

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

NARA MUNICK CERQUEIRA LOPES OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO PÓS-TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO, PROVENIENTE
DE DIGESTOR ANAERÓBIO, COM CASCA E SEMENTE DE MANGA.**

**Feira de Santana-Ba
2013**

NARA MUNICK CERQUEIRA LOPES OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO PÓS-TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO, PROVENIENTE
DE DIGESTOR ANAERÓBIO, COM CASCA E SEMENTE DE MANGA.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de concentração: Saneamento

Orientadora: Profa. Dra. Elisa Teshima

**Feira de Santana-BA
2013**

**AVALIAÇÃO DO PÓS-TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO,
PROVENIENTE DE DIGESTOR ANAERÓBIO, COM CASCA E SEMENTE DE
MANGA.**

Nara Munick Cerqueira Lopes Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

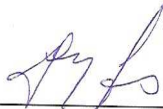
Aprovada por:



Prof.ª Dr.ª Elisa Teshima
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Prof.ª Dr.ª Norma Suely Evangelista Barreto
(Universidade Federal do Recôncavo Baiano)



Prof.ª Dr.ª Sandra Maria Furiam Dias
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Prof. Dr. Luciano Mendes Souza Vaz
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

AGRADECIMENTOS

À Deus fonte de inspiração e minha fortaleza. Por acreditar em uma força superior, fez-me superar todos os momentos de cansaço durante a realização desta pesquisa.

A meus pais e minha irmã que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos. Obrigada pelo amor.

A Joelande pelo incentivo para fazer a seleção de mestrado, e também pela amizade e ajuda nas análises parasitológicas.

À orientadora Profa. Dra. Elisa Teshima pela orientação e ensinamentos durante a realização desse trabalho;

A Welbyson (Empresa Cajuba) pela disponibilização dos resíduos de manga.

Às estagiárias Bruna e Jamile pelo apoio e ajuda concedida durante as análises.

Ao Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Feira de Santana, aos funcionários Adriano Lima, Luís e Dione e aos estagiários Katia, Lucas e Gil pelo acompanhamento nas análises dos parâmetros físico-químicos.

A equipe de educação ambiental-EEA/UEFS que disponibilizaram a área de compostagem para realização da pesquisa. Em especial ao funcionário seu Zé pelo grande apoio na montagem e monitorização das amostras. Meu muito Obrigada!

Às funcionárias do Laboratório de Qualidade de Alimentos Vanessa e Patrícia, disponibilidade em ajudar e em especial Patrícia pela amizade, dicas e conselhos.

As colegas de laboratório Manu, Priscila, pela troca de aprendizado Milaine, Brisa, Gracimara pela companhia. E a todas as pessoas que sempre que chegava no laboratório e me viam cheia de coisas para fazer sempre dava uma ajudinha. Obrigada.

Aos colegas de turma: Elizangela, Quelle, Anderson, Rafaela, Rogério que durante estes dois anos dividiram momentos de aprendizado, felizes e também algumas lamentações por conta da pesquisa. E pela companhia nas horas do almoço.

A Quelle por sempre me conceder sua casa para dormir quando saia tarde do laboratório.

Aos funcionários: Mariana, Kátia, Hebert e Welber por toda a colaboração durante todo o mestrado. E aos professores do PPGECEA: pelos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante todo o período de realização desse trabalho.

À Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA) que disponibilizou seus funcionários e um caminhão limpa-fossa para a coleta e transporte do lodo até a Universidade; em especial ao Prof. Dr. Roque Angélico pela colaboração.

A todos que por ventura tenha me esquecido de citar, mas de algum modo contribuíram neste trabalho, MEU MUITO OBRIGADA!

Sumário

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	16
LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS	16
INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVO	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
5 METODOLOGIA.....	38
6 RESULTADOS	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
RECOMENDAÇÕES	81
APÊNDICE A	82
APÊNDICE B.....	83
REFERÊNCIAS	86

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGECEA/UEFS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO DO PÓS-TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO, PROVENIENTE DE DIGESTOR ANAERÓBIO, COM CASCA E SEMENTE DE MANGA.

Nara Munick Cerqueira Lopes Oliveira

2013

Orientadora: Prof^a Dr^a Elisa Teshima

Programa: Engenharia Civil e Ambiental

Na tentativa de redução de patógenos no lodo de esgoto existem varias alternativas de pós-tratamentos tais como: secagem térmica, estabilização com cal, compostagem entre outros. O presente estudo teve como objetivo avaliar um processo alternativo de redução de patógenos no lodo de esgoto pelo uso de resíduos do processamento da manga, que contem propriedades antimicrobianas contra bactérias gram-positivas e negativas. O lodo de esgoto proveniente do reator UASB foi estabilizado por 30 dias em leito de secagem e submetido ao processo de higienização com diferentes concentrações de casca (5, 10, 15, 20 e 30% (p/p)) e de semente (5, 10, 15, 20 e 30% (p/p)) de manga, utilizando como controle positivo o lodo seco e controle negativo o lodo seco alcalinizado. Foram monitoradas as concentrações de coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella* spp. *Enterococcus* spp. e *Escherichia coli* ao longo de 90 dias (nos tempos 0, 3, 7, 10, 15, 20, 30, 45, 60 e 90 dias), bem como a determinação de sólidos totais, sólidos voláteis, umidade, carbono orgânico total, nitrogênio, pH, fosforo e ovos viáveis de helmintos. Os resultados indicaram que as concentrações de carbono, nitrogênio e fósforo dos tratamentos analisados apresentaram pouca variação durante o período de avaliação. Ao final dos 90 dias, os níveis de coliformes totais e termotolerantes foram <3 NMP/g ST no controle positivo e negativo, bem como na maioria dos tratamentos com resíduos de manga. A utilização de casca ou semente de manga resultou na redução de 99,9999% dos Enterococos, 99,999% de *E. coli* e 99% da salmonela presente no início da avaliação. Embora tenha havido redução nos níveis de patógenos, o biossólido obtido ainda apresenta restrições de uso agrícola, de acordo com as legislações brasileiras vigentes: Resolução CONAMA 375/06 e Instrução normativa N^o 64/2008 do Ministério da Agricultura.

Palavras chaves: lodo de esgoto, patógenos, semente e casca de manga, valor D.

Abstract of Dissertation presented to PPGECEA/UEFS as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVALUATION OF ANAEROBIC DIGESTED SEWAGE SLUDGE TREATED WITH MANGO'S PEEL AND KERNEL SEED.

Nara Munick Cerqueira Lopes Oliveira

2013

Advisor: Prof. Dr. Elisa Teshima

Department: Civil and Environment Engineering

In an attempt to pathogen reduction in sewage sludge there are several post treatments alternatives, such as thermal drying, lime stabilization, composting and others. The present study aimed to evaluate an alternative process to reduce pathogens in sewage sludge by using mango processing waste, which contains antimicrobial properties against gram-positive and negative bacteria. The sewage sludge from UASB reactor was stabilized for 30 days in drying bed and submitted to the sanitization process with different concentrations of mango's peel (5, 10, 15, 20 and 30% (w/w)) and kernel seed (5, 10, 15, 20 and 30% (w/w)), with sewage sludge as a positive control and alkalized sludge as negative control. It was monitored total and fecal coliforms, *Salmonella* spp., *Enterococcus* spp. and *Escherichia coli* concentrations over 90 days (at 0, 3, 7, 10, 15, 20, 30, 45, 60 and 90 days), as well as determination of total and volatile solids, moisture, total organic carbon, nitrogen, pH, phosphorus and viable helminthes eggs. The results indicated that the concentrations of carbon, nitrogen and phosphorus of treatments showed little variation during the trial period. At day 90, the levels of total and fecal coliforms were <3 MPN/g TS in positive and negative controls as well as in most of treatments with mango's residues. The use of mango's kernel seed or peel resulted in a reduction of 99.9999% of enterococci, 99.999% of *E. coli* and 99% of salmonella numbers present at the beginning of this evaluation. Although there has been a reduction in the levels of pathogens, the biosolids obtained still has restrictions for agricultural use, according to current Brazilian legislation: CONAMA Resolution 375/06 and Normative Instruction N0 64/2008 of the Ministry of Agriculture.

Keywords: sewage sludge, pathogens, mango's seed and peel, value D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica do logaritmo decimal de sobreviventes, à temperatura constante	37
Figura 2: Determinação gráfica do valor de DT a uma dada temperatura.	37
Figura 3: Descarga do lodo de esgoto da ETE- Contorno nos leitos de secagem localizados na EEA/UEFS.	39
Figura 4: Resíduos de manga no pátio de compostagem da EEA-UEFS.	40
Figura 5: Caroço da manga, em destaque endocarpo e amêndoa.	42
Figura 6: Pesagem, irrigação e mistura dos resíduos.	43
Figura 7: Acondicionamento das amostras em baldes plásticos, de acordo com a concentração de resíduos de manga e cal hidratada.	43
Figura 8: Sacos estéreis utilizados para coleta de amostra.	44
Figura 9: Valores diários de temperatura registrados nos 12 tratamentos durante os 90 dias.	54
Figura 10: Frenquência de Salmonella ao longo dos 90 dias do processo.	73

LISTA DE TABELAS

Erro! Fonte de referência não encontrada. _____	50
Tabela 2: Caracterização físico-química dos resíduos utilizados nos tratamentos. _____	53
Tabela 3: Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise. _____	56
Tabela 4: Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise (continuação) _____	57
Tabela 5: Média das concentrações em NMP/ g ST de coliformes totais e termotolerantes nos 12 tratamentos, durante o período de 90 dias. _____	61
Tabela 6: Média das concentrações em UFC / g de ST de <i>Salmonella</i> spp, <i>Enterococcus</i> spp. e <i>E. coli</i> nos 12 tratamentos, nos tempo inicial e tempo 90 dias. _____	64
Tabela 7: Valores D para o pós tratamento do lodo com casca de manga. _____	67
Tabela 8: Valores D para o pós tratamento do lodo com semente de manga _____	68
Tabela 9: Números de ciclos logarítmicos. _____	70
Tabela 10: Concentração de ovos viáveis de helmintos/g ST nos diferentes tratamentos no Tempo 0 (inicial) e Tempo 90 (final). _____	74
Tabela 11: Percentuais médios de sólidos totais, sólidos fixo, sólidos volatéis e umidade dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise. _____	82
Tabela 12: Análise de regressão linear de <i>Salmonella</i> spp, <i>Enterococcus</i> spp. e <i>E. coli</i> _____	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agente patogênico _____	32
Quadro 2 Caracterização química do farelo da amêndoa da semente de manga. _____	35
Quadro 3: Valores de pH registrados para a determinação da concentração de Cal. _____	41
Quadro 4 Parâmetros analisados, frequência de análise e métodos analíticos nas amostras dos tratamentos. _____	48
Quadro 5: Caracterização das espécies de <i>Salmonella</i> spp. isoladas nos 12 tratamentos. _____	73
Quadro 6: Comparação da concentração final dos 12 tratamentos estudados com os valores de referência da Resolução Conama 375/06 e a Norma 503 (USEPA, 2003). _____	79

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS

C= casca

CONAMA= Conselho Nacional de Meio Ambiente

COT= Carbono orgânico total

NMP= Números mais prováveis

DAFA =Digestor Anaeróbio de Lodo de Fluxo Ascendente

ETE= Estação de Tratamento de Esgoto

INMET= Instituto de Meteorologia

pH= potencial hidrogeniônico

p/p= peso/peso

SE= amêndoa da semente de manga

ST= sólidos totais

SV= sólidos voláteis

SF=sólidos fixos

UASB=*Upflow Anaerobic Sludge Blanklert*

UEFS= Universidade Estadual de Feira de Santana

USEPA=*United States Environmental Protection Agency*

INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgotos-ETE produzem quantidades elevadas de lodo e a destinação final deste resíduo ainda representa um grande problema sanitário ambiental. No Brasil, a destinação final do lodo é realizada geralmente no aterro sanitário, o que agrava ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano, sendo necessária uma busca de novas alternativas para a reutilização desse resíduo, tendo em vista a disposição final ambientalmente adequada.

O esgoto doméstico apresenta resíduos provenientes de humanos e pode conter diversos micro-organismos patogênicos, tais como: bactérias, vírus, protozoários e helmintos, os quais serão encontrados em maior concentração na parte sólida, o lodo de esgoto. Devido a este fato, a destinação final deste resíduo tem sido motivo de preocupação, uma vez que os patógenos podem contaminar o solo e mananciais, bem como podem ser fonte de infecção para pessoas e animais que tenham contato com este resíduo sólido. Por outro lado, o lodo de esgoto possui também alta concentração de nutrientes orgânicos, tais como nitrogênio e fósforo, que apresentam potencial de uso como fertilizantes agrícolas.

Para que esse biossólido seja utilizado na agricultura, de maneira que assegure a salubridade ambiental, é necessário que sejam aplicados processos de redução significativa dos patógenos para obtenção de lodo tipo B, bem como processos de redução adicional de organismos patogênicos para o lodo tipo A (BRASIL, 2006).

Os processos tecnológicos disponíveis para a higienização do lodo, necessária para atingir os níveis sanitários propostos pela norma CFR 40, parte 503 (USEPA, 2003) e Resolução nº375/2006 do CONAMA (BRASIL, 2006), atualmente em uso no mundo, são: incineração, secagem térmica, calagem, em alguns casos, e compostagem. No entanto, os processos de incineração e de secagem térmica são onerosos e os processos de alcalinização e compostagem, nem sempre garantem a redução de organismos patogênicos em níveis para obtenção de um lodo tipo A. Portanto, a busca por novas tecnologias de higienização do lodo, que apresentem viabilidade operacional e baixo custo, torna-se necessário para um crescimento ambientalmente sustentável.

Neste contexto, nos últimos anos tem-se verificado em algumas pesquisas, que resíduos da manga apresentam compostos antimicrobianos naturais (RUMBAOA, 2011; KHAMMUANG; SARNTHIMA, 2011; ABDULLAH et al., 2011), que podem inibir

algumas bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, incluindo *Escherichia coli*, *Clostridium* sp. e *Salmonella* sp. (KABUKI et al, 2000).

Na Bahia, a produção e a consequente industrialização de manga vêm sendo um ponto forte na economia do estado, que desde 2007 ocupa o primeiro lugar de produção de manga no ranking nacional, totalizando mais de 509 mil toneladas de frutos no ano (IBGE, 2010). Após o processamento industrial da manga, cerca de 40 a 60% são descartados como resíduos, sendo este constituído de 12 a 15% de cascas e 15 a 20% de sementes (VIEIRA et al., 2009).

Diante de tais fatos, este trabalho teve a perspectiva de aproveitamento do resíduo de processamento da manga para desenvolver um processo alternativo de higienização do lodo de esgoto, visando à possibilidade de reutilização do lodo de esgoto na agricultura.

2 OBJETIVO

2.1 GERAL

Esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar a eficiência do resíduo de manga como antimicrobiano na redução de organismos patogênicos presentes no lodo de esgoto.

2.2 ESPECÍFICO

- Caracterizar o lodo de esgoto proveniente de reator UASB (esgoto bruto e após 30 dias em leito de secagem);
- Avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações de casca de manga (5, 10, 15, 20 e 30% (p/p)) e semente de manga (5, 10, 15, 20 e 30% (p/p)) nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do lodo, usando um controle positivo (lodo de esgoto seco) e um controle negativo (alcalinização);
- Determinar as concentrações de coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp, *Escherichia coli* e ovos viáveis de helmintos presente em cada tratamento;
- Determinar os parâmetros físico-químicos de sólidos totais, sólidos totais voláteis, carbono orgânico total, umidade, pH, nitrogênio total, fosfato e temperatura em cada tratamento;
- Classificar o lodo obtido em cada tratamento de acordo com a Resolução n°375/2006 do CONAMA.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O lodo de esgoto é um resíduo que traz preocupação quanto à sua disposição final ambientalmente correta. Assim, tem-se buscado alternativas para o reaproveitamento do mesmo. Portanto, a fundamentação teórica delimitou-se: informações sobre o lodo de esgoto e suas características, bem como informações de processos de pós-tratamentos, possibilidades de reuso e aspectos legais da aplicação do lodo. Além de dados de estudos sobre o potencial antimicrobiano da amêndoa de manga.

3.1 TRATAMENTO ANAERÓBIO DO LODO DE ESGOTO

A aplicação de reatores anaeróbios nos tratamentos de esgoto teve início a mais de 100 anos. Esta tecnologia só foi possível e melhor utilizada com o concomitante desenvolvimento e conhecimento dos aspectos microbiológicos, bioquímicos, termodinâmicos e cinéticos dos processos anaeróbios (FORESTI et al., 2000).

A digestão anaeróbia consiste em um processo de estabilização da matéria orgânica obtida através da ação de população de bactérias mantidas em contato com o lodo, em ambiente livre de oxigênio molecular (LUDUVICE, 2007).

No processo anaeróbio ocorre a transformação de compostos orgânicos (carboidratos, proteínas e lipídeos) em produtos mais simples (metano e gás carbônico). A formação de metano é altamente desejável, pois é eficaz na remoção de matéria orgânica da fase líquida, uma vez que o metano apresenta baixa solubilidade na água (FORESTI et al., 2000).

A maior aceitação da utilização de sistemas de tratamento anaeróbio é devido às vantagens do processo da digestão anaeróbia quando comparada a digestão aeróbia e a melhoria do desempenho dos sistemas anaeróbios modernos, tendo-se um aumento da velocidade de remoção da matéria orgânica e do material digerido. A fração considerável do material orgânico removido é de aproximadamente 70% (FORESTI et al., 2000).

Para a conversão do material orgânico (proteínas, carboidratos e lipídios) podem-se distinguir, de forma simples, quatro etapas diferentes no processo global da conversão:

- Hidrólise: o material orgânico particulado é transformado em compostos mais simples como ácidos graxos, aminoácidos e açúcares pela ação dos micro-organismos hidrolíticos.
- Acidogênese: o material, o qual foi hidrolisado é transformado em compostos mais simples como ácidos graxos de cadeia curta, álcoois, ácido lático e compostos minerais como: H_2 ; NH_3 ; N_2S e CO_2 .
- Acetogênese: os produtos transformados na fase anterior são convertidos em produtos que formam os substratos para produção de metano: ácido acético, H_2 e CO_2 , pela ação das bactérias acetogênicas.
- Metanogênese: nesta última etapa, o metano é produzido a partir da redução do ácido acético.

3.1.1 Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (DAFA)

A literatura descreve modalidades de tecnologias de sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto, tendo maior destaque os sistemas do tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blankert*), sendo no português denominado de Reator Anaeróbio de Lodo de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo, bem como como DAFA (Digestor Anaeróbio de Lodo de Fluxo Ascendente), RAFA (Reator Anaeróbio de Lodo de Fluxo Ascendente), RALF (Reator Anaeróbio de Lodo de Leito Fluidificado).

Nos sistemas anaeróbios a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa; cerca de 5 a 15% do material orgânico é convertida em biomassa microbiana, vindo a se constituir em lodo excedente do sistema. O material não convertido em biogás ou em biomassa, deixa o reator como material não degradado (cerca de 10 a 30%) (CHERNICHARO, 2007).

Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manto de lodo (reatores UASB) removem eficientemente a matéria orgânica do esgoto e ao mesmo tempo promove a estabilização e remoção dos sólidos. Além disso, possuem um dispositivo de separação das fases sólida, líquida e gasosa, de forma que, no tratamento de águas residuárias, mantém o lodo gerado por tempos bem mais longos que o líquido, desenvolvendo dessa forma uma massa de lodo ativa nos processos de digestão (CHERNICHARO, 2007).

O perfil de sólidos no reator varia de muito denso, com partículas granulares com poder de sedimentação alto, próximo ao fundo, até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator (CHERNICHARO, 2007).

3.1.2 Características do lodo de esgoto proveniente do reator DAFA

A composição do lodo dos reatores DAFA (UASB) pode variar em função da periodicidade das descargas, todavia, é um lodo mais mineralizado, com menor teor de matéria orgânica e de nutrientes e sua umidade é variável (ANDREOLI et al., 1997, apud ROCHA, 2009). Além disso, apresentam características tais como: concentração de sólidos de 3% a 5% que possibilita o descarte de menores volumes de lodo; facilidade de desaguamento; é um lodo mais estabilizado, devido ao elevado tempo de permanência no sistema de tratamento, possibilitando a desidratação posterior sem tratamento prévio (CHERNICHARO, 2007).

Dentre as principais características físicas e químicas dos lodos gerado em reatores UASB, podem-se destacar: pH em torno de 6,5, teor de umidade em torno de 96%, 2,3% de nitrogênio e 0,95% de fósforo (ROCHA, 2009).

3.2 TRATAMENTO DO LODO

O tratamento do lodo de esgoto antes de sua utilização pode envolver diferentes processos, os quais dependerão do tipo de uso final a que se destine.

Esses tratamentos podem melhorar as características físico-químicas do resíduo, o que facilita seu manuseio. E dependendo das características do lodo podem determinar a opção por uma ou outra forma de disposição ou reuso (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Os principais processos que incluem as fases de tratamento do lodo são: adensamento, condicionamento, desaguamento, estabilização. O adensamento é um processo físico de concentração de sólidos no lodo, com objetivo de reduzir a umidade do resíduo. O condicionamento consiste na preparação do lodo, através de produtos químicos para aumentar a aptidão ao desaguamento e melhorar a captura de sólidos nos sistemas de desidratação do lodo. A fase do desaguamento/desidratação visa remover a água, aumentando a concentração de sólidos e reduzir ainda mais o volume do lodo. A desidratação do lodo tem impacto fundamental nos custos de transporte e destino final,

além de influenciar de forma decisiva o manuseio do lodo (VON SPERLING; GONÇALVES, 2007; FERNANDES, 2007).

A desidratação pode ser feita em leito de secagem. Estes são unidades de tratamento, que tem como finalidade basicamente duas etapas: uma fase de drenagem do excesso de água livre presente no resíduo, com lixiviação de nutrientes, e a outra de evaporação natural. O lodo deve ser retirado do leito de secagem após atingir teores de ST (sólidos totais) em torno de 30%, para não dificultar sua remoção posterior (BARROS et al., 2005).

A redução do custo do transporte para o local de disposição final, a melhoria do poder calorífico do lodo, redução do volume para a disposição em aterro e para a agricultura, diminuição da produção de lixiviado quando da disposição em aterros são razões pelas quais tornam etapa do desaguamento importante (GONÇALVES; LUDIVICE; VON SPERLING, 2007).

Já a fase de estabilização visa reduzir os maus odores no tratamento e manuseio do lodo, sendo alcançada através da retirada da matéria orgânica (VON SPERLING; GONÇALVES, 2007). Esta etapa é muito importante para a reciclagem agrícola, para a disposição final em aterro e para incineração tem importância moderada (FERNANDES et al., 2007). Entre os processos de estabilização do lodo destacam-se: digestão anaeróbia e aeróbia, estabilização alcalina e a compostagem (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Os sistemas baseados em reatores UASB seguidos por pós-tratamento representam simplificação no tratamento do lodo de esgoto, requerendo apenas o processo de desidratação e disposição final (VON SPERLING; GONÇALVES, 2007). Para esses mesmos autores, na utilização do lodo líquido para fins agrícola pode ser suprimida a etapa de desidratação, mas deve incluir um processo de higienização.

Apesar do leito de secagem ser uma alternativa para o desaguamento, este não é eficiente na eliminação de patógenos. Estudos realizados por Santos (2012) verificaram a presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes, fungos, *Enterococcus* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em lodo de esgoto submetido a leito de secagem por 90 dias. Desta maneira, o lodo de esgoto mesmo submetido a tratamentos convencionais, dependendo do destino final do resíduo que será dado, necessita de tratamentos adicionais a fim de garantir a eliminação e/ou redução de patógenos. Neste estudo iremos chamar estes tratamentos adicionais de pós-tratamento.

3.3 CONSTITUINTES DO LODO DE ESGOTO

Os esgotos domésticos são constituídos por 99,9% de água, sendo a fração restante de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos (VON SPERLING, 2005). Assim, as Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) em seu processo final acabam por gerar uma crescente quantidade do subproduto denominado de lodo de esgoto.

No lodo são verificadas concentrações elevadas de nutrientes e micro-organismos oriundos dos esgotos durante o processo de tratamento secundário e que permanecem adsorvidos nas partículas. Assim, devido aos níveis de patógenos e pelos teores de macro e micronutrientes indesejáveis, o lodo de esgoto é considerado um resíduo poluente (PAULA JR et al., 2005; CARRIJO; BIONDI, 2008).

Para tanto, a presença destes poluentes no lodo de esgoto é variável, pois está ligada também às características do esgoto bruto e do sistema de tratamento. Bem como a presença de contaminantes químicos no esgoto está diretamente relacionada ao recebimento de efluentes industriais na rede coletora (SILVA et al., 2007). Desta maneira a presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos químicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos.

3.3.1 Patógenos presentes no lodo de esgoto

Os micro-organismos encontrados no lodo podem ser saprófitos, comensais, simbioses ou parasitas, sendo este último grupo considerado como patogênicos ao homem e outros animais. A origem destes micro-organismos pode ser de procedência humana, o que reflete a saúde da população e as condições sanitárias da região, bem como de origem animal quando seus dejetos são lançados na rede ou pela presença de animais, principalmente roedores, na rede de esgoto (VON SPERLING, 2005).

Dentre os micro-organismos patogênicos no lodo, podem-se destacar os helmintos, protozoários, fungos, bactérias e vírus, sendo os ovos de helmintos os que apresentam maior resistência biológica em meio externo, quando comparados com outros micro-organismos.

As bactérias presentes no lodo de esgoto podem ser de diferentes origens: microbiota intestinal humana e de outros animais, do solo, do ar e da água. Os agentes bacterianos comumente encontrados no lodo são pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, com os gêneros *Salmonella* spp., *Enterococcus* spp. e o grupo dos

coliformes, que incluem o gênero *Escherichia*, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Além destes micro-organismos, ainda podem ser encontrados *Yersinia* spp., *Shigella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Clostridium* spp. em menor número, mas representam risco à saúde, devido a agressividade da doença que estes organismos provocam.

A detecção de salmonela no lodo de esgoto tem mostrado ser importante na epidemiologia de salmoneloses, uma vez que este micro-organismo sobrevive às condições adversas do ambiente, sendo capaz de se multiplicar fora de seus hospedeiros (CAVINATTO; PAGANINI, 2007). Embora sua transmissão seja feco-oral, também pode ser transmitida por via respiratória na inalação de poeira contaminada.

Em relação aos vírus, a concentração deste patógeno no lodo é variável e depende das condições da saúde da população da bacia contribuinte, do tipo de tratamento a que o esgoto é submetido e do tipo de estabilização utilizado no lodo. Dentre os agentes virais presentes no lodo de esgoto, destacam-se o vírus da hepatite A, rotavírus, enterovírus, reovírus (HAYS, 1977; USEPA, 1992 apud BONNET; LARA; DOMASZAK, 2000).

Quanto aos fungos, estudos sobre a caracterização microbiológica do lodo de esgoto na ETE Mangueira de Pernambuco, Santos (2009) pode verificar a presença de fungos filamentosos como *Penicillium* sp, *Chrysosporium* sp. *Scedosporium* sp, *Monotospora* sp.e *Aspergillus* sp nas amostras do lodo de esgoto analisadas.

Outros agentes patogênicos que também aumentam à preocupação são os parasitas intestinais (ovos de helmintos e cistos de protozoários), devido à alta frequência de helmintos na população, ao longo tempo de sobrevivência dos ovos de helmintos no meio externo e à baixa dose infectante (um ovo ou cisto é suficiente para infectar o hospedeiro) (FERNANDES; SILVA, 2008).

Com relação aos protozoários, os comumente encontrados no lodo de esgoto são *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Toxoplasma gondii* (HAYS, 1977; USEPA, 1992 apud BONNET; LARA; DOMASZAK, 2000).

Em relação aos helmintos, as espécies mais frequentes no lodo são *Ascaris lumbricoides*, *Ascaris suum*, *Toxocara* sp., *Trichuris trichiura*, *Taenia* sp., *Necator americanus* e *Hymenolepis nana*. sendo o gênero *Ascaris* spp. responsável pela maior prevalência (HAYS, 1977, USEPA,1992 apud BONNET; LARA; DOMASZAK, 2000; PAULINO, CASTRO; THOMAZ-SOCOOL, 2001).

A preocupação quanto à inviabilização dos ovos de helmintos são pelo fato desses micro-organismos serem resistentes as condições de estresse ambiental; podem sobreviver a diversos tipos de tratamento de esgoto e lodo, além de possuírem baixa dose infectante. Neste sentido, a presença de ovos de ascarídeos tem sido utilizada como bioindicador de qualidade sanitária, por estes organismos apresentarem uma elevada resistência, pois em condições ideais podem permanecer viáveis por até sete anos (CARRIJO; BIONDI, 2008).

O fato de que algumas espécies de helmintos (*Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Strongyloide stercoralis*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Enterobius vermiculares*) realizarem parte do seu desenvolvimento no solo e possuir ciclo de vida do tipo monoxênico, isto é, completam suas fases de desenvolvimento sem necessitar de um hospedeiro intermediário, podem favorecer a permanência destes helmintos no lodo de esgoto (CHIRFFI; PEDRO PAULO, 2010).

Para tanto, vários fatores elevam a possibilidade de transmissão dos patógenos pela aplicação do lodo de esgoto para fins agrícolas: persistência dos patógenos em lodo de esgoto, mesmo tratados; transmissão via alimentos; reservatório dos patógenos em populações humanas e outros animais; pessoas imunologicamente debilitadas.

3.3.1.1 Tempo de sobrevivência dos patógenos

Em relação ao tempo de persistência dos patógenos, o tempo máximo de sobrevivência comum de patógenos no solo, segundo a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2003) é de aproximadamente um ano para bactérias e vírus, 10 dias para protozoários e até sete anos para ovos de helmintos.

Os ovos de helmintos apresentam maior resistência biológica em meio externo, em relação a outros micro-organismos. Ovos de ascarídeos, por exemplo, podem permanecer viáveis no meio externo até sete anos conferindo assim, riscos à saúde humana e de outros animais. A dose de infecção também é um fator relevante para a saúde humana uma vez que um único ovo ou cisto é suficiente para infectar um hospedeiro susceptível (PAULINO; CASTRO; THOMAZ-SOCCOL, 2001; CAMILLO-COURA; CARVALHO, 2010; ROCHA, 2009).

A persistência dos patógenos no solo é comumente aumentada em baixas temperaturas, pH neutro e em barreiras físicas contra radiações ultravioleta (BONNET; LARA; DOMASZAK, 2000). Neste sentido, fatores como temperaturas elevadas (60°C

a 65°C), pH alcalino (≥ 12), baixa umidade ($< 80\%$) e exposição a raios solares são capazes de inviabilizar ovos de helmintos (CAVINATTO; PAGANINI, 2007).

Já em relação ao tempo de sobrevivência dos patógenos nas plantas, as bactérias, apresentam o maior tempo de sobrevivência (seis meses após aplicação do lodo de esgoto) (USEPA, 2003).

3.3.2 Nutrientes

A presença dos nutrientes é dependente da origem do esgoto e do tratamento, ao qual foi dado ao esgoto e o lodo (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007). Assim, lodo tratado de forma adequada, devido a seus teores de nutrientes é tido como valioso adubo orgânico.

O lodo de esgoto apresenta concentrações de macronutrientes como Nitrogênio, Fósforo e Potássio, sendo este último em menor concentração, bem como micronutrientes como Zinco e Ferro. Segundo Faria (2011), um lodo com teor de água de 70% (que é bastante baixo), contém 14 – 18% de substância orgânica, 0,6 – 0,7% de nitrogênio, 0,55% de fosfatos, 1,7 – 3,0% de cálcio

A biodisponibilidade do fósforo presente no lodo de esgoto é de 40% a 80% do total contido no material (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007). Os influxos de fósforo em copos d'água através de esgoto, escoamento superficial de terras com fertilizantes, podem estimular o desequilíbrio ecológico. Os detergentes contendo fósforos são os principais responsáveis pela poluição do ambiente aquático (RICKLEFS, 2003).

Apesar da quantidade do potássio no lodo de esgoto ser consideravelmente menor, no entanto, encontra-se na forma assimilável pelos vegetais, assim podem ser suplementado com outras fontes deste elemento (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Em contrapartida, a maior parte do nitrogênio, contido no lodo de esgoto encontra-se na forma orgânica, não sendo absorvida pelos vegetais, sendo necessário, portanto, que ocorra um processo de mineralização para a formação do amônio para que as plantas absorvam (MELO et al., 2000). A fração orgânica constitui a maior porção do nitrogênio presente no lodo, representando 70%-90%, e as formas mineralizadas (nitríca e amoniacal) que representa a menor porção é a fração absorvida pelas plantas (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Desta forma, um dos problemas do uso do lodo de esgoto como fertilizante agrícola está no conteúdo em nitrogênio e seu potencial de mineralizá-lo, que devem ser conhecidos, a fim de saber a dose necessária do lodo a ser aplicado no solo (MELO et al., 2000, PIRES, 2006). Uma vez que podem resultar em risco de contaminação das águas subterrâneas, bem como podem entrar na cadeia alimentar ou acumular-se no próprio solo, no ar, nas águas superficiais, nos sedimentos (PIRES, 2006). As formas nítricas, por exemplo são facilmente lixiviáveis nos lençóis, alterando as concentrações da água (CARNEIRO; SOTTOMAIOR; ANDREOLI, 2005).

Em relação à matéria orgânica presente no lodo de esgoto, esta exerce importante efeito sobre as propriedades física, química e biológica do solo, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, pode favorecer na melhoria da capacidade de troca iônica dos solos, na melhoria do poder de tampão de pH e no estímulo à atividade microbiana do solo (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007). Bem como pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e infiltração da água no solo, o que propicia melhor resistência dos agregados e reduz a erosão (SILVA et al., 2004).

Embora existam relatos de que o conteúdo de micronutrientes, macronutrientes e matéria orgânica contido no lodo de esgoto pareçam desempenhar papéis importantes na produção agrícola e fertilidade do solo, uma vez que ajudam na melhoria das propriedades física do solo, a depender do tipo de solo, clima, quantidade aplicada do lodo, tipo de cultura e o manejo da cultura podem influenciar nestes resultados (DE MARIA et al., 2010).

Além disso, a quantidade de nutrientes necessária às culturas, nem sempre é de maneira equilibrada e em formas disponíveis para as plantas em curto prazo. Sendo então, necessária a complementação com outras fontes de fertilizantes, de acordo com as necessidades nutricionais das plantas (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Portanto, deve-se conhecer a composição química dos lodos, além da dinâmica dos nutrientes após a aplicação no solo, de forma para evitar os impactos ambientais (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

3.4 PÓS-TRATAMENTO DO LODO

A geração de grandes volumes de lodo, seu processamento e disposição talvez sejam os problemas mais complexos que a Engenharia Sanitária se depara (PAULA JR, et al., 2005). Em virtude do elevado custo de gerenciar o lodo de esgoto e em face da busca de novas tecnologias para o desenvolvimento sustentável, os processos de reciclagem, deste resíduo, tem sido amplamente favorecidos. Portanto, para que o lodo tenha um destino sanitário adequado e possa ser reutilizado, devem-se evitar os efeitos nocivos à saúde pública e ambiental, sendo necessário que este resíduo passe por um processo complementar de estabilização, ou seja, tenha um pós-tratamento, uma vez que os parasitas intestinais bem como seus ovos e/ou cistos são pouco afetados no processo de digestão convencional (SILVA et al., 2007).

O pós-tratamento do lodo de esgoto visa eliminar ou reduzir significativamente a densidade de micro-organismos patogênicos, tornando o produto final biologicamente seguro para as diferentes aplicações desejadas (PASSANI; KELLER; GONÇALVES, 2002). A eficiência destes processos depende da qualidade operacional dos mesmos e da natureza dos patógenos presentes no lodo de esgoto (PAULINO; CASTRO; TOMAZ-SOCCOL, 2001).

A legislação dos Estados Unidos, a U.S.EPA, conforme 40 CFR Part 503 (1993) e a legislação brasileira CONAMA N° 375/06 (BRASIL, 2006) estabelecem processos que visam à redução significativa de patógenos, necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo B (digestão aeróbia, digestão anaeróbia, leito de secagem, compostagem e estabilização com cal), redução adicional de patógenos, necessários para a obtenção de lodos de esgoto ou produto derivado tipo A (digestão aeróbia termofílica, secagem térmica, irradiação com raios beta, pasteurização e compostagem confinada).

Porém, antes de tomar uma decisão a respeito de qual tratamento deve ser aplicado ao lodo, é importante conhecer a quantidade de lodo gerado, suas características químicas e microbiológicas, bem como os custos de implantação, de operação e de gerenciamento do tratamento. Só desta forma é que se pode assegurar o êxito do método de tratamento a ser utilizado (CHÁVEZ; TOSCANO; MÁRQUEZ, 2000).

3.4.1 Alcalinização

A alcalinização é um processo utilizado como pós-tratamento/estabilização do lodo, bastante difundido a nível mundial, devido ao baixo custo, fácil aplicabilidade e eficiência do processo (MÄDER NETTO et al., 2003). Além de ser um método com grande potencial de consolidação no processo de pós-tratamento do lodo para uso agrícola.

A estabilização com cal consiste no tratamento químico alcalino, o qual eleva o pH, remove fósforo no tratamento avançado de efluente e condiciona o lodo para a desidratação mecânica e estabilização química. Para tanto, devem ser levado em conta também as características do lodo: quantidade, tipo, umidade, concentração de sólidos; a dosagem de cal e o tempo de contato e estocagem (BARROS; COSTA; ANDREOLI, 2006).

No tratamento alcalino ocorre quebra de moléculas complexas por reações tais como hidrólise e saponificações, e neutralização de ácidos, devido ao ambiente altamente alcalino criado pela adição de cal (CHAGAS, 2000). A desinfecção é favorecida em decorrência do contato da cal com a água contida no lodo, o que resulta em uma reação exotérmica, assim, a temperatura se eleva durante alguns dias, até a mistura se estabilizar. Ocorre também uma rápida elevação do pH a níveis ligeiramente acima de 12,0 e, finalmente, há formação de amônia a partir do nitrogênio (MÄDER NETTO et al., 2003; CARNEIRO; SOTTOMAIOR; ANDREOLI, 2005).

Como a atividade microbiana ocorre em ambientes, no qual o pH esteja na faixa de 6,5 e 9,0, a elevação do pH e produção de amônia (NH_3) promovem a destruição dos micro-organismos, uma vez que altera a natureza coloidal do protoplasma celular dos micro-organismos patogênicos de forma letal e produz um ambiente inóspito à sua sobrevivência (PINTO, 2001 apud ROCHA, 2009).

A cal também provoca uma alteração significativa na concentração de sais do lodo aumentando a pressão osmótica, fatores que dificultam a absorção de água e contribuem para a morte das estruturas de resistência. Isto resulta em um lodo sem patógenos, já que os organismos indicadores de patogenicidade geralmente são eliminados e os demais permanecem inviáveis, garantindo eficiência do processo (BARROS; COSTA; ANDREOLI, 2006).

Para tanto, os processos de alcalinização ainda se mostram vantajosos pela eficiência na desinfecção do lodo de esgoto, apesar de existir aspectos negativos em

relação ao seu uso tais como: perda de nitrogênio e imobilização do fósforo durante a mistura da cal, bem como a limitação de seu uso em solos pouco ácidos (MÄDER NETTO et al., 2003).

3.4.1.1 Cal Virgem e Cal Hidratada

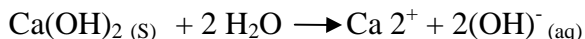
Cal virgem é o nome popular do óxido de cálcio (CaO). Quimicamente falando é conceituado como um óxido metálico. Este ao se dissolver com água produzem soluções básicas (BRADY; HUMISTON, 2008).

O CaO quando reage com água forma hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), cal hidratada, está reação é considerada exotérmica, pois libera calor (1). A cal hidratada ao reagir com água dissocia-se completamente em íons Ca⁺⁺ e OH⁻ (2) e não há liberação de calor (2) (BRADY; HUMISTON, 2008).

(1) Cal virgem/Reação exotérmica



(2) Cal hidratada



Uma das principais características de uma cal hidratada é a reatividade, que é a capacidade de reagir com as impurezas suspensas na água através de condicionamento químico. Esta reatividade depende, além das características físicas como a granulometria e superfície específica, da pureza da cal virgem representada pelos teores de cálcio e magnésio, umidade, CO₂ e tipo de calcinação sofrida.

A granulometria fina da cal é um fator importante para assegurar a reatividade, especialmente nas cales com baixa concentração de CaO, o que vem a propiciar a solubilização dos óxidos e acelerar a reação de hidratação (PEGORINI et al., 2006 apud ROCHA, 2009).

A cal é um alcáli mundialmente utilizado no tratamento de esgoto e estabilização do lodo de esgoto, uma vez que possuem efeitos bactericidas, sendo usada na forma de cal virgem (CaO) ou cal hidratada (Ca (OH)₂) (CHAGAS, 2000). Entretanto existe diferença entre as cales, uma vez que a cal virgem não se mistura muito bem em lodo em condição líquida, sendo utilizada a cal hidratada para este tipo de lodo (PINTO,

2007). Além disso, segundo Pegorini e outros (2006 apud ROCHA, 2009) a diferença do efeito de estabilização química entre as cales está no processo de reação das cales com a água. Isto porque a cal virgem ao logo do processo ocorre reação exotérmica, enquanto que a cal hidratada não há liberação de calor.

3.4.1.2 Eficiência do tratamento alcalino na redução e/ou eliminação dos micro-organismos patogênicos

Nos estudos realizados por Passani; Keller e Gonçalves (2002) mostraram que com aplicação de cal hidratada e cal virgem no lodo de esgoto, nas dosagens de 30%, 40%, 50% e 60% se mostraram eficiente na eliminação em 100% dos coliformes fecais nos cinco dias consecutivos à alcalinização. Nas dosagens (50% e 60%) não foi observado o repopulação de coliformes fecais durante todo o período experimental, evidenciando a importância de se recomendar a utilização de dosagens elevadas (acima de 50%) para garantir a proteção à saúde pública. O estudo também mostrou que 24 horas de contato com cal hidratada ou virgem são suficientes para inviabilizar 100% dos ovos de helmintos.

A higienização por alcalinização, nos estudos sobre viabilidade de ovos de *Ascaris* spp, Godinho (2003) verificou que a eficiência da inviabilização de ovos do helminto em questão foi de 100%, para as três dosagens testadas de cal hidratada (30, 40 e 50%), após 30 dias de contato.

Neste mesmo sentido, estudos demonstraram que o tratamento alcalino foi bastante eficiente para as remoções de coliformes fecais, alcançando níveis $<10^3$ NMP/g ST quando foi aplicada uma concentração de 40% e 50% de cal hidratada ao lodo seco. Os ovos de helmintos foram totalmente inviabilizados no lodo desaguado somente quando este foi tratado com 50% de cal hidratada (BARROS et al., 2005).

Por conseguinte, em termos percentuais, nos estudos de Rocha (2009) se observou que nos tratamentos com cal virgem houve redução de 99,99% de remoção de coliformes termotolerantes no tempo zero e em 120 dias, sendo que nos tempos intermediários, a remoção de coliformes foi entre 99,95% e 99,99%. Além disso, se observou a inativação de 100% de ovos de helmintos no período de 90 dias para o tratamento de cal virgem e no período de 15 dias para o tratamento com cal hidratada.

3.5 LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

Atualmente, as alternativas comumente empregadas para a destinação final do lodo de esgoto são: a incineração, o aterro sanitário, *landfarming* (disposição superficial no solo), recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola.

No Brasil, a disposição final do lodo de esgoto é o aterro sanitário. Porém a disposição de um resíduo com elevada carga orgânica no aterro, pode agravar ainda mais o problema com o manejo do lixo urbano (PIRES, 2006).

Apesar do referido resíduo, apresentar compostos indesejáveis que colocam em risco a saúde humana e ambiental, tem-se buscado novas alternativas para a destinação final do lodo de esgoto que em termos da saúde pública e ambiental sejam aceitáveis. Uma vez que este resíduo sem prévio tratamento higienizante poderia colocar diretamente em risco a população humana e de animais que vivem na área de utilização e indiretamente populações que venham consumir produtos vegetais proveniente destas áreas.

Segundo a resolução 375 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, o uso agrícola do lodo de esgoto é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparado a outras práticas de destinação final (BRASIL, 2006).

Salienta-se também que, a aplicação do lodo de esgoto na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada, uma vez que transforma o lodo em um insumo agrícola, contribuindo assim para fechar o ciclo bioquímico dos nutrientes minerais. Este último aspecto da reciclagem agrícola do lodo começa a ganhar cada vez mais importância, pois a produção das emissões de CO₂, como no caso da incineração, atua no sentido de desequilibrar o meio natural (FERNANDES; SILVA, 2008).

O lodo de esgoto (do mesmo modo que as outras fontes de matéria orgânica) aumenta a retenção de água nos solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos, além de manter boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície, porém por um determinado tempo (BETTIOL; CAMARGO, 2006). Contribui também na melhoria da capacidade de troca catiônicas dos solos e do poder tampão de pH, bem como estimula a ação microbiana no solo (ANDREOLI; PEGORINI; FERNANDES, 2007).

Um fator importante da utilização do lodo de esgoto na agricultura, segundo Andreoli; Pegorini; Fernandes (2007) são os efeitos da aplicação do resíduo sobre o

controle de erosão e poluição ambiental: como a redução do escoamento superficial pelo aumento da infiltração, redução da lixiviação de nutrientes e da contaminação do lençol freático.

Na reciclagem agrícola é importante também que haja controle de metais pesados, teor de nutrientes, sólidos fixos e voláteis, uma vez que a relação sólidos fixos/sólidos voláteis é um parâmetro ideal para avaliar o grau de estabilização do lodo, bem como seu potencial de gerar odores e ser atrativo de insetos (FERNANDES et al., 2007).

Assim sendo, o lodo de esgoto só pode ser reutilizado para agricultura desde que obedecem alguns critérios tais como: parâmetros aceitáveis de nutrientes; os solos estejam aptos para a aplicação do lodo; uso restrito em determinadas culturas, bem como que os níveis de patógenos estejam dentro dos limites permitidos pela legislação, para que não venham implicar em riscos sanitários e ambientais para a saúde humana e o meio ambiente em geral.

3.6 LEGISLAÇÃO SOBRE DESTINO E REUSO DE LODO DE ESGOTO

O Brasil através da Resolução do Conselho do Meio Ambiente-CONAMA, 375/2006 (BRASIL, 2006), estabelece normas técnicas e regulamentos para uso e gestão do lodo, visando assegurar a segurança da produção agrícola com o uso do lodo de esgoto e seus derivados, uma vez que os lodos de esgoto são considerados uma fonte potencial de riscos à saúde pública e ao ambiente, por potencializam a proliferação de vetores de doenças e organismos nocivos e pela possibilidade de conter metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente.

Em contrapartida, o lodo de esgoto sanitário também é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas e sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura. Assim para a utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70, a fim de não apresentar potencial de geração de odores e atração de vetores. Bem como deve apresentar ausência e/ou apresentar um limite máximo de concentração de patógenos (CONAMA, 2006).

A Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006) e a USEPA (2003), de acordo com a norma Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, Code of Federal

Regulations, Part 503 of the Clean Water Act, classificam o lodo de esgoto de acordo com as concentrações de patógenos, estabelecendo o padrão de qualidade microbiológica do biossólido (Quadro 1).

Quadro 1 Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agente patogênico, de acordo com a Resolução Conama 375/06 e a Norma 503 (USEPA, 2003)

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Patógenos	Conama 375/06	Norma 503 (USEPA, 2003)
A	Coliformes Termotolerantes	<10 ³ NMP/g de ST	<10 ³ NMP/g de ST
	Ovos viáveis de helmintos	< 0,25 ovo/g de ST	<1 ovo/4 g de ST
	<i>Salmonella</i>	Ausência em 10 g de ST	<3 NMP/4 g de ST
	Vírus	<0,25 UFP ou UFF /g de ST	<1 UFP/4g de ST
B	Coliformes Termotolerantes	<10 ⁶ NMP/g de ST	<2 x10 ⁶ NMP/g de ST
	Ovos viáveis de helmintos	<10 ovos/g de ST	NE
	<i>Salmonella</i>	NE	NE
	Vírus	NE	NE

ST: Sólidos Totais; NMP: Número Mais Provável; UFF: Unidade Formadora de Foco; UFP: Unidade Formadora de Placa. NE: Não especificado

Segundo Bastos; Bevilacqua; Mara (2013) a resolução brasileira é ainda mais rigorosa que a norma dos EUA, na qual o biossólido classe A deve apresentar 10³ NMP de coliformes termotolerantes/g de ST “ou” 3 NMP de salmonela/4 g de ST, enquanto que a Brasileira para o biossólido A deve conter 10³ NMP/g de ST “e” ausência de salmonela em 10 g de ST.

Quanto às restrições ambientais, ressalta-se que as áreas ambientais restritas são: áreas de mananciais, proximidades de aglomerações urbanas e áreas de conservação (FERNANDES et al., 2007; SANTOS, 2007).

Em relação às restrições pedológicas, destaca-se a declividade, profundidade do solo, nível do lençol freático, fertilidade, hidromorfismo, textura superficial, pedregosidade e suscetibilidade à erosão (FERNANDES et al., 2007).

Quanto as restrições às culturas aptas a receber o lodo, a resolução CONAMA proíbe a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado, em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo (BRASIL, 2006).

Porém em casos onde tiver sido aplicado lodo de esgoto ou produto derivado nos solos, somente poderão ser cultivadas olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, bem como cultivos inundáveis, após um período mínimo de 48 meses da última aplicação (BRASIL, 2006).

Lodo de esgoto ou produtos derivados enquadrados como classe A poderão ser utilizados para quaisquer culturas, ressalvo exceções (pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas). Enquanto que lodo de esgoto de classe B é restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação, desde que sejam respeitadas as restrições previstas pela Resolução N° 375/06 (BRASIL, 2006).

3.7 IMPORTÂNCIA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE MANGA NO BRASIL E BAHIA

A Manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical pertencente à família *Anacardiaceae*, a qual abrange 69 gêneros, tendo destaque os gêneros: *Mangifera*, *Anacardium*, *Pistachio* e *Spondias*. As cultivares de manga podem ser distribuídas quanto à presença ou ausência de fibras na polpa (em dois grupos) e quanto à aptidão para uso culinário (em três grupos). Aquelas para consumo *in natura* são: Haden, Tommy Atkins, Keity, Palmer, Ruby, Zill e Van Dick. Para elaboração de compota em calda: Imperial, Carlota, São Quirino, Nom Plus Ultra, Haden, Palmer, Keity e Zill. Outras, próprias para fabricar néctar, são: Carlota, Palmer, Manga D'água e Sensation (CAMARGO; ALVES; MAZZEI, 2004).

A manga tem grande importância na economia brasileira, já que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais. A comercialização da manga no mercado interno brasileiro centraliza-se em uma única variedade, a norte-americana “Tommy Atkins”, representando 79% da área plantada no Brasil. Tanto as cultivares Keity e Tommy Atkins apresentam boas características de qualidade de polpa, no entanto as cultivares Itiúba, Tommy Atkins e Florigon sobressaem-se para indústria de sucos ou doces (NUNES et al., 2001).

A produção brasileira de manga em 2010 foi de 1.188.911 toneladas em uma área de plantio de 76.568 hectares e em 2011 produziu 1.249.521 em 76.383 hectares (IBGE, 2011; FAO, 2013). No Nordeste brasileiro, a manga é cultivada em todos os estados, em particular nas áreas irrigadas da região semi-árida, que apresentam excelentes condições para o desenvolvimento da cultura e obtenção de elevada

produtividade e qualidade de frutos. A produção e a consequente industrialização destas frutas vêm sendo um ponto forte na economia desta região, principalmente no estado da Bahia, que desde 2007 ocupa o primeiro lugar de produção de manga no ranking nacional, totalizando 509 mil toneladas de manga em 2010 e 522 mil toneladas em 2011 (IBGE, 2011).

No processamento industrial para obtenção de polpa de frutas, há geração de resíduos, especialmente cascas, semente e fibras. Aproximadamente 40 a 60% de resíduos são gerados durante o processamento de manga; 12 a 15% consistem em casca e 15 a 20% são amêndoa. De acordo com a variedade de manga, a semente representa de 10 a 25 % do peso de toda fruta (MIRGHANI et al., 2009; ABDULLAH et al., 2011). A amêndoa (parte interna do caroço de manga) representa de 20 % do peso do fruto inteiro, e dependendo da variedade, a amêndoa representa de 45 a 75% do caroço (MIRGHANI et al., 2009; ABDULLAH et al., 2011; GADALLAH; FATTACH, 2011).

Tendo em vista que as indústrias de suco ao processarem as frutas descartam uma quantidade grande de resíduos (casca e semente), levando subsequentemente à poluição ambiental, têm-se buscado alternativas de reaproveitamento destes resíduos sem que haja prejuízos ambientais. E uma das formas de reduzir o impacto ambiental decorrente da disposição destes resíduos consiste na ampliação do seu aproveitamento.

Estudos mostram que os resíduos de manga possuem características na sua composição que contribuem para o aumento no interesse para o seu reaproveitamento, a saber: lipídeos, proteínas, compostos fenólicos, fibras, além de possuírem atividade oxidativa e antimicrobiana.

Em estudos sobre a caracterização da semente de manga segundo Sólis-Fuentes e Durán-de Bázua, 2004 (apud Vieira et al., 2009) observou-se que os lipídeos extraídos da amêndoa da semente da manga podem ser uma fonte de ácidos graxos, sendo 40,81% (oleico), 39,07% (esteárico), 9,29% (palmítico), 6,06% (linoleico). Além disso, dependendo da variedade, a semente de manga pode conter em média 6,0% de proteína em peso seco, 11% de gordura, 77% de hidratos de carbono, 2,0% de fibra bruta e 2,0% de cinzas (SANDHU; LIM, 2007).

Neste mesmo sentido, estudos sobre a caracterização química dos resíduos da manga da variedade Ubá, segundo Vieira et al. (2009) verificaram-se que o farelo da amêndoa da semente de manga apresentam os seguintes componentes (Quadro 2).

Quadro 2 Caracterização química do farelo da amêndoa da semente de manga.

COMPONENTES	(%) *
Matéria seca	88,36
Proteína bruta	4,39
Fibra em detergente neutro	29,65
Fibra em detergente ácido	2,20
Fibra bruta	1,90
Lignina	0,72
Extrato etéreo	12,18
Matéria mineral	1,81
Cálcio	0,10
Fósforo	0,05
Carboidratos totais	69,98

* Resultados expressos com base na matéria seca
 Fonte: Vieira et al.,(2009).

De acordo com Abud e Narain (2009), a maior parte dos rejeitos de manga é constituída, basicamente, de matéria orgânica, rica em açúcares e fibras, com um alto valor nutricional agregado, podendo ser consumido ou suplementado na alimentação humana. Outra característica importante dos resíduos de manga é a presença de componentes antioxidantes e antimicrobianos.

A ação antimicrobiana, segundo Abdalla e outros (2007) deve-se ao fato de que a amêndoa da semente de manga apresenta compostos fenólicos e lipídeo estável rico em ácidos graxos insaturados. Os compostos fenólicos, terpenos, álcoois alifáticos, aldeídos, cetonas, ácidos e isoflavonóides são os principais componentes antimicrobianos já relatados em plantas (TIWARI et al 2009 apud RUMBAO, 2011).

Assim sendo, estudos realizados com o intuito de avaliar a capacidade antimicrobiana do extrato de sementes de manga, Kabuki e outros (2000) comprovaram a atividade antimicrobiana do extrato etanólico da semente de manga-MKE contra patógenos de origem alimentar. Verificaram que o extrato em questão apresentou ação contra bactérias gram-positivas e gram-negativas e que a concentração inibitória mínima do extrato de etanol da semente de manga contra *Escherichia coli*; *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, *Klebsiella aerogenes* e *Aeromonas hydrophila* foram superiores a 1000 ppm e para *S. aureus*, *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.* e *Listeria monocytogenes* a concentração mínima inibitória variou entre 50-500 ppm. Foi verificado neste estudo que o composto antimicrobiano presente na amêndoa da semente de manga é estável a altas temperaturas (121°C/15 minutos), baixas temperaturas (-20°C/16 horas) e a uma ampla faixa de valores de pH (pH 3-9), sendo constituída 79,5% de polifenóis e 21,7% de carboidratos.

Nesta mesma perspectiva, Abdalla e outros (2007) demonstraram que o extrato metanólico de semente de manga foi capaz de reduzir a contagem de bactérias mesófilas totais e inibição completa de coliformes. Já os trabalhos de Khammuang e Sarnthima (2011), verificaram a atividade antibacteriana dos extratos de semente de manga e puderam detectar que os extratos testados (extrato etanólico da semente de manga-MKE e extrato fenólico de semente de manga- MSK) possuíam atividade antibacteriana, sendo que a cepa mais sensível e fortemente inibida foi a bactéria gram-negativa *Pseudomonas aeruginosa*

Em outro estudo, foram testados diferentes solventes: etanol, metanol, acetona e água destilada para a preparação de extratos de diferentes tipos de sementes de manga, e avaliando quatro tipos cepas bacterianas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*), observou-se que as quatro cepas apresentaram zona de inibição em todos os extratos estudados, comprovando o potencial antibacteriano da amêndoa da semente de manga (Abdullah, 2011).

3.9 CINÉTICA DE MORTE MICROBIANA

O fenômeno de morte microbiana pode ser representado pelo modelo de curva linearizada, semi-logarítmica de sobreviventes. Sendo que a representação gráfica do logaritmo decimal de sobreviventes, em relação ao tempo de exposição à temperatura ou outro agente, resulta em curva linearizada decrescente (CEFAR, 2010) (Figura 1).

Um dos parâmetros utilizados na avaliação das características de resistência térmica da população microbiana homogênea é o tempo de redução decimal (Valor D). Valor de D é o intervalo de tempo à temperatura constante de tratamento para uma redução de 90% da população microbiana. E quando se conhece o valor de N_0 (população inicial) e N_f (população final) é possível determinar os parâmetros da cinética microbiana, inicialmente presente na amostra, através da equação: $\text{Log } N_f = \text{Log } N_0 - t/D$ (equação 1).

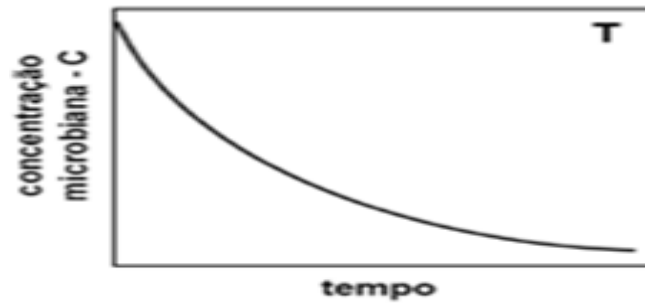


Figura 1: Representação gráfica do logaritmo decimal de sobreviventes, à temperatura constante

Fonte: FOGOLARI (2011)

Isso porque o valor D relaciona-se à constante específica de reação através da relação: $D = (2.303/k)$ (equação 2). E também se deve levar em consideração a equação $\text{Log } N_f = \text{Log } N_0 - (k/2.303) t$ (equação 3) que representa a variação do número de sobreviventes, com o tempo de exposição, onde $\text{Log } N_f$ é o logaritmo decimal da população sobrevivente após um tempo (t) de exposição; $\text{Log } N_0$ é o logaritmo decimal da população no tempo inicial ($t=0$) e k é a constante de velocidade específica de destruição por unidade de tempo (t) (CEFAR, 2010).

Graficamente, o valor D é o inverso negativo do coeficiente angular da equação da reta calculada, utilizando-se do método da regressão linear, através dos mínimos quadrados, aplicado à região linear da curva de sobrevivência (CEFAR, 2010) (Figura 2).

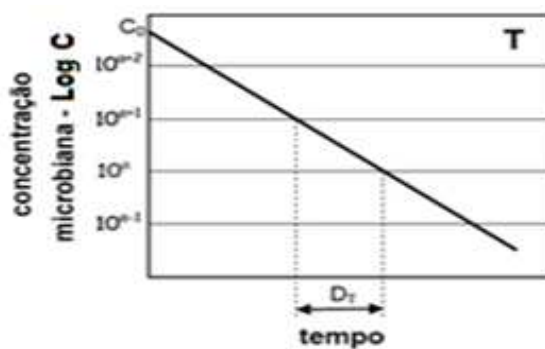


Figura 2: Determinação gráfica do valor de D_T a uma dada temperatura.

Fonte: FOGOLARI (2011).

5 METODOLOGIA

5.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo experimental, no qual se pretendeu avaliar a eficiência do pós-tratamento do lodo de esgoto, proveniente do reator anaeróbico (UASB), da ETE Contorno do município de Feira de Santana, Bahia.

5.2 ÁREA DE ESTUDO

A estação de tratamento onde foi coletado o lodo de esgoto para a realização dos experimentos foi a Estação de Tratamento de Esgoto ETE-Contorno, localizada nas proximidades do Bairro Pedra do Descanso, no município de Feira de Santana-Bahia.

O município de Feira de Santana dispõe de onze estações de tratamento de esgotos administradas pela Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA). O sistema anaeróbico (por Digestório Anaeróbico de Fluxo Ascendente-DAFAS) está presente na maioria das ETE do Município.

A fim de atender um maior contingente populacional, além de melhorar as condições de lançamento do efluente final, para que o mesmo esteja de acordo com o padrão de lançamento, a ETE-Contorno, em 2011 teve o seu sistema ampliado, funcionando concomitantemente o sistema anaeróbico, composto por DAFA–Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente, e o sistema aeróbico contendo unidade de Lodo Ativado.

A ETE-Contorno é constituída de tratamento preliminar; primário e secundário, este último tratamento é constituído pelos reatores do tipo DAFA, seguido por duas lagoas aeradas e quatro decantadores secundários (em paralelo). Sendo o efluente lançado no Riacho Principal, afluente da bacia de acumulação da barragem Pedra do Cavalo.

5.3 DELINEAMENTO DE EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para obtenção dos dados experimentais, o trabalho consistiu das seguintes etapas: 1) coleta do resíduo de manga; 2) coleta do lodo de esgoto; 3) desaguamento do lodo em leito de secagem; 4) secagem e separação dos resíduos (casca e semente); 5) caracterização dos resíduos 6) definição da concentração de cal; 7) trituração dos

resíduos após secagem; 8) montagem dos tratamentos; 9) coletas das amostras; 10) monitoramento dos tratamentos.

5.3.1 Coleta dos Resíduos

- LODO

O lodo de esgoto foi retirado do reator DAFA, a 4,8m de profundidade, na altura do leito de lodo, utilizando uma bomba de sucção. Este lodo foi transportado em um caminhão tipo limpa-fossa para os simuladores de leitos de secagem, localizados na área da Equipe de Estudo e Educação Ambiental (EEA/UEFS) (**Figura 3**). As células dos leitos de secagem apresentam 1,00 m de largura, 2,00 m de comprimento e 1,00 m de altura, tendo área superficial de 1m³, fundo com declividade em direção à tubulação de coleta do líquido percolado e camadas drenantes constituídas por materiais de diferentes granulometrias (NBR 570/1990). O lodo permaneceu por um período de 30 dias nos leitos de secagem para o desaguamento. Após este período o lodo foi coletado e armazenado em área coberta da EEA até o momento da montagem do experimento.



Figura 3: Descarga do lodo de esgoto da ETE- Contorno nos leitos de secagem localizados na EEA/UEFS.

- RESÍDUOS DE MANGA

Os resíduos de manga foram coletados em uma indústria de polpas de frutas situada no município de Nova Soure, Bahia, e transportadas para o pátio de compostagem da

EEA-UEFS, onde foram espalhados, para facilitar a secagem e separação das cascas e as sementes (**Figura 4**).



Figura 4: Resíduos de manga no pátio de compostagem da EEA-UEFS.

5.3.2 Caracterização dos resíduos utilizados nos tratamentos

Após o período de secagem do lodo e dos resíduos de manga, estes foram caracterizados através das análises de pH, teor de umidade, sólidos totais, carbono total, nitrogênio total e análises parasitológica e microbiológica.

Vale ressaltar que para a caracterização do lodo de esgoto foram feitas duas análises microbiológicas: a primeira logo após a descarga no leito de secagem (amostra ainda líquida) e após 30 dias, período de desaguamento.

5.3.3 Definição das Concentrações de Cal

Para a definição do tipo de cal e das concentrações que seriam utilizadas no lodo de esgoto, foram testadas as concentrações de 5, 6, 7, 8,5, 10, 20, 30, 40, e 50% para cal virgem e para cal hidratada. Em 100g de amostra de lodo, foram adicionadas as respectivas percentagens de cal virgem e cal hidratada, homogeneizando a mistura. Posteriormente foi amostrado 10g da mistura, diluindo em água destilada e determinando o valor de pH, com pHmetro. O pH do lodo alcalinizado com cal foi determinado logo após a homogeneização e após 2 horas e 22horas, cujos resultados estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Valores de pH registrados para a determinação da concentração de Cal.

	Concentração	pH Inicial	pH 2 horas	pH 22 horas
	6%	12,25	11,90	10,25
	7%	11,90	11,13	10,10
	8,5%	12,10	11,20	10,80
Cal virgem	10%	12,30	12,40	12,41
	20%	12,40	12,40	12,44
	30%	12,40	12,42	12,50
	40%	12,41	12,27	10,40
	50%	12,50	12,30	12,31
	6%	11,62	10,50	9,34
	7%	12,07	11,70	9,95
	8,5%	12,4	12,25	11,50
Cal hidratada	10%	12,46	12,41	12,30
	20%	12,50	12,44	12,40
	30%	12,51	12,46	12,41
	40%	12,46	12,47	12,46
	50%	12,47	12,44	12,40

Após fazer as análises e pretendendo-se utilizar a menor concentração de cal, a concentração, na qual o pH se manteve próximo de 12 nas primeiras 2 horas e acima de 11,5 após 22 horas (BRASIL, 2006) foi a de 8,5% de cal hidratada, que foi utilizada no tratamento do lodo alcalinizado.

5.3.4 Montagem do Experimento

Para a montagem dos tratamentos, foram utilizados 5 Kg de lodo de esgoto para todos os tratamentos, variando o tipo do resíduo (casca ou semente) e a sua concentração (5, 10, 15, 20 e 30%), totalizando 10 tratamentos, além de um controle positivo (apenas lodo) e um controle negativo (lodo alcalinizado), procedendo-se da seguinte maneira:

- Controle positivo-CP: (apenas 5 Kg lodo de esgoto)
- Controle negativo- CN: (5 Kg lodo de esgoto + 8,5% cal hidratada)
- Tratamento 1- C 5%: (5 Kg lodo de esgoto + 5% de casca)
- Tratamento 2- C 10%: (5 Kg lodo de esgoto + 10% de casca)
- Tratamento 3- C 15%: (5 Kg lodo de esgoto + 15% de casca)
- Tratamento 4- C 20%: (5 Kg lodo de esgoto + 20% de casca)
- Tratamento 5 - C 30%: (5 Kg lodo de esgoto + 30% de casca)

- Tratamento 6- SE 5%: (5 Kg lodo de esgoto + 5% de amêndoa de manga)
- Tratamento 7- SE 10%: (5 Kg lodo de esgoto + 10% de amêndoa de manga)
- Tratamento 8 - SE 15%: (5 Kg lodo de esgoto + 15% de amêndoa de manga)
- Tratamento 9- SE 20%: (5 Kg lodo de esgoto + 20% de amêndoa de manga)
- Tratamento 10- SE 30%: (5 Kg lodo de esgoto + 30% de amêndoa de manga)

Todos os resíduos secos foram triturados em triturador, sendo que o caroço da manga foi peneirado para separar a parte mais rígida (endocarpo) e a amêndoa (semente) (Figura 5), para que a mistura obtida nos tratamentos apresentassem granulometria similar e maior possibilidade de contato.

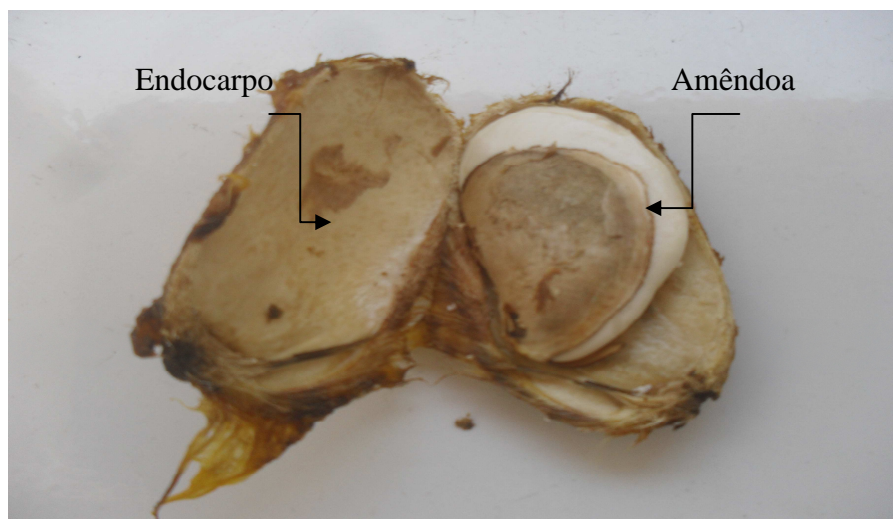


Figura 5: Caroço da manga, em destaque endocarpo e amêndoa.

Para cada tratamento, os resíduos individuais foram pesados, misturados, umedecidos (Figura 6) e acondicionados em baldes plásticos (capacidade de 26 litros) devidamente etiquetados. Estes foram mantidos tampados, em área coberta da EEA-UEFS, durante todo período de experimentação (Figura 7).



Figura 6: Pesagem, irrigação e mistura dos resíduos.



Figura 7: Acondicionamento das amostras em baldes plásticos, de acordo com a concentração de resíduos de manga e cal hidratada.

5.3.5 Coletas das amostras

As avaliações dos tratamentos foram iniciadas em 16 de outubro de 2012 e finalizadas em 16 de janeiro de 2013. As amostras foram coletadas sempre pela manhã, entre 07h00min e 7h30min. A composição da amostra para as análises foram obtidas da superfície, meio e fundo do balde, a fim de obter uma amostra homogênea de todo o tratamento, para isso foi utilizado espátula estéril e sacos plásticos estéreis () para cada tratamento.

Logo em seguida, as amostras foram devidamente levadas para o laboratório de Saneamento (caracterizações físico-química), laboratório de Qualidade de Alimentos (caracterizações microbiológicas) do Departamento de Tecnologia da UEFS e Laboratório de Análises Clínicas e Parasitologia (análises parasitológicas) do Departamento de Ciências Biológicas da UEFS.



Figura 8: Sacos estéreis utilizados para coleta de amostra.

5.4 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E PARASITOLÓGICOS

Nas análises microbiológicas realizadas incluíram a determinação de coliformes totais e termotolerantes, contagem total de *E. coli*, *Enterococcus* spp. e *Salmonella* spp.

Para a realização dessas análises, 25g de amostra foram adicionadas em 225 mL de água peptonada, constituindo a diluição inicial 1:10 (10^{-1}). Em seguida, foram retiradas 5 mL dessa diluição e adicionadas em tubos contendo 45 mL de água peptonada, formando a diluição 10^{-2} . Manteve-se este procedimento para obter as diluições subsequentes até a diluição 10^{-9} .

Coliformes totais e termotolerantes

A determinação dos coliformes totais e termotolerantes foram realizadas através da técnica do Número Mais Provável (NMP) em série de três tubos múltiplos por diluição (10^{-3} a 10^{-9}). Foram inoculados 1 mL de cada diluição para tubos de ensaio contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose- LST (teste presuntivo). Após incubação a $35^{\circ}\text{C}/24$ horas, verificou-se a presença de gás no tubo de Durham. Das amostras positivas em LST, foram inoculadas 0,1 mL da amostra para tubos contendo Caldo EC e Caldo verde brilhante bile lactose (teste confirmativo), para determinação do NMP de coliformes totais e termotolerantes, respectivamente (SILVA et al., 2010). O cálculo do NMP foi realizado através das planilhas BAM-MPN.xls (BLODGETT e CHIRTEL, 2010)

***E. coli* e *Salmonella* spp.**

Para a técnica de contagem diferencial de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. foi realizado o plaqueamento em superfície, inóculo de 0,1mL de três diluições (10^{-6} - 10^{-8}), em triplicata no Ágar Cromogênico Rambach (Hicrome). Foram selecionadas as placas que as diluições apresentaram contagem total no intervalo de 25 a 250 colônias. Inicialmente utilizaram-se as diluições 10^{-6} - 10^{-8} , à medida que a contagem não atingia esse intervalo utilizava-se para as diluições mais concentradas. Para a contagem de colônias utilizou-se um contador de colônia mecânico.

Para quantificação da *Salmonella* spp. em ágar cromogênico foram selecionadas as colônias que apresentaram coloração com tons rosa, as quais foram selecionadas para realização de testes confirmativos: em ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) e ágar Lisina Ferro (LIA), teste de uréase (caldo Uréia de Christensen) e posteriormente teste sorológico somático (anti-soro polivalente – Poli O) (SILVA et al., 2010). As colônias que apresentarem negatividade para *Salmonella* spp., nos testes confirmativos, foram subtraídas da contagem inicial em ágar cromogênico.

Além dos testes confirmativos, para a identificação das espécies de salmonela, as colônias características foram submetidas aos testes de citrato (CI), dulcitol (D), motilidade (MO) e malonato (MA). Os resultados dos testes foram comparados com os dados de Popoff e Le Minor (2005 apud SILVA et al., 2010), a partir do qual a identificação pôde ser feita.

Para a contagem de *E. coli* foram selecionadas colônias de coloração verde-azulada, característica dessa espécie em Agar cromogênico. Para confirmação dessas

colônias, procedeu-se a técnica de esgotamento de inóculo por estrias em superfície de ágar Eosina Azul de Metileno (EMB). Após o período de incubação, as colônias que apresentaram núcleo com centro preto, com ou sem brilho metálico foram consideradas típicas e selecionadas para a realização das provas bioquímicas de indol, vermelho de metila (VM), Voges-Proskauer (VP) e citrato (SILVA et al., 2010).

Enterococcus spp.

A análise de *Enterococcus* foi realizada pelo método de plaqueamento em superfície em Ágar Azida Esculina (SILVA et al., 2010) com inóculo de 0,1mL de três diluições (10^{-6} - 10^{-8}). Para contagem foram selecionadas as colônias que apresentaram núcleo negro e escurecimento do meio de cultura em volta da colônia (hidrólise da esculina). Inicialmente utilizaram-se as diluições 10^{-6} - 10^{-8} , à medida que a contagem não atingia esse intervalo utilizava-se para as diluições mais concentradas. A contagem foi feita contador de colônia mecânico, utilizando placas que continha entre 15 a 150 colônias.

Parasitológico

Para a determinação de ovos de helmintos utilizou-se a técnica de centrifugação proposta por Silva, M e outros (2007). Posteriormente, fez a contagem de ovos em câmara de Sedgwick-Rafter e a partir de então foi feito o cálculo para obtenção da concentração expressa em g/kg de ovos de helmintos, em matéria seca, de acordo com a expressão abaixo:

$$Z = \text{Número de ovos} \quad x \quad \frac{\text{Volume Final}}{(\text{Volume da Câmara} + \text{Sólidos Totais})}$$

5.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A análise físico-química constitui da determinação dos sólidos totais, sólidos totais voláteis, carbono orgânico total, umidade, pH, nitrogênio total, fosfato e temperatura.

Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Totais Voláteis: Os Sólidos Totais (**ST**), Sólidos Fixos (**SF**) e os Sólidos Totais Voláteis (**STV**) foram determinados de acordo com o método gravimétrico (AWWA, 1998).

Umidade: O teor de Umidade foi obtido a partir do percentual de Sólidos Totais conforme a seguinte equação: % Umidade = 100 - %ST (AWWA, 1998).

Carbono Orgânico Total: A determinação do Carbono Orgânico Total (COT), foi feita através dos valores de Sólidos Voláteis Totais e o fator de correção $f = 1,86$. Segundo a seguinte equação de correção:

$$\text{COT} = \frac{\text{SVT}}{1,86}$$

pH: Para a determinação do pH, 10 g de amostra foram diluídas em 50 mL de água destilada e deionizada. Com pHmetro foi medido o pH da amostra (HANDA; NOGUEIRA, 2000).

Nitrogênio total: A determinação do nitrogênio foi feita de acordo com o Método Kjeldahl, regido de três etapas: digestão da amostra, onde a amostra é colocada juntamente com o catalizador (selênio, sulfato de potássio e sulfato de cobre) e o ácido sulfúrico; destilação em um destilador microkjeldahl, na presença de hidróxido de sódio 40%, ácido bórico 4% e uma mistura de indicadores (verde de bromocressol e vermelho de metila). E finaliza com a titulação com uma solução padrão de ácido hidrocloreídrico, com molaridade de 0,098. E a partir do volume de HCl gasto na titulação se faz o cálculo do nitrogênio conforme a equação:

$$\% \text{ N} = \frac{\text{volume HCl (mL)} \times M \text{ HCl} \times 0,014 \times 100}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

Onde:

M = molaridade do ácido (0,098)

0,014 = miliequivalente do Nitrogênio

Fósforo total: O Fósforo (P) foi obtido pelo método do ácido ascórbico (AWWA, 1998) por espectrofotometria. A amostra foi diluída em HCl 1:1 e água deionizada e filtrada em papel filtro. Posteriormente em um volume de 50 mL da amostra adicionou-se o reagente combinado (H₂SO₄, antimônio tartárico, molibdato de amônio, ácido ascórbico) e aguardou-se de 15 a 20 minutos para proceder a leitura em espectrofotômetro. E então efetuou os cálculos:

$$P \text{ (mg/L)} = \frac{\text{curva} \times 1000}{\text{Volume da amostra}} \times \text{diluição}$$

Temperatura: A medição da temperatura foi realizada diariamente, entre às 14h e 15h (horário mais quente do dia), durante os 90 dias, através de um termômetro metálico da marca IOPE- Instrumento de precisão (0 °C -100 °C).

Reviramento e irrigação: A aeração consistiu de reviramento manual com auxílio de uma pá de jardim, realizadas em três em três dias. E de acordo com a necessidade, se adicionava água, para a manutenção da umidade.

Em resumo, no Quadro 4 está apresentada a frequência que foram feitas as análises e os métodos analíticos de cada parâmetro utilizado.

Quadro 4 Parâmetros analisados, frequência de análise e métodos analíticos nas amostras dos tratamentos.

PARÂMETRO	FREQUÊNCIA	METODO ANALÍTICO
Temperatura	Diária	Termômetro
Aeração	Três em três dias	Manual
pH	Tempo 0, 03, 07, 10, 15, 20, 30, 45, 60 e 90 dias.	Método Eletrométrico (HANDA; NOGUEIRA, 2000).
Sólidos totais, fixos e voláteis.	Tempo 0, 07, 10, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.	Método Gravimétrico (AWWA, 1998)
Umidade	Tempo 0, 07, 10, 15, 20, 30, 45, 60 e 90 dias.	% Umidade = 100 - %ST (AWWA, 1998).
Carbono orgânico total	Tempo 0, 07, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.	Percentual de Sólidos voláteis total dividido pelo fator 1,86
Nitrogênio total	Tempo 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.	Método Kjeldahl: digestão, destilação e titulação.
Fósforo	Tempo 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.	Método do ácido ascórbico (AWWA, 1998).
Microbiológico	Tempo 0, 03, 07, 10, 15, 20, 30, 45, 60 e 90 dias.	Plaqueamento de <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> e Enterococos. E coliformes tubos múltiplos. (SILVA et al., 2010).
Parasitológico	Tempo 0 e 90 dias.	Contagem de Ovos de helmintos (SILVA, M et al., 2007).

5.6 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados obtidos, a partir da pesquisa experimental, foram ordenados e classificados em categorias de dados físico-químicos, dados microbiológicos e dados parasitológicos.

Os dados foram submetidos à medida de tendência central (média aritmética) e medidas de variação (desvio padrão).

Todos os dados físico-químicos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos na subparcela do tempo de exposição. Quando apresentaram efeitos significativos entre tratamento e tempo, os dados foram submetidos ao teste de Skott Knott para comparação múltipla de variáveis, dentre do mesmo tratamento. Os testes foram realizados no programa SISVAR[®] versão 4.6, 2003.

Os dados de contagem de bactérias foram submetidos à análise de regressão linear para cálculo do Valor D (tempo de redução decimal), utilizando as concentrações (Log_{10} UFC/g ST) das curvas de sobrevivência dos micro-organismos em função do tempo de exposição, de acordo com a equação:

$$N = N_0 \times 10^{-t/D}$$

Onde:

N= População persistente ao final do processo;

N_0 = População inicial que foi exposta a uma dada temperatura ao longo do tempo;

t= Tempo de exposição;

D= Tempo de redução decimal.

Os dados de valores D obtidos para cada tratamento foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos. Quando apresentaram efeitos significativos, os dados foram submetidos ao teste de Skott Knott para comparação múltipla de variáveis. Os testes foram realizados no programa SISVAR[®] versão 4.6, 2003.

6 RESULTADOS

6.1 CARACTERIZAÇÕES DOS RESÍDUOS UTILIZADOS NOS TRATAMENTOS

6.1.1 Caracterização microbiológica

Nas análises microbiológicas dos resíduos utilizados nos tratamentos pode-se verificar a presença de patógenos, cujas concentrações estão expressas na Tabela 1.

Tabela1: Caracterização microbiológica dos resíduos utilizados nos tratamentos.

*Unidade: UFC/g ST; ND= não determinado.

Verificou-se que o lodo de esgoto bruto (tempo zero) apresentou níveis de *Escherichia coli* em maior concentração ($2,10 \times 10^9$ UFC/g ST) dentre os micro-organismos analisados e coliformes totais e termotolerantes apresentaram menores concentrações $2,06 \times 10^6$ NMP g⁻¹ ST e $1,66 \times 10^6$ NMP g⁻¹ ST, respectivamente, enquanto que salmonela e enterococos apresentaram concentração na ordem de 10^8 UFC/g ST. Após 30 dias em leito de secagem, pode-se observar que *Salmonella* e *E.*

Micro-organismos	LODO		CASCA	SEMENTE
	Tempo 0	Tempo 30		
<i>Enterococcus</i> *	$1,37 \times 10^8$	$9,61 \times 10^6$	$3,69 \times 10^4$	$1,06 \times 10^6$
<i>Salmonella</i> *	$6,80 \times 10^8$	$1,67 \times 10^9$	$4,39 \times 10^4$	$4,39 \times 10^4$
<i>E. coli</i> *	$2,10 \times 10^9$	$5,58 \times 10^9$	$9,06 \times 10^4$	$9,06 \times 10^4$
Coliformes totais*	$2,06 \times 10^6$	$1,92 \times 10^7$	$2,60 \times 10^5$	$8,73 \times 10^3$
Coliformes Termotolerantes*	$1,66 \times 10^6$	$1,68 \times 10^7$	$2,57 \times 10^5$	$3,68 \times 10^5$

coli apresentaram as maiores concentrações (10^9 UFC/g ST), seguido de coliformes totais (10^7 UFC/g ST) e enterococos na ordem de 10^6 UFC/g ST.

Os dados obtidos neste estudo diferem dos valores encontrados na pesquisa realizada por Santos (2012) sobre a caracterização do lodo de esgoto da mesma ETE em questão, onde a média inicial da concentração de Coliformes totais foi de $2,45 \times 10^6$, dos Coliformes termotolerantes foi de $9,33 \times 10^5$ UFC/g ST, Enterococos foi de $5,62 \times 10^5$ UFC/g ST, *E. coli* foi $3,5 \times 10^7$ UFC/g ST e de salmonela foi de $1,82 \times 10^7$ UFC/g ST. Após 30 dias no leito de secagem as concentrações dos patógenos passaram a ser: coliformes totais: $2,45 \times 10^5$ UFC/g ST, coliformes termotolerantes: $6,30 \times 10^4$ UFC/g ST, *E. coli*: $5,75 \times 10^6$ UFC/g ST, *Salmonella*: $6,20 \times 10^7$ UFC/g ST e Enterococos: $1,00 \times 10^6$ UFC/g ST. Esta variação nas concentrações dos patógenos encontrados no lodo da mesma ETE pode ter ocorrido devido a tempos de detenção não controlados.

Apesar do lodo de esgoto ter ficado exposto à insolação por 30 dias no leito de secagem, este período não foi suficiente para a redução e/ou eliminação dos micro-organismos patogênicos, exceto para enterococos que no final dos 30 dias apresentaram redução de dois ciclos logarítmicos de sua concentração inicial. Segundo a Resolução CONAMA 357/06, o leito de secagem é uma das alternativas de processos de redução

significativa de patógenos devendo ficar exposto durante um período mínimo de 3 meses.

A baixa capacidade de inativação de micro-organismos em lodos de esgoto submetidos a leito de secagem é constatado por outros estudos. Os estudos de Correia (2009) demonstraram que o lodo de esgoto após desidratação em leito de secagem, por 3 meses, ainda apresentavam um NMP de Coliformes Fecais igual a $2,32 \times 10^5$ /g de ST. Também nos estudos de Santos (2012), ao final do processo de secagem (90 dias), o lodo apresentou concentração de coliformes termotolerantes de 3,66 log UFC/g ST e salmonela se manteve constante entre 6 e 7 log UFC/g ST durante todo o período de secagem.

Em relação aos resíduos de manga observou-se também alta concentração de patógenos. Na análise da casca, o grupo de coliformes apresentou maior concentração ($2,60 \times 10^5$ UFC/g ST). Quanto à semente notou-se que o grupo dos enterococos apresentou maior concentração, seguido da *Salmonella* spp. e *E. coli*. A ocorrência de patógenos nos resíduos de manga pode estar relacionada à forma de exposição, no local havia presença de aves e gatos. As fezes destes animais podem ter contribuído para a presença de patógenos, bem como devido à presença de outros resíduos na área de compostagem e a utilização das mesmas ferramentas (pás, enxadas) para espalhar os resíduos na secagem.

6.1.2 Parasitológica

Diante das análises parasitológicas dos resíduos de manga não se detectou presença de ovos de helmintos.

Já em relação às análises parasitológicas do lodo de esgoto, verificaram-se 131,2 ovos viáveis por g/ST, após o 30º dia em leito de secagem, dos quais eram pertencentes à espécie de *Trichuris trichura* e ao gênero *Ancilostomo* sp. e *Ascaris* sp, este último apresentou maior prevalência. Segundo Paulino, Castro e Thomaz-Socool, (2001), o *Ascaris* sp. também foi o parasita prevalente em todos os digestores anaeróbios estudados em Curitiba-PR, superando 85% do total de ovos viáveis. *Ascaris* sp. é bastante resistente e consegue vencer as condições adversas (física e química) do meio, sendo capazes de sobreviver por vários anos no solo, por isso tem sido utilizada como bioindicador de qualidade sanitária (CARRIJO; BIONDI, 2008).

O número de ovos viáveis encontrados neste estudo está acima dos valores encontrado por Correia (2009) que aos 28 dias observou-se concentração de 5,16 g/ST, onde prevaleceram ovos da família *Ancilostomatidae*. Nos estudos de Santos (2012), sobre a caracterização de lodo anaeróbio submetido a leito de secagem, constataram-se inicialmente 107,90 ovos viáveis de helmintos g/ST, os quais pertenciam à família *Ancilostomidae* e ao gênero *Ascaris* spp., porém, ao final dos 90 dias a eficiência de remoção de ovos viáveis foi igual a 97,37%. Na pesquisa de Silva e outros (2008) detectaram 102,44 ovos/g de matéria de seca em lodo séptico, onde predominaram *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermiculares* e *Fasciola hepática*. E Godinho (2003) verificou que o lodo de esgoto apresentou 31,8 ovos viáveis de *Ascaris* sp. por grama de matéria seca de lodo.

Cabe salientar que os helmintos são comumente encontrados no lodo de esgoto, porém a densidade de patógenos está diretamente relacionada com a prevalência e intensidade da doença da população, da qual é proveniente o esgoto (lodo).

6.1.3 Caracterização físico-química

A caracterização físico-química dos resíduos utilizados nos tratamentos foi realizada após 30 dias de secagem. Os valores médios dos parâmetros físico-químicos verificados nas análises estão expressos na Tabela 2

Ao final de 30 dias de exposição em leito de secagem, o lodo de esgoto apresentou uma percentagem de umidade de 54,67 %, diferente de Santos (2012), que estudou o lodo proveniente da mesma ETE, e aos 30 dias verificou 75,78% de umidade.

Observa-se que aos 30 dias de retenção no leito não foram suficientes para a estabilização do lodo ($SV/ST=1,00$). Segundo a resolução CONAMA 375/2006, para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado é considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.

Tabela 2: Caracterização físico-química dos resíduos utilizados nos tratamentos.

	LODO	CASCA	SEMENTE
PARÂMETROS			
%ST	45,21 (\pm 6,38)	84,80 (\pm 5,66)	59,67 (\pm 3,84)
%SF	54,86 (\pm 1,42)	22,34 (\pm 3,09)	21,97 (\pm 2,24)
%SV	45,33 (\pm 1,25)	68,67 (\pm 15,46)	78,00 (\pm 2,16)
%UM	54,67 (\pm 6,13)	18,33 (\pm 10,37)	40,33 (\pm 3,68)
%COT	24,37 (\pm 0,67)	36,92 (\pm 8,31)	41,94 (\pm 1,16)
pH	5,80 (\pm 0,03)	6,07 (\pm 0,02)	4,61 (\pm 0,00)
% Nitrogênio	1,51 (\pm 0,11)	1,60 (\pm 0,17)	0,82 (\pm 0,11)

Em relação ao pH do lodo, constatou-se um valor em torno de pH 5,8. Este mesmo valor foi encontrado por Correia (2009) aos 21 dias de secagem do lodo no leito de secagem e aos 90 dias de retenção no leito de secagem nos estudos de Santos (2012).

Quanto à concentração de COT e N no lodo, os dados diferiram também dos percentuais encontrados por Silva (2008), teor de COT de 15,58% e nitrogênio 2,10%. Porém, o teor de COT foi condizente com os dados encontrados por Santos (2012) que aos 30 dias constatou 25,04% de carbono. Já em relação ao teor de nitrogênio do lodo de esgoto (3,67 % de nitrogênio) foi superior ao encontrado neste estudo.

Com relação aos dados físico-químicos dos resíduos de manga, notou-se que o teor de nitrogênio da casca de manga foi semelhante ao encontrado para o lodo de esgoto. A casca apresentou maior teor de matéria seca (84,80 %) quando comparado ao valor da semente de manga que apresentou matéria seca de 59,67%, valor abaixo do encontrado por Vieira e outros (2009) quando analisou a *Mangífera indica* L. var. Ubá (88,36%). Observou-se que o percentual de nitrogênio da semente de manga foi próximo do encontrado para a variedade Ubá de 0,70% (VIEIRA et al., 2009).

Quanto aos valores de pH da casca e semente de manga, apresentaram-se na faixa de 6,01 e 4,61 respectivamente. Em estudo da qualidade da manga 'Tommy Atkins' os valores de pH da polpa variaram entre 4,02 a 4,64 (BARROS et al., 2010).

Nota-se que os resíduos de manga apresentaram maiores teores de COT, como era esperado. Segundo Fernandes e Silva (2008), os resíduos estruturantes têm função, além de outras, fornecerem carbono para os micro-organismos no processo de

compostagem. Dentre os resíduos analisados, observou-se que a semente foi o mais ácido e também onde foi encontrado o maior teor de carbono.

Todavia as características físico-químicas dos resíduos de manga podem variar de acordo com as variedades de manga. Além disso, segundo Vieira e outros (2009) as concentrações dos variados compostos presentes no resíduo de manga (casca e semente), dependem do tempo de conservação e processo de secagem.

6.2 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS TRATAMENTOS

6.2.1 Temperatura

A Figura 9 expressa os percentuais de umidade dos 12 tratamentos analisados ao longo dos 90 dias.

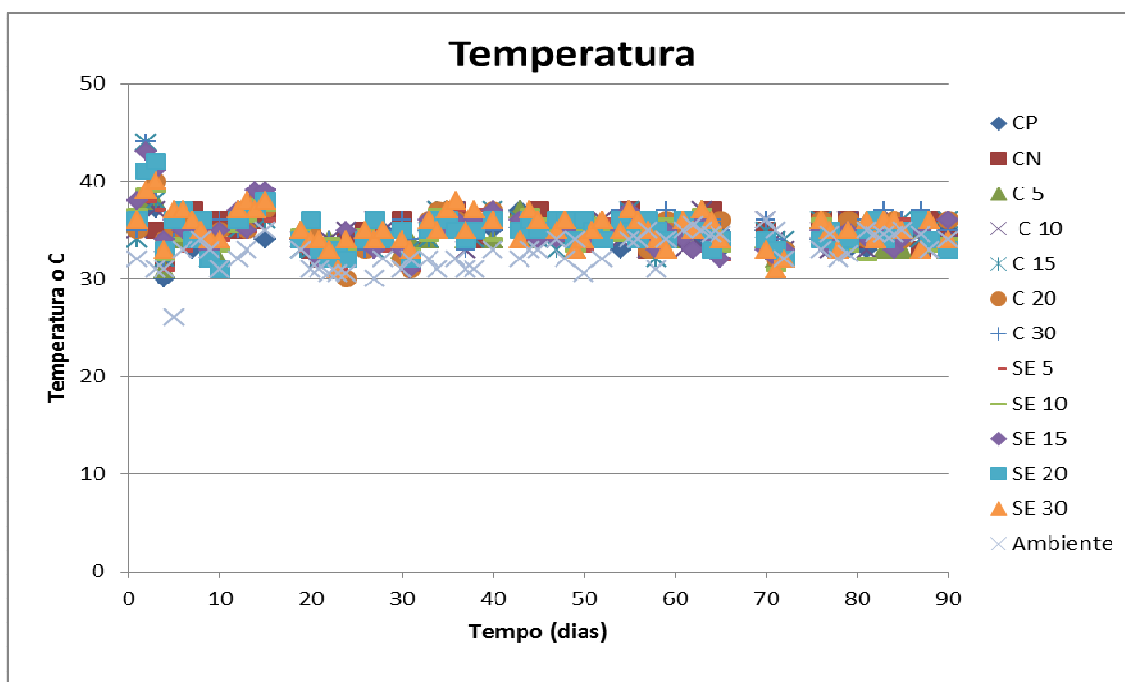


Figura 9: Valores diários de temperatura registrados nos 12 tratamentos durante os 90 dias. Temperatura do ambiente dos meses de outubro de 2012 a janeiro de 2013 (INMET- Estação de Feira de Santana, 2013).

As temperaturas iniciais dos tratamentos se encontravam na faixa de 34 a 37°C. Ao segundo dia, observa-se que as temperaturas elevaram-se em todos os tratamentos. Nos tratamentos SE 15%, SE 20%, C15%, C20%, C30% os valores da temperatura estiveram entre 40°C e 44°C e permanecendo nesta faixa até o terceiro dia.

A maior temperatura foi registrada no segundo dia do processo (44°C) nos tratamentos C15% e C30%, seguido do tratamento SE15% (43°C). Nos demais tratamentos as temperaturas não ultrapassaram 39°C. O rápido aumento na temperatura

nos tratamentos, esta relacionado com o calor metabólico produzido pela ação de decomposição do material pela microbiota mesofílica (PADOVANI, 2006).

A partir do quarto dia, as temperaturas em todos os tratamentos diminuíram, permanecendo entre 30°C e 37°C ao longo de todo o período de processo. Os valores diários de temperatura, registrados nos 12 tratamentos durante os 90 dias, seguem uma mesma tendência e apresentaram temperatura média em torno de 35°C, excetuando o controle positivo e o tratamento com 5% de semente que apresentaram temperatura média de 34°C.

Diante dos dados apresentados, nota-se que as temperaturas médias de todos os tratamentos com casca e semente de manga encontram-se em torno de 34°C-35°C. Contudo salienta-se que nenhum tratamento apresentou características de temperaturas termofílicas (45°C-65°C), apenas temperaturas mesofílicas (25°C-43°C).

6.2.3 Umidade, sólidos totais, COT, Nitrogênio, fosforo, pH

Nota-se que a umidade dos tratamentos segue tendência semelhante, em torno de 48%- 62%. O maior valor de umidade foi registrado tratamento com 30% de casca aos 15 dias do processo (64,5%) e o menor valor registrado foi no tempo inicial no tratamento com 5% de semente (48,5%).

Os resultados de umidade alcançados, mostram que os lodos de esgoto situam-se dentro do teor de umidade considerado ótimo (50-60%) por Fernandes e Silva (2008), pois o baixo teor de umidade pode bloquear a processo biológico e a umidade excessiva permite o estabelecimento de zonas anaeróbias (BERTANI et al., 2011).

Diante das análises estatísticas, nas médias de percentagem de umidade não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em função do mesmo tempo, bem como entre as médias de umidade de mesmo tratamento no decorrer do tempo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott. Desta forma nota-se que a manutenção da umidade foi garantida em todos os tratamentos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 3: Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise.

Tratamento	Parâmetro	Tempo				
		T 0	T 15	T 30	T 60	T 90
	UM %	50,00± 0,00a	56,00± 0,00a	59,00± 0,00a	53,00± 2,83a	51,50± 7,78
	ST %	50,50± 0,03a	44,12± 0,17a	41,30± 0,14a	46,90± 3,25a	48,50± 8,40

CP	COT %	22,85± 0,38a	21,51± 0,00a	23,40± 1,14a	23,40± 1,90a	19,90± 3,42
	N%	1,85± 0,10a	1,37± 0,00a	1,10± 0,00a	1,30± 0,10a	1,72± 0,10
	P (mg L ⁻¹)	3,00± 0,28a	3,60± 0,57a	2,30± 0,42a	2,20± 0,57 a	2,60± 0,00
	pH	6,71± 0,01b	5,36± 0,01a	5,12± 0,00a	4,78± 0,01a	4,51± 0,00
	UM %	51,50± 0,71a	56,50± 0,71a	56,50± 0,71a	54,00± 0,00a	54,00± 2,83
	ST %	48,8± 0,57a	42,64± 0,51a	43,6± 0,17a	46,2± 0,28a	45,6± 2,83
CN	COT %	22,05± 0,76a	26,20± 1,90a	19,62± 0,38a	20,20± 0,38a	17,20± 0,00
	N%	1,85± 0,10b	1,03± 0,10a	0,96± 0,00a	1,44± 0,10b	1,80± 0,00
	P (mg L ⁻¹)	2,10± 0,42a	4,00± 0,28 a	4,00± 0,57 a	1,60± 0,28a	5,30± 2,69
	pH	11,00± 0,00b	7,95± 0,07a	8,10± 0,00a	7,95± 0,21a	7,44± 0,05
	UM %	52,00± 0,00a	58,00± 0,00a	59,50± 0,71a	52,00± 8,49a	60,50± 0,71
	ST%	48,00± 0,57a	42,12± 0,40a	40,40± 0,23a	47,60± 8,49a	39,62± 0,54
C5	COT %	23,66± 0,00a	21,24± 1,90a	22,85± 1,90a	24,50 ± 4,18a	21,00 ± 0,00
	N%	1,51± 0,00a	1,60± 0,10a	1,17± 0,10a	1,30± 0,10a	1,60± 0,10
	P (mg L ⁻¹)	2,40± 0,28a	ND	2,40± 0,28a	ND	3,00± 1,41
	pH	6,06± 0,01a	5,58± 0,00a	5,23± 0,01a	5,00± 0,00a	4,81± 0,14
	UM %	55,50± 0,71a	59,50± 0,71a	62,00± 0,00a	55,00± 2,83a	59,00± 0,00
	ST %	44,5± 0,31a	40,14± 0,65a	37,8± 0,28a	45,2± 2,46a	40,7± 0,17
C10	COT %	27,15± 1,14a	21,51± 0,00a	23,12± 1,52a	23,40± 1,90a	23,12± 0,76
	N%	1,65± 0,00a	2,33± 0,39b	1,23± 0,00a	1,44± 0,10a	1,71± 0,10
	P (mg L ⁻¹)	3,60± 0,57a	ND	2,00± 0,57a	5,00± 0,85a	9,10± 1,56
	pH	6,02± 0,03a	5,91± 0,13a	5,67± 0,05a	5,13± 0,04a	4,89± 0,02
	UM %	57,50 ± ± 0,71a	60,50± 0,71a	60,00± 0,71a	56,00± 0,00a	58,50± 0,71
	ST %	42,7± 0,53a	39,24± 0,62a	39,30± 0,99a	43,60± 0,00a	41,70± 0,68
C15	COT %	26,61± 0,38a	27,15± 1,14a	23,12± 0,76a	22,05± 0,76a	22,32± 1,14
	N%	1,71± 0,10a	1,85± 0,29a	1,10± 0,19a	1,44± 0,10a	2,06± 0,00
	P (mg L ⁻¹)	2,40± 0,28a	ND	3,30± 0,42a	2,40± 0,28a	6,70± 1,84
	pH	5,95± 0,07a	6,08± 0,01a	5,81± 0,00a	5,36± 0,01a	5,14± 0,00
	UM %	50,50± 6,36a	61,00± 0,00a	62,50± 0,71a	57,50± 0,71a	58,50± 0,71
	ST %	44,4± 0,28a	39,02± 0,25a	37,6± 0,57a	42,2± 0,51a	41,8± 0,85
C 20	COT %	26,88± 0,00a	24,73± 0,00a	25,00± 0,38a	23,40± 0,38a	21,51± 0,00
	N%	1,10± 0,00a	1,99± 0,10b	1,10(± 0,00) a	1,30± 0,10a	1,78± 0,00
	P (mg L ⁻¹)	3,40± 0,57a	4,10± 0,14a	2,80 ± 0,28a	ND	4,20± 0,00
	pH	6,65 ± 0,01a	6,56± 0,02a	6,00± 0,00a	5,65± 0,07a	5,19± 0,02
	UM %	56,00± 1,41a	64,50± 0,71a	63,00± 1,41a	60,50± 0,71a	61,00± 1,41
	ST %	44,2± 1,13a	35,5± 1,30a	36,9± 0,87a	39,7± 0,71a	39,00± 1,98
C30	COT % ± 0,76	26,88± 1,14b	27,15± 1,14b	23,39± 1,14a	22,32± 1,14a	21,24± 0,38
	N%	1,99± 0,10b	1,16± 0,49a	1,03± 0,10a	1,37± 0,19a	1,78± 0,00
	P (mg L ⁻¹)	2,60± 0,57a	ND	2,60± 0,85a	2,80± 0,57a	6,40± 0,00
	pH	5,91± 0,41a	6,96± 0,06a	6,30± 0,00a	6,13± 0,04a	5,66± 0,07

As médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974).

UM: umidade; ST: sólidos totais; COT: carbono orgânico total; N: nitrogênio; P: fósforo.

Tabela 4: Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise (continuação)

Tratamento	Parâmetro	Tempo				
		T 0	T 15	T 30	T 60	T 90
	UM %	48,50± 0,71a	54,50± 0,00a	57,00± 1,41a	55,00± 0,71a	55,50± 0,71a
	ST %	51,5± 0,37a	45,6± 1,13a	43,04± 0,34a	46,00± 0,00a	44,72± 0,68a
SE 5	COT %	25,00± 1,14a	22,85± 0,38a	24,73± 0,76a	22,85± 1,90a	21,51± 0,00a
	N%	1,85± 0,10 a	1,44± 0,10a	1,40± 0,00 a	1,51± 0,00a	1,85± 0,10a

	P (mg L ⁻¹)	3,50± 0,71a	ND	3,10± 0,14a	ND	8,00± 0,00a
	PH	5,82± 0,02a	5,53± 0,18a	4,83± 0,07a	4,75± 0,07a	4,49 ± 0,02a
	UM %	46,00± 2,83a	57,00± 0,00a	59,00± 0,00a	56,50± 0,71a	59,50± 0,71a
	ST %	53,8± 3,17b	42,9± 0,08a	41,22± 0,20a	43,24± 0,91a	40,54± 0,37a
SE 10	COT %	25,00± 0,38a	23,5± 0,00a	22,85± 0,38a	22,32± 1,14a	21,00 ± 0,76a
	N%	1,72± 0,10a	1,58± 0,49a	1,10± 0,00a	1,37± 0,00a	1,72± 0,10a
	P (mg L ⁻¹)	4,10± 0,99a	3,20± 0,28a	3,30± 0,42a	5,40± 0,28a	4,00± 0,00a
	PH	5,78± 0,04a	5,27± 0,30a	4,96± 0,69a	5,16± 0,03a	4,60 ± 0,00a
	UM %	51,00± 1,41	59,00± 0,00	60,00± 0,00	58,50± 2,12	59,00± 0,00
	ST %	49,2± 1,13a	41,14± 0,31a	40,1± 0,54a	41,5± 1,50a	41± 0,28a
SE 15	COT %	26,35± 0,76a	22,85± 0,38a	24,50± 0,38a	22,04± 0,00a	22,60 ± 1,52a
	N%	1,44± 0,10a	1,99± 0,10b	1,03± 0,10a	1,4 ± 0,00a	1,92± 0,19b
	P (mg L ⁻¹)	4,80± 1,13a	5,80± 0,28a	2,60± 0,00a	ND	6,60± 2,83a
	pH	5,65± 0,21a	5,78± 0,01a	5,67± 0,33a	5,20± 0,28a	4,71± 0,00a
	UM %	56,00± 0,00a	60,00± 0,00a	61,50± 0,71a	58,50± 0,71a	61,50± 0,71a
	ST %	45,04± 0,79a	39,7± 0,23a	38,5± 0,45a	41,7± 0,68a	38,6± 0,85a
SE 20	COT %	28,50± 0,76a	25,00 ± 0,38a	24,74± 1,52a	22,60± 0,00a	22,85± 0,38a
	N%	1,65± 0,19a	2,30± 0,49b	1,16± 0,29a	1,30± 0,05a	1,60± 0,10 a
	P (mg L ⁻¹)	7,10± 1,56a	5,50± 0,42a	2,80± 0,28a	3,00± 0,57a	6,80± 0,00a
	pH	5,50± 0,00a	5,99± 0,02a	5,53± 0,02a	5,35± 0,21a	4,79± 0,02a
	UM%	54,50 ± 0,71a	58,50± 0,71a	62,00± 1,41a	59,00± 0,00a	61,50± 0,71a
	ST %	45,4± 0,82a	41,34± 0,42a	38,2± 1,75a	41,02± 0,59a	38,5± 0,42a
SE 30	COT %	28,00± 0,00a	23,40± 0,38a	25,80± 0,76a	22,60± 0,76a	22,85± 0,38a
	N%	1,30± 0,10a	1,92± 0,19a	1,03± 0,10a	1,44± 0,10a	1,51± 0,00a
	P (mg L ⁻¹)	4,60± 1,13a	ND	3,10± 0,71a	3,60± 0,00a	5,60± 0,00a
	pH	5,36± 0,14a	5,60± 0,20a	5,70± 0,00a	5,60± 0,14a	4,89± 0,16a

As médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974).

UM: umidade; ST: sólidos totais; COT: carbono orgânico total; N: nitrogênio; P: fósforo.

Para os valores de sólidos totais, inicialmente para todos os tratamentos variaram na faixa entre 43% a 55%, havendo redução do percentual ao sétimo dia, onde foi verificado valores entre 32% e 42%, em todos os tratamentos. A partir do 15^o dia o percentual de sólidos totais volta a aumentar, seguindo com aumento até o final do processo, com valores entre 39%-49%.

Nota-se que ao longo dos 90 dias as médias percentuais de sólidos totais seguem uma mesma tendência para os 12 tratamentos, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos em função do mesmo tempo ($p < 0,05$). Apenas no tratamento com 10% de semente houve diferença estatística entre as médias percentuais de sólidos totais do tempo inicial e dos demais tempos. Os percentuais médios de sólidos totais, sólidos fixo, sólidos voláteis e umidade dos tratamentos durante os 90 dias de análise, estão expressos no APÊNDICE A.

Em relação aos dados de nitrogênio, observa-se aumento dos teores de nitrogênio aos 15 dias, em detrimento do controle positivo, controle negativo, casca

30% e semente 5%. Os maiores valores (2,53 e 2,30%) registrados neste período foram detectado nos tratamentos com casca 10% e com semente 20%, respectivamente.

Entre os 15 e 30 dias visualiza-se redução dos valores de nitrogênio em todos os tratamentos. Aos 30 dias teores de nitrogênio variaram de entre 0,96 % a 1,40 %. Porém nos dias subsequentes os níveis percentuais elevaram-se.

No controle negativo os valores de nitrogênio são reduzidos até 30º dia. Este fato deve-se às perdas de N por volatilização de amônia, mecanismo próprio que ocorre em tratamentos que contém cal.

No final do processo (90 dias), observa-se que níveis de N são superiores ao encontrado no início do processo. Esse aumento nos processos de codisposição pode estar relacionado à liberação de gases e vapor d'água provocada pela decomposição da matéria orgânica (FIALHO et al., 2005).

Apesar dos valores de nitrogênio em todos os tratamentos analisados no final do processo se mostrar superiores em relação aos valores iniciais, apenas nos tratamentos com 20% de casca e no tratamento com 15% de semente, os percentuais médios de nitrogênio, no final do processo, apresentaram diferença significativa em relação aos demais tempos. E no controle negativo onde os percentuais médios no 60º e 90º dia apresentam diferença estatística em relação aos tempos anteriores, porém não diferiram entre si (Tabela 3).

As concentrações de fósforo apresentaram variações ao longo do período de análise. Porém, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974). Aos 90 dias, final do processo, os teores de fosfato nos tratamentos se mostraram superiores aos teores encontrados no tempo inicial. Porém no controle positivo e no tratamento com 10% e 20% de semente valores de fosfato pouco oscilam ao longo do tempo.

Nos tratamentos com cal os teores de P solúvel são reduzidos por precipitação com o aumento do pH. Assim neste estudo o controle negativo, onde contém cal hidratada, não se verificou redução neste macronutriente, isto pode ter ocorrido porque o pH do referido tratamento não se manteve elevado ao longo do período analisado.

Quanto ao pH, observa-se que os tratamentos com diferentes concentrações de casca de manga apresentaram valores iniciais de pH na faixa de 5,90– 6,06 enquanto que os tratamentos com semente de manga os valores iniciais estavam entre 5,4- 5,8. Já ao fim do processo, o pH nos referidos tratamentos tornaram-se mais ácidos, em torno

de 4,80-5,66 (tratamentos com casca de manga) e entre 4,60-4,90 (tratamentos com semente de manga).

Em relação ao controle positivo, este apresentou valor inicial 6,71 e aos 90 dias obteve-se pH de 4,51. E o controle negativo inicialmente apresentou pH de 11,5 e entre o sétimo dia e 60 dias o manteve-se em torno de 8. E ao final registrou-se pH 7,5.

Cabe salientar que os valores de pH encontrados ao final do processo não estão de acordo com o citado na literatura, uma vez que o pH dos compostos quando codispostos com resíduos vegetais deveriam se encontrar na faixa de pH alcalino. Uma vez que a queda de pH é comumente verificada no início do processo, fase que ocorre formação de ácidos orgânicos, e assim quando reagirem com a matéria orgânica o meio torna-se alcalino ((FIALHO et al., 2005; FERNANDES; CUKJATI et al., 2012).

Já para o tratamento alcalino (controle negativo), os valores de pH deveriam permanecer igual ou acima de 11,5. A concentração de 8,5 % de cal hidratada não foi suficiente para manter o pH acima de 11,5. O que pode estar associado ao pH ter ficado fora da faixa alcalina é que apesar do lodo de esgoto ter sido triturado, o tamanho da partícula pode não ter favorecido a homogeneização adequada da mistura e algumas regiões não deve ter ficado em contato com a cal e assim provocado o declínio do pH. Este declínio consequentemente, favorece o aumento da atividade biológica, consequentemente serão produzidos ácidos metabólicos que ajudam ainda mais na queda do pH (ROCHA, 2009).

De acordo com os dados estatísticos, as médias de pH dos tratamentos não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott. Em detrimento do controle negativo que apresentou diferença de média no tempo inicial para os demais tempos.

Outro fato que pode estar associado ao pH ter ficado fora da faixa alcalina é que apesar do lodo de esgoto ter sido triturado, o tamanho da partícula pode não ter favorecido a homogeneização adequada da mistura e algumas regiões não deve ter ficado em contato com a cal e então provocado o declínio do pH. Este declínio consequentemente, favorece o aumento da atividade biológica, consequentemente serão produzidos ácidos metabólicos que ajudam ainda mais na queda do pH (ROCHA, 2009).

Através dos dados apresentados na Tabela 3, pode-se inferir que inicialmente os percentuais de carbono orgânico total dos tratamentos encontram-se em torno de 22%-28,5% e ao final dos 90 dias os percentuais ficaram na faixa de 17% a 23%, sendo que

apenas o tratamento de controle positivo, no 7º dia do processo verificou-se que houve uma evidente redução ($p < 0,05$) nos percentuais de COT..

Nota-se que a partir do 30º dia os níveis de COT do controle negativo são inferiores aos outros tratamentos. Verificou-se que houve redução do percentual de carbono entre o início e o final dos tratamentos. Este resultado encontra-se dentro do esperado, uma vez que se sabe que os micro-organismos utilizam o carbono como fonte de nutrição, bem como pode estar relacionado ao fato do carbono ser liberado na forma de gás carbônico em decorrência a decomposição aeróbia.

Analisando os percentuais médios durante todo o período analisado, constatou-se que apenas os teores de carbono do controle positivo, controle negativo e tratamento com 5% de casca apresentaram diferença estatística em relação aos demais tratamentos ($p < 0,05$).

6.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS TRATAMENTOS

Coliformes totais e Termotolerantes

A Tabela 5 mostra as concentrações de coliformes totais e termotolerantes nos 12 tratamentos, durante o período de 90 dias. No controle negativo a concentração de coliformes totais e termotolerantes elevaram-se sete dias após o início do tratamento alcalino, decorrente da diminuição do pH. Porém, sua concentração voltou a diminuir a partir dos 15 dias e alcançou concentração de < 3 NMP/g ST por volta dos 30 dias até o final do processo. Dados similares foram encontrados por Rocha (2009) que também constatou que as concentrações de coliformes termotolerantes elevaram-se após o início do tratamento alcalino devido a queda do pH.

Tabela 5: Média das concentrações em NMP/ g ST de coliformes totais e termotolerantes nos 12 tratamentos, durante o período de 90 dias.

Coliformes	Tempo					
	0	15	30	45	60	90
CP	$1,29 \times 10^6$	$2,58 \times 10^4$	$2,23 \times 10^3$	$8,11 \times 10^2$	$< 3,0$	$< 3,0$
CN	$1,50 \times 10^3$	$2,08 \times 10^4$	$< 3,0$	$< 3,0$	$< 3,0$	$< 3,0$
C 5%	$2,95 \times 10^6$	$8,78 \times 10^5$	$3,72 \times 10^6$	$6,51 \times 10^3$	$< 3,0$	$< 3,0$

	C 10%	5,36x10 ⁶	3,05x10 ⁶	7,06x10 ⁵	2,18x10 ³	< 3,0	< 3,0
Totais	C 15%	1,41x10 ⁵	8,99x10 ⁵	5,23x10 ⁴	9,81x10 ⁴	< 3,0	< 3,0
	C 20%	1,98x10 ⁴	5,66x10 ⁶	3,07x10 ³	1,04x10 ⁵	6,78x10 ³	< 3,0
	C 30%	2,77x10 ⁶	5,85x10 ⁶	3,96x10 ³	2,35x10 ³	2,29x10 ³	5,39x10 ³
	SE 5%	5,55x10 ⁶	1,81x10 ⁶	3,41x10 ³	< 3,0	7,75x10 ²	< 3,0
	SE 10%	2,10x10 ⁵	1,50x10 ⁶	1,54x10 ⁴	2,07x10 ⁵	< 3,0	< 3,0
	SE15%	7,06x10 ⁶	1,57x10 ⁶	2,27x10 ⁵	2,84x10 ³	< 3,0	8,70x10 ²
	SE 20%	1,47x10 ⁷	2,76x10 ⁶	1,01x10 ⁴	2,77x10 ³	6,78x10 ³	< 3,0
	SE 30%	9,43x10 ⁶	6,54 x10 ⁵	3,86x10 ⁴	1,84x10 ³	2,23x10 ³	< 3,0
	CP	1,29x10 ⁶	4,75x10 ⁵	5,62x10 ³	2,08x10 ³	< 3,0	< 3,0
	CN	< 3,0	9,64x10 ³	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
	C 5%	1,28x10 ⁶	4,84x10 ⁴	1,74x10 ⁴	1,25x10 ⁴	< 3,0	< 3,0
	C 10%	2,51x10 ⁶	5,23x10 ⁴	2,42x10 ⁵	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Termotolerantes	C 15%	8,58 x10 ⁵	9,59x10 ³	1,85x 10 ⁴	9,81x10 ⁴	< 3,0	< 3,0
	C 20%	1,46 x10 ⁶	9,46x10 ⁵	3,96x10 ³	1,79x10 ³	< 3,0	< 3,0
	C 30%	1,46x10 ⁶	1,02x10 ⁶	5,65x10 ⁴	< 3,0	3,67x10 ³	2,35x10 ⁴
	SE 5%	7,31x10 ⁶	1,98x10 ⁵	8,29x10 ²	< 3,0	< 3,0	< 3,0
	SE 10%	1,47x10 ⁴	1,62x10 ⁴	3,49x10 ³	4,75x10 ⁴	< 3,0	< 3,0
	SE15%	2,83x10 ⁶	1,57x10 ⁶	3,66x10 ⁴	3,67x10 ³	< 3,0	< 3,0
	SE 20%	5,89x10 ⁶	3,05x10 ⁶	3,76x10 ³	2,77x10 ³	2,71x10 ³	< 3,0
	SE 30%	5,25x10 ⁶	3,39x10 ⁵	1,95x10 ⁴	1,06x10 ⁴	3,58x10 ³	< 3,0

No controle negativo a concentração de coliformes totais e termotolerantes elevaram-se após o início do tratamento alcalino. Porém, sua concentração voltou a diminuir a partir dos 15 dias e alcançou concentração < 3 NMP g⁻¹ ST por volta dos 30 dias até o final do processo. Dados similares foram encontrados por Rocha (2009) que também constatou que as concentrações de coliformes termotolerantes elevaram-se após o início do tratamento alcalino devido a queda do pH.

Embora se tenha notado um aumento nos níveis de coliformes no tempo inicial, o tratamento alcalino mostrou eficiência na redução dos patógenos com concentrações sempre inferiores as encontradas no controle positivo, que apresentou concentração < 3 NMP g⁻¹ ST após 60 dias. Portanto, o tratamento alcalino foi eficaz na inibição das bactérias do grupo coliformes e esse efeito ocorreu devido ao contato da cal com a água contida no lodo, o que resulta em uma reação exotérmica, eliminando os micro-organismos.

Vários estudos demonstram a eficiência do tratamento alcalino nas remoções de coliformes fecais. Nos estudos de Rocha (2009) foi observado que nos tratamentos com cal virgem houve redução de 99,99% de coliformes termotolerantes no tempo zero e em 120 dias, sendo que nos tempos intermediários, a remoção de coliformes foi entre 99,95 e 99,99%.

Quanto aos tratamentos com resíduos de manga, observa-se que apresentaram níveis de coliformes mais elevados que o controle positivo, porém nota-se, nos mesmos, redução gradativa nas concentrações destes micro-organismos, ao longo do período de análise.

Para os tratamentos com resíduos de manga, observaram-se concentrações mínimas ($<3,0$ NMP/g ST) de coliformes totais e termotolerantes em tempo semelhantes ao controle positivo (após o 60º dia). Em exceção ao C20%, onde esta concentração foi observada aos 90 dias, para coliformes totais e para SE 20% e SE 30% para coliformes totais e termotolerantes. Em contrapartida, os tratamentos C10% e SE 5% apresentaram concentração $<3,0$ NMP/g ST de coliformes termotolerantes, aos 45 dias.

Além disso, ressalta-se que no final do período de análises, os teores de coliformes totais nos tratamentos com 30% de casca e tratamento com 15% de semente foram de $5,39 \times 10^3$ NMP/g de ST e $8,70 \times 10^2$ NMP/g de ST, respectivamente. Assim como no tratamento com casca 30% apresentaram maior concentração de coliformes termotolerantes que no tempo anterior ($2,35 \times 10^4$ NMP/g de ST).

Ressalta-se ainda que o controle negativo foi eficiente na redução de coliformes totais e termotolerantes. Porém, nos tratamentos com resíduos de manga, o tempo em que se atingiram concentrações de <3 NMP/ g ST de coliformes totais foram semelhantes ao controle positivo. Apenas os tratamentos C10% e SE 5% se mostraram eficientes para a redução de termotolerantes, pois a menor concentração foi atingida aos 45 dias. Já os demais tratamentos apesar terem atingido concentração <3 NMP/g ST, o tempo onde se encontrou esta concentração foi semelhante ou superior ao controle positivo.

Diante disto, nota-se que os tratamentos com resíduos de manga, apesar de reduzir as concentrações de coliformes totais e termotolerantes, não foram eficientes para a eliminação dos referidos organismos, embora vários estudos tem sido realizados com extratos de semente e casca de manga, demonstrando ação antimicrobiana *in vitro* contra uma ampla variedade de bactérias gram-negativas e gram-positivas. Abdalla e outros (2007) demonstraram que o extrato metanólico de semente de manga foi capaz de reduzir a contagem de bactérias totais e inibição completa de coliformes. nos estudos de Abdalla e outros (2007) terem verificado que o extrato de metanol da semente de manga foi capaz de reduzir a contagem de bactérias totais e inibição completa de coliformes. Já nas pesquisas de Abdullah e outros (2011) foram verificados o poder antimicrobiano

dos diferentes extratos de semente de manga, de cultivares distintos, mostrando efetividade para os micro-organismos como: *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*.

Ressalta-se ainda que, embora o tratamento C 30% e SE 15% apresentarem níveis de coliformes termotolerantes maiores que o controle positivo, as concentrações finais dos lodos de esgoto atenderam os padrões de qualidade microbiológica de biossólido previsto pela legislação Resolução CONAMA 375/06 (BRASIL, 2006), Instrução Normativa nº 64/2008 (BRASIL, 2008) do Ministério da Agricultura, e a Norma 503 (USEPA,2003). Para o enquadramento de biossólido classe A, segundo a legislação Conama 357/06, e pela norma 503 dos Estados Unidos (USEPA, 2003), os lodos de esgoto devem apresentar concentração de coliformes termotolerantes $<10^3$ NMP/g de ST e $<10^4$ NMP/g de ST para biossólido classe B.

Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli

As médias das concentrações logarítmicas de *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli* nos 12 tratamentos, durante o período de 90 dias estão expressas no APÊNDICE B.

6.3.1 Concentração de patógenos no tempo inicial e final nos diferentes tratamentos

As médias das concentrações do tempo inicial e final de *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli* estão expressas na **Tabela 6**.

A partir dos dados expressos na **Tabela 6**, observa-se que todos os micro-organismos em todos os tratamentos analisados, ao final do período de análises, sofreram redução da sua concentração em relação ao início.

Para o controle negativo, observou-se que as concentrações finais de *E. coli* e enterococos foram semelhantes as verificadas pelo controle positivo. Em contrapartida a concentração final de salmonela foi superior, na ordem de 10^5 UFC/g ST, mostrando que o tratamento alcalino não influenciou na diminuição dos referidos patógenos.

Tabela 6: Média das concentrações em UFC / g de ST de *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli* nos 12 tratamentos, nos tempo inicial e tempo 90 dias.

Tratamento	<i>Salmonella</i> spp		<i>Enterococcus</i> spp		<i>E. coli</i>	
	T 0	T 90	T 0	T 90	T 0	T 90
CP	$8,00 \times 10^6$	$1,71 \times 10^4$	$4,20 \times 10^6$	$4,17 \times 10^1$	$1,41 \times 10^6$	$2,08 \times 10^1$

CN	2,04X 10 ⁶	1,33X 10 ⁵	2,04X 10 ⁶	2,08X 10 ¹	7,24X 10 ⁵	2,17X 10 ¹
C 5%	3,61X 10 ⁷	2,00X 10 ⁴	4,65X 10 ⁶	2,50X 10 ¹	1,56X 10 ⁶	2,50X 10 ¹
C 10%	1,97X 10 ⁷	4,03X 10 ⁴	1,21X 10 ⁷	3,25X 10 ¹	4,05X 10 ⁶	2,50X 10 ¹
C 15%	1,40X 10 ⁷	1,17X 10 ⁵	7,52X 10 ⁶	3,17X 10 ¹	2,55X 10 ⁶	2,44X 10 ¹
C 20%	1,59X 10 ⁷	1,63X 10 ⁵	7,05X 10 ⁶	3,17X 10 ¹	2,40X 10 ⁶	2,38X 10 ¹
C 30%	1,06X 10 ⁷	5,68X 10 ⁵	2,88X 10 ⁶	5,95X 10 ³	1,15X 10 ⁶	2,56X 10 ¹
SE 5%	3,65X 10 ⁷	1,41X 10 ⁴	4,42X 10 ⁷	2,22X 10 ¹	1,47X 10 ⁷	2,22X 10 ¹
SE 10%	3,52X 10 ⁷	2,77X 10 ⁵	6,30X 10 ⁷	5,69X 10 ¹	2,11X 10 ⁷	2,44X 10 ¹
SE15%	7,33X 10 ⁶	5,17X 10 ⁵	8,20X 10 ⁷	2,44X 10 ¹	2,75X 10 ⁷	2,44X 10 ¹
SE 20%	6,82X 10 ⁶	1,66X 10 ⁵	2,58X 10 ⁷	2,56X 10 ¹	8,64X 10 ⁶	2,56X 10 ¹
SE 30%	5,19X 10 ⁷	4,19X 10 ⁵	8,07X 10 ⁷	4,39X 10 ²	2,71X 10 ⁷	2,63X 10 ¹

Em relação aos tratamentos com casca e semente de manga, nota-se que as concentrações finais de *Salmonella* spp, nos tratamentos C15% C20%, C30%, SE 10%, SE 15%, SE 20% e SE 30% foram superiores à concentração do controle positivo (apenas lodo de esgoto). Porém, para os enterococos e *E. coli*, os tratamentos seguem uma mesma tendência de redução que o controle positivo. Porém, os tratamentos com 30% de casca e 30% semente apresentaram concentração final de Enterococos superior ao controle positivo. Este fato pode ter ocorrido devido ao teor de carboidratos adicionais provenientes da casca e semente de manga, quando comparado ao lodo, o que facilitam o crescimento destes micro-organismos. Nota-se que este patógeno apesar de ter sua concentração reduzida ao longo do tempo analisado, ao final dos 90 dias ainda estavam entre 10¹ a 10³ UFC/ g ST, em todos os tratamentos.

A presença de enterococos também foi verificada nos estudos de Correia (2009); Marques (2010), Santos (2012) para o lodo de esgoto proveniente de estação de tratamento de Feira de Santana, Bahia.

Os Enterococos são normalmente encontrados na microbiota intestinal de seres humanos e de outros animais, mas também são importantes agentes patogênicos responsáveis por severas infecções. Além disso, apresentam resistências a sais, pH, dessecação e metais (FISHER; PHILLIPS, 2009), além de possuem resistências intrínsecas e adquiridas aos antibióticos, tornando-se importantes patógenos nosocomiais (FRASER, 2012).

Diante deste fato e das elevadas concentrações de enterococos encontradas no lodo de esgoto, este patógeno deve ser melhor investigado como um indicador da

qualidade do biossólido, uma vez que a legislação CONAMA 375/2006 não faz referência aos Enterococos como parâmetro de classificação do lodo de esgoto.

Fazendo uma análise da eficiência dos 12 tratamentos, as concentrações finais de *Salmonella* spp estavam na ordem de $10^4 - 10^5$ UFC/g ST; para *Enterococos* spp $<10^3$ UFC/g ST e para *E. coli* 10^1 UFC/g ST. Diante do exposto, sugere-se dizer que apesar de todos os micro-organismos terem sofridos reduções das concentrações, os 90 dias não foram suficientes para que os patógenos fossem eliminados.

Os estudos de Marques (2010) mostraram que a *Salmonella* spp. foi o micro-organismo que sofreu uma maior redução ao final do processo, seguido por *E. coli*. E o grupo dos Enterococos não sofreu redução de sua concentração durante a compostagem.

As bactérias, parasitas e vírus mostram diferentes resistências a fatores ambientais como calor, umidade e agentes químicos e físicos (ROMDHANA, et al., 2009). Assim, os fatores como a temperatura e o pH podem ter sido favoráveis à permanência e menor redução de *Salmonella*, uma vez que a temperatura ótima de crescimento deste patógeno está entre 35 a 43° C, e o pH varia de 3,8 a 9,5, com ótimo entre 7,0 e 7,5 (SILVA et al., 2010), valores estes semelhantes aos alcançados nesta pesquisa.

Além disso, segundo Winfield e Groisman (2003), a salmonela é capaz de sobreviver a uma grande variedade de estresses (flutuações de temperatura e pH, alta osmolaridade e baixa concentração de nutriente disponível, luz do sol) e ambientes (aquáticos e terrestres), sendo mais resistente que a *E. coli* a fatores bióticos (predação microbiana e competição). Esses autores, atribuem essas características adaptativas à genes específicos presentes no gênero.

Através dos dados, pode-se inferir que o tratamento alcalino teve pouca interferência na diminuição da concentração do referido patógeno, uma vez que as reduções detectadas ao final dos 90 dias do processo são semelhantes às concentrações finais do controle positivo (somente lodo de esgoto).

Em relação aos tratamentos com resíduos de manga pôde-se constatar que os patógenos sofreram maiores reduções quando submetidos aos tratamentos contendo semente de manga quando comparados aos tratamentos com casca. Porém, notou-se que não houve inibição dos micro-organismos patogênicos estudados, embora vários estudos demostrem que a ação antimicrobiana dos resíduos de manga seja eficiente contra uma ampla variedade de bactérias gram-negativas e gram-positivas. Vale

ressaltar que estes estudos foram realizados *in vitro*, com o composto antimicrobiano concentrado.

Em trabalhos de Rumbaoa (2011), a ação antimicrobiana foi observada e favoreceu a inibição para *Staphylococcus aureus* e *E. coli* quando submetidos ao extrato de metanol da amêndoa de manga. O autor relata ainda que há uma relação positiva entre a atividade antimicrobiana e a concentração do extrato.

Nesta mesma perspectiva, Jiamboonsri e outros (2011) afirmam que o extrato de etanol de amêndoa de manga e seus princípios fenólicos exibiram potencial inibitório para *Staphylococcus aureus*.

A atividade antimicrobiana de amêndoa de manga, também foi observada para *Salmonella* spp. Nos estudos de Masibo e He (2009) demonstraram zonas de inibição para a *Salmonella typhi* quando submetidas a tratamento com extrato de etanol de semente de manga e extrato de água destilada. Neste estudo também se detectou inibição para *Bacillus cereus*, *E. coli* e *Staphylococcus aureus*.

Nesta mesma perspectiva, Mishra et al. (2013) verificaram a ação antimicrobiana do extrato metanólico e etanólico:aquoso da casca de manga, sendo eficazes na inibição de *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *E. coli* e algumas espécies de fungos, tais como *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Microsporium* sp. e *Trichophyton rubrum*.

Neste mesmo sentido, em dados preliminares constatou-se que a semente de manga (33,33 % (p/v)) favorece a inibição do crescimento *in vitro* das bactérias. Os dados revelaram que as cepas de *Salmonella* spp, isoladas de lodo de esgoto, adicionadas com a semente de manga apresentaram redução no crescimento a partir de 24 horas até o final do período de incubação (72 horas) para cepas de *Salmonella diarizonae*, *Salmonella pullorum* e *Salmonella arizonae* sendo que estas últimas apresentaram redução de até 6 ciclos logarítmicos ao final da análise.

Para melhor compreensão dos dados fez-se o cálculo para determinar o tempo necessário para a redução de um ciclo logarítmico, de *Samonella* spp, *E. coli*, Enterococos nos 12 tratamentos.

6.3.2 Tempo de redução decimal- Valor D

O tempo necessário para a redução de 90% de micro-organismos (valor D), em relação à sua concentração inicial, encontrado neste estudo, para *Samonella* spp, *E. coli*,

Enterococos submetidas ao pós-tratamento do lodo com casca e ao pós-tratamento do lodo com semente estão expressos na Tabela 7 e Tabela 8, respectivamente.

Tabela 7: Valores D para o pós tratamento do lodo com casca de manga

Tratamentos	Valor D (dias)		
	<i>Salmonella spp</i>	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus spp</i>
CN	34,07 ^b	17,09 ^b	16,34 ^b
CP	30,35 ^c	17,12 ^b	15,17 ^c
C5	28,82 ^c	15,98 ^c	14,57 ^c
C10	31,49 ^c	17,87 ^a	13,98 ^d
C15	33,27 ^b	17,77 ^a	13,32 ^d
C20	36,24 ^b	15,90 ^c	13,78 ^d
C30	42,23 ^a	15,84 ^c	18,40 ^a

Os valores seguidos de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, observa-se que no controle negativo *Salmonella spp* apresentou mais resistência que no controle positivo. Para os pós-tratamentos com casca, *Salmonella spp* apresentou maior resistência para o tratamento com 30% de casca de manga (D= 42,23 dias) e foi mais sensível quando submetida ao tratamento com 5% de casca (D= 28,82 dias), porém este tempo de redução decimal não diferiu significativamente com o valor D do controle positivo e do tratamento com 10% de casca. Ainda pode-se constatar que os pós-tratamentos de lodo com concentrações de 5% e 10% de casca não mostraram eficiência na redução de salmonela, uma vez que estatisticamente são iguais ao lodo bruto.

Em relação a *E. coli*, notou-se que os menores tempos de redução decimal foram verificados nos tratamentos com 30% de casca (D=15,84), tratamento C 20% (D=15,90), seguido do tratamento C 5%. Ainda referente à *E. coli*, os valores D do controle positivo e do controle negativo foram semelhantes e não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Já para Enterococos, constata-se menor tempo de redução decimal no tratamento no C 15% (D=13,32), porém não diferiu dos tratamentos C 10% e C 20%.

Destes dados denotam que o pós-tratamento de lodo com diferentes concentrações de casca mostraram eficiência para *E. coli* e Enterococos, pois os valores D se mostraram menores ($p < 0,05$) que o controle positivo. Porém para *Salmonella spp* o tempo de redução decimal foram semelhantes estatisticamente.

Em relação aos tempos de redução decimal para o pós-tratamento do lodo com semente de manga (Tabela 8), nota-se que os valores D são próximos ao encontrados para o pós tratamento do lodo com casca de manga, para os três micro-organismos: *Salmonella* spp., *E. coli*, Enterococos.

Tabela 8: Valores D para o pós tratamento do lodo com semente de manga

Tratamentos	Valor D (dias)		
	<i>Salmonella</i> spp.	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i> spp
CN	34,07 ^b	17,09 ^a	16,34 ^a
CP	30,35 ^b	17,12 ^a	15,17 ^b
SE5	29,81 ^b	16,54 ^b	13,64 ^c
SE10	33,65 ^b	15,45 ^c	13,62 ^c
SE15	49,32 ^a	16,30 ^b	12,97 ^c
SE20	37,76 ^b	17,17 ^a	13,43 ^c
SE30	34,36 ^b	16,75 ^b	16,70 ^a

Os valores seguidos de letras iguais, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974).

De acordo com os dados apresentados (Tabela 8), observa-se que para *Salmonella* spp., os tempos de redução decimal dos pós-tratamentos com semente não apresentaram diferença significativa entre si, exceto o pós-tratamento com 15% de semente, onde se verificou maior tempo de redução (D= 49,32 dias).

O menor valor D (D=15,45 dias) para a *E. coli* foi verificado no tratamento com 10% de semente e o maior tempo de redução (D=17,17 dias) registrado no tratamento com 20% de semente, não diferindo do controle positivo e do controle negativo.

Já em relação aos enterococos, constatou-se maior sensibilidade no tratamento com 15% de semente (D= 12,97 dias), porém não diferiu dos tratamentos com 5%, 10% e 20% de semente. Observou-se ainda, que os enterococos apresentaram maior resistência ao tratamento com 30% de semente e ao controle negativo, os quais não apresentaram diferença estatística entre si.

Diante dos resultados do tempo de redução do pós-tratamento de lodo com semente, nota-se que as diferentes concentrações de semente de manga não apresentaram relevância para a redução de *Salmonella* spp, e para enterococos, uma vez que os valores D não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si, exceto para SE 15% e SE 30%, respectivamente.

Em relação ao menor tempo de redução (valor D) dos patógenos, observou-se que para o tratamento semente de manga a *Salmonella* spp. foi mais sensível ao tratamento com 5% de semente (D=29,81 dias-SE 5%), *E. coli* (D=15,45 dias-SE

10%), Enterococos (D=12,97 dias-SE 15%). E quando submetidos a casca de manga foram mais sensíveis *Salmonella* spp.(D=28,82-C 5%) , *E. coli* (D=15,84 dias-C 30%), Enterococos (D=13,32 dias-C 15%). Diante disto, é sugestivo dizer que salmonela e Enterococos apresentaram maior sensibilidade a mesma concentração para casca e semente.

Os valores de D para os micro-organismos presentes no lodo de esgoto são determinados por vários autores. Nos estudos de Lang e Smith (2008) em que avaliaram a inativação de bactérias entéricas, relevantes no processo de tratamento de lodo de esgoto, em relação a tempo e temperatura, verificaram-se que estipes de *E. coli* O148 (D=7,1 min), e O158 (D=5,9 min), isoladas de lodo de esgoto foram mais resistentes ao calor (55°C) em comparação com a *E. coli* cultivadas em cultura (D=4,4 min), e mais resistente que *Salmonella* Oranienburg (D= 3,6 min), também proveniente do lodo bruto. Neste mesmo estudo a *Salmonella* Typhimurim foi mais sensível à temperatura mesofílica (35°C) em relação a *E. coli*, *S. Senftenberg* e *S. Oranienburg*.

Em estudos que objetivou determinar parâmetros cinéticos da inativação térmica de *Escherichia coli* em lodo de esgoto verificou-se que a resistência da bactéria foi reduzida consideravelmente em temperaturas acima de 55°C e o tempo de redução decimal D_{55°C} foi de 3,61 minutos (FOGOLARI; REIS; PHILIPPI, 2012).

Já em outra pesquisa que avaliou a resistência ao calor de salmonela em cacau e avelã, a resistência térmica de salmonela foi atribuída às condições de umidade. Izurieta e Komitopoulou (2011) relataram que o aumento de umidade de 4% p/p para 7% p/p resultou numa diminuição significativa (p<0.05) na resistência de *S. Oranienburg* e *S. Enteritidis* PT30 nas duas matrizes: Com 7% de umidade, o valor-D de *S. Enteritidis* PT30 foi de 2,54 minutos a 80°C, valor D semelhante (2,48 min) foi obtidos para a mesmo tempo de redução com 4% de umidade de conchas de avelã, mas a 105°C. Do mesmo modo, o valor de D para *S. Oranienburg* foi aproximadamente 10 min em grãos de avelã com 7% de umidade, tratados termicamente a 75°C, ao passo que um valor D semelhante (11 min) foi obtido em avelã com 4% de umidade, mas a 100°C.

Cabe salientar que os dados da literatura que abordam sobre o tempo de redução decimal para micro-organismos em geral são referentes à resistência térmica e são realizados *in vitro* em estufas com controle de temperatura, sendo quase inexistentes pesquisas que objetivam avaliar o tempo de redução decimal de micro-organismos em processos de pós-tratamentos de lodo de esgoto, visando à redução significativa ou

redução adicional de agentes patogênicos para experimentos realizados em escala-piloto.

6.3.3 Redução logarítmica dos patógenos

A Tabela 9 mostra a redução, em ciclos logarítmicos, dos patógenos ao final de 90 dias de exposição aos tratamentos.

Tabela 9: Números de ciclos logarítmicos reduzidos ao final dos 90 dias.

Tratamentos	n=t /D		
	<i>Salmonella spp.</i>	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus spp</i>
CN	2,64	5,27	5,51
CP	2,97	5,26	5,93
C 5	3,12	5,63	6,18
C 10	2,86	5,04	6,44
C 15	2,71	5,06	6,76
C 20	2,48	5,66	6,53
C 30	2,13	5,68	4,89
SE 5	3,02	5,44	6,60
SE 10	2,67	5,83	6,61
SE 15	1,82	5,52	6,94
SE 20	2,38	5,24	6,70
SE 30	2,62	5,37	5,39

Legenda: n=números de ciclos logarítmicos reduzidos; t= tempo de exposição e D=tempo de redução decimal.

Diante dos dados apresentados na Tabela 9, é notório que os pós-tratamentos de lodo com diferentes concentrações de casca e semente ao final dos 90 dias foram mais eficientes na redução de Enterococos (cerca de 99,9999%), seguido de *E. coli* (99,999%). Já para salmonela a redução foi baixa (99%), em torno de 2 ciclos logarítmicos. De acordo com indicações da Comissão Européia para redução de patógenos no lodo (CARRINGTON, 2001), tratamentos alternativos do lodo devem assegurar uma redução de 4 ciclos logarítmicos de Salmonela e pelo menos 2 ciclos logarítmicos de *E. coli* e ou *Enterococcus*. O tratamento com casca e semente de manga reduziu adequadamente os níveis de *E. coli* e Enterococos, no entanto os níveis de redução de Salmonela não foram atingidos.

A salmonela é uma das maiores causas de gastroenterites em humanos. Essas doenças são resultantes da ingestão de ovos, aves, carnes, especiarias, frutas e vegetais crus. Atualmente, a contaminação de frutas e vegetais crus pela salmonela tem aumentado de forma considerável, este fato associa-se ao consumo de alimentos

orgânicos como fonte de alimento saudável, mas a procedência e maturação do adubo deve ser levada em consideração.

A aderência e produção de biofilmes são dois pré-requisitos importantes para uma cepa de *Salmonella* contaminar e persistir em uma instalação de produção de alimentos. Isto os torna susceptíveis a contaminação durante um longo período de tempo, independentemente do fato da contaminação ser causada através de animais selvagens ou de animais de produção (HILBERT et al., 2011).

Outro fato importante é que as bactérias são extremamente hábeis e versáteis nas estratégias que empregam para sobreviver em ambientes frequentemente deletérios. *Salmonella* e outras bactérias desenvolveram mecanismos de resistência específicas de tensão que são geradas em resposta a níveis sub-letais do stress, o que aumenta a sobrevivência, quando exposta a níveis potencialmente letais mais elevadas. O controle destas redes de resposta ao stress é sobreposto e gerido por uma variedade de proteínas / sistemas regulatórios (SPECTOR, KENYON, 2011).

Fazendo uma análise da eficiência dos 12 tratamentos na redução dos três patógenos *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli*, nota-se que *Salmonella* spp apresentou maiores reduções no tratamento C5% e depois no tratamento SE 5%. Observa-se que casca e semente de manga apresentaram a mesma tendência de redução para estes patógenos. Já o tratamento SE 15% mostrou ser mais eficiente para reduzir *Enterococcus* spp. seguido dos tratamentos C15% e SE 20%. Para *E. coli* teve maior redução no tratamento SE 10%, seguido dos tratamentos C 20% e C 30%.

Ainda remete-se dizer que a salmonela foi mais sensível (maior redução) nas menores concentrações dos resíduos de manga (5% de casca e 5% de semente), bem como enterococos foi mais resistente (menor redução) quanto submetido a maior concentração (30%) de casca e semente de manga.

Diante do exposto, cabe inferir que os percentuais das concentrações dos resíduos de manga não são determinantes para a maior e menor inativação de patógenos. Isto porque deve ser levado em consideração que o incremento de resíduo (casca ou semente) não está apenas relacionado com o aumento de compostos antimicrobianos, associa-se também ao incremento de nutrientes, os quais são fontes metabólicas para os diversos micro-organismos, sejam eles patogênicos ou não, presentes no lodo.

Tanto a casca como a semente de manga contêm compostos antioxidantes como flavonóides, taninos, proantocianidinas (Dorta et al.,2012), saponinas, glicosídeos e alcalóides (Kaur et al., 2010) que apresentam atividade antimicrobiana. No entanto

esses compostos diferem na sua biodisponibilidade de acordo com o solvente utilizado para sua extração, sendo a água o pior solvente quando comparado com metanol, etanol e acetona. O melhor solvente para extrair os compostos antimicrobianos da casca seria o metanol e etanol, e da semente a mistura acetona/água, uma vez que o flavonóide encontra-se complexado com proteínas da semente e este solvente ajuda a liberar os compostos antioxidantes (Dorta et al., 2012).

O fato de ter aplicado a semente e a casca da manga na forma bruta para o tratamento do lodo, em que o sistema aquoso predominou, pode justificar a não efetividade do efeito antimicrobiano com o aumento da concentração da casca nos tratamentos. Já no caso da semente da manga, onde os compostos antimicrobianos estão parcialmente conjugados a proteínas e lipídeos, a água como solvente não proporcionou a liberação dos compostos presentes e portanto pode ter sido necessário maior concentração da semente (SE 30%) para apresentar o efeito antimicrobiano no lodo.

6.3.4 Caracterização e Frequência das espécies de *Salmonella* spp.

Com o perfil de resultados obtidos através dos testes bioquímicos de citrato, dulcitol, motilidade e malonato, foram possíveis identificar os seguintes sorovares de *Salmonella* spp: *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, *Salmonella enterica* subsp. *arizonae*, *Salmonella enterica* subsp. *diarizonae* e *Salmonella enterica* subsp. *houtenae*, além dos sorotipos *Salmonella* serovar *Gallinarum*, *Salmonella* serovar *Pullorum*, *Salmonella* serovar *Choleraesuis*, *Salmonella* serovar *Typhi*, *Salmonella* serovar *Paratyphi A* (Quadro 5).

Quadro 5: Caracterização das espécies de *Salmonella* spp. isoladas nos 12 tratamentos.

Espécies	TSI	LIA	H ₂ S	U	S	D	CI	MO	MA
S. enterica subsp. houtenae	T	A	-	-	+	-	+	+	-
S. enterica subsp. diarizonae	T	T	-	-	+	-	+	+	+
S. enterica subsp. arizonae	T	T	+	-	+	-	+	+	+
S. enterica subsp. Entérica	T	A	-	-	+	+	+	+	-
S. serovar Choleraesuis	T	T	-	-	+	-	-	+	-
S. serovar Typhi ,	T	A	-	-	+	-	-	+	-
S. serovar Paratyphi A	T	T	+	-	+	+	-	+	-
S. serovar Gallinarum	T	T	+	-	+	+	-	-	-
S. serovar Pullorum	T	T	-	-	+	-	-	-	-

Legenda: + (Positivo); - (Negativo); T (Típica); A (Atípica); U (Urease); S (Sorológico) D(Dulcitol);CI (Citrato); MO(Motilidade); MA(Malonato).

As salmonelas são aeróbias ou anaeróbias facultativas. Podem produzir gás sulfídrico (H_2S), utilizam o citrato como fonte de carbono, utilizam a lisina, mas não produzem urease (GOMES, 2012). Em geral, sorovares de *Salmonella* têm diferentes especificidades de hospedeiros, distribuição geográfica diversificada e são responsáveis por vários tipos de doenças em animais e humanos.

Durante o período da pesquisa pode-se constatar a diversidade de *Salmonella* spp. Na Figura 10 estão expressas as frequências das espécies do patógeno registradas ao longo do tempo.

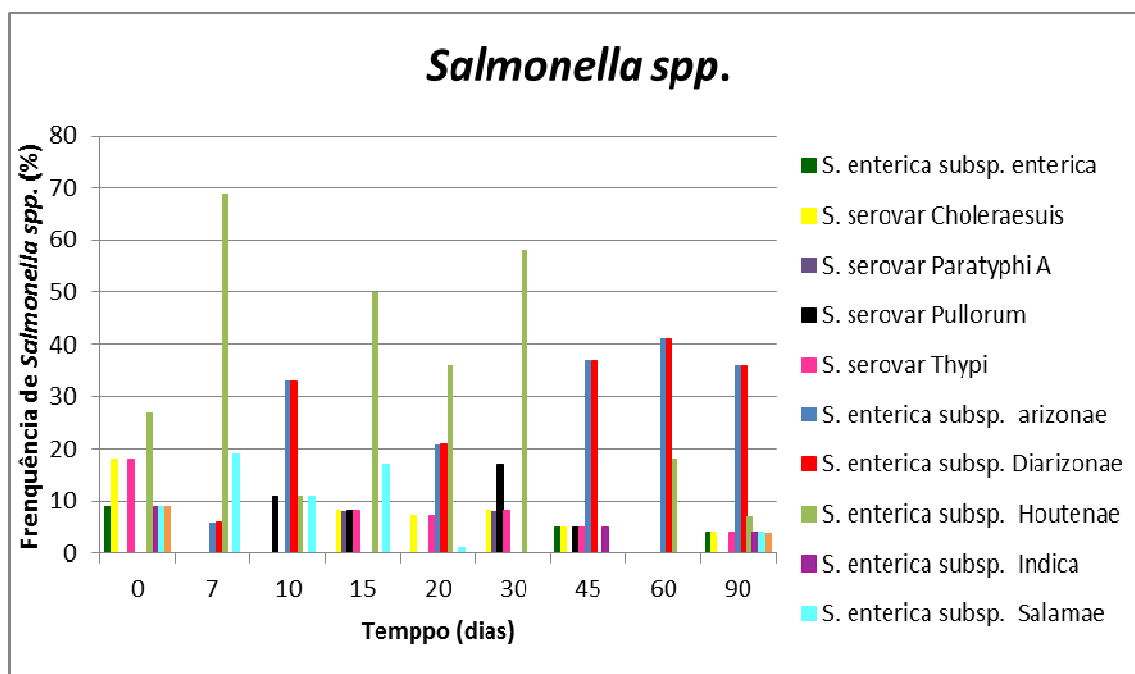


Figura 10: Frequência de Salmonella ao longo dos 90 dias do processo.

Observa-se que nos primeiros 30 dias há predominância da *Salmonella entérica* subsp. Houtenae, com maior frequência aos 7 dias. Sendo que no 10º dia a subespécie arizonae e subespécie diarizonae. apresentaram maior frequência e a predominância volta a partir dos 45 dias. A *S. serovar* Pullorum teve maior frequência entre o 10º e 45º dia. *Salmonella entérica* subsp. salamae também se destacou nos tempos iniciais até o 20º dia dentre as espécies registradas, voltando a ser registrada aos 90 dias. Já os sorotipos *S. entérica subsp.* enterica, *S. serovar* Choleraesuis e *S. serovar* Typhi também apresentaram maior frequência nos tempos iniciais.

Há espécies de *Salmonella* spp. altamente adaptadas apenas ao homem, outras apenas aos animais e outras não adaptadas a hospedeiros e que podem determinar doenças tanto no homem quanto nos animais. Porém, segundo Gomes (2012) o sorovar adaptado ao hospedeiro raramente causa doença em outros hospedeiros que não seja aquele em que esteja adaptado.

As *salmonelas entéricas* subsp. *houtenae* são frequentemente isoladas do ambiente e pouco documentada para humanos. Já as *Salmonella entérica* subespécie *arizonae* e subespécie *diarizonae* são encontradas em conteúdo intestinais de animais de sangue frio e também são raros em humanos ou animais de sangue quente (GOMES, 2012).

Além destas, destaca-se ainda *S. serovar Choleraesuis* que é altamente virulenta e provoca febre tifóide em suínos, camundongos, coelhos e bezerros. *S. serovar Gallinarum* e *S. serovar Pullorum* não provocam doença tifóide típica em mamíferos, apenas em aves (GOMES, 2012).

Geralmente, as cepas supracitadas não são muito patogênica para seres humanos, exceto para aqueles que têm alguma deficiência imunológica ou para crianças com um sistema imunológico imaturo que são, portanto, mais propenso a ser infectado por uma cepa de *Salmonella* adaptado à réptil ou ave (HILBERT et al., 2011).

As cepas da *Salmonella entérica* subespécie entérica são patogênicas aos seres humanos e a animais de sangue quente e respondem por 99% das salmoneloses humanas (SILVA et al., 2010; GOMES, 2012). Assim como os sorovares de *Salmonella*, *Typhi* e as bactérias paratifóides (A, B e C) que são adaptados e só podem infectar os seres humanos, fezes de pessoas infectadas são, portanto, a fonte original de contaminações por estes patógenos (GOMES, 2012, FDA, 2013).

Salmonela, assim como outras bactérias entéricas, é transmitida por via fecal-oral de contaminação. Os seres humanos e outros animais são infectados com salmonelas após a ingestão de alimentos ou água contaminados.

Para os seres humanos, as importantes fontes de sorovares de *Salmonella*, a saber: carne bovina contaminado ou infectado, carne de porco, ovos, aves, frutas, vegetais ou derivados / subprodutos destes alimentos, por exemplo, manteiga de amendoim (SPECTOR, KENYON, 2011). Além disso, esse micro-organismo pode entrar no ambiente aquático diretamente com fezes de seres humanos ou animais infectados ou indiretamente, por exemplo, através de descarga de esgotos ou terras agrícolas (LEVANTESI et al., 2011).

Portanto, apesar de se registrar uma menor frequência para as salmonelas que infectam os humanos, devido à diversidade destes patógenos traz preocupação quanto à disposição final do lodo de esgoto, os quais poderão tanto contaminar rios, solo, frutas, vegetais, bem como podem ser fonte de infecção para pessoas e animais que tenham contato direto ou indiretamente com este resíduo.

Inferese ainda que a presença de salmonela no lodo de esgoto, em questão, pode estar associada à saúde da população, os quais podem ser portadores assintomáticos, o que contribuem para o ciclo de disseminação da bactéria. Considerando que no Brasil até pouco tempo atrás existia o uso indiscriminado de antibióticos por humanos, pode ter ocorrido a seleção de sorovares de salmonela resistentes a multi-drogas e estas podem apresentar maior resistência ao ambiente, além da capacidade de sobrevivência e disseminação dos genes de resistência a antibióticos (MATHER et al., 2013).

Além disso, cabe ainda ressaltar que as salmonelas agem como zoonoses, capazes da transmissão animal-homem e homem-animal. Animais selvagens podem ter um papel importante como vetor de transmissão para a salmonelose não tifóide humana. Embora, na maioria dos casos de surtos de salmonelose humana não pode ser atribuída diretamente à vida selvagem, no entanto, há fontes cruzadas relevantes entre fauna, seres humanos e animais de produção. Além de também poder ser transmitida pelo contato direto entre animais selvagens e seres humanos. (HILBERT et al., 2011).

6.4 ANÁLISES PARASITOLÓGICAS DOS TRATAMENTOS

As concentrações de ovos viáveis de helmintos estão expressas na Tabela 10 abaixo:

Tabela 10: Concentração de ovos viáveis de helmintos/g ST nos diferentes tratamentos no Tempo 0 (inicial) e Tempo 90 (final).

TRATAMENTO	Concentração de ovos viáveis de helmintos/g ST	
	T 0	T 90
CP	139,82	70,38
CN	80,90	23,54
C5	235,78	0,00
C10	0,00	24,55
C15	0,00	24,21
C20	0,00	12,10
C30	0,00	16,95
SE5	205,59	83,69
SE10	112,62	36,94

SE15	150,35	32,79
SE20	143,68	33,90
SE30	23,71	0,00

No tempo inicial, observou-se que o tratamento contendo 5 % de casca apresentou a maior concentração de ovos viáveis de helmintos (235,8 ovos de helmintos/ g ST), dentre os tratamentos analisados, seguido do tratamento SE 5% com 205,6 ovos de helmintos/ g ST. Já o tratamento com 30% de semente apresentou menor concentração de ovos viáveis 23,71.

Os tratamentos que apresentaram ovos viáveis de helmintos no tempo inicial, ao final do processo tiveram suas concentrações reduzidas. Nos tratamentos C 5% e SE 30 % apresentaram ausência de ovos de helmintos, após os 90 dias. Cabe destacar que a ausência de ovos viáveis de helmintos, no final do processo, não garante que o tratamento foi eficaz na eliminação de 100% dos ovos de helmintos, tendo em vista a ocorrência de baixo percentual de ovos presente nas amostras, e a técnica de utilizada para a recuperação de ovos pode não ter sido eficaz para recuperá-los.

Em relação ao controle positivo, onde se verificou concentração inicial de 139,82 ovos viáveis/g ST, constatou-se redução de 50% no final do processo (70,38 ovos viáveis/ g ST).

Quanto aos tratamentos com resíduos de manga, verificou-se que ao final dos 90 dias, os tratamentos C 5% e SE 30 % apresentaram ausência de ovos de helmintos. Nos demais tratamentos as concentrações foram menores que o controle positivo, exceto para o tratamento SE 5% (83,69 ovos viáveis de helmintos g⁻¹ ST). Estes resultados demonstram um indicativo de que a semente e a casca de manga podem apresentar efeito inibitório sobre helmintos, uma vez que não consta na literatura nenhum trabalho que demonstra tal efeito sobre protozoários e helmintos.

Referente ao controle negativo, a concentração de 8,5 % de cal hidratada não foi suficiente para a eliminação de ovos de helmintos, porém foi detectada uma redução no número de ovos viáveis, visto que se constataram no tempo inicial 80,90 ovos viáveis/g ST e 23,54 ovos viáveis/g ST no tempo 90 (final).

Nos estudos de Rocha (2009), os tratamentos com 12,6%; 21% e 29,4% de cal hidratada conseguiram atingir inativação de 100% de ovos viáveis de helmintos após 90 dias. E os tratamentos com de cal virgem conseguiram atingir o mesmo percentual de inativação aos 15 dias de estocagem. Godinho (2003), também verificou a total inviabilização dos ovos, a qual foi alcançada com 30 dias de armazenamento nas

dosagens 30%, 40% e 50%. Já em Barros et al (2005) os ovos de helmintos foram totalmente inviabilizados, quando uma concentração de 50% de cal hidratada foi aplicada ao lodo seco, sendo que as menores concentrações de cal hidratada não foram suficientes para inviabilizar, por completo, os ovos de helmintos.

De acordo com dados dos estudos confrontados, pode-se perceber que concentrações de cal maiores que a estudada nesta pesquisa (8,5%) apresentaram melhores resultados na inviabilização de ovos de helmintos.

Os ovos de helmintos, encontrados nos tratamentos, eram pertencentes a espécie de *Trichuris trichura* e ao gênero *Ancilostomo sp. Ascaris sp.* Os ovos de *Ascaris sp.* tiveram maior prevalência no tempo inicial e os ovos dos ancilostomídeos foram os que apresentaram maior prevalência ao final dos 90 dias.

Também se observou a presença de larva, outro estágio de desenvolvimento dos helmintos. Cabendo inferir que as condições ambientais estavam propícias ao desenvolvimento de geo-helmintos (vermes que possuem parte do ciclo de vida no solo). De acordo com Rey (2002) no ciclo biológico dos geo-helmintos, a eclosão do ovo é controlada pelo desenvolvimento das larvas e pelas condições do ambiente como temperatura e umidade.

Como se sabe, a incidência de parasitas no lodo de esgoto é reflexo da saúde da população, da qual é proveniente o lodo. Assim sendo, a alta prevalência de ovos de helmintos nos lodos de esgoto pode estar relacionada com este fato, bem como associado às condições favoráveis do meio, pois se sabe que os fatores ambientais interferem na sobrevivência do patógeno. As características do solo e outras variáveis ambientais são importantes na biologia dos geo-helmintos (CHIEFFI, 2010), e a umidade, temperatura e luz UV são os principais fatores que influenciam na eliminação dos parasitas (KONÉ et al., 2007; CAVINATTO; PAGANINI, 2007).

Diante do exposto, a manutenção da umidade e a temperatura na faixa 30°C a 37°C constituem fatores que podem ter influenciado na persistência de ovos de helmintos até o final dos 90 dias do processo. Segundo a literatura os ovos de ancilostomídeos para seu desenvolvimento no solo necessitam de umidade elevada, boa oxigenação e temperaturas variando entre 27°C a 32°C para *Necator americanos*, 21°C a 27°C para *Ancilostomo duodenale* (LEITE, 2005; CHIEFFI, 2010). Para *Strongyloide stercoralis* as condições de temperatura em torno de 25 a 30°C, solo arenoso e umidade elevada são essenciais pra o desenvolvimento das fases do parasita que passa no solo (COSTA-CRUZ, 2005).

Em relação aos áscaris, temperatura na faixa de 25 a 30°C e umidade de 70% e boa oxigenação são fatores que favorece a embrião dos ovos férteis em até 15 dias (SILVA; MASSARA, 2005). Esses nematóides são resistentes ao frio, resistem à dessecação, principalmente quando não são submetidos a elevadas temperaturas, pois retomam a sua cadeia evolutiva quando colocados em meio úmido, são resistentes a agentes físicos e químicos. Porém, são eliminados quando submetidos a temperaturas superiores a 45°C (CAMILLO-COURA; CARVALHO 2010)

6.5 CLASSIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESGOTO

Na tentativa de classificar os biossólidos gerados pelos tratamentos de casca e semente de manga de acordo os resultados das análises microbiológicas e parasitológicas comparou-se as concentração final dos 12 tratamentos estudados com os valores de referência da Instrução Normativa nº64/2008 (BRASIL, 2008), Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006) e a Norma 503 (USEPA, 2003) (Quadro 6). Dado o exposto, com relação à segurança microbiológica e parasitológica do uso do lodo ou produto derivado na agricultura infere-se que apenas os tratamentos com 5% de casca- C5% e o tratamento com 30% semente- SE 30% se enquadraram nos limites de classificação de biossólidos proposto pela Resolução CONAMA 375/06 (BRASIL, 2006) e Instrução Normativa N^o 64/2008 do Ministério da Agricultura, e legislação estadunidense 40 CFR Part 503 (USEPA, 2003). De acordo com a Resolução CONAMA 375/06 e a Norma 503 (USEPA, 2003), são classificados como biossólidos de classe B, já que apresentaram concentrações finais menores que o recomendado pela legislação (Quadro 6): coliformes termotolerantes, <3 NMP/g de ST, salmonela <10⁵UFC/g de ST e ausência de ovos viáveis/g matéria seca.

Portanto, salienta-se que o manuseio e/ou disposição de forma inadequada destes lodos de esgoto impedem e/ou restringem seu uso para fins agrícolas, pois poderá trazer sérios problemas à saúde humana e ambiental.

Quadro 6: Comparação da concentração final dos 12 tratamentos estudados com os valores de referência da Resolução Conama 375/06 e a Norma 503 (USEPA, 2003).

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Patógenos	Conama 375/06	Norma 503
A	Coliformes Termotolerantes	<10 ³ NMP / g de ST	<10 ³ NMP / g de ST

	Ovos viáveis de helmintos	< 0,25 ovo / g de ST	< 1 ovo / 4 g de ST
	<i>Salmonella</i>	Ausência em 10 g de ST	< 3 NMP/4 g de ST
	Enterococos	NE	NE
B	Coliformes Termotolerantes	<10 ⁶ NMP / g de ST	< 2 x10 ⁶ NMP / g de ST
	Ovos viáveis de helmintos	< 10 ovos / g de ST	NE
	<i>Salmonella</i>	NE	NE
	Enterococos	NE	NE
Instrução Normativa Nº64/2008 do Ministério da Agricultura			
	Coliformes Termotolerantes	10 ³ NMP / g de ST	
	Ovos viáveis de helmintos	1 ovo/4 g de ST	
	<i>Salmonella</i>	Ausência em 10 g de ST	
RESULTADOS			
	Coliformes Termotolerantes	10 ⁴ NMP/g de ST (C 30%) < 3 NMP/g de ST (demais tratamentos)	
	Ovos viáveis de helmintos	Ausência (C 5%; SE 30%) >10 ovos / g de ST (demais tratamentos)	
	Salmonella	<10 ⁵ UFC/g de ST	
	Enterococos	<10 ¹ UFC/g de ST	

NE: Não Especificado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto-ETE Contorno de Feira de Santana não deve ser utilizado para fins agrícolas sem prévio tratamento, uma vez que apresentam concentrações de patógenos elevados.
- A concentração de 8,5% de cal hidratada não foi suficiente pra a manutenção de pH dentro dos valores aceitáveis para alcalinização(>11,5).
- No tratamento alcalino (controle negativo) os valores de pH (8,0) não foram eficazes na eliminação dos micro-organismos analisados.
- As concentrações de sólidos totais, umidade, carbono, nitrogênio e fósforo dos 12 tratamentos não apresentaram diferença ($p < 0,05$) ao longo do tempo.
- O micro-organismo que sofreu maior redução decimal foi a *E. coli*, seguido de Enterococos em todos os 12 tratamentos analisados. *Salmonella* spp. foi o patógeno que apresentou menor redução.
- As concentrações finais do lodo de esgoto do tratamento C 5% e o tratamento SE 30% atenderam os padrões de qualidade microbiológica de biossólido previsto pela legislação Resolução CONAMA 375/06, Instrução Normativa n° 64/2008 do Ministério da Agricultura, e a Norma 503 (USEPA, 2003).
- Apenas os lodos do esgoto provenientes do tratamento C 5%; e o tratamento SE 30% se enquadraram nos limites de classificação de biossólidos proposto pela resolução CONAMA 375/06, sendo classificados como biossólidos de classe B.

RECOMENDAÇÕES

- Realizar experimentos para extração de antimicrobianos da semente e da casca de manga, utilizando diferentes solventes;
- Aplicar concentrações diferentes do extrato no lodo bruto e submetê-lo ao leito de secagem;
- Avaliar extratos de cultivares distintos de manga.

APÊNDICE A

Tabela 11: Percentuais médios de sólidos totais, sólidos fixo, sólidos volatéis e umidade dos 12 tratamentos durante os 90 dias de análise.

TRATAMENTO	%ST	%SF	%SV	%UM
CN	44,55 b	62,44 b	37,50 a	54,93 a
CP	45,41 b	60,95 b	39,07 a	54,14 a
C5	42,92 b	57,96 a	42,10 b	56,50 a
C10	40,57 a	55,52 a	44,57 b	58,93 b
C15	40,93 a	55,04 a	44,86 b	58,64 b
C20	40,38 a	54,77 a	45,36 b	58,43 b
C30	38,05 a	54,15 a	45,86 b	61,14 b
SE 5	45,74 b	57,00 a	43,07 b	53,36 a
SE 10	43,45 b	56,8 a	43,21 b	55,78 a
SE 15	42,16 a	56,05 a	43,85 b	57,50 b
SE 20	40,50 a	54,37 a	45,64 b	59,30 b
SE 30	40,33 a	54,50 a	45,50 b	59,14 b

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Teste Scott-Knott (1974).

Nota-se que as maiores médias de percentuais de sólidos totais foram atingidos no controle negativo, controle positivo, casca 5%, semente 5% e semente 10%. Nestes mesmos tratamentos os percentuais médios de sólidos totais e umidade não diferem entre si estatisticamente, porém há diferença estatística entre os percentuais médios dos demais tratamentos.

Para os sólidos fixos e volatéis constatou-se que apenas as médias percentuais do controle negativo e do controle positivo apresentaram diferença ao nível de 5% de probabilidade, diferença em relação aos demais tratamentos, mas as suas médias não diferiram entre si.

APÊNDICE B

Na Tabela 12 abaixo, estão expressos as equações de regressão e os coeficientes de correlação linear (R^2) dos três micro-organismos analisados nos 12 tratamentos.

Tabela 12: Análise de regressão linear de *Salmonella* spp, *Enterococcus* spp. e *E. coli*

	<i>Salmonella</i>		<i>Enterococcus</i>		<i>E. coli</i>	
	Eq.Regressão	R^2	Eq.Regressão	R^2	Eq.Regressão	R^2
CP	$Y = -0,033X + 6,90$	0,87	$Y = -0,066X + 6,411$	0,88	$Y = -0,060X + 6,065$	0,94
CN	$Y = -0,030X + 6,41$	0,45	$Y = -0,061X + 6,000$	0,89	$Y = -0,060X + 6,000$	0,84
C 5%	$Y = -0,035X + 7,06$	0,73	$Y = -0,068X + 6,608$	0,89	$Y = -0,062X + 6,340$	0,89
C 10%	$Y = -0,032X + 7,30$	0,88	$Y = -0,071X + 6,923$	0,89	$Y = -0,055X + 5,920$	0,86
C 15%	$Y = -0,030X + 7,50$	0,68	$Y = -0,073X + 6,765$	0,88	$Y = -0,056X + 6,175$	0,81
C 20%	$Y = -0,030X + 7,30$	0,70	$Y = -0,072X + 6,864$	0,88	$Y = -0,063X + 6,400$	0,85
C 30%	$Y = -0,024X + 7,13$	0,55	$Y = -0,044X + 6,300$	0,60	$Y = -0,063X + 6,613$	0,86
SE 5%	$Y = -0,033X + 6,70$	0,80	$Y = -0,074X + 6,950$	0,86	$Y = -0,060X + 6,135$	0,84
SE 10%	$Y = -0,030X + 7,30$	0,64	$Y = -0,073X + 6,840$	0,83	$Y = -0,064X + 6,423$	0,82
SE15%	$Y = -0,020X + 7,00$	0,66	$Y = -0,077X + 6,920$	0,85	$Y = -0,060X + 6,160$	0,78
SE 20%	$Y = -0,030X + 7,20$	0,62	$Y = -0,074X + 6,730$	0,86	$Y = -0,060X + 6,043$	0,87
SE 30%	$Y = -0,030X + 7,52$	0,66	$Y = -0,060X + 6,941$	0,83	$Y = -0,060X + 6,010$	0,80

As médias logarítmicas de *Salmonella* spp, *E. coli* e *Enterococcus* spp. verificadas ao longo dos 90 dias de análises nos 12 tratamentos do experimento expressas nas figuras abaixo:

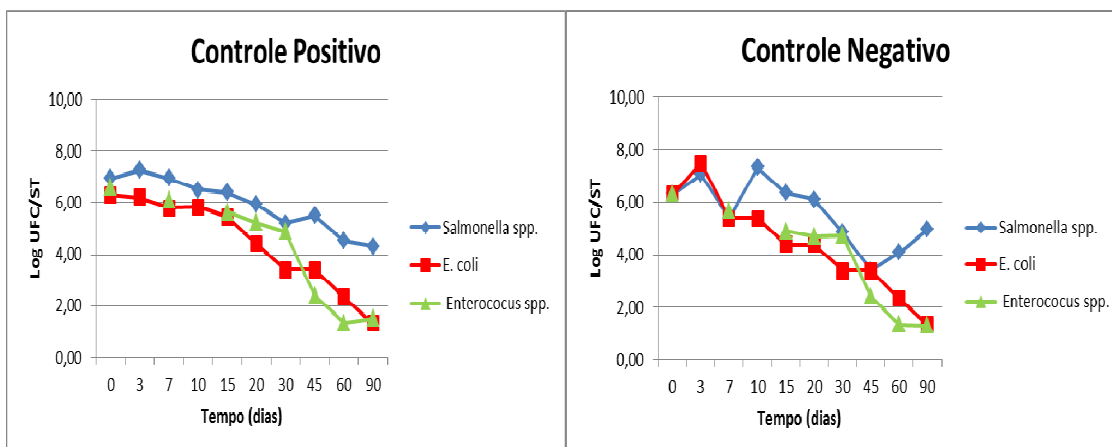


Figura A Distribuição temporal de bactérias no controle positivo **Figura B:** Distribuição temporal de bactérias no controle negativo

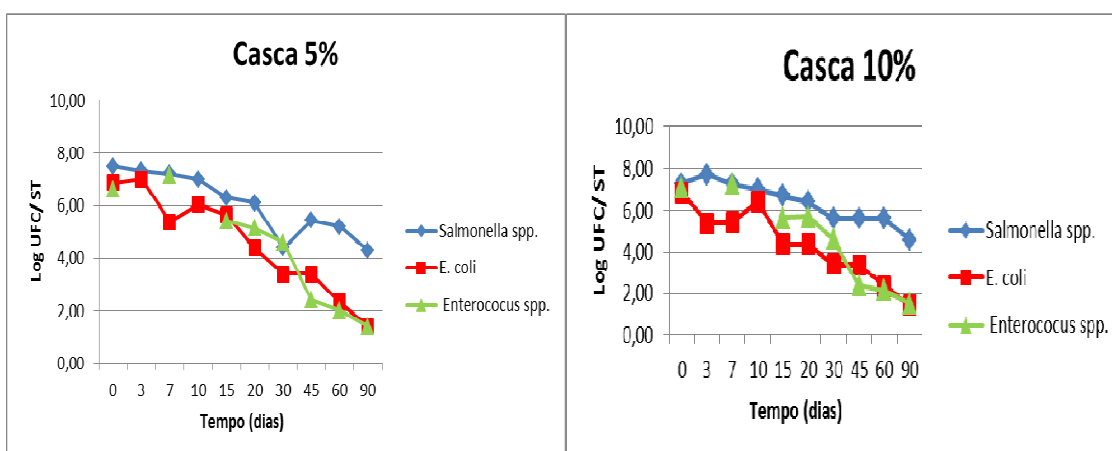


Figura C: Distribuição temporal de bactérias no tratamento casca 5 % **Figura D:** Distribuição temporal de bactérias no tratamento casca 10 %

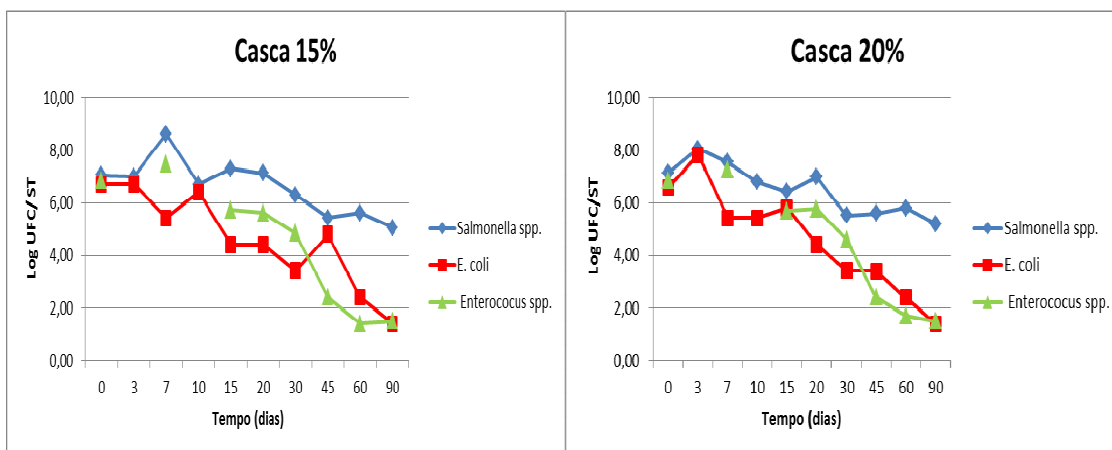


Figura E: Distribuição temporal de bactérias no tratamento casca 15 % **Figura F:** Distribuição temporal de bactérias no tratamento casca 20 %

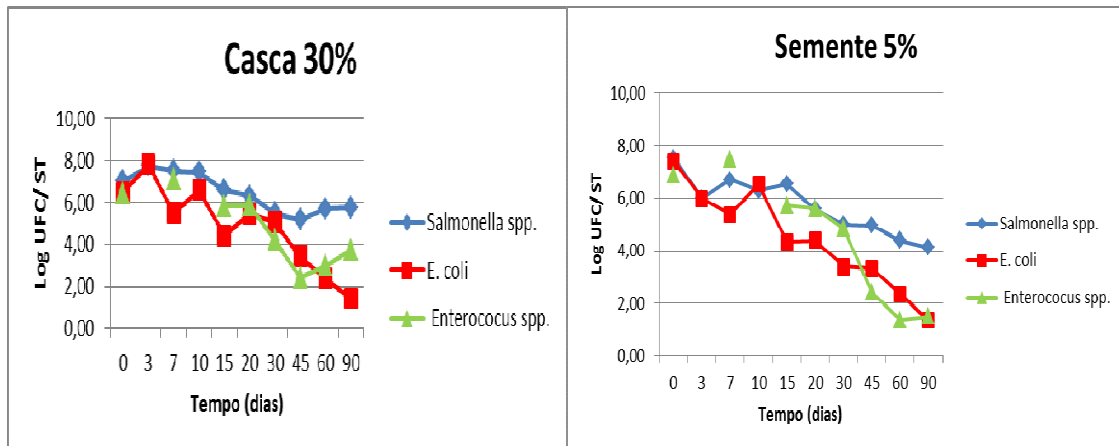


Figura G: Distribuição temporal de bactérias no tratamento casca 30%

Figura H: Distribuição temporal de bactérias no tratamento semente 5 %

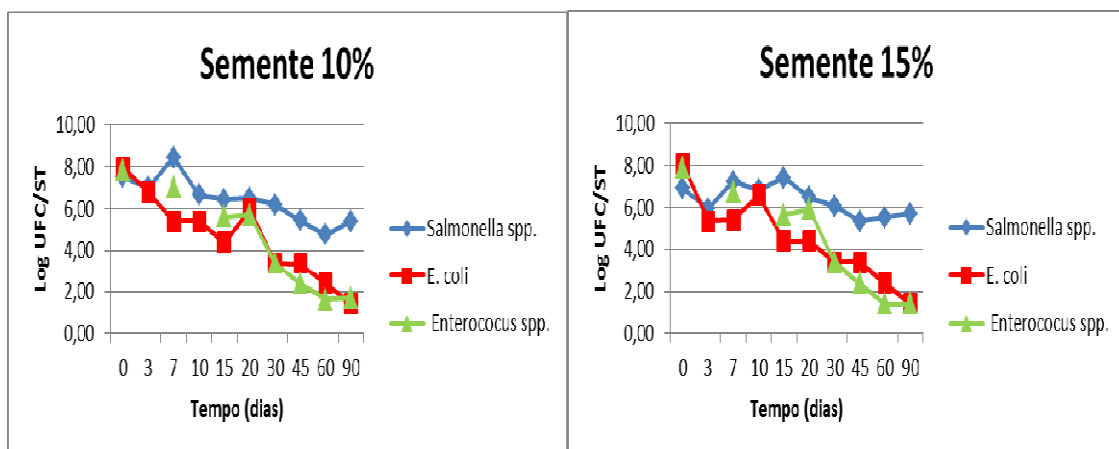


Figura I: Distribuição temporal de bactérias no tratamento semente 10 %

Figura J: Distribuição temporal de bactérias no tratamento semente 15 %

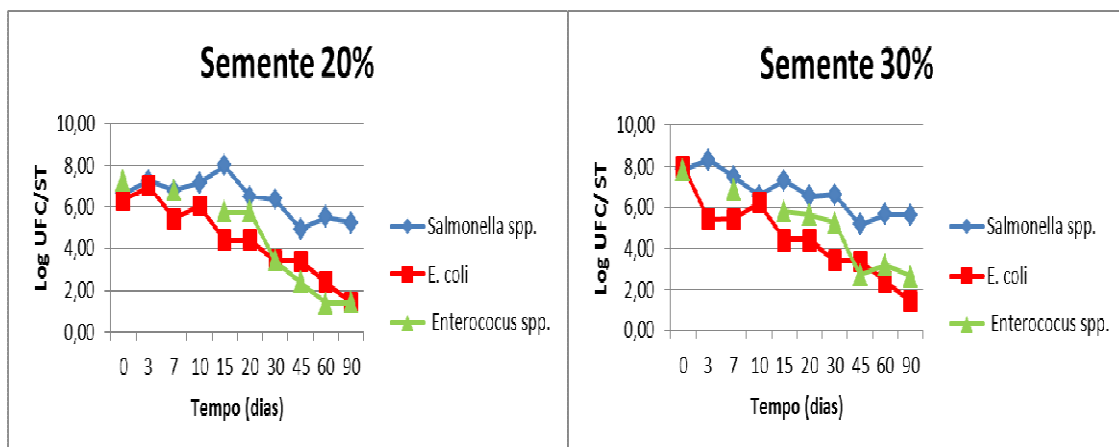


Figura K: Distribuição temporal de bactérias no tratamento semente 20 %

Figura L: Distribuição temporal de bactérias no tratamento semente 30%

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, Ahmed E.M. et al . Egyption mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activies of extract and oil from mango seed kernel. In: **Food Chemidtry** 103(2007) p1141-1152. Alexandria, Egypty. 2007
- ABDULLAH, Al-Shwyeh Hussah et al., Antibacterial activity of Malaysian mango kernel. In: **African Journal of Biotechnology**. Vol. 10 (81), p. 18739-18748, December, 2011.
- ABUD, Ana. K. de S.; NARAI Narendra. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Of Food Technol.**, v. 12, n. 4, p. 257-265, out./dez. 2009.
- AMERICAN WATER AND WASTERWATER ASSOCIATION (AWWA) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. th. Editores Lenore S. Clesceri; Arnold E. Greenberg; Andrew D. Eaton: AWWA, 1998.
- ANDREOLI, C. V.; BACKESS. A.; CHERUBINI, C. Avaliação do processo de compostagem utilizando podas verdes e resíduos do saneamento. **Anais FERTBIO** 2002. Rio de Janeiro. 2002.
- ANDREOLI, Cleverson V; PEGORINI, Eduardo S; FERNANDES, Fernando. Disposição do lodo no lodo. In: ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.
- BARROS, Kenia Kelly et al .Desaguamento e Estabilização alcalina de lodo anaeróbio. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 23. 2005 **Anais eletrônicos**. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. ABES. 2005
- BARROS, Ivaldete T., COSTA, Antonio C. S. da; ANDREOLI, Cleverson. V. Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. In: **Sanare. Revista Técnica da Sanepar**. Curitiba: SANEPAR, V. 24(24), jan/fev, 2006, p. 61-69.
- BARROS, Paulo N. de et al. **Aspectos de Qualidade de Manga ‘Tommy Atkins’ de Mercado Atacadista de Juazeiro-Ba**. 2010 Disponível em:< <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNAPI2010/paper/viewFile/1386/13>> Acesso em 14 de maio de 2013.
- BASTOS, Rafael K.X.; BEVOLACQUA, Paula D.; MARA, David D. Análise cvcomparativa das regulamentações brasileiras, estadunidense e britânica dequalidade microbiológica de biossólidos para uso agrícola. **Revista DAE**, n.191, p. 10-20. janeiro-abril, 2013.
- BERTANI, Rosemary Marques de Almeida et al. O uso de fertilizantes compostos na agricultura . **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, Jul-Dez 2011.
- BETTIOL, Wagner; CAMARGO, Otávio Antônio de. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. (Editores técnicos). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna, São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
- BLODGETT, R., CHIRTEL, S. Most Probable Number from Serial Dilutions. **Bacteriological Analytical Manual**, Appendix 2, 2010. Disponível

em<<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm109656.htm>> Acesso 25 de setembro 2013

BRADY, James E; HUMISTON, Gerard E. **Química Geral**. Vol.1 Ed 2. Editora LTC. Rio de Janeiro. 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 64, de 18 de Dezembro de 2008**. 2008

BONNET, B. R. P.; LARA, A. I. de; DOMASZAK, S. C. Indicadores biológicos de qualidade sanitária do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coordenadores). **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: Sanepar, 2000.

CAMARGO, W. P. F.; ALVES, H. F.; MAZZEI, A.R. Mercado de Manga no Brasil: contexto mundial, variedades e estacionalidade. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 5, São Paulo, mai 2004.

CAMILLO-COURO, Lea; CARVALHO, Heleno T. Ascaridíase. In:– **Parasitologia Humana e seus Fundamentos Gerais**, São Paulo-SP, CIMERMAN, B; CIMERMAN, S. 2ª. Edição. Editora Atheneu, 2010, cap.36 p. 270-278.

CARNEIRO, Charles; SOTTOMAIOR; Ana Paola; ANDREOLI, Cleverson. Dinâmica de nitrogênio em lodo de esgoto sob condições de estocagem. **Revista Brasileira Ciência Solo**. n 29. p. 987-994. 2005.

CARRIJO, Juliana. R. BIONDI, Germano. F. Levantamento dos ovos de helmintos em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbico. **Revista Ciência Animal Brasileira**. V. 9, nº1 p.207-211, jan /mar.2008

CARRINGTON, E. G. Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction – final report. European Commission Directorate-General Environment. Setembro de 2001. <http://europa.eu.int>

CAVINATTO, Adriana de Souza; PAGANINI, Wanderley da Silva. Os Microorganismos nas Atividades de Disposição de Esgotos no Solo - Estudo de Caso. **Revista de Engenharia sanitária e ambiental**. V.12 - Nº 1- jan/mar 2007, 42-51. 2007.

CEFAR. O Valor D” na Esterilização. CEFAR em Notícias/circulação Trimestral. Ano VII - Edição. 39 - Outubro | Novembro | Dezembro de 2010

CHAGAS, Welington Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. (Mestrado) Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2000. 89 p.

CHÁVEZ, G. M.; TOSCANO, C. F.; MÁRQUEZ, R. L.. Aplicación del procesamiento térmico y alcalino para la desinfección de lodos residuales primarios. un estudio comparativo. In: **Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 27**. Porto Alegre - RS. **Anais** 2000.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.

CHIEFFI, Pedro P. Ancilostomíase. In: **Parasitologia Humana e seus Fundamentos Gerais**, São Paulo-SP, CIMERMAN, B; CIMERMAN, S. 2ª. Edição. Editora Atheneu, 2010, cap. 38 p. 284-290.

CORREIA, Joelande. Esquivel. **Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto Contorno-Feira de Santana, Ba.** 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana/Bahia. 2009.

COSTA-CRUZ, Julia. M. Strongyloides stercoralis: In: **Parasitologia humana**. São Paulo NEVES, et al., 2005, Cap. 32, 275-284.

DE MARIA, Isabella Clerici et al. Aplicação do lodo de esgoto como condicionador de propriedades físicas de um solo agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do solo**. Vol. 34. N 3. Mai/jun 2010. Viçosa 2010

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA. **Pesquisas melhoram qualidades da manga Tommy Atkins**. 2006. Disponível em :< <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2006/Dezembro/foldernoticia.2006-12-18.9934889875/noticia.2006-12-20.0128524290/#>> Acesso em 10 de julho de 2013.

FARIA, Rodrigo Legrazie de. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: Impactos Ambientais e Restrições Técnicas**. Revista Complexus – Instituto Superior de Engenharia Arquitetura e design - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio-CEUNSP, Salto-SP, n.3, p.1023-88. 2011.

FDA. **Foodborne Pathogenic Microorganism and Natural Toxins Handbook. Salmonella spp.** 2013. Disponível em <<http://www.fda.gov/FoodbornellnessContaminants/CausesOfillnessBadBugBook/uc069966.htm>>. Acesso em 10 de julho de 2013.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. Programa de Pesquisa em saneamento Básico-PROSAB. Universidade Estadual de Londrina- UEL. 91p. 2008.

FERNANDES, Fernando et al. Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE. In: ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

FIALHO, Lucimar Lopes et al. Monitoramento Químico e Físico do Processo de Compostagem de Diferentes Resíduos Orgânicos. **Circular Técnica 29**. EMBRAPA São Carlos, São Paulo. 2005

FISHER, Katie; PHILLIPS, Carol. The ecology, epidemiology and virulence of *Enterococcus*. **Microbiology**. Vol.155, n°6, p. 1749-1757. June 2009.

FOGOLARI, Odinei.; REIS, Crisleine .Z.; PHILIPPI, Luís.S. Determinação de parâmetros cinéticos da inativação térmica de *Escherichia coli* em lodo de esgoto. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. V.17 n.3 p.255-262. jul/set 2012 |

FOREST, Eugenio et al. Fundamentos do Tratamento Anaeróbio. **In: Tratamento de Esgotos sanitários por processo Anaeróbio e Disposição controlada no solo**. PROSAB. 2000

- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO).** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. > Acesso em: 27 jan. 2013.
- FRASER Susan L. **Enterococcal Infections.** 2012. Disponível em: <<http://emedicine.medscape.com/article/216993-overview#a0199>> Acesso em 10 de julho de 2013.
- GADALLAH, M.G.E; FATTACH, A. A. Abdel. The Antibacterial Effect of Mango Seed Kernel Powder in Minced Beef During Refrigerated Storage. **Work Journal of Dairy & Food Sciences** 6 (2): p.219-228, 2011.
- GODINHO, Valéria Martins. **Estudo sobre a ocorrência de ovos de helmintos e viabilidade de *Ascaris sp* em lodos anaeróbios in natura e submetidos à higienização por caleação e por tratamento térmico.** 139 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2003.
- GOMES, Marcos JP. **Grupo das Enterobacteriáceas (*Salmonella spp*).** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/labacvet/files/g%c3%aanero%20salmonella%2042012-1.pdf>>. Acesso em 27 fevereiro 2013.
- GONÇALVES, Ricardo F, LUDUVICE, Maurício, VON SPERLING, Marcos. Remoção da umidade de lodos de esgotos. In: ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.
- HANDA, R. M.; NOGUEIRA, A. Determinação de pH de amostras de lodo de esgoto. In.: ANDREOLI, C. V.; BONNET; B. R. P. (Coord). **Manual de Métodos para análises Microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto.** 2ed. rev. ampl. Curitiba: Sanepar, 2000.
- HECK, Karina et al. Temperatura de degradação de resíduos em processos de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental.** Vol.17. Nº 1. Campina Grande. 2013
- HILBERT, F., et al., Salmonella in the wildlife-human interface. **Food Research International.** 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes.** Rio de Janeiro, v. 37, p.1-91, 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 de janeiro de 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal, 2011.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 de janeiro de 2013.
- IZURIETA, Walter.P.; KOMITOPULOU, Evangelia.. Effect of moisture on salmonella spp. heat resistance in cocoa and hazelnut shells. **Food Research International** (2011).
- JIAMBOONSRI, Pimsumon et al. The inhibitory potencial of thai mango seed kernel extract against methicillin-resistant Staphylococcus aureus. **Molecules.** Vol.16, 6255-6270. 2011

KAUR, Jasminder et al. Preliminary investigation on the antimicrobial activity of mango (*Mangifera indica* L: Anacardiaceae) seed kernel. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine** (2010) 707-710. 2010

KABUKI, Toshihide et al. Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. **Food Chemistry**. 71. Elsevier Science. 2000

KHAMMUANG, Saranyu; SARNTHIMA, Rakrudee. Antioxidant and antibacterial activities of selected varieties of Thai mango seed extract. **Pak. J.Pharm Sci**, Vol.24, n.1, January. 2011

KONÉ, Doulaye et al. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. **Water Research** 41; 4397-4402. 2007

LANG, N. L.; SMITH, S. R. Time and temperature inactivation kinetics of enteric bacteria relevant to sewage sludge treatment processes for agricultural use. **Water Research**, n.42, pp. 2229–2241, 2008.

LEITE, Antonio. C. R. Ancylostomidae. In: **Parasitologia humana**. São Paulo: NEVES et al., 2005. Cap. 30, 261-269.

LEVANTESI, Caterina et al. Salmonella in surface and drinking water: Occurrence and water-mediated transmission, **Food Research International**. 2011.

LUDUVICE, Maurício. Processos de estabilização de lodos. In: ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

MARQUES, Ana Cláudia Ferreira. **Viabilidade de micro-organismos patogênicos no processo de compostagem do lodo de esgoto doméstico** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Estadual de Feira de Santana. 99f. il. Feira de Santana- Bahia. 2010

MASIBO, M. e HE, Q. *In vitro* antimicrobial activity and the major polyphenol in leaf extract of *Mangifera indica* L. **Malaysian Journal of microbiology**. Vol 5(2) 73-80. 2009

MÄDER NETTO, Otto Samuel. et al. Estudo das variações de pH no lodo caçado em função de diferentes dosagens de óxido de cálcio e teores de umidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 22. Joinville, Santa Catarina. 2003. **Anais Eletrônicos** Joinville, Santa Catarina. 2003

MATHER, A.E. et al. Distinguishable Epidemics of Multidrug-Resistant Salmonella Typhimurium DT104 In: **Different Hosts. Scienceexpress**. 12 de setembro de 2013.

[http://www.sciencemag.org/content/early/recent/12 September 2013/10.1126/science.1240578](http://www.sciencemag.org/content/early/recent/12%20September%202013/10.1126/science.1240578)

MELO, Wanderley. José. de et al. Uso de resíduos em hortaliças e impacto ambiental. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura**, 41, São Pedro. São Pedro: SOB, 2000. Disponível em: <<http://www.ambientenet.eng.br/TEXTOS/OLERIC.pdf>>. Acesso em 02 de agosto de 2011.

MIRGHANI, Mohamed E.S. et al. Antibacterial Activity of Mango Kernel Extracts. **Journal of Applied Sciences.**, 9 (17): 3013-3019, 2009.

PADOVANI, Vera Cristina Ramalho. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP: 2006.

NUNES, R.F.M., SAMPAIO, J.M.M., RODRIGUES, J.A. Comportamento da mangueira (*Mangifera indica* L.) sob irrigação na região do Vale do São Francisco. **Circular Técnica Embrapa**, n. 66, p. 1-8, 2001.

PAULA JR , Durval Rodrigues de et al. Tratamento e disposição final de resíduos. Estabilização de lodos de esgoto utilizando reatores anaeróbios sequências (Sistema RAS). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. N.1. 40-46. Agosto 2005.

PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A.; THOMAZ SOCCOL, V. Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. 34(5): 421-428, set/out, 2001.

PINTO, Marcelo T. Higienização do lodo. In.: ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

PIRES, Adriana M. M. **Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Aspectos Legais.** EMBRAPA. Jaguariúna, 2006.

REIS, Maria Fernanda Power; BIDONE, Francisco. Ricardo. Andrade.; GEHLING, Gino. Roberto. Produção de macro e micro nutrientes através da compostagem de resíduos orgânicos provenientes das podas urbanas codispostos com resíduos da CEASA e lodo de estação de tratamento de esgotos. In: **Anais eletrônicos Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental 27.** ABES. 2000

REY, Luís. **Bases da Parasitologia Médica**, 2º Edição, Rio de Janeiro-RJ, Editora: Guanabara Koogan, S.A., 379p. 2002.

RICKLEFS, Robert E. **A Economia da natureza.** 5ª edição. Editora Guanabara Koogan. 503p. 2003.

ROCHA, Ana Lucia. Colares. Lopes. **Higienização de lodo anaeróbio de esgoto por meio alcalino.** Estudo de caso da ETE Lages – Aparecida de Goiânia - GO. Goiânia. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

ROMDHANA, Mohamed Hédi et al. Monitoring of Pathogenic Microorganisms Contamination During Heat Drying Process of Sewage Sludge. **Process Safety and Environmental Protection** 87 (2009) 377-386, 2009.

RUMBAOA, Rowena G. Antimicrobial Activity of Tropical Fruit Seed Kernel Mehanol Extracts. **The 12th ASEAN Food Conference 2011.** BITEC Bangna, Bangkok, Thailand. June, 2011.

SANDHU, K.S., LIM, S.T. Structural characteristics and in vitro digestibility of Mango kernel starches (*Mangifera indica* L.). **Journal of Food Chemistry.** 2007.

SANTOS, Dalila de Souza. **Caracterização do lodo obtido em manta e leito do reator anaeróbico de fluxo ascendente e submetido ao leito de secagem.** 2012. 73f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana/Bahia. 2012.

SANTOS, Ednaldo Ramos dos. **Caracterização química, microbiológica e toxicidade do lodo de esgoto da Estação Mangueira, Pernambuco, Brasil**. 68f. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco. Pernambuco, 2009.

SANTOS, Hilton Felício dos. Normatização para o uso agrícola dos biossólidos no exterior e no Brasil. In.: ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

SILVA, Amália; MASSARA, Cristiano *Ascaris lumbricoides*. In. NEVES, Daniel et al. **Parasitologia humana**. São Paulo, Cap. 29, 253-259. 2005

SILVA, André Gustavo da. et al Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. **Revista Engenharia Sanitária ambiental**. Vol.13 - Nº 4 - 371-379. out/dez 2008.

SILVA, M. M. P. et al Avaliação da remoção de ovos de helmintos em codisposição de lodo anaeróbio e resíduos sólidos orgânicos. In.: **Anais Eletrônico** do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte - MG: ABES, set de 2007.

SILVA, Neusely. da; et al **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Livraria Varela, 4ª edição. São Paulo. 2010

SILVA, Sandra Marcia Cesário Pereira et al. Principais contaminantes do lodo. In.: ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

SILVA, Wilson Tadeu Lopes de. et al. Potencialidade do uso de composto produzido a partir de lodo de esgoto urbano e poda verde de arvore. **Circular técnica 25**. EMBRAPA. São Carlos, São Paulo. 2004

SPECTOR, M.P.; KENYON, W.J., Resistance and survival strategies of Salmonella enterica to environmental stresses. **Food Research International**. 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA). A plain english guide to the EPA part 503 biosolids rule. Washington, DC, 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). EPA 625/R-92/013. **Environmental Regulations and Technology** Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage) Under 40 CFR Part 503 Revised July 2003.

VIEIRA, Patrícia A. F. et al. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial de manga (*Mangifera indica* L.) var.Ubá. **Alimentos Nutri**. Araraquara Vol.20. Nº 4. p. 617-623.2009

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Vol.1, 3º Edição, 452p., 2005

VON SPERLING, Marcos; GONÇALVES, Ricardo. Lodo de esgotos: características e produção. In.: ANDREOLI, Cleverson Vitório; VON SPERLING, Marcos;

FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos:** tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

WINFIELD, M.D.; GROISMAN, E.A. Role of Nonhost Environments in the Lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, n.07, pp. 3687-3694, july, 2003.