.1 Abordagem Probabilística

Para avaliação de risco com esta abordagem foi utilizada o método de Simulação Monte Carlo. Este método consiste na simulação de um conjunto de valores  $X_i$ , a partir de suas distribuições de probabilidade, de modo a calcular um conjunto de valores de Z, suficientemente grande para representar uma boa amostra da população Z (VIEIRA, 2005).

De acordo com o mesmo autor, a geração de  $X_i$  ocorre em duas etapas:

1. Geração de números aleatórios, de uma variável uniforme padrão U, com funções densidade de probabilidade e probabilidade acumulada;
2. Obtenção através da transformação apropriada, dos valores aleatórios, correspondentes na distribuição de probabilidade específica independente.

Para a geração da variável a partir de um número aleatório utilizou-se a função de probabilidade acumulada para a distribuição triangular (Vose, 1996, *apud* Vieira 2005).

$$x = \sqrt{F(x) * (c - a) * (b - a)} + a \rightarrow x \leq b \quad (1)$$

$$x = c - \sqrt{(1 - F(x)) * (c - a) * (c - b)} \rightarrow x \geq b \quad (2)$$

Onde:

a = valor mínimo;

b = valor médio;

c = valor máximo;

$F(x)$  = é a variável randômica gerada na simulação

Atribui-se a cada um dos componentes ambientais que formam os meios abióticos, biótico e antrópico, uma distribuição triangular de probabilidades, caracterizando o impacto a partir de três valores estimados: os valores mínimos são os valores pessimistas, os valores médios que são os valores mais prováveis e os valores otimistas são os valores máximos.

Para o cálculo do risco foi considerado, pelo Teorema do Limite Central, que a distribuição resultante aproxima-se de uma distribuição tipo normal. Com isso, o risco é a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável, ou seja, que o impacto resultante seja negativo ( $< 0$ ) (Menescal, 1999 *apud* Vieira 2005). Todas as variáveis foram consideradas como independente e para cada combinação foram feitas 1000 simulações.

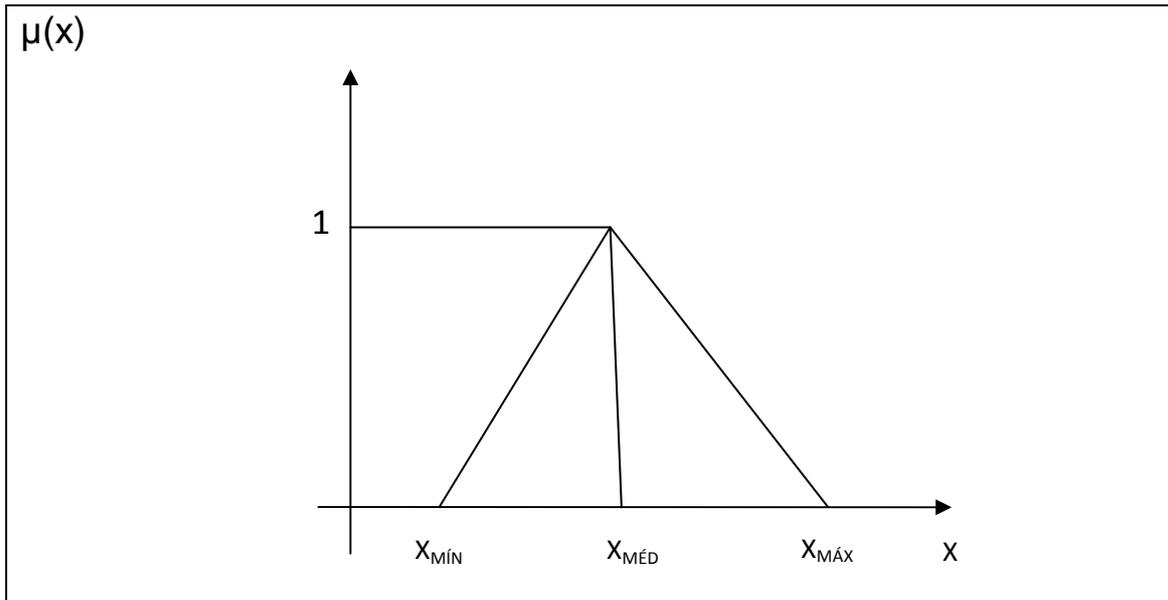
### 3.5.2 Abordagem Difusa

Com a teoria dos conjuntos difusos houve a ampliação do conceito tradicional de conjunto, com a introdução da idéia de nível ou grau de pertinência, associado aos elementos do conjunto. Nos conjuntos tradicionais, a função de pertinência assume apenas dois níveis, 0 ou 1, ou seja, determinado elemento pertence (1) ou não pertence (2) ao conjunto. Nos conjuntos difusos, a função de pertinência pode assumir valores nos intervalos de 0 a 1.

Nesta abordagem a função desempenho ( $Z$ ) é considerada uma variável difusa, definida em um certo intervalo real, a cujos valores estão associados a níveis de pertinência, através da função de pertinência (VIEIRA, 2005).

Quando a função de pertinência assume forma triangular, o número difuso é chamado de número difuso triangular (NDT), e pode ser associado a cada variável com um valor mínimo, um valor médio e um valor máximo, podendo assumir valores no intervalo de 0 a 1 (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Número Difuso Triangular



FONTE: VIEIRA (2005).

Com a utilização da distribuição triangular, calcula-se o nível máximo de pertinência de impacto negativo. Com isto está sendo quantificado a probabilidade de ocorrer um impacto negativo. E o risco difuso será:

$$R_d = \text{área negativa} / \text{área total}$$

O risco difuso também foi utilizado por Mota (1995) para a quantificação dos impactos ambientais dos reservatórios do Nordeste Brasileiro e por Menescal (1999 *apud* Vieira 2005) para quantificação dos riscos ambientais e feito das ações mitigadoras do açude de Aracoiaba, ambos os casos mostrados no livro do autor Vieira (2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Desempenho da ETE São Cristóvão nos anos de 2009 a abril de 2012

O desempenho da ETE São Cristóvão em relação ao tratamento de seu efluente será avaliado pelo seu atendimento aos padrões de lançamento do efluente da ETE à Legislação Estadual. Como o sistema em estudo é composto por lagoas de estabilização, os seus efluentes devem obedecer aos padrões do artigo 4º da Portaria SEMACE nº 154/2002 (Tabela 4.1).

Na entrada da ETE o único parâmetro monitorado é a DQO. Nas legislações ambientais somente é fixado os valores dos parâmetros, a periodicidade das análises para monitoramento em ETE não é citado, o que pode mascarar a real situação do tratamento de esgotos nas estações.

Tabela 4.1- Concentrações médias dos parâmetros analisados por ano

Parâmetros	Unidades	2009	2010	2011	abr/12	Portaria SEMACE N° 154/2002
SST	mg/l	77,3	83,3	156,9	163	150
DQO <sub>Fil</sub>	mg/l	73,33	40,5	80,7	88,8	200
DBO <sub>FIL</sub>	mg/l	63,45	27,66	28,47	58,5	60
Amônia	mg/l	16,7	28,7	27,6	-	5
pH	-	8,49	8,39	8,1	8,1	7,5-10
OD	mg/l	9	7,6	7,7	2,9	>3
Sulfeto	mg/l	1,66	0,5	1,25	-	1
E.coli	NMP/100ml	3,80E+03	3,43E+03	6,63E+05	8,48E+04	5,00E+03

Para corpos de água que não possuem enquadramento, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas doces serão consideradas classe 2. Como o afluente do Cocó não possuem enquadramento, foi considerado nesta dissertação um corpo de água de Classe 2.

Quando se analisa a DQO<sub>fil</sub>, que é um parâmetro de lançamento do efluente no corpo receptor, fixado pela Portaria SEMACE 154/2002, conclui-se que a ETE atende a legislação para este padrão.

De acordo com o Von Sperling (2005), a DBO em torno de 50 a 70% é removida na lagoa anaeróbia enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. Na ETE em estudo devido ao assoreamento da lagoa anaeróbia, por causa da

grande quantidade de areia presente no lodo de fossa, conclui-se que a DBO é removida pela lagoa facultativa e apesar do objetivo principal da lagoa de maturação ser a remoção de organismos patogênicos, existe uma contribuição desta lagoa na remoção adicional de DBO.

Em relação a  $DBO_{fil}$  de 2009 a ETE não manteve níveis de remoção de compatível com a legislação, isso devido a inclusão do lodo de fossa. Mas nos anos seguintes a ETE atende a legislação para esse parâmetro, isso também se deve a utilização de um biopolímero para diminuição da carga orgânica.

Na remoção de amônia o sistema de lagoas de estabilização não se mostra eficiente, estando todas as análises acima da máxima permitida pela legislação da SEMACE, talvez devido ao assoreamento da lagoas anaeróbia, sobrecarregando assim as lagoas seguintes na remoção de matéria orgânica. A amônia é tóxica, restringindo a vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5mg/l.

O pH e o oxigênio dissolvido, encontram-se compatível com a legislação. Os SST de 2010 e 2011 estão fora dos limites da legislação, a presença de grande quantidade de SST pode ser devido a submersão do tratamento preliminar ou assoreamento da lagoa anaeróbia ou ainda de acordo com Monteiro (2009) pode ocorrer devido a existência de algas na lagoa de maturação.

A concentração de sulfeto compatível com a legislação não foi alcançado nos anos de 2009 e 2010, e em 2012 não se possui dados dessa análise devido a mesma ter sido realizada no segundo semestre de 2012, posterior a solicitação dos dados.

No tratamento biológico de lagoas de estabilização, o gás sulfídrico é o responsável pela maior parte do sulfeto que é encontrado nesses reatores.(Gloyna e Espino, 1969 apud Leite et al., 2001). Mesmo em concentrações extremamente baixas, este gás provoca bastante incomôdo devido ao seu odor característico de ovo podre. Em águas naturais o gás sulfídrico provoca morte de peixes em concentrações na faixa de 1 a 6 mg/l, além do efeito indireto do consumo de oxigênio ao se oxidar. Analisando a concentração de sulfeto presente no efluente da ETE, a sua concentração já provocaria tal efeito de mortandade dos peixes e em relação ao odor foi o principal problema apontado pela comunidade que mora no entorno da ETE.

A Concentração de Escherichia Coli nos anos de 2011 e 2012 ultrapassou o limite definido na Portaria SEMACE nº 154/2004. A Escherichia Coli é um indicador

de contaminação fecal, são predominantemente não patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação da potencialidade da água em transmitir doenças.

Withers, Jarvie e Stoate (2011) ao fazer um estudo no Reino Unido dos sistemas de fossa séptica e o seus impactos na eutrofização ao redor de uma típica aldeia inglesa concluíram que os efluentes gerados nas fossas são uma potencial fonte de emissões de nitrogênio nas águas superficiais, onde as concentrações de nitrogênio e fósforo típicos de detergente e insumos domésticos foram dominantes (70-85% do total)

Nos estudos de Meile *et al* (2010) os resultados foram os mesmos, estudaram o papel dos sistemas de fossas sépticas na Geórgia- EUA e detectou-se que são potenciais fontes de nitrogênio, sendo as principais causas da eutrofização, alterando as taxas e os tipos de produtores primários (fitoplâncton).

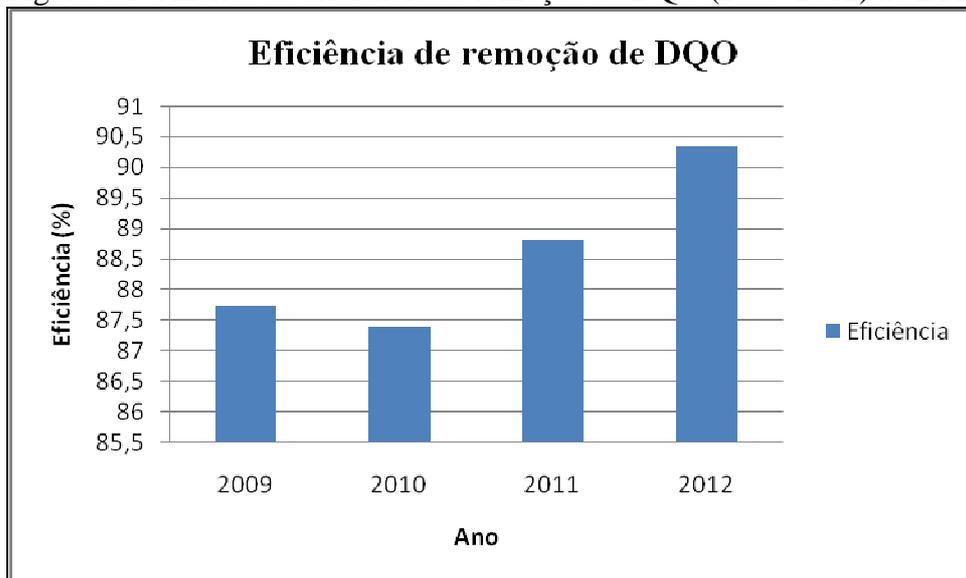
Em relação ao lodo de fossa séptica de Fortaleza foi realizada uma pesquisa por Vasconcelos (2012), e conclui-se que este lodo de fossa possui uma grande concentração de amônia. Vasconcelos (2012) afirma que a predominância da amônia pode acontecer pelo fato que, em meio anaeróbio ocorre a fase de amonificação, onde o nitrogênio orgânico é convertido em amônia e na ausência do oxigênio a amônia não sofre o processo de nitrificação demonstrando boa amonificação de matéria orgânica.

De acordo com um estudo realizado por Medeiros (2009) sobre a avaliação da eficiência de lagoas de estabilização tratando resíduos esgotados de fossa séptica afirma-se que apresentam como uma das alternativas de menor custo de construção e operação e a possibilidade de inexistência de um operador especializado e permanente. Estes sistemas são muito utilizados no tratamento do lodo de fossa séptica devido a sua elevada eficiência na remoção de matéria orgânica e a sua capacidade de assimilar grandes variações de cargas orgânicas e hidráulicas. A causa da grande variabilidade da carga orgânica consiste na grande diversidade da origem do esgoto (residências uni ou multifamiliares, postos de saúde, delegacias...), nas diversas configurações nos sistemas individuais de tratamento e as diferenças no intervalo de tempo entre os esgotamentos realizados nas residências.

Analisando a eficiência da ETE São Cristóvão na remoção de matéria orgânica através da DQO, percebe-se uma diminuição de sua eficiência em 2010 (Figura 4.1), devido a sobrecarga orgânica causada pela inclusão do lodo em 2009. Apesar de vários problemas na ETE como o incremento da carga orgânica originária do

lodo de fossa e o assoreamento da lagoa anaeróbia, a ETE apresenta uma remoção compatível com a citada por Von Sperling (2005) para o sistema de lagoas de estabilização que em termos de DQO 70-83%. Com o lançamento do biopolímero nas lagoas aumenta-se a eficiência de remoção de materiais orgânicos, diminuindo assim a sobrecarga na estação.

Figura 4.1- Análise da eficiência de remoção de DQO (2009-2012) na ETE



Fonte: CAGECE(2012).

#### 4.2 Análise da matriz de impactos

Foi feita uma avaliação ex-post dos impactos ambientais causados por uma estação de tratamento de esgotos, que se encontra em operação.

Após a identificação dos impactos de acordo com o aspecto (lodo e efluente) e nas etapas de transporte, deságüe, tratamento e disposição final, os impactos foram classificados quanto a valoração, duração, magnitude e importância, conforme classificação apresentada no item 4.4 e conforme mostradono Apêndice E.

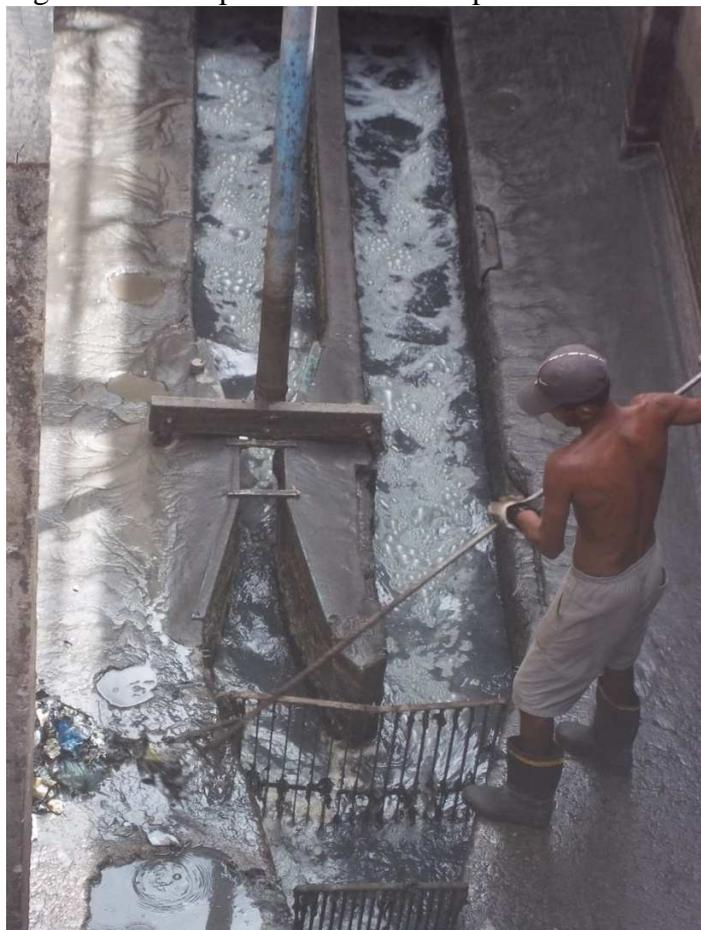
Quando avaliamos sob o aspecto do efluente nas etapas de tratamento (tratamento preliminar e lagoas de estabilização) do mesmo, observamos os seguintes impactos:

**Redução de uma fonte poluidora:** a ETE tem como função minimizar os impactos que este efluente teria sobre o meio ambiente, promovendo a diminuição da sua carga poluidora, e promovendo impacto positivo aos que se beneficiam. A controvérsia é que a população no entorno da ETE não é beneficiada, pois o terreno é de

propriedade da Cagece e aqueles moradores estão ali sem o seu consentimento (área invadida). A ETE atende a 27 mil habitantes do Conjunto São Cristóvão. Deste modo o impacto é positivo, muito importante, de grande magnitude e de média duração (+ MiGMd).

**O comprometimento da saúde do operador da ETE:** ocorre devido ao contato diário com o esgoto doméstico. A limpeza das unidades do tratamento preliminar não é de forma mecanizada (Figura 4.2) sujeitando os operadores a condições de risco para a sua saúde, além da não utilização correta dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual) que agrava ainda mais a situação. De acordo com o questionário aplicado ao operador, afirmaram não utilizarem EPI devido ao calor e ao desconforto do equipamento. Em conversa com um dos operadores (existem 3 operadores na ETE que se reversem diariamente) ele nos afirmou que o esgoto não representava risco algum a sua saúde, o único inconveniente era o constante aparecimento de problemas de pele. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de pequena magnitude e de longa duração (-MiPL).

Figura 4.2 - Limpeza do tratamento preliminar



FONTE: a autora (2012).

**Vetores causadores de doenças:** na aplicação do questionário com a comunidade, aproximadamente 90%, os moradores reclamaram da grande quantidade de vetores causadores de doenças, como os ratos, baratas e insetos. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de média duração (-MiGMd).

**Geração de odores:** outro fator bastante enfatizado no momento da aplicação do questionário pelos moradores foi o constante mau cheiro. De acordo com o questionário 60% dos entrevistados relataram ser proveniente das instalações da ETE; a comunidade ainda afirmou que quando a ETE não está em operação não tem odores, então eles acreditam que com sua desativação acabariam os odores. Várias pessoas afirmaram que por causa do odor sentem dor de cabeça, tontura, náuseas e relataram o costume de fechar portas para tentar fugir do odor. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de curta duração (-MiGC).

**Poluição Visual:** devido à presença da ETE há uma alteração na paisagem, entretanto uma pequena parcela dos entrevistados informaram que não sabia nem da existência da ETE perto de sua residência, já outros relataram o desejo de fechamento da ETE, uma vez cessado o empreendimento, a paisagem natural se tornaria menos impactada. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de pequena magnitude e de curta duração (-MiPC).

**Acidentes no entorno da ETE:** foram relatadas pela comunidade como o caso de crianças e animais que já caíram nas lagoas de estabilização, devido o quintal das casas darem acesso às lagoas e ausência de cercas nestas lagoas. O operador também relatou que já caiu dentro do sistema de tratamento de esgotos (caixa de areia que recebe o lodo de fossa). Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de magnitude média e de curta duração (-MiMC).

**Diminuição da qualidade de vida da população em torno da ETE:** com o intenso fluxo de caminhões, odor, grande quantidade de vetores de doenças, há uma diminuição da qualidade de vida da população que mora no entorno da ETE, que é um impacto indireto, visto que foi produzido a partir dos impactos diretos causados pela

ETE. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de magnitude média e de média duração (-MiMMd).

**Repugnância da população à ETE:** no momento de aplicação do questionário várias pessoas demonstraram repugnância a estação e falaram sobre o desejo de fechamento da ETE. O impacto é negativo, importante, de magnitude média e de longa duração (-IMC).

**O comprometimento da saúde da comunidade:** ocorre devido ao intenso odor, constante ruído devido aos caminhões limpa-fossa no momento de desagüe do lodo de fossa e os constantes problemas de pele principalmente nas crianças. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de longa duração (-MiGL).

**Contaminação do solo:** no tratamento preliminar da ETE, é realizada limpeza periódica (Figura 4.3) nas grades várias vezes ao dia, gerando muitos subprodutos (cabelos, papel, tecidos...),mas o seu recolhimento só é realizado 2 vezes na semana, enquanto isso estes resíduos ficam armazenados na ETE, provocando a contaminação do solo. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, magnitude média e de longa duração (-MiML).

Figura 4.3- Subprodutos retirados da limpeza do Tratamento Preliminar



Fonte: a autora(2012)

**Melhoria da qualidade de vida:** com a existência da ETE grande quantidade de esgoto deixa de ser lançado a céu aberto e em corpos hídricos, melhorando a qualidade ambiental do lugar que a ETE atende e com isso uma melhoria na qualidade de vida. Desta forma o impacto é positivo, muito importante, magnitude grande e de média duração (+ MiGMd).

**Desvalorização do terreno:** devido a presença da ETE, aspecto estético desagradável e o odor, ao redor da ETE há uma desvalorização do terreno, criando assim um problema econômico para a comunidade. Deste modo o impacto é negativo, importante, de magnitude média e de média duração (-IMMd).

Quando avaliamos sob o mesmo aspecto (efluente) na etapa de destino final do efluente observamos os seguintes impactos:

**Alteração da qualidade da água do corpo receptor:** de acordo com as análises físico-químicas do efluente, a ETE não tem uma remoção eficiente em SST, Nitrogênio, *Escherichia Coli*, alterando assim a qualidade do corpo receptor. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, magnitude grande e de longa duração (-MiGL).

**Restrição quanto aos usos múltiplos:** devido aos vários parâmetros de qualidade do efluente não se enquadrarem na legislação, pode ocorrer a degradação da qualidade da água do corpo receptor, comprometendo seus múltiplos usos como, por exemplo, o banho devido a probabilidade de existência de organismos patogênicos(-MiGMd).

**Redução da fauna e da flora do corpo receptor:** de acordo com Bento (2011), o Cocó sofre os mais variados impactos ambientais nos 25 Km que percorre o perímetro urbano de Fortaleza. Em seu trecho urbano inicial, esse rio passa por bairros constituídos predominantemente por invasões, loteamentos e conjuntos habitacionais: Jangurussu (São Cristovão e Palmeiras), Barroso, dentre outros. Nestes bairros ocorrem baixos percentuais de esgotamento sanitário e um significativo número de domicílios sem instalações sanitárias domiciliares. Silva (2003 *apud* Santos, 2006) também relata que até receber as águas do riacho Timbó o Rio Cocó encontra-se pouco impactado, já que este recebe uma quantidade muito grande de resíduos e esgotos domésticos e industriais oriundos da sede municipal e distrito industrial de Maracanaú. A quantidade de resíduos domésticos se intensifica deste ponto em diante, principalmente ao fluir no

território de Fortaleza, pois o rio recebe os dejetos de vários conjuntos habitacionais do Jangurussu, causando assim uma redução da fauna e flora do corpo receptor. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, magnitude média e de média duração (-MiMMd).

**Doenças de veiculação hídrica:** devido a ETE não atender aos padrões da legislação, há uma grande probabilidade de existência de organismos patogênicos no corpo receptor (existência de *Escherichia Coli* no efluente -ver item 5.1). Desta forma o impacto é negativo, muito importante, de magnitude média e de longa duração (-MiML).

**Não atendimento aos padrões da legislação:** o parâmetro de maior preocupação ambiental é a quantidade de amônia no efluente da ETE (não atendimento aos padrões da legislação), pois causam grandes impactos no corpo receptor como a morte de peixes, devido a sua toxicidade e a eutrofização (Ver item 5.1). Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de magnitude média e de curta duração (-MiMC).

Quando avaliamos sob o aspecto lodo na etapa de transporte para a ETE observamos os seguintes impactos:

**Geração de empregos:** no transporte do lodo (residência até a estação) estão cadastradas junto a Cagece 24 empresas limpa fossa, com aproximadamente 62 caminhões fazendo este transporte, gerando empregos diretos e indiretos. Desta forma o impacto é positivo, muito importante, magnitude pequena e de curta duração (+MiPC).

**Contaminação do solo:** Ocorre tanto na fase de transporte como no desague. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, magnitude média e de longa duração (-MiML).

Quando avaliamos sob o aspecto lodo na etapa de desague na ETE observamos os seguintes impactos:

**Contaminação do solo pelos resíduos dos caminhões limpa-fossa:** de acordo com o questionário aplicado a comunidade, informaram-nos que após o deságüe do lodo os caminhões limpa fossa contaminam o solo das ruas no entorno da ETE (Figura 4.4), com resíduos contidos na mangueira dos caminhões, prejudicando principalmente as crianças que brincam no chão, devido a falta de locais de lazer para as mesmas. Em contato com a CAGECE nos informaram que quando flagram esta ação o

caminhão é penalizado com suspensão no desague na ETE. Mesmo que aja uma intensificação da fiscalização para que o problema não volte a ocorrer este solo pode ainda continuar transmitindo doenças por um longo período. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de magnitude média e de longa duração (-MiML).

Figura 4.4- Resíduos deixados pela mangueira dos caminhões



FONTE: a autora (2012).

**Poluição Visual:** devido ao intenso fluxo de caminhões limpa fossa e ao aspecto estético desagradável do lodo de fossa. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, pequena magnitude e de curta duração (-MiPC).

**Geração de odores:** de acordo com o questionário aplicado a comunidade, a geração de odores foi o pior problema da comunidade, e ainda relataram que quando não tem deságüe de lodo não tem odores. Desta forma o impacto é negativo, muito importante, grande magnitude e de curta duração (-MiGC).

**Aumento do tráfego de veículos/ circulação de pessoas:** devido ao deságüe do lodo de fossa, há um intenso tráfego de caminhões limpa fossa no entorno da ETE e com isso aumento de circulação de pessoas (empregados destas empresas). Deste modo o impacto previsto é negativo, importante, de magnitude média e de curta duração (-IMC).

**Redução dos locais de recreação:** no entorno da ETE não existem áreas de lazer para as crianças, e com a contaminação do solo das ruas pelos resíduos dos caminhões limpa-fossa, agrava a redução dos locais de recreação. O impacto previsto é negativo, muito importante, de magnitude média e de duração média (-MiMMd).

**Geração de ruídos:** devido o intenso fluxo diário dos caminhões e o deságüe do lodo que utiliza um sistema de sucção a vácuo, há uma grande geração de ruídos. Desta forma o impacto previsto é negativo, importante, magnitude média e de curta duração (-IMC).

**Repugnância da população à ETE:** Devido ao aspecto estético desagradável do deságüe do lodo de fossa há repugnância da comunidade a ETE. Desta forma o impacto seria negativo, importante, de magnitude média e de longa duração (-IML).

**Geração de renda para a comunidade:** com o deságüe do lodo de fossa na ETE, algumas moradoras fornecem marmitas para os trabalhadores destas empresas, gerando renda para a comunidade. Deste modo o impacto possui uma valoração positiva, uma pequena magnitude e uma curta duração (+MiPC).

Quando avaliamos sob o aspecto lodo na etapa de tratamento na ETE observamos os seguintes impactos:

**O comprometimento da saúde da comunidade:** ocorre devido ao intenso odor, os constantes problemas de pele dos moradores do entorno da ETE (principalmente crianças). Segundo o questionário aplicado à comunidade vários moradores relataram sentir dor de cabeça, tontura e uma intensa sensação de incômodo. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de longa duração (-MiGL).

**O comprometimento da saúde do operador da ETE:** ocorre devido ao contato diário com lodo de fossa (grande quantidade de agentes patogênicos), a limpeza

do tratamento preliminar, que não é de forma mecanizada, sujeitando os operadores a condições de risco para a sua saúde, além da não utilização correta dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual). Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de pequena magnitude e de longa duração (-MiPL).

**Desvalorização do terreno:** devido a presença da ETE, aspecto estético desagradável e o odor, no entorno da ETE há uma desvalorização do terreno, criando assim um problema econômico para a comunidade. Deste modo o impacto é negativo, importante, de magnitude média e de média duração (-IMMd).

**Geração de odores:** como já falado anteriormente a geração de odores foi um dos problemas mais enfatizado pela comunidade (60% dos entrevistados relataram ser proveniente das instalações da ETE). Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de curta duração (-MiGC).

**Diminuição da qualidade de vida da população do entorno da ETE:** para os moradores que moram no entorno da ETE e não são contemplados com o benefício do tratamento de esgotos, ocorre a diminuição da qualidade de vida da população do entorno da ETE, devido a convivência com a grande quantidade de ratos e barata e a presença do esgoto a céu aberto de suas próprias casas. Desta forma o impacto é muito importante, de magnitude média e de media duração(-MiMMd).

**Vetores causadores de doenças:** como já falado anteriormente na comunidade quase todos (aproximadamente 90%) os moradores reclamaram da grande quantidade de vetores causadores de doenças, como os ratos, as baratas e os insetos. Deste modo o impacto é negativo, muito importante, de grande magnitude e de média duração (-MiGMd).

**Alteração da qualidade do efluente:** com a inclusão do lodo de fossa, há um incremento de carga orgânica e areia na ETE, e devido a alta vazão de lodo de fossa ocorre a submersão do tratamento preliminar, diminuindo assim a eficiência desta etapa, e alterando a qualidade do efluente. Desta forma o impacto é muito importante, de magnitude média e de media duração (-MiMMd).

Quando avaliamos sob o aspecto lodo na etapa de destinação final observamos os seguintes impactos:

**Diminuição da vida útil do aterro:** com a disposição dos subprodutos gerados da ETE no aterro, há diminuição do volume útil do aterro. Em conversa com o responsável pelo ASMOC ele afirmou que a quantidade de subprodutos dispostos no aterro em comparação com os resíduos domiciliares, não traz grandes impactos ao aterro. Desta forma o impacto previsto seria negativo, de magnitude pequena e de longa duração (-IPL).

Após a classificação dos impactos, cada atributo que resultou nesta classificação foi identificado por um número de referência, de acordo com o critério estabelecido no subitem 3.4. Depois da aplicação deste critério para todos os atributos possíveis da matriz, obtivemos uma faixa de variação do -27 ao +3. Logo após ordenou-se em ordem crescente os valores. Impactos de mesmo peso repete-se a ordenação. Resultando em uma escala de valores de 8 níveis, em que o MiPC é o nível com menor grau de impacto e o MiGL o de maior grau de impacto (Tabela 4.2). Esta ordenação dará origem a uma matriz de valores que será utilizada na abordagem difusa, de acordo com o mostrado no Apêndice F, conforme explicado na metodologia a fim de quantificar a probabilidade de um impacto negativo ocorrer

Tabela 4.2 - Quantificação dos Atributos Resultantes para a Matriz de Impactos

<b>Atributos</b>	<b>Importância</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Duração</b>	<b>Quantificação</b>	<b>Ordenação</b>
<b>MiPC</b>	Muito importante	Pequena	Curta	3	1
<b>IMC</b>	Importante	Média	Curta	4	2
<b>MiPMd</b>	Muito importante	Pequena	Média	6	3
<b>IPL</b>	Importante	Pequena	Longa	6	3
<b>MiMC</b>	Muito importante	Média	Curta	6	3
<b>IMMd</b>	Importante	Média	Média	8	4
<b>MiGC</b>	Muito importante	Grande	Curta	9	5
<b>MiPL</b>	Muito importante	Pequena	Longa	9	5
<b>MiMMd</b>	Muito importante	Média	Média	12	6
<b>IML</b>	Importante	Média	Longa	12	6
<b>MiGMd</b>	Muito importante	Grande	Média	18	7
<b>MiML</b>	Muito importante	Média	Longa	18	7
<b>MiGL</b>	Muito importante	Grande	Longa	27	8

### 4.3 Medidas Ambientais

No Apêndice G é mostrado os impactos, seus atributos (utilizado na aplicação dos métodos) e a sua quantificação, junto com as medidas ambientais, seus atributos, quantificação e as medidas pós medidas (utilizado na aplicação dos métodos).

Após a identificação dos impactos foram sugeridas algumas medidas ambientais do tipo mitigadora e de monitoramento, de natureza corretiva e outras preventivas como forma de minimizar os impactos gerados pela fase de operação do empreendimento para o seu entorno (Apêndice H). Para os impactos positivos não foram estabelecidas medidas ambientais. Muitos impactos ocorrem em diversas etapas do mesmo aspecto (efluente ou lodo), com a finalidade de não tornar o trabalho repetitivo, cada impacto será citado uma única vez com sua respectiva medida ambiental. A descrição dos impactos ambientais e suas respectivas medidas mitigadoras são descritas abaixo.

È importante salientar que algumas medidas afetam mais de um impacto e que também existem impactos com mais de uma medida. As medidas ambientais de cada impacto foram colocadas em negrito para melhor visualização do leitor. Foram propostas vinte e três medidas ambientais descritas a seguir

**Limpeza mecanizada e a correta utilização periódica dos EPIs:** seria uma solução para a saúde do operador da ETE que é comprometida devida a limpeza das unidades serem manuais. A limpeza mecanizada não foi considerada na quantificação dos impactos por ser uma medida ambiental de longo prazo.

**Maior periodicidade na limpeza das margens da lagoa de estabilização:** Devido o recolhimento dos subprodutos gerados pela ETE serem realizados esparsamente durante a semana, há uma grande proliferação de vetores causadores de doenças, principalmente ratos, baratas e insetos. Evitando o acúmulo deste material seria uma forma de evitar a grande quantidade destes vetores. Seria uma solução viável para a diminuição principalmente de insetos, já que estas lagoas são limpas uma vez por ano (esta limpeza não inclui a retirada do lodo).

**Produto químico eficiente e com ausência de odor:** no questionário aplicado a população foi relatado sobre um produto (biopolímero) que é colocado nas

lagoas de estabilização, os mesmos relatam um cheiro insuportável. Em análise a ficha técnica do produto o mesmo apresenta odor moderado não tóxico. Uma solução para a reclamação da população em relação ao odor causado por este produto seria a sua mudança por um mais eficiente e sem odor.

**O Cinturão Verde** é uma medida para amenizar o odor, considerado normal, formado na primeira etapa do processo quando as bactérias se alimentam do esgoto e produzem gases na lagoa anaeróbia. Estes gases causam o mau cheiro que a população tanto reclama, normalmente são compostos de enxofre (normalmente gás sulfídrico). Esta medida ambiental é bastante comum nas concessionárias de esgoto como a SANEPAR que plantou 15 mil mudas em uma ETE em Londrina na tentativa de minimizar os efeitos dos gases emitidos durante o processo de tratamento, além de isolar visual e fisicamente estas unidades. Outro exemplo foi a Fundação Bradesco em Parceria com a Prefeitura Municipal de Garanhuns onde foram plantadas 350 mudas de eucalipto (espécie *Citriadora*- eucalipto de cheiro) nos arredores da lagoa de decantação em 2003, esta espécie de eucalipto é escolhida devido ao seu forte aroma de limão. Estas cortinas verdes além de minimizar os odores, são adequadas para ações de paisagismo no entorno da ETE, minimizando a alteração da paisagem natural causada pelo desague e tratamento do lodo e do efluente na ETE. Esta medida não foi considerada para análise de risco por ser uma medida de longo prazo.

**Utilização de barreiras (cercas) para isolamento das lagoas:** seria uma solução viável, já que vários acidentes nas lagoas de estabilização foram relatados pelos moradores, como afogamento de crianças e animais.

**O acompanhamento da saúde da população através de visitas domiciliares de profissionais da saúde:** seria fundamental para qualidade de vida da população da ETE e uma forma de evitar o comprometimento da saúde da comunidade. Muitos relataram a distância ao posto de saúde (Centro de Saúde da Família Francisco Melo Jaborandi) e a falta de médicos.

**Realização de palestras por parte da concessionária de esgotos de educação ambiental:** uma alternativa viável a repugnância da população a ETE, seria a realização de atividades de integração à comunidade para esclarecimento dos benefícios da ETE.

**Maior periodicidade no recolhimento dos subprodutos gerados pela ETE:** na ETE são dispostos os subprodutos gerados diariamente, o que pode provocar a

contaminação do solo, esta medida proposta seria uma solução viável apesar de aumentar as despesas da CAGECE com o transporte dos subprodutos.

**Urbanização no entorno da ETE:** devido à presença da ETE e o desague do lodo ocorreu uma desvalorização do terreno, esta medida ambiental melhoraria a qualidade de vida desta população. Um processo de urbanização eficiente para a área teria de adotar as seguintes medidas: pavimentação na frente da ETE (facilitaria a higienização e o acesso ao lugar) e a construção de áreas de lazer para a comunidade.

**Monitoramento adequado do corpo receptor:** que recebe o efluente da ETE, assim como a avaliação da capacidade de autodepuração do corpo receptor, evitaria -se diversos impactos como alteração da qualidade da água do corpo receptor, restrição quanto aos usos múltiplos, redução da fauna do corpo receptor, redução da flora do corpo receptor e doenças de veiculação hídrica.

**Construção de um reator UASB, as lagoas funcionariam como pós-tratamento:** o tratamento existente na ETE em estudo não atende aos padrões da legislação para alguns parâmetros como Coliformes Fecais, Nitrogênio e Sólidos em Suspensão. A lagoa anaeróbia encontra-se assoreada, a remoção de lodo das lagoas é um processo caro; sendo assim uma solução viável economicamente seria a substituição desta lagoa por um reator UASB e as lagoas funcionariam como pós-tratamento. De acordo com Van Haandel & Letinga (1994, *apud* Mayer et., 2001) a qualidade do efluente do UASB não atende a legislação, mas com a utilização do tratamento complementar de lagoas para polimento, o efluente alcança a qualidade higiênica (refletida pelo número de coliformes fecais e ovos de helmintos), remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão e eventualmente remoção de nutrientes.

**Fiscalização da CAGECE a estes caminhões e a adoção de medidas punitivas eficazes:** após o desague do lodo na ETE ocorre a contaminação do solo pelos resíduos dos caminhões limpa-fossa. Uma medida seria a suspensão temporária para as empresas limpa-fossa que ao lançar o lodo na ETE, saem poluindo as ruas no entorno da ETE com os resíduos.

**Organizar o tráfego dos caminhões limpa-fossa no entorno da ETE:** há um intenso tráfego de caminhões na ETE principalmente pela manhã, e com isso uma

grande geração de ruídos devido às manobras dos caminhões para o desague na ETE, cabe a CAGECE o agendamento ao desague a ETE como uma tentativa de organizar o tráfego.

**Construção de áreas de lazer para a comunidade:** devido à carência da comunidade e da sua localização no entorno da ETE não existem áreas de lazer principalmente para as crianças e com a contaminação do solo pelos caminhões a situação é agravada.

**Introdução de um tanque de equalização:** devido a grande vazão de lodo de fossa na ETE, em alguns momentos do dia ocorre a submersão do tratamento preliminar e o efluente passa para as lagoas com grande quantidade de areia (alteração da qualidade do efluente) assoreando-as, uma solução seria a antes do tratamento preliminar, seria a introdução deste tanque para que o sistema seja operado em vazões constantes.

**A reutilização dos subprodutos gerados pela ETE** (nas caixas de areia que recebem o lodo de fossa e do tratamento preliminar) seria uma alternativa viável como, por exemplo, os subprodutos da caixa de areia (lodo), com isso estes produtos deixariam de ir para o aterro, reduzindo os custos com transporte e deixaria de contribuir para redução da vida útil deste, apesar da pequena magnitude. Uma linha de pesquisa está sendo desenvolvida na UFC sobre o aproveitamento do lodo de fossa, em vez despejar diretamente na ETE seriam despejados em bags retornáveis (bolsões feitos de manta geotêxtil) e o líquido seria drenado para entrada da ETE, este lodo acumulado nos bags seria disposto diretamente em solo agrícola ou seguiria para compostagem com poda de árvore picada, para depois ser disposto diretamente no solo. Esta seria uma alternativa viável para ETE São Cristóvão. De acordo com Morgado *et al* (2011), que realizou um trabalho sobre a caracterização da composição dos resíduos removidos no tratamento preliminar na ETE ABC em São Paulo, os principais materiais retidos pela grade média (espessura do caso em estudo) em ordem decrescente seria plástico, plásticos pré-moldados, fibras/ fiapos, gorduras e embalagens diversas. Para estes materiais não tem como ser feita uma reutilização, e sim a promoção de uma conscientização ambiental através de Programas de Educação Ambiental com os moradores.

#### 4.4 Análise de Risco

Foram listados na matriz de interação 36 possíveis impactos. Nesta matriz foi considerada a hipótese de um impacto afetar mais de um meio. No meio Biótico foram identificados dois impactos ambos de valoração negativa, no meio Abiótico foram listados doze impactos todos negativos e no meio Antrópico considerado o mais impactado foram trinta e um impactos sendo que cinco são positivos e vinte e seis são negativos. Nesta matriz observa-se o predomínio dos impactos negativos.

A Análise de risco foi realizada através da aplicação dos métodos difusos e probabilísticos, na fase de operação na ETE São Cristóvão. Analisando a Tabela 4.3 em relação aos seus aspectos (efluente e lodo) em suas diversas etapas; por meio e no geral sob o enfoque do método difuso.

Tabela 4.3 - Método difuso sem e com medidas ambientais

<b>Meio afetado</b>	<b>Sem medidas</b>	<b>Com medidas</b>
<b>Efluente</b>	<b>72,3%</b>	<b>64%</b>
Tratamento	56,7%	51%
Destino Final	100%	10%
<b>Lodo</b>	<b>97,8%</b>	<b>36%</b>
Transporte	97,6%	0%
Desague	95%	31%
Tratamento	100%	38%
Destino Final	100%	0%
<b>Biótico</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>
Fauna	100%	0%
Flora	100%	0%
<b>Abiótico</b>	<b>100%</b>	<b>40%</b>
Ar	100%	0%
Água	100%	11%
Solo	98%	90%
<b>Antrópico</b>	<b>68%</b>	<b>43%</b>
Economia	96,8%	38,5%
Social	60,3%	31,4%
Saúde Pública	70,8%	49%
<b>GLOBAL</b>	<b>71,6%</b>	<b>40,3%</b>

Em relação ao aspecto efluente constatamos que o seu impacto causado é de 72,3%, analisando agora suas etapas (tratamento e destino final) observamos que a

etapa tratamento do efluente impacta com 56,7%, sendo o destino final a etapa que mais impacta o meio com 100%. Após a aplicação das medidas ambientais houve a redução do impacto negativo causado pelo efluente para 64%, 51% dos impactos ocasionados pelo tratamento e 10% dos impactos trazidos pelo destino final do efluente no corpo receptor (afluente do Rio Cocó).

Ao analisarmos o aspecto lodo observamos que é o aspecto que mais causa impactos na ETE com 97,8% e das suas etapas em ordem crescente de impactos observamos tratamento e destino final ambos com 100%, seguidos do transporte (97,6%) e o desague (95%). Após a aplicação das medidas ambientais os impactos negativos reduziram para 36% no aspecto lodo, 0 % na etapa transporte, 31% no desague do lodo de fossa na ETE, 38% no tratamento e 0% no destino final do lodo.

O meio mais afetado com a operação do empreendimento em ordem crescente é o biótico (fauna e flora) e o abiótico (ar, água e solo) e o antrópico (economia, social e saúde pública), com respectivamente 100%, 100% e 68%, de acordo com o método difuso. Após a aplicação das medidas ambientais nos impactos causados pela ETE, houve a redução dos impactos para 0% no meio biótico, 40% no meio abiótico e aproximadamente 43% no meio antrópico.

Quando avaliamos os impactos por meio e de acordo com as etapas, constatamos que o impacto causado na fauna e na flora pertencentes ao meio biótico é de 100%. Após a aplicação das medidas ambientais observamos que os impactos foram neutralizados com as medidas.

Ao avaliarmos o meio abiótico observamos que o ar e a água foram impactados em 100% e o solo em 98%. Após a aplicação das medidas ambientais houve grande melhoria nos impactos no ar (0%), e significativa redução na água (11%).

No meio antrópico os componentes mais afetados em ordem crescente foram a economia, a saúde pública e o social com respectivamente, 96,8%, 70,8% e 60,3%. Após a aplicação das medidas ocorreu uma redução dos impactos para 38,5% na economia, 31,4 % no social e 49 % na saúde pública. Ao analisarmos o global temos 71,6% de impactos e após a aplicação das medidas ambientais observa-se uma redução para 40,3%.

Analisando a tabela 4.4 em relação aos seus aspectos em suas diversas etapas; por meio e no geral sob o enfoque do método probabilístico.

Tabela 4.4- Método probabilístico sem e com medidas ambientais

<b>Meio afetado</b>	<b>Sem medidas</b>	<b>Com medidas</b>
<b>Efluente</b>	<b>72%</b>	<b>64%</b>
Tratamento	56%	52%
Destino Final	100%	11%
<b>Lodo</b>	<b>98%</b>	<b>38%</b>
Transporte	97%	0%
Desague	95%	32%
Tratamento	100%	39%
Destino Final	100%	0%
<b>Biótico</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>
Fauna	100%	0%
Flora	100%	0%
<b>Abiótico</b>	<b>100%</b>	<b>31%</b>
Ar	100%	0%
Água	100%	12%
Solo	98%	91%
<b>Antrópico</b>	<b>68%</b>	<b>41%</b>
Economia	96%	39%
Social	60%	31%
Saúde Pública	71%	50%
<b>GLOBAL</b>	<b>74%</b>	<b>41%</b>

Ao analisar o aspecto efluente observamos um impacto negativo de 72%. Após a aplicação das medidas ambientais houve uma redução para 64%. Analisando as etapas deste meio concluímos que a etapa mais impactante é do destino final do efluente no corpo receptor, e após a aplicação das medidas ambientais houve uma redução de impactos do destino final para 11%.

Sob o aspecto lodo os impactos são de 98%, indicando ser entre os aspectos o mais impactante. Após a aplicação das medidas ambientais este impacto reduziu-se para 38%. Analisando as etapas deste meio observamos que o transporte se mostra mais impactante que o desague, respectivamente com 97% e 95%, e após a aplicação das medidas estes valores se reduziram para 0% e 32%.

O meio mais afetado com o empreendimento em ordem crescente é o biótico, abiótico e o antrópico (economia, social e saúde pública), com respectivamente

100%, 100% e 68%, de acordo com o método probabilístico. Após a aplicação das medidas ambientais nos impactos causados pela ETE, houve a redução dos impactos em 0% no meio biótico, 31% no meio abiótico e aproximadamente 41% no meio antrópico.

Ao avaliar os impactos de acordo com as etapas por meio, observamos que o impacto causado na fauna e na flora pertencentes ao meio biótico é de 100%. E após aplicação das medidas ambientais observamos que os impactos foram neutralizados na sua totalidade com as medidas.

Ao avaliar o meio abiótico observamos que o ar e a água ambos foram impactados em 100% e o solo em 98%. Após a aplicação das medidas ambientais houve grande melhora nos impactos no ar (0%), e na água (12%).

No meio antrópico os componentes mais afetados em ordem crescente foram a economia, a saúde pública e o social com respectivamente, 96%, 71% e 60,%. Após a aplicação das medidas houve uma redução dos impactos em 39% na economia, 31% no social e 71% na saúde pública. Ao analisarmos o global temos 74% de impactos e após a aplicação das medidas ambientais observa-se uma redução para 41%. Analisando os dois métodos pode-se concluir que apresentam resultados bem semelhantes.

Foi feita uma quantificação dos impactos utilizando as medidas de longo prazo (limpeza mecanizada e cinturão verde) que não foram contempladas na análise acima, quando inseridas provocaram uma pequena variação (de um a seis por cento) no meio abiótico, no meio antrópico (social e saúde pública) e no global em relação aos resultados acima (pós - medidas ambientais) mostrados em ambos os métodos. No intuito de priorizar as medidas de curto e médio prazo e da pouca variação com a inserção das mesmas, não foram utilizadas as medidas de longo prazo neste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

A matriz de impacto construída para a ETE São Cristóvão abrange somente a fase de operação devido à inexistência de matrizes ou registros da época de construção e implantação da estação. Foram listados nesta matriz 36 possíveis impactos e na identificação dos impactos foi considerada a hipótese de um impacto afetar mais de um meio. No meio Biótico foram identificados dois impactos, ambos de valorização negativa. No meio Abiótico foram listados doze impactos todos negativos e no meio Antrópico, considerado o mais impactado, foram trinta e um impactos sendo cinco positivos e vinte e seis negativos. Nesta matriz observa-se o predomínio dos impactos negativos.

De acordo com os métodos difusos e probabilísticos utilizados para a quantificação da probabilidade de ocorrer um impacto negativo, foi constatada na ETE São Cristóvão que o lodo é o maior causador de impactos à estação, à população do entorno da ETE e ao corpo receptor da estação. O meio mais afetado com a operação do empreendimento em ordem crescente é o biótico (fauna e flora), seguido do abiótico (ar, água e solo) e o antrópico (economia, social e saúde pública). O risco ambiental da ETE São Cristóvão é de aproximadamente 71,59% e após a aplicação das medidas ambientais teríamos uma redução para 40,32%, ou seja, uma redução de aproximadamente 31% dos impactos negativos.

Infelizmente até o momento não existem planos na Cagece para outra destinação do lodo de fossa em Fortaleza, também não existe nenhum programa de melhoria para ETE São Cristóvão.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Devido à grande importância de ordem ambiental e de saúde pública, é imprescindível a realização de outros estudos para a maximização da eficiência das Estações de Tratamento de Esgotos como:

- Avaliar a eficiência de cada lagoa de estabilização da ETE São Cristóvão;
- Estudo da viabilidade econômica, social e ambiental de uma estação que realize somente o tratamento de lodo de fossa;
- Expandir esta mesma avaliação para as outras ETEs da Região Metropolitana de Fortaleza, se possível desde a etapa de construção da ETE;
- Avaliar a eficiência do uso de plantas de eucalipto (*Citriadora*) para minimização de odores em estações;
- Avaliar as outras ETEs da Região Metropolitana de Fortaleza quanto ao atendimento às legislações estaduais e municipais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISSE, M. M. **Sistemas econômicos de esgotos sanitários**. ABES. Rio de Janeiro, 2000. 192p.
- ALVARES, A.V. **Avaliação do tratamento do lodo da ETE Arruda- MG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, 108p., 2006.
- ANDREOLI, C.V. (Coord). **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final**. PROSAB: Programa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: ABES 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.
- BARBOSA, T.A.S, DUPAS, F.A. **Utilização de uma matriz simplificada para a quantificação e qualificação dos impactos ambientais da PCH Ninho da águia**. VI Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Belo Horizonte-MG, 2008.
- BENTO, V. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. 173p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia)- Fortaleza: UECE, 173 p. 2011.
- BEZERRA, D.V. **Análise de opções de tratamento de esgoto e proposições de efetivos no contexto de estado do Ceará**. 2007. 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- BOLZANI, H.R *et al.* Levantamento dos Impactos Ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos e proposta de medidas mitigatórias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26. 2011. Porto Alegre- RS. **Anais...** Porto Alegre: EDUFERS, 2011. 1CD-ROM.
- BORGES, N.B. **Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e de tanques sépticos**. 2009, 152f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2º ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988, atualizada até a Emenda Constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002. 31. Ed. São Paulo: Saraiva 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em 12 fev.2012.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras

providências. Publicada no **Diário Oficial da União** em 02 de setembro de 1981. Disponível em: < [http:// www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em 12 fev.2012.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011 Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis. Publicada no **Diário Oficial da União** em 09 de dezembro de 2011. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp140.htm)>. Acesso em 12 fev.2012.

BRASIL. Portaria 154, de 22 de julho de 2002. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Publicada no **Diário Oficial da União** em 01 de outubro de 2002. Disponível em:< [http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo\\_legislacao.asp?cd=95](http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95)>. Acesso em: 12 dez.2011.

BRASIL. Resolução 001, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as definições, responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais. Publicada no **Diário Oficial da União** em 17 de fevereiro de 1986. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> > . Acesso em: 12 dez.2011.

BRASIL. Resolução 005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 15 de junho de 1988. Dispõe sobre as obras de saneamento que estão sujeitas ao licenciamento. Publicada no **Diário Oficial da União** em 16 de novembro de 1988. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res88/res0588.html> >. Acesso em: 12 dez.2011.

BRASIL. Resolução 237, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no **Diário Oficial da União** em 22 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 15 fev.2012.

BRASIL. Resolução 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 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 lançamentos de efluentes e, dá outras providências. Publicada no **Diário Oficial da União** em 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res2005/res35703.html>>. Acesso em 15 fev.2012.

BRASIL. Resolução 375. Dispõe sobre critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e da outras providências. Publicada no **Diário Oficial da União** em 29 de agosto de 2006. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res2006/res37506.html>>. Acesso em 15 fev.2012.

CANTER, L.N. Environmental Impact Assessment. 2nd Ed. New York: Irwin McGrawHill, 1996.

CORDEIRO, B.S. **A gestão de lodos de Fossas Sépticas: Uma Abordagem por Meio da Análise Multiobjetivo e Multicritério.** 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Universidade de Brasília, 143p., 2010.

CUNHA, S; GUERRA, A. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 5º Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 250p.

\_\_\_\_\_. **Avaliação e Perícia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266p.

DOS SANTOS, A. B. **Avaliação Técnica de sistemas de tratamento de esgotos.** Banco do Nordeste, Fortaleza, 206 p., 2007.

FOGLIATTI, M. *et al.* **Avaliação de Impactos Ambientais: aplicação aos sistemas de transporte.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

GIULIANO, R.C; GIULIANO, A.D. Implicações da proliferação de odores ofensivos sobre a saúde e o bem estar da população circunvizinha: ETE Piracicamirim-Piracicaba-SP. In: ENCONTRO ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1., 2008. Brasília. **Anais...** Disponível em:< <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT14-420-146-20080521104047.pdf> >. Acesso em: 01. mar.2012.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad\\_sintese\\_2009.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad_sintese_2009.pdf)>. Acesso em: 01. fev.2012.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por amostras de domicílio de 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/documento/recursosnaturais/ids/saneamento>>. Acesso em: 01.fev.2012.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará . Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2011/Fortaleza.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2011/Fortaleza.pdf)>. Acesso em: 02.set.2012.

JORDÃO, E .P; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

LEE, E; SANTOS, F. Caracterização do lodo proveniente da estação de tratamento de esgotos (ETE) e estudo sobre potencial energético. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2. 2011. Londrina/PR. **Anais.** Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/X-001.pdf> >. Acesso em 05. dez. 2012.

LEITE, V. *et al.* Estimativa do potencial de corrosão e toxicidade e ocorrência de odores desagradáveis devido às espécies de enxofre presente em águas residuárias. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21.2001. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-042.pdf>> Acesso em: 05.jan.2012

LUDOVICI, M; PINTO, M; NEDER, K. Controle de odores em Estações de Tratamento de Esgotos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABES, 1997. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/control.pdf>>. Acesso em: 01.mar.2012.

MAYER, M. *et al.* Remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão em lagoas de polimento tratando efluentes de reatores UASB. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21.2001. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-121.pdf>>. Acesso em: 06. fev.2012.

MANZOCHI, C. **Logística para tratamento e disposição final de lodos de ETE's visando reciclagem agrícola.** 2008. 331f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MEDEIROS, D.V. **Avaliação da eficiência de lagoas de estabilização no tratamento de resíduos esgotados de fossas sépticas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 97p., 2009.

MEILE, C. *et al.* **Natural attenuation of nitrogen loading from septic effluents: Spatial and environmental controls.** *Water Research.* V.44, p. 399-408, 2010.

MONTEIRO, C.R. **Análise de eficiência e confiabilidade de 56 estações de tratamento de esgotos localizadas na região metropolitana de Fortaleza.** 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 77p., 2009.

MORGADO, M. *et al.* Avaliação da composição de resíduos removidos do tratamento preliminar da estação de tratamento de esgotos ABC- SABESP. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21.2001. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. CD ROM.

MOREIRA, I.V.D. **Avaliação de Impacto Ambiental.** Rio de Janeiro: FEEMA, 1985.34p.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Abes, 2012

MOTA, S; AQUINO, M. **Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais.** In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002, Vitória, Brasil.

NAVAL, L; BARROS, D; SILVA, C. **Aplicação de métodos de Avaliação de Impactos Ambientais a uma ETE operando em escala real com a respectiva proposição de medidas mitigadoras.** In Congresso Internacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29.2004. San Juan, **Anais...** San Juan: ABES, 2004.

NUNES, A.B. **Avaliação Ex-Post da sustentabilidade hídrica e da conservação ambiental de perímetros irrigados implantados- o caso do perímetro irrigado Jaguaribe- Apodi (DIJA).** 2006. 177f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos)- Universidade Federal do Ceará, 2006.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** São Paulo: Edgar Blucher, 2003.520 p.

OLIVEIRA, S.M.A.C; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETE's em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I: análise de desempenho. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 10, n.4, 347-357, 2005 a.

OLIVEIRA, V. **Impactos cumulativos na avaliação de impactos ambientais: fundamentação, metodologia, legislação, análise de experiências e formas de abordagem.** 160p. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana)- São Carlos: UFSCar, 160p. 2008.

PEDROZA, M.M ,et al. Produção e tratamento de lodo de esgoto - uma revisão. **Revista Liberato**, Nova Hamburgo, v.11, n.16, p 89- 188, jul/dez, 2010.

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. Rio de janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

PIMPÃO, H. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Estação de Tratamento de esgoto do bairro CPA III.** Dissertação (mestrado em Engenharia de edificações e Ambiental)- Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 105 p. 2001.

POL, E. A gestão ambiental, novo desafio para a psicologia do desenvolvimento sustentável. **Estudos de psicologia**, Natal, v.8, n.2, p. 235-243, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epsic/v8n2/19039.pdf> >. Acesso em: 08.mar.2012.

RATIS, Araceli. **Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgotos domésticos de Natal.** 118p. Dissertação (mestrado em Engenharia Sanitária) – Natal: UFRN, 118p. 2009.

RIOS, F.P. **Avaliação dos sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na região metropolitana de Goiânia.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) -Universidade Federal de Goiás, 108p., 2010.

SANCHES, A.B. **Avaliação da sustentabilidade de sistemas de tratamento de esgotos sanitários: uma proposta metodológica.** 2009. 278f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495p.

SANTOS, J. **Vulnerabilidade ambiental e áreas de risco da bacia hidrográfica do Rio Cocó**- Região Metropolitana de Fortaleza- Ceará. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Estadual do Ceará, 212p. 2006.

SANTOS, R; BONONI, V. Normalização de identificação de Impactos Ambientais da ETE Salgado Filho de Campo Grande-MS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, nº4, p.268-273,out/dez 2003.

SILVA, P; AMARAL, F. Modelo de Avaliação Ambiental em Sistema Produtivos Industriais- MAASPI- aplicação em uma indústria de esquadrias metálicas. **Gest.Prod.**, São Carlos, v.18, n.1, p-41-54,2011.

\_\_\_\_\_. MAICAPI- Metodologia para avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.11, nº3, p. 212-222, jul/set 2006.

SNIS – Sistema nacional de Informações sobre Saneamento, 2009. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: 11 jan.2012.

SNIS – Sistema nacional de Informações sobre Saneamento, 2010. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: 11 fev.2013

SPADOTTO, C. **Classificação de Impacto Ambiental**. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas>> . Acesso em: 28jan. 2012.

STAMM, H. **Método para avaliação de impactos em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica**. Tese (doutorado em Engenharia de Produção)- Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 284p. 2003.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental**. São Paulo: CETESB, 1993.355p.

VASCONCELOS, G. **Utilização de bioensaios para avaliação da ecotoxicidade em resíduos de esgotamento de caminhão limpa-fossa: lodo de fossa séptica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, 105p. 2012

VON SPERLING, Marcos. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ed. Belo Horizonte; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VIEIRA, Vicente de. **Análise de Risco em Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 372p.

WESSBERG, N. *et al.* Environmental risk analysis for accidental emissions. **Journal of Chemical Health and Safety**.Vol 15 (1), p.24-31, 2008.

WITHERS, P; JARVIE, H; STOATE, C. Quantifying the impact of septic tank systems on eutrophication risk in rural headwaters. **Environment International**. V.37,p. 644-653, 2011.

APÊNDICE A – Questionário aplicado ao engenheiro da CAGECE  
responsável pela ETE

## ETE SÃO CRISTOVÃO

### SEGURANÇA E SAÚDE DO OPERADOR

1. Quantos anos já trabalha na ETE?

\_\_\_\_\_

2. A presença do muro na ETE oferece segurança?

( ) Não ( ) Sim

3. Há entrada de pessoas estranhas e animais a ETE?

( ) Não ( ) Sim

4. À noite, possui segurança na estação? (operador/vigilante)?

( ) Não Horário de funcionamento da ETE: \_\_\_\_\_

( ) Sim

5. Houve treinamento para operação da estação?

( ) Não ( ) Sim

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Há utilização de EPI?

( ) Não ( ) Sim

( ) luva de borracha ( ) roupa apropriada ( ) outros \_\_\_\_\_

( ) bota de borracha ( ) óculos de proteção ( ) Protetor solar

( ) máscara ( ) capacete de segurança

7. Há utilização de EPC?

Não  Sim

Extintor de incêndio  guarda-corpo

Outros \_\_\_\_\_

8. Já ocorreu algum acidente de trabalho?

Não  Sim

queda  contusões  cortes  Outros \_\_\_\_\_

9. Há o manuseio de algum produto químico?

Não  Sim Qual ? \_\_\_\_\_

10. Há conhecimento (por parte do operador) do risco da manipulação do esgoto?

Não  Sim

11. A empresa (cagece/terceirizada) oferece algum acompanhamento médico?

Não  Sim

12. Nesse tempo de trabalho na ETE apareceu alguma doença, que tenha sido diagnosticado em decorrência do seu trabalho?

Não  Sim

problemas de pele (micose)  inflamação nos olhos  ergonômicos

prob.respiratório  prob. Auditivos

### OBSERVAÇÕES:

➤ QUAIS AS CONDIÇÕES DO FARDAMENTO E DE IDENTIFICAÇÃO DO OPERADOR?

➤ ALGUMA DOENÇA DE PELE VISÍVEL, QUE PODE SER DEVIDO AO CONTATO COM O ESGOTO?

**OPERACIONAL E AMBIENTAL**

1. Qual o número de operadores na ETE?

\_\_\_\_\_

2. Qual o tipo de esgoto afluyente a ETE?

doméstico  industrial

fossa  outros \_\_\_\_\_

3 Há população morando próxima à estação?

Não  Sim

4. Essa população possui rede coletora de esgotos?

Não  Sim

Se NÃO, qual alternativa utilizada?

céu aberto  lançamento em rios

fossa séptica  outros \_\_\_\_\_

5. Há o recebimento de reclamação da população sobre a ETE?

Não  Sim

6. Qual a reclamação mais freqüente?

odores  ruídos

tráfego de caminhões limpa –fossa

proliferação de insetos  outros \_\_\_\_\_

7. A comunidade utiliza água próximo ao ponto de lançamento de esgoto no Rio Cocó?

Não  Sim

8. Qual o uso mais comum?

consumo humano  pesca

---

lazer  lavagem de roupas

outros \_\_\_\_\_

---

9. As barras de grade estão em bom estado?

Não  Sim

10. Qual o destino final do material retirado das grades?

terreno baldio  enterramento

Aterro Sanitário  outros

11. Qual a frequência de limpeza das caixa de areia?

\_\_\_\_\_

12. As duas caixas de areia sempre estão ativadas juntas, ou quando uma funciona a outra está desativada?

\_\_\_\_\_

13. Areia retirada dos desarenadores passa por algum tratamento antes sair da ETE?

Não  Sim.  Qual: \_\_\_\_\_

14. Qual o destino final dessa areia?

construção  lançada em terrenos baldios

jogada no rio  aterro sanitário

outros \_\_\_\_\_

15. As lagoas de estabilização têm algum problema nas suas estruturas?

Não  Sim

infiltração  erosão

outros \_\_\_\_\_

16. Qual a frequência de limpeza dos taludes da lagoa? \_\_\_\_\_

17. Qual a frequência de retirada da vegetação das margens da lagoa? \_\_\_\_\_

18. Já ocorreu desativação temporária da ETE para manutenção?

Não  Sim

Qual o motivo? \_\_\_\_\_

19. Já presenciou a limpeza das lagoas pela Cagece?

Não  Sim

Quando? \_\_\_\_\_

20. Qual o problema mais frequente na operação das lagoas?

\_\_\_\_\_

21. Com que frequência é retirado o material sobrenadante (escumas, óleos, folhas) das lagoas (facultativa e maturação)?

\_\_\_\_\_

Qual o destino? \_\_\_\_\_

22. É observado variação na cor das lagoas?

Não  Sim

23. A partir de quando a ETE começou a receber lodo de caminhão limpa- fossa?-

\_\_\_\_\_

24. Notou- se alguma alteração (cor) das lagoas de estabilização, após o recebimento desse lodo?

\_\_\_\_\_

25. E a utilização do biofloculante, aonde se utiliza e qual a quantidade?

\_\_\_\_\_

25. Na época da chuva, como fica a limpeza do tratamento preliminar? E as lagoas de estabilização transbordam? \_\_\_\_\_

APÊNDICE B- Questionário aplicado ao operador da ETE



6. Há o manuseio de algum produto químico?

Não  Sim Qual ? \_\_\_\_\_

7. Há conhecimento (por parte do operador) do risco da manipulação do esgoto?

Não  Sim

8. A empresa (cagece/terceirizada) oferece algum acompanhamento médico?

Não  Sim

9. Já se teve conhecimento de algum operador com alguma doença, que tenha sido diagnosticado em decorrência do seu trabalho?

Não  Sim

problemas de pele (micose)  inflamação nos olhos  ergonômicos

prob.respiratório  prob. Auditivos

### **OPERACIONAL E AMBIENTAL**

1. Qual o número de operadores na ETE?

\_\_\_\_\_

2. Qual o tipo de esgoto afluyente a ETE?

doméstico  industrial

fossa  outros \_\_\_\_\_

3. A população que reside nas proximidades da ETE possui rede coletora de esgotos?

Não  Sim

4. Há o recebimento de reclamação da população sobre a ETE?

Não  Sim

Se SIM qual a reclamação mais freqüente?

odores  ruídos

tráfego de caminhões limpa –fossa

proliferação de insetos                       outros\_\_\_\_\_

5. As barras da grade estão em bom estado?

Não     Sim

6. As lagoas de estabilização têm algum problema nas suas estruturas?

Não     Sim

infiltração                                       erosão

outros\_\_\_\_\_

7. Caixa de areia, antes do tratamento preliminar, é para minimizar o impacto do lodo no sistema?

8. Qual a frequência de limpeza:

- Grades
  
- Caixa de areia (entrada e a do trat. preliminar)
  
- Lag.de estabilização (Material sobrenadante e lodo)

9. Qual a firma responsável?

10.Qual o destino final desses materiais?

- Sólidos grosseiros
  
- Areia

- Material sobrenadante das lagoas

11. As duas caixas de areia sempre estão ativadas juntas, ou quando uma funciona a outra está desativada?

---

12. Areia retirada dos desarenadores passa por algum tratamento antes sair da ETE?

( ) Não ( ) Sim. ( ) Qual: \_\_\_\_\_

13. Quando falta energia, o esgoto da caixa de areia (by pass) segue direto para o corpo receptor?

- Problemas na bomba?

14. Já ocorreu desativação temporária da ETE?

( ) Não ( ) Sim

Qual o motivo? \_\_\_\_\_

15. Já ocorreu a retirada de lodo das lagoas?

( ) Não ( ) Sim

Quando? \_\_\_\_\_

16. Qual o problema mais freqüente na operação das lagoas?

---

17. A partir de quando a ETE começou a receber lodo de caminhão limpa- fossa?-

---

---

18. Notou- se alguma alteração (cor) das lagoas de estabilização, após o recebimento desse lodo?

---

19. E a utilização do biofloculante, aonde se utiliza e qual a quantidade?

---

20. Na época da chuva, como fica a limpeza do tratamento preliminar? E as lagoas de estabilização transbordam? \_\_\_\_\_

21. Nas lagoas existe um extravasor para o rio (evitar o transbordamento)?

APÊNDICE C- Questionário aplicado a comunidade

**SOCIAL**

1. A residência possui rede de coleta de esgoto?

Não  Sim

2. Se NÃO, qual tratamento de esgoto utilizado:

fossa  céu aberto  rio

não sabe  outros\_\_\_\_\_

3. Se for fossa, é limpa periodicamente?

Não  Sim

4. A partir de quando começou esse tráfego intenso de caminhões limpa - fossa?

\_\_\_\_\_

5. Há conhecimento da comunidade para que serve esta ETE?

Não  Sim

6. Qual o pior problema que a ETE trouxe para a comunidade?

odores  ruídos

tráfego de caminhões limpa -fossa

proliferação de insetos  outros\_\_\_\_\_

7. O que odor pode ocasionar?

dor de cabeça  ardor nasal

náuseas  alterações no humor

tontura  outros\_\_\_\_\_

8. Existe algum período do dia, dia da semana ou mês do ano que o odor se acentua?

Não  Sim . Qual\_\_\_\_\_



APÊNDICE D- Check- List

## **Check-List dos Impactos Ambientais**

### ➤ **Aspecto:** Efluente

#### **A - Meio Abiótico**

- 1-Geração de odores
- 2-Contaminação do solo
- 3-Alteração da qualidade da água do corpo receptor
- 4- Restrição quanto aos usos múltiplos
- 5- Doenças de veiculação hídrica
- 6- Não atendimento aos padrões da legislação

#### **B- Meio Biótico**

- 7- Redução da fauna do corpo receptor
- 8- Redução da flora do corpo receptor

#### **C- Meio Antrópico**

- 9- Redução de uma fonte poluidora
- 10- Comprometimento da saúde do operador da ETE
- 11- Vetores causadores de doenças
- 12- Geração de odores
- 13- Poluição Visual
- 14- Acidentes no entorno da ETE
- 15-Diminuição da qualidade de vida da população em torno da ETE
- 16- Comprometimento da saúde da comunidade
- 17- Contaminação do solo

18-Repugnância da população a ETE

19- Melhoria da qualidade de vida

20- Desvalorização do terreno

21- Doenças de veiculação hídrica

➤ **Aspecto:** Lodo de Fossa

#### **A - Meio Abiótico**

1-Geração de odores

2- Geração de ruídos

3- Contaminação do solo

4- Contaminação do solo pelos resíduos dos caminhões limpa-fossa

5-Alteração da qualidade do efluente

#### **B- Meio Biótico**

#### **C- Meio Antrópico**

6-Geração de empregos

7-Geração de renda para a comunidade

8- Desvalorização do terreno

9- Diminuição do volume útil do aterro

10-Aumento do tráfego de veículos/circulação de pessoas

11- Redução dos locais de recreação

12- Repugnância da população a área da ETE

13- Diminuição da qualidade de vida da população do entorno da ETE

14- Poluição Visual

15-Geração de odores

16-Geração de ruídos

17- Comprometimento da saúde da comunidade

18- Comprometimento da saúde do operador da ETE

19- Vetores causadores de doenças

APÊNDICE E- Matriz de Impactos- Ex Post

Empreendimento: Estação de Tratamento de Esgoto de São Cristóvão									
Fase de operação da ETE.									
Aspecto	Evento	Impactos	Meio biótico	Meio físico	Meio abiótico	Meio biótico	Meio físico	Meio abiótico	Acidentes
			Flora	Fauna	Ar	Água	Solo	Economia	Social
		Redução de uma hora poluidora							Saúde Pública
		Comportamento de saúde do operador da ETE							* MNR/MS
		Profilaxia de vetores causadores de doenças							-MDFL
		Operação de coleta			-MGGC				-MGRM
		Tratado Visual							-MDFC
		Acidentes no ambiente da ETE							-MDFC
		Diminuição da qualidade de vida da população em torno da ETE							-MDFM
		Manutenção da população a ETE							-MDFM
		Comportamento de saúde da comunidade							-MDFL
		Conservação de solo					-MDFL		-MDFL
		Maneira de qualidade de vida							* MGRM
		Operação de limpeza							
		Atenção de qualidade de água de corpo receptor							-MDFC
		Restrição quanto aos usos múltiplos							-MDFM
		Redução de hora de corpo receptor			-MDFM				
		Redução de hora de corpo receptor							
		Operação de vacinação básica							-MDFL
		Não atendimento aos pedidos de aplicação							-MDFC
		Operação de emprego							
		Operação de solo							* MDFC
		Comunicação de meio físico relacionado aos ambientes							
		Comunicação de meio físico relacionado aos ambientes							
		Tratado Visual							
		Operação de coleta			-MDFC				-MDFC
		Aumento de tempo de manutenção de pessoas							-MDFC
		Redução dos locais de tratamento							-MDFC
		Operação de ruído			-MDFC				-MDFC
		Reparação de população a ETE							-MDFL
		Operação de ruído para a comunidade							* MDFC
		Comportamento de saúde da comunidade							-MDFL
		Comportamento de saúde do operador da ETE							-MDFL
		Operação de limpeza							
		Operação de coleta			-MDFC				-MDFC
		Diminuição da qualidade de vida da população do entorno da ETE							-MDFM
		Profilaxia de vetores causadores de doenças							-MDFM
		Atuação de qualidade de efluente							-MDFM
		Diminuição da qualidade de vida do entorno							-MDFM

Arbitrário	Indicadores	Sigla de referência	# de referências	Escala
Valoroso	Positivo	-	1	+
	Negativo		2	-
Importante	Muito importante	Mi	3	3
	Importante	I	4	2
	Pouco importante	Pi	5	1
	Coleta	Co	6	2
	Método	M	7	2
	Processo	P	8	1
	Limpa	L	9	3
	Método	Md	10	2
	Curso	C	11	1

A | C  
B | D  
Disposição dos ambientes em cada célula

## APÊNDICE F- Quantificação dos atributos da matriz de impacto



APÊNDICE G- Impactos e Medidas Ambientais



APÊNDICE H- Medidas ambientais do tipo mitigadora e de monitoramento  
e de natureza preventiva e corretiva

Empreendimento: Estação de Tratamento de Esgoto São Cristóvão/ Fortaleza-Ce

IMPACTO AMBIENTAL		MEDIDAS AMBIENTAIS		
	Descrição ambiental	Tipos	Natureza	
		Migração	Eliminação	
A	Descrição ambiental	X	X	
B				
C				
D				
E				
F				
G				
H				
I				
J				
F	Descrição ambiental	X	X	
				B
				C
				D
				E
				F
				G
				H
				I
				J
G	Descrição ambiental	X	X	
				B
				C
				D
				E
				F
				G
				H
				I
				J
H	Descrição ambiental	X	X	
				B
				C
				D
				E
				F
				G
				H
				I
				J
I	Descrição ambiental	X	X	
				B
				C
				D
				E
				F
				G
				H
				I
				J
J	Descrição ambiental	X	X	
				B
				C
				D
				E
				F
				G
				H
				I
				J

ANEXO A- Ficha de Informação de Segurança de Produtos Biológicos

# **EMBRALM**

## **FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS BIOLÓGICOS FISPB**

### **1. IDENTIFICAÇÃO PRODUTO / EMPRESA**

**PRODUTO:** Solução líquida a base de biopolímeros ionizados - Kit Embralm Ambiental PLUS

**Fornecedor:** Empresa Brasileira de Biotecnologia Mineral Ltda.

**Endereço:** Rua S-6 nº 722, Setor Bela Vista. Cep: 74.823-470. Goiânia-Goiás - Brasil

**Telefone:** +55 62 30877006 e-mail: embralm@embralm.com.br

**Telefone de Emergência:** CIT- GO 0800 64 64 350

### **2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS COMPONENTES**

Solução líquida composta por biopolímeros ionizados, com propriedades estruturais e funcionais para sintetizar novos produtos em biotecnologia mineral.

Contém diferentes substâncias orgânicas e inorgânicas solúveis em solventes polares e parcialmente solúveis em solventes apolares. Alta concentração de espécies cromófora como reagente específico para degradar a matéria orgânica e reduzir odores.

Matéria orgânica elaborada via fermentação/respiração pela utilização de catalisadores a partir de enzimas, coenzimas, cofatores, bactérias e microalgas.

-COMPOSTO A BASE DE MICROARRAYS; - ENZIMAS HIDROLÍTICAS;

-BIOFILMES; - GROWTH FACTOR;

-BIOPOLÍMEROS IONIZADOS;

-SUBSTÂNCIAS HÚMICAS QUE PROMOVAM REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM HALETOS SN1 E SN2 DE LÍQUID ION EXTANGE, DE POLIMERIZAÇÃO EM CADEIA (PCR), HIDROFÍLICAS, HIDROFÓBICAS E DE OSMOSE REVERSA -OXIDAÇÃO E REDUÇÃO, COM GRUPO FENIL, COM OCTADECIL (C18), COM ÁCIDOS CARBOXÍLICOS, COM PROPIL SULFANIL ÁCIDOS, COM RADICAIS BENZO, COM FORMAÇÃO DE TOSILATOS COM FORMAÇÃO DE MERCAPTANS E COM SULFONATOS DE ALQUILA;

-ACEITA VARIAÇÃO DO PH OCORRENDO EM FAIXA 4 A 10 PODENDO SIGNIFICAMENTE TANTO EM REGIME HIDRÁULICO DE FLUXOS LAMINARES OU TURBULENTOS;

**Características:**

Composição básica: Nucleotídeos, polinucleotídeos, peptídeos, proteínas, lipídios, sistemas multienzimáticos, ânions sulfatos, tetracionatos, fosfatos, nitratos; e cátions ferro II, ferro III, cálcio, magnésio, zinco, manganês e cobre.

**Funções técnico-operacionais:**

- Biopolímero, húmus coloidal mineral orgânico;
- Constituído de crescimento de células (microalgas) e metabolitos com uma concentração superior a  $10^6$  de células por ml de elevada atividade biodinâmica resultando em grande potencial bioativo;
- Aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) nos Substratos a serem metabolizados;
- Apresenta as propriedades, hidrofóbicas e hidrofílicas de relevante importância para tratamento de efluentes;
- Aumenta o poder tampão dos substratos, ao mesmo tempo corrigindo a acidez ou alcalinidade;
- Fornece substâncias fenólicas que aumentam a capacidade de degradação dos substratos dos efluentes;
- Contém ácidos orgânicos que constituem fontes energéticas para micro organismo (microalgas) fixadores de nitrogênio, constituindo-se num catalisador para degradação dos substratos contidos nos efluentes;
- Contém microorganismos aeróbios, anaeróbios e facultativos, sendo capazes de se desenvolver tanto na presença de oxigênio ou não.

**Apresentação:**

- Bombonas de 20 litros.

**3. RECOMENDAÇÃO DE USO**

Bioremediador para tratamento de Efluentes Sanitários

**4. IDENTIFICAÇÃO SOBRE USO**

**SAÚDE:** Não apresenta risco de irritação aguda, porém, pode provocar irritação após período prolongado e freqüente contato com os olhos, nada ocasiona em contato com a pele.

**MEIO AMBIENTE:** Produto 100% biodegradável

## 5. PRIMEIROS SOCORROS

**OLHOS:** Lavar imediatamente com água em abundancia por 15 minutos. Procurar assistência médica.

**PELE:** Lavar as partes atingidas com água em abundância. Procurar assistência médica caso apareça algum sintoma.

**INGESTÃO:** Remover o material remanescente da boca. Não provoque vômito. Beber 1 ou 2 copos de água ou leite. Procurar assistência medica levando consigo a ficha de segurança do produto.

**INALAÇÃO:** Produto neutro, não ocorre risco quando inalado.

## 6. COMBATE A INCÊNDIO

**AGENTE EXTINTOR:** Não é inflamável, e não tem risco de explosão.

## 7. PROCEDIMENTOS EM CASO DE VAZAMENTO OU DERRAMAMENTO

**PROTEÇÃO PESSOAL:** Usar EPIS convencionais: óculos, avental de pvc, luvas e botas.

**MÉTODOS DE LIMPEZA:** Caso haja algum acidente com as embalagens: Lavar o local com água limpa e depois secar. Produto não tóxico e biodegradável.

## 8. MANUSEIO E ESTOCAGEM

**MANUSEIO:** Utilizar os EPIS convencionais

**ESTOCAGEM:** Armazenar em local limpo sem umidade e calor, com palets.

## 9. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO / PROTEÇÃO PESSOAL

**Equipamento de proteção individual:** Luvas resistentes a produtos químicos, como as de PVC.

**Proteção ocular:** Óculos de proteção tipo panorâmico.

## 10. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

- Apresentação: Solução aquosa com coloração marrom castanho.
- Odor: Moderado (Não tóxico)
- Temperatura de atuação: entre 15°C e 35° C;
- Massa específica (g/cm<sup>3</sup>): 1.0057
- Solubilidade em água (g/100g água): 92,0
- pH: 6,0
- pH de atuação: 4,0-11,0

- Estabilidade: 02(dois) anos
- Não caustico;
- Não corrosivo
- Não volátil;
- Não inflamável

## 12. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

**ESTABILIDADE:** Estável a temperatura ambiente

**CONDIÇÃO A EVITAR:** Impedir a exposição em altas temperaturas e umidade para não comprometer a qualidade.

## 13. TOXICIDADE

**Toxidade:** Não tóxico, 100% natural.

## 14. DADOS ECOLOGICOS

Produto 100% biodegradável.

## 15. PROCEDIMENTOS PARA DESCARTE

**RESÍDUOS:** Não há resíduos. O produto é biodegradável.

**EMBALAGEM:** A embalagem vazia poderá ser reutilizada e deverá ser limpa antes de reciclar ou da disposição final.

## 16. TRANSPORTE

Não classificado pela ONU. O transporte do produto, não apresenta nenhum risco de intoxicação humana ou contaminação do solo.

