



**Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Programa de Pós-Graduação de Engenharia Ambiental**

AVALIAÇÃO DA HIGIENIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CAIXA DE AREIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Luciana Harue Yamane

Prof. Dr. Florindo dos Santos Braga
Orientador – UFES

Prof^a Dr^a Regina de Pinho Keller
Co-orientadora – UFES

Prof. Dr. Sérgio Túlio Alves Cassini
Examinador Interno – UFES

Prof. Dr. Fernando Avancini Tristão
Examinador Interno – UFES

Prof. Dra. Jacqueline Rogéria Bringhenti
Examinadora Externa - CEFETES

Coordenador do PPGEA: Prof. Dr. Sérgio Túlio Alves Cassini

Vitória, 06 de junho de 2007

LUCIANA HARUE YAMANE

**AVALIAÇÃO DA HIGIENIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CAIXA DE
AREIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Florindo dos Santos Braga

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Regina de Pinho Keller

**Vitória
2007**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Y19a Yamane, Luciana Harue, 1981-
Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de
tratamento de esgoto / Luciana Harue Yamane. – 2007.
148 f. : il.

Orientador: Florindo dos Santos Braga.
Co-Orientadora: Regina de Pinho Keller.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Desinfecção e desinfetante. 2. Areia. 3. Cal. I. Braga, Florindo dos
Santos. II. Keller, Regina de Pinho. III. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial:

Aos meus pais, Noboru e Irani, por todo amor, dedicação, investimento, apoio, compreensão, incentivo, presença e todas as palavras que aqui não caberão, a minha eterna gratidão.

A minha irmã Fabiana, que depois de conhecer a maternidade, passou a cuidar de mim e deixou um pouco de ser irmã para ser um pouco minha mãe também.

Ao meu afilhado Fábio por ter iluminado minhas horas de desânimo com seu sorriso maravilhoso.

A Windy, minha eterna companheira de estudos.

"Eu pedi forças... e Deus me deu dificuldades para fazer-me forte.
Eu pedi sabedoria... e Deus me deu problemas para resolver.
Eu pedi prosperidade... e Deus me deu cérebro e músculos para trabalhar.
Eu pedi coragem... e Deus me deu perigos para superar.
Eu pedi amor... e Deus me deu pessoas com dificuldades para ajudar.
Eu pedi dádivas... e Deus me deu oportunidades.

Eu não recebi nada do que pedi,
mas eu recebi tudo que precisava"

(Howard Hendricks)

AGRADECIMENTOS

A minha tia e madrinha Cristina, por ser uma pessoa maravilhosa que sempre me espelha e por estar presente nos momentos mais importantes da minha vida.

Ao meu orientador, *Florindo dos Santos Braga*, que durante cinco anos, não apenas me orientou, mas confiou em mim. Obrigado pelo apoio, pelas broncas e pelos elogios.

A minha co-orientadora *Regina de Pinho Keller*, que além de me orientar, sempre esteve presente e do meu lado. Obrigado pelas lições de vida, pelo apoio, pela sensibilidade e pelas palavras de incentivo nos momentos que mais precisei.

A bolsista *Patrícia Lee Wigner* por todo apoio, amizade, compreensão, esforço, enfim, por ter sido muito mais do que uma colega de projeto.

Ao bolsista *Saulo Alves Aduan* pela amizade e colaboração.

À Prof^a *Eliana Zandonade* pelo apoio nas análises estatísticas que mesmo tão atarefada não deixou de me ajudar.

Ao Prof. *Fernando Avancini* pela colaboração e apoio nas análises granulométricas e de determinação de matéria orgânica, e por ser sempre tão atencioso.

Ao Prof. *Sérvio Túlio*, pelas contribuições feitas ao trabalho.

A Prof^a Jacqueline, por ter aceito o convite para participar da minha banca e pelas valiosas contribuições.

Aos funcionários do LEMAC, em especial ao *Márcio*, pelo apoio na realização das análises granulométricas

À eterna turma do GEARSOL, em especial à Denise Izoton, Daniella Buzzi e Fábio Uliana (membro honorário).

As minhas grandes amigas por toda compreensão, apoio e amizade.

À CESAN, pelo apoio financeiro e operacional, em especial ao Fernando Baptista, Amâncio, Miguel e operadores das ETES Márcilio de Noronha e Bandeirantes.

Ao PPGEA e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Resumo

O processo de tratamento de esgoto doméstico gera resíduos sólidos que precisam ser constantemente removidos afim de se manter a eficiência do tratamento, dentre eles, o resíduo depositado no fundo das caixas de areia. A caixa de areia tem como objetivo remover do esgoto areia e outras partículas, incluindo as orgânicas, presentes no esgoto *in natura*, que através do processo de sedimentação são arrastadas para o fundo. Apesar de não receber a devida importância, uma vez que a prática é enterrar este resíduo em valas ou dispor no solo sem tratamento, atualmente, este resíduo passou a ser considerado um problema no gerenciamento de estações no que se refere ao manuseio, tratamento e destinação final, devido a exigências por parte das empresas de saneamento. Visto a necessidade de buscar novas fontes de obtenção de areia, o resíduo de caixa de areia poderia ser uma opção a ser utilizada na construção civil desde que seja realizada a higienização prévia do material. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da caleagem e da insolação natural na higienização do resíduo de caixa de areia através da avaliação da redução de bactérias do grupo coliforme e de ovos de helmintos. A metodologia adotada neste trabalho possui 2 etapas. Na primeira etapa, Estudos Preliminares, buscou-se conhecer as características físicas e microbiológicas da areia, desenvolver procedimentos de coleta e montagem dos experimentos e testar processos de higienização através da caleagem, cloração e insolação natural. Na segunda etapa, Estudo Piloto, avaliou-se a eficiência da caleagem na higienização através da repetição de experimentos. Os resultados obtidos permitiram constatar a eficiência da caleagem na higienização do resíduo de caixa de areia a partir da dosagem de 10% pode ser considerada eficiente na remoção de bactérias e ovos de helmintos após uma semana de tratamento e a dosagem a partir de 15% eficiente após 48 horas de tratamento e as análises preliminares visando utilizar a areia higienizada demonstram ser viável sua aplicação na construção civil sob o ponto de vista sanitário, e garantem a segurança do manuseio, transporte e destinação final.

Abstract

The process of treatment for wastewater produces solid waste that need to be constantly removed for to keep the treatment's efficiency, amongst it, the waste deposited in the deep of the grit removal. The grit removal has the objective of to remove from wastewater the grit and others particulas, including the organics, presents in the wastewater *in nature*, that to be dragged to the deep by sedimentation process. Although not to be to receive had importance, a time that is to embed this waste in ditches or to make use in the ground without treatment, currently, this waste it is starting to be a problem in management of stations in what it is mentioned to handle, treatment and final destination, had requirements by sanitation's companies. Had necessity of to search new sources of attainment of grit, the grit removal waste it could be an option to be use in the civil construction since either carried through the disinfection of the material. The objective this work it was to evaluate the efficiency of the lime stabilization and the natural insolation in the disinfection of the grit removal waste through evaluation in the reduction of the bacteria to coliform group and helmintos eggs. The methodology used in this work has 2 stages. In the first stage, Preliminary Study, search to know the physics and microbiological characteristic's of the grit, to develop procedures to collect and mount of the experiments and to test process of disinfection through to lime stabilization, chlorination and natural insolation. In the second stage, Pilot Study, evaluated the efficiency to lime stabilization in the disinfection through of the repetition to experiments. As results, the lime stabilization to leave of the dosage to 10% it can be considered efficient in removal to bacterial and helmintos eggs after one week of the treatment and the dosage to leave to 15% efficient after 48 hours of the treatment and the preliminary analysis searching to use the disinfection grit demonstrate to be viable your application in the civil construction and guarantee the security in the handle, transport and final destination.

SUMÁRIO

1. Introdução	18
2. Objetivos	20
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3. Revisão Bibliográfica	22
3.1 – A problemática do resíduo de caixa de areia de ETE.....	23
3.2 – Tratamento preliminar de esgoto doméstico.....	24
3.2.1 – Caixa de Areia de ETES.....	24
3.2.1.1 – Tipos de caixa de areia de ETES.....	25
3.3 – Resíduo de caixa de areia de ETES.....	26
3.3.1 – Características físico-químicas do resíduo de caixa de areia.....	26
3.3.2 - Características microbiológicas do resíduo de caixa de areia.....	27
3.3.3 – Geração de resíduo de caixa de areia de ETES.....	27
3.3.4 – Legislação sobre resíduos sólidos.....	29
3.3.4.1 – Areias de contato primário.....	30
3.3.4.2 – Areia para construção civil.....	33
3.4 – A problemática da areia na construção civil.....	34
3.5 – Microorganismos patogênicos presentes no resíduo de caixa de areia.....	35
3.5.1 – Ovos de Helmintos.....	36
3.5.2 – Grupo Coliformes.....	39
3.5.2.1 – <i>Escherichia coli</i>	41
3.6 – Métodos de detecção de bactérias do grupo coliforme.....	42
3.6.1 – Tubos Múltiplos.....	42
3.6.2 – Membrana filtrante.....	44
3.6.3 – Substrato Cromo-fluorogênico.....	45
3.7 – Higienização.....	46
3.7.1 - Cloração.....	48

3.7.1.1 – Concentração de cloro.....	49
3.7.1.2 – Principais compostos de cloro utilizados na cloração.....	50
3.7.1.3 – Mecanismo de ação da cloração.....	51
3.7.1.4 – Desvantagens da cloração.....	52
3.7.1.5 – Pesquisas utilizando a cloração para higienização.....	52
3.7.2 – Caleagem.....	53
3.7.2.1 – Tipos de cal utilizados na caleagem.....	54
3.7.2.2 – O uso da cal hidratada na construção civil.....	54
3.7.2.3 – Mecanismo de ação da caleagem.....	55
3.7.2.4 – Desvantagens da caleagem.....	57
3.7.2.5 - Pesquisas utilizando a caleagem para higienização.....	57
3.7.3 – Insolação Natural.....	59
4. Materiais e Métodos.....	62
4.1 – Etapa 1 - Estudos Preliminares.....	64
4.1.1 - Fase 1 - Caracterização preliminar do resíduo de caixa de areia.....	65
4.1.1.1 – Visitas técnicas às ETEs Bandeirantes e Marcílio de Noronha.....	65
4.1.1.2 – Caracterização preliminar do resíduo de caixa de areia.....	67
4.1.1.3 – Definição dos procedimentos de lavagem da areia para realização das análises microbiológicas.....	68
4.1.1.4 - Definição dos parâmetros microbiológicos de monitoramento.....	69
4.1.1.4.1 – Determinação de Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	69
4.1.1.4.2 – Técnica de detecção de ovos de helmintos.....	72
4.1.1.5 - Definição dos parâmetros físico-químicos de monitoramento.....	72
4.1.2 - Fase 2 - Teste de métodos de higienização do resíduo de caixa de areia.....	73
	73

4.1.2.1 – Procedimentos de coleta e amostragem de areia nas ETEs.....	
4.1.2.2 – Procedimentos de montagem e monitoramento das pilhas, e, de coleta de amostras para ensaios laboratoriais.....	74
4.1.2.3 – Testes preliminares de higienização do resíduo de caixa de areia.....	75
4.1.3 - Fase 3 - Avaliação do método de higienização selecionado para o resíduo de caixa de areia.....	76
4.1.4 - Fase 4 – Ajuste de procedimentos na caleagem do resíduo de caixa de areia.....	77
4.2 – Etapa 2 - Estudo Piloto.....	78
4.2.1 – Análise Estatística.....	81
5. Resultados e Discussões.....	82
5.1 - Etapa 1 - Estudos Preliminares.....	83
5.1.1 - Fase 1 - Caracterização preliminar do resíduo de caixa de areia.....	83
5.1.2 - Fase 2 – Teste de métodos de higienização do resíduo de caixa de areia.....	84
5.1.3 - Fase 3 – Caleagem do resíduo de caixa de areia.....	86
5.1.4 - Fase 4 – Avaliação da caleagem do resíduo de caixa de areia da Fase 3 através da repetição do experimento.....	87
5.2 - Etapa 2 – Estudo Ajustado.....	88
5.2.1 - Remoção de Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	88
5.2.2 - Remoção de ovos de helmintos.....	94
5.2.3 - Variação de pH.....	97
5.2.4 – Umidade.....	99
5.2.5 - Remoção de Matéria Orgânica.....	101
5.2.6 – Granulometria.....	101
6. Conclusão.....	105

7. Recomendações	109
8. Referências	111
9. Apêndices	123
Apêndice A.....	124
10. Anexos	139
Anexo A - Técnica adaptada de detecção e identificação de ovos de helmintos segundo Meyer (1978).....	140
Anexo B - Monitoramento Metereológico dos Estudos Preliminares.....	141
Anexo C - Monitoramento Metereológico do Estudo Piloto.....	143
Anexo D – Análise Estatística.....	144
Anexo E - Resultados obtidos nas análises de determinação do teor de matéria orgânica.....	145
Anexo F - Resultados do Estudo Piloto – Variação de pH.....	146
Anexo G - Resultados do Estudo Piloto – Ovos de Helmintos.....	147
Anexo H - Resultados do Estudo Piloto – Coliformes totais e <i>E. coli</i>	148

Lista de Figuras

3 – Revisão Bibliográfica

Figura 3.1 – Fluxograma do tratamento preliminar de esgoto doméstico.....	24
Figura 3.2 – Caixa de areia em canal – vista em planta e foto ilustrativa.....	25
Figura 3.3 - Diagrama representativo do grupo coliforme.....	40

4 – Material e Métodos

Figura 4.1 – Caixas de Areia da ETE Bandeirantes.....	66
Figura 4.2 – Coleta de amostra na caixa de areia da ETE Marcílio de Noronha.....	67
Figura 4.3 – Pilhas da Fase 1 – Estudos Preliminares.....	68
Figura 4.4 – Procedimentos de “lavagem” da areia.....	69
Figura 4.5 – Seqüência das etapas da análise de CT e <i>E.coli</i>	71
Figura 4.6 – Cartelas Quanti-tray utilizadas nas análises de CT e <i>E.coli</i>	71
Figura 4.7 – Coleta de amostras nas ETEs Bandeirantes (a) e Marcílio de Noronha (b).....	73
Figura 4.8 – Pontos de coleta de amostra em cada pilha.....	74
Figura 4.9 – Pilhas da Fase 2 - Estudos Preliminares.....	75
Figura 4.10 – Pilhas da Fase 3 – Estudos Preliminares.....	77
Figura 4.11 – Fluxograma do protocolo experimental das campanhas.....	79

5 – Resultados e Discussão

Figura 5.1 – Densidades médias de Coliformes Totais na areia controle e na areia higienizada com cal hidratada nas dosagens 10%, 15%, 20%, 25% e 30% das campanhas do Estudo Piloto.....	89
Figura 5.2 – Densidades médias de <i>E.coli</i> na areia controle e na areia higienizada com cal hidratada nas dosagens 10%, 15%, 20%, 25% e 30% das campanhas do Estudo Piloto.....	90

Figura 5.3 – Densidade média de coliformes totais e <i>E.coli</i> na areia controle das campanhas do Estudo Piloto.....	91
Figura 5.4 – Pátio de estocagem a céu aberto dos resíduos (lodo, resíduo de gradeamento e resíduo de caixa de areia) da ETE Marcílio de Noronha.....	92
Figura 5.5 – Densidade média de coliformes totais e <i>E.coli</i> na areia higienizada com cal hidratada na dosagem 10% das campanhas do Estudo Piloto.....	93
Figura 5.6 – Densidade média de ovos de helmintos (ovo/gMS) na areia controle e na areia higienizada com cal das campanhas do Estudo Piloto.....	95
Figura 5.7 – Foto obtida em dia de coleta mostrando Helmintos retidos no gradeamento da ETE Marcílio de Noronha.....	97
Figura 5.8 – Variação média de pH das campanhas do Estudo Piloto.....	97
Figuras 5.9 – Médias da variável Umidade das campanhas do Estudo Piloto...	100
Figura 5.10 – Gráfico da análise granulométrica das amostras de areia controle e areia higienizada com cal nas proporções 10% e 15% do Estudo Piloto.....	103

9 – Apêndices

Figura 9.1 – Caçamba com resíduo de caixa de areia da ETE Bandeirantes....	122
Figura 9.2 – Coloração da areia úmida (A) e seca após 20 dias (B).....	123

Lista de Tabelas

3 – Revisão Bibliográfica

Tabela 3.1 – Características do esgoto bruto e lodo primário.....	27
Tabela 3.2 – Concentrações médias de alguns microorganismos encontrados nas fezes humanas, esgoto bruto e lodo primário bruto.....	27
Tabela 3.3 – Concentração máxima de microorganismos proposta em areia seca de contato primário.....	31
Tabela 3.4 – Limites máximos de colimetria para classificação da areia utilizada em recreações de contato primário no Rio de Janeiro.....	32
Tabela 3.5 – Limites granulométricos de agregado miúdo.....	33
Tabela 3.6 - Doenças Helmínticas do Sistema Digestivo Humano.....	38
Tabela 3.7 – Vantagens e desvantagens dos métodos de detecção de bactérias do grupo coliforme.....	46
Tabela 3.8 – Tipo de esgoto e dosagem de cloro.....	50

4 – Material e Métodos

Tabela 4.1 – Análises físico-químicas.....	72
--	----

5 – Resultados e Discussão

Tabela 5.1 – Porcentagem média retida acumulada na análise granulométrica das amostras de areia controle e areia higienizada com cal nas proporções 10% e 15%.....	102
--	-----

9 - Apêndices

Tabela 9.1 – Características físico-químicas e microbiológicas do resíduo de caixa de areia na Fase 1.....	124
Tabela 9.2 – Resultados obtidos nas análises de CT e <i>E.coli</i> da Fase 2 dos Estudos Preliminares.....	125

Tabela 9.3 - Resultados obtidos nas análises de Ovos de helmintos da Fase 2 dos Estudos Preliminares.....	126
Tabela 9.4 – Resultados das análises de umidade na Fase 2 dos Estudos Preliminares.....	127
Tabela 9.5 – Resultados obtidos nas análises de CT e <i>E.coli</i> da Fase 3 dos Estudos Preliminares.....	129
Tabela 9.6 – Resultados obtidos nas análises de ovos de helmintos da Fase 3 dos Estudos Preliminares.....	130
Tabela 9.7 – Resultados das análises de umidade na Fase 3 dos Estudos Preliminares.....	130
Tabela 9.8 - Resultados das análises de pH na Fase 3 dos Estudos Preliminares.....	131
Tabela 9.9 – Resultados obtidos nas análises de CT e <i>E.coli</i> da Fase 4 dos Estudos Preliminares.....	132
Tabela 9.10 – Resultados obtidos nas análises de ovos de helmintos da Fase 4 dos Estudos Preliminares.....	133
Tabela 9.11 – Resultados das análises de umidade na Fase 4 dos EP.....	134
Tabela 9.12 - Resultados das análises de pH na Fase 4 dos Estudos Preliminares.	135

Lista de Siglas

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
LABERSOL - Laboratório de Estudos em Resíduos Sólidos
DQO – Demanda Química de Oxigênio
ST – Sólidos Totais
EP – Estudos Preliminares
L – litros
CT – Coliformes Totais
NMP – Número Mais Provável
gMS – grama de Massa Seca
UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância
UV – Ultra Violeta