

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**HIGIENIZAÇÃO E INCREMENTO DE NUTRIENTES EM LODO ANAERÓBIO  
COM ADIÇÃO DE CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL PARA USO AGRÍCOLA**

SAIDELAMINE ABIBE MAHADAL

Porto Alegre

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**HIGIENIZAÇÃO E INCREMENTO DE NUTRIENTES EM LODO ANAERÓBIO  
COM ADIÇÃO DE CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL PARA USO AGRÍCOLA**

SAIDELAMINE ABIBE MAHADAL

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

**Orientador: Prof. Dr. Gino Roberto Gehling**

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Antônio Domingues Benetti – IPH/UFRGS

---

Prof. Dr. Luís Alcides Schiavo Miranda – UNISINOS

---

Prof. Dr. Antônio Inácio Comando Suluda – UP/BEIRA

Porto Alegre, julho de 2017

CIP - Catalogação na Publicação

Mahadal, Saidelamine Abibe

Higienização e incremento de nutrientes em lodo anaeróbico com adição de cinzas de biomassa vegetal para uso agrícola / Saidelamine Abibe Mahadal. -- 2017. 329 f.

Orientador: Gino Roberto Gehling.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Lodo. 2. Estação de tratamento de esgoto. 3. Higienização. 4. Cinzas. 5. Biossólido. I. Gehling, Gino Roberto, orient. II. Título.

## **APRESENTAÇÃO**

Esta pesquisa foi desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob orientação do Professor Gino Roberto Gehling.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos vão às seguintes instituições: CNPq pela concessão de bolsa de estudo no âmbito de cooperação Moçambique/Brasil; Fundação Calouste Gulbenkian pelo apoio financeiro para a realização de trabalho de campo e pelo custeio de uma parte das atividades laboratoriais; Empresa VIDA na pessoa de Renata Maltz pela disponibilização dos resíduos da indústria de celulose usados na pesquisa; DMAE na pessoa de Adriana Cechin, Lucimara Comunello e os demais, pela abertura e disponibilização do lodo em estudo.

Agradecimento especial ao meu orientador Professor Gino Roberto Gehling pela abertura e pela valiosa contribuição na realização desta pesquisa, bem como pelo apoio moral e financeiro em todas as fases da pesquisa.

Aos professores do IPH meus agradecimentos pelos conhecimentos socializados durante o curso; a professora Marisa da Costa do ICBS pelo auxílio em atividades laboratoriais em matéria de microbiologia.

Aos colegas do IPH, agradeço especialmente a Turma de Saneamento/2013 pela convivência e colaboração.

Agradeço ao pessoal dos laboratórios da NSF-Bioensaios e da Porto Belo pela atenção nas análises das amostras utilizadas na pesquisa.

Finalmente agradeço a minha família pelo apoio de sempre, a minha esposa, meus filhos, meus irmãos e ao meu pai.

## RESUMO

A crescente produção de resíduos sólidos urbanos e industriais com características desejáveis à reciclagem e ao reuso faz com que haja necessidade de estudos sobre formas de reaproveitamento dos mesmos. A presente pesquisa consistiu no estudo da combinação entre o lodo de esgoto anaeróbio da ETE Serraria de Porto Alegre com cinzas de biomassa vegetal da indústria de celulose VERACEL, do estado da Bahia, para obtenção de um biossólido higienizado, apto ao uso em solos agrícolas. Sabe-se que o lodo de esgoto é um resíduo constituído por matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e micronutrientes, elementos benéficos para os solos agrícolas. Além dos referidos elementos, o lodo de esgoto é também portador de agentes patogênicos e metais pesados, considerados indesejáveis em solos agrícolas. Um dos métodos recomendados para reduzir o teor de agentes patogênicos no lodo é a partir da estabilização química. A mesma consiste em adicionar ao lodo um resíduo sólido com pH igual ou superior a 12, e que a mistura do lodo com o resíduo mantenha um pH mínimo de 12 por ao menos duas horas. Para tanto, nesta pesquisa, foi realizada a higienização do lodo com cinzas. O processo consistiu na mistura dos referidos resíduos nas proporções de 30%, 50% e 100% das cinzas em relação ao peso de lodo seco. Para a proporção de 30%, foram misturadas 3.000g de lodo com 180g de cinzas; para 50%, mesclaram-se 3.000g de lodo com 300g de cinzas e, para 100%, 3.000g de lodo com 600g de cinzas de biomassa vegetal. O protocolo experimental consistiu na coleta das amostras de lodo na ETE Serraria do DMAE, Departamento Municipal de Água e Esgotos, e o seu direcionamento aos laboratórios. Nestes estabelecimentos procedeu-se a análise microbiológica, a identificação do potencial agrônomo e a caracterização química do lodo. Os lodos brutos foram analisados imediatamente após a coleta, enquanto que os lodos testemunhas e processados com as cinzas foram analisados após sessenta dias de incubação. Em relação aos teores dos parâmetros: sólidos totais, sólidos voláteis, umidade, pH, COT, enxofre, fósforo, magnésio, nitrogênio, potássio, cálcio e sódio, considerados como de potencial agrônomo, a resolução CONAMA 375/2006 não impõe limites aos mesmos. Isto porque é mais racional deixar ao critério de agrônomos a determinação das concentrações limite no lodo a ser aplicado num determinado tipo de solo. Foram analisados os coliformes termotolerantes, coliformes totais, ovos de helmintos e salmonellas, microrganismos usados como indicadores na contaminação biológica do lodo. Em relação ao lodo bruto, as concentrações de coliformes totais, termotolerantes e salmonellas foram superiores em relação aos valores limites recomendados. Os ovos de helmintos foram achados em concentrações inferiores ao limite recomendado. Em

relação ao lodo processado houve a remoção de coliformes termotolerantes em todos os tratamentos com cinzas, após a incorporação das mesmas nas seguintes proporções: 92,5% de remoção com 30% de cinzas; 98,3% de remoção com 50%, e 99% de remoção com 100% de cinzas. Os metais pesados analisados incluem: zinco, cobre, cádmio, cromo, níquel, selênio, arsênio, bário, chumbo, molibdênio e mercúrio, todos estes elementos em concentrações abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 375/2006. E na medida em que foi aumentada a concentração das cinzas na higienização do lodo, reduziram-se cada vez mais as concentrações dos metais no bio sólido. Os resultados demonstraram que as cinzas de biomassa vegetal são resíduos adequados para a higienização do lodo nas proporções de 30%, 50% e 100%, justificando assim suas propriedades alcalinas acentuadas. O período de sessenta dias de incubação mostrou-se eficiente no processo de higienização do lodo. A higienização do lodo através das cinzas pode ser considerada uma alternativa viável de estabilização do lodo, na medida em que favorece o decaimento de agentes patogênicos, incrementa o teor de macro-nutrientes e diminui o teor dos metais pesados no bio sólido.

**Palavras-chave:** lodo; ETE; higienização; cinzas; pH; bio sólido.

## ABSTRACT

The growing production of urban and industrial solid waste, with desirable characteristics for recycling and reuse, makes it necessary to study the way of recycling them. The present research consisted in the study of the combination of the anaerobic sewage sludge from Serraria of Porto Alegre with vegetal biomass ash from the VERACEL cellulose industry in the state of Bahia, to obtain a sanitized bio-solid suitable for use in agricultural soils. It is known that the sewage sludge is a residue composed of organic matter, phosphorus, nitrogen and micronutrients, beneficial elements to agricultural soils. In addition to these elements, sewage sludge is also a carrier of pathogens and heavy metals considered undesirable in agricultural soils. One of the recommended methods to reduce the content of pathogens in the sludge is from chemical stabilization. It consists in adding to the sludge a solid residue with a pH equal to or greater than 12, and the sludge mixture with the residue maintains a minimum pH of 12 for at least two hours. For this, in this research, the sludge was cleaned with ashes. The process consisted of mixing the mentioned residues in the portions of 30%, 50% and 100% of the ashes with respect to the weight of dry sludge. For the proportion of 30%, 3,000 of sludge was mixed with 180g of ash; for 50%, 3,000g of sludge was mixed with 300g of ash and, for 100%, 3,000g of sludge with 600g of plant biomass ash. The experimental protocol consisted in the collection of sludge samples in the ETE Serraria of DMAE, Municipal Department of Water and Sewers, and it was targeted to the certified laboratories of the companies NSF Bioensaios and Porto Belo. In these companies, there were made the microbiological analysis, as well as the identification of the agronomic potential and the chemical characterization. The crude sludge was analyzed immediately after collection, while the sludge samples were processed after sixty days of incubation. In relation to the parameters : total solids, volatile solids, moisture, pH, TOC sulfur, phosphorus, magnesium, nitrogen, potassium, calcium and sodium which are considered as agronomic potential, CONAMA Resolution 375/2006 does not impose limits. This is because it is more rational to leave at the Agronomists discretion, the determination of the limiting concentrations in the sludge to be applied to a particular type of soil. The thermo tolerant coli forms, total coli forms, helminthes eggs and salmonellas, microorganisms used as indicators for the biological contamination of the sludge were analyzed. In relation to the crude sludge, the concentrations of total coli forms, thermo tolerant and salmonella were higher than the recommended limits. Helminthes eggs were found in concentrations below the recommended limit. In relation to the processed sludge, thermo tolerant coli forms were removed in all treatments with ashes, after



incorporation in the following proportions: 92.5% of removal with 30% of ash; 98.3% removal with 50%, and 99% removal with 100% ash. The heavy metals analyzed include: zinc, copper, cadmium, chromium, nickel, selenium, arsenic, barium, lead, molybdenum and mercury, all of these elements in concentrations below the limit established by CONAMA Resolution 375/2006. And as the ash concentration increased in the sludge sanitization, the metal concentrations in the bio-solid were increasingly reduced. The results showed that the ashes of vegetal biomass are suitable residues for the sanitation of the sludge in the proportions of 30%, 50% and 100%, this justifies their accentuated alkaline properties. The sixty-day incubation period proved to be efficient in the sludge sanitization process. Sludge sanitation through ash, can be considered as a viable alternative to sludge stabilization, in that it inactivates pathogens, increases the macro nutrient content and decreases the heavy metal content in the biosolid.

**Key words:** sludge; ETE; sanitation; ash; pH; biosolids.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	29
2.1 OBJETIVO GERAL.....	29
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
2.3 JUSTIFICATIVA.....	29
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	31
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	31
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS.....	32
3.3 ETAPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	33
<b>3.3.1 Tratamento da fase líquida</b> .....	34
<b>3.3.1.1 Tratamento preliminar</b> .....	35
<b>3.3.1.2 Tratamento primário</b> .....	35
<b>3.3.1.3 Tratamento secundário</b> .....	36
<b>3.3.1.4 Tratamento terciário</b> .....	37
3.4 TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA DO LODO.....	38
<b>3.4.1 Adensamento-remoção de umidade</b> .....	39
<b>3.4.2 Condicionamento de lodos</b> .....	40
<b>3.4.2.1 Condicionamento com cloreto férrico</b> .....	40
<b>3.4.2.2 Condicionamento com cal</b> .....	41
<b>3.4.2.3 Polímeros orgânicos</b> .....	41
<b>3.4.3 Desaguamento-remoção de umidade</b> .....	43
<b>3.4.3.1 Desaguamento de lodos anaeróbios de reatores UASB</b> .....	44
3.5 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LODO.....	44
3.6 O LODO DE TANQUE SÉPTICO.....	49
3.7 FORMAÇÃO DE ODORES NAS ETE.....	51
3.8 ESTABILIZAÇÃO: REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	53
<b>3.8.1 Estabilização química</b> .....	53
<b>3.8.1.1 Estabilização alcalina</b> .....	54
<b>3.8.1.2 Fatores determinantes no processo de calagem</b> .....	59
<b>3.8.1.3 Efeito da calagem nos nutrientes</b> .....	63
<b>3.8.1.4 Efeito da calagem nos metais</b> .....	63

<b>3.8.2 Critérios de projeto na estabilização de lodo com cal</b> .....	63
<b>3.8.3 Pasteurização</b> .....	64
<b>3.8.4 Secagem térmica</b> .....	65
3.9 ESTABILIZAÇÃO DOS LODOS DE REATORES TIPO UASB.....	65
3.10 HIGIENIZAÇÃO DOS LODOS.....	66
3.11 OS NUTRIENTES DO LODO.....	67
<b>3.11.1 Nitrogênio</b> .....	68
<b>3.11.2 Fósforo</b> .....	68
<b>3.11.3 Potássio</b> .....	69
<b>3.11.4 Sódio</b> .....	70
<b>3.11.5 Outros macronutrientes</b> .....	70
<b>3.11.6 Micronutrientes</b> .....	71
3.12 ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS.....	75
<b>3.12.1 Reciclagem agrícola, florestal e <i>landfarming</i></b> .....	76
<b>3.12.2 Disposição em aterro sanitário</b> .....	78
<b>3.12.3 Recuperação de áreas degradadas</b> .....	79
<b>3.12.4 <i>Landfarming</i></b> .....	81
<b>3.12.5 Reuso industrial</b> .....	82
<b>3.12.6 Incineração</b> .....	83
<b>3.12.7 Conversão em óleo combustível</b> .....	84
<b>3.12.8 Disposição oceânica</b> .....	85
3.13 CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE LODOS.....	86
3.14 FATORES LIMITANTES À APLICAÇÃO DE LODO NOS SOLOS.....	88
<b>3.14.1 Metais Pesados</b> .....	88
<b>3.14.1.1 Mobilidade dos metais</b> .....	93
<b>3.14.1.2 Origem dos metais pesados no lodo das ETE municipais</b> .....	94
<b>3.14.1.3 Gerenciamento dos metais pesados</b> .....	95
<b>3.14.2 Agentes patogênicos</b> .....	95
<b>3.14.2.1 Helminhos</b> .....	96
<b>3.14.2.2 Bactérias</b> .....	99
<b>3.14.2.2.1 <i>Salmonella ssp</i></b> .....	101
<b>3.14.2.2.2 Coliformes termotolerantes/fecais</b> .....	102
<b>3.14.2.3 Vírus</b> .....	102

3.14.2.4 Protozoários.....	103
3.14.3 Compostos orgânicos.....	104
3.14.3.1 Mecanismos de resistência.....	105
3.14.3.2 Ocorrência de antibióticos e de bactérias resistentes no ambiente.....	105
3.15 ORGANISMOS USADOS PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE SANITÁRIA DO LODO.....	106
3.16 RISCOS REAIS E RISCOS POTENCIAIS.....	107
3.17 TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS.....	108
3.17.1 Sobrevivência de patógenos no solo.....	108
3.17.2 Sobrevivência de patógenos nos vegetais.....	110
3.18 DIRETRIZES PARA DISPOSIÇÃO DE LODO NO SOLO.....	111
3.18.1 Legislação norte-americana.....	112
3.18.1.1 Processos preconizados pela EPA para redução de patógenos no lodo.....	114
3.18.2 Legislação europeia.....	116
3.18.3 Normas da Austrália.....	117
3.18.3.1 Parâmetros microbiológicos.....	118
3.18.3.2 Medidas de redução de atração de vetores.....	120
3.18.4 Legislação brasileira.....	121
3.18.5 Saneamento básico em Moçambique.....	123
3.18.5.1 Leis que regulam a gestão de resíduos sólidos urbanos em Moçambique....	124
3.19 PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL.....	127
3.19.1 <i>Dregs</i> - Resíduos do licor verde.....	129
3.19.2 <i>Grits</i> - Resíduos da extinção da cal virgem.....	130
3.19.3 Lama de cal.....	131
3.19.4 Caracterização da cinza de biomassa na indústria de celulose.....	131
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	134
4.1 FONTE DAS AMOSTRAS DE CINZAS E DE LODO.....	134
4.1.1 Caracterização do município de Porto Alegre.....	136
4.1.2 Caracterização da ETE Serraria.....	137
4.1.3 Aspectos operacionais da ETE Serraria.....	138
4.2 AMOSTRAGEM E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	140

4.3 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	140
4.4 MONITORAMENTO DO pH.....	142
4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	143
4.6 PARÂMETROS ANALISADOS.....	147
<b>4.6.1 Análise de ovos viáveis de helmintos.....</b>	<b>147</b>
<b>4.6.2 Análise de <i>salmonelas ssp</i>.....</b>	<b>148</b>
<b>4.6.3 Determinação de coliformes termotolerantes.....</b>	<b>148</b>
<b>4.6.4 Determinação de coliformes totais.....</b>	<b>149</b>
<b>4.6.5 Análise de metais, fósforo e enxofre.....</b>	<b>151</b>
<b>4.6.6 Análise de mercúrio.....</b>	<b>152</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>153</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS DAS CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL.....	153
5.2 ENSAIOS PRELIMINARES DE pH DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE.....	154
5.3 CARACTERÍSTICAS DO LODO ANAERÓBIO BRUTO DA ETE SERRARIA..	155
<b>5.3.1 Parâmetros do potencial agronômico do lodo bruto.....</b>	<b>156</b>
<b>5.3.1.1 Relação SV/ST no lodo bruto.....</b>	<b>157</b>
<b>5.3.1.2 Umidade no lodo bruto.....</b>	<b>157</b>
<b>5.3.1.3 pH no lodo bruto.....</b>	<b>157</b>
<b>5.3.1.4 Carbono orgânico total (COT) no lodo bruto.....</b>	<b>157</b>
<b>5.3.1.5 Enxofre no lodo bruto.....</b>	<b>158</b>
<b>5.3.1.6 Fósforo no lodo bruto.....</b>	<b>158</b>
<b>5.3.1.7 Magnésio no lodo bruto.....</b>	<b>158</b>
<b>5.3.1.8 Nitrogênio no lodo bruto.....</b>	<b>159</b>
<b>5.3.1.9 Potássio no lodo bruto.....</b>	<b>159</b>
<b>5.3.1.10 Cálcio no lodo bruto.....</b>	<b>159</b>
<b>5.3.2 Parâmetros microbiológicos no lodo bruto.....</b>	<b>159</b>
<b>5.3.3 Metais pesados no lodo bruto.....</b>	<b>161</b>
5.4 POTENCIAL AGRONÔMICO, CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E METAIS PESADOS DOS LODOS BRUTOS, TESTEMUNHAS E HIGIENIZADOS .....	162
<b>5.4.1 Potencial agronômico.....</b>	<b>162</b>
<b>5.4.1.1 pH.....</b>	<b>162</b>

5.4.1.2 Umidade.....	163
5.4.1.3 Relação entre sólidos voláteis e sólidos totais (SV/ST).....	165
5.4.1.4 Carbono orgânico total.....	166
5.4.1.5 Enxofre.....	167
5.4.1.6 Fósforo.....	168
5.4.1.7 Nitrogênio amoniacal.....	168
5.4.1.8 Nitrogênio total de Kjeldahl.....	169
5.4.1.9 Potássio.....	170
5.4.1.10 Magnésio.....	171
5.4.1.11 Cálcio.....	172
5.4.1.12 Sódio.....	173
5.4.2 Parâmetros microbiológicos.....	175
5.4.2.1 Coliformes termotolerantes.....	175
5.4.2.2 <i>Salmonellas ssp</i> .....	176
5.4.2.3 Ovos de helmintos.....	177
5.4.3 Metais pesados.....	178
5.4.3.1 Bário.....	178
5.4.3.2 Cádmiu.....	180
5.4.3.3 Chumbo.....	181
5.4.3.4 Cobre.....	182
5.4.3.5 Cromo.....	183
5.4.3.6 Mercúrio.....	184
5.4.3.7 Molibdênio.....	185
5.4.3.8 Níquel.....	186
5.4.3.9 Selênio.....	187
5.4.3.10 Zinco.....	188
5.4.3.11 Arsênio.....	189
5.4.4 Determinação das médias ponderadas de metais nas mesclas de cinzas com o lodo anaeróbio da ETE Serraria.....	190
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	192
5.5.1 Teste ANOVA.....	192
5.5.2 Testes de correlação.....	202
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	206

6.1 CONCLUSÕES.....	206
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	207
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>231</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
APHA – American Public Health Association  
ATP – Trifosfato de Adenosina  
AVB – Agar Verde  
AWWA – American Water Works Association  
B – Boro  
BS – Lodo Anaeróbico Bruto Seco  
C – Carbono  
Ca – Cálcio  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono  
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental  
CFR – Code of Federal Regulations  
Cl – Cloro  
Co – Cobalto  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
COT – Carbono Orgânico Total  
CRA – Capacidade de Retenção de Água  
CTC – Capacidade de Troca Catiônica  
Cu – Cobre  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DP – Desvio Padrão  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
EPA – Environmental Protection Agency  
ETE – Estação de tratamento de esgoto  
Fe – Ferro  
H<sub>2</sub> – Hidrogênio  
H<sub>2</sub>S – Sulfeto de hidrogênio  
LIA – Agar Lisina Ferro  
Mg – Magnésio  
MISAU – Ministério da Saúde (de Moçambique)  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
Mn – Manganês



MO – Matéria orgânica  
Mo – Molibdênio  
MUG – Metil umbelifenil glucoromídio  
Na – Sódio  
NH<sub>3</sub> – Amônia  
NMP – Número Mais Provável  
NMPUC – Número Mais Provável de Unidade Citopática  
NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl  
ONPG – orto nitrofenil-β-D-galactopiranosídio  
PFRP – Process to Further Reduce Pathogens  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico  
PSRP – Process to Significantly Reduce Pathogens  
S – Enxofre  
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná  
SDF – Sólidos Dissolvidos Fixos  
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais  
Si – Silício  
SSD – Sólidos Suspensos Dissolvidos  
SSF – Sólidos Suspensos Fixos  
SST – Sólidos Suspensos Totais  
SSV – Sólidos Suspensos Voláteis  
ST – Sólidos Totais  
TSI – Triplo Açúcar Ferro  
UCP – Unidades Citopáticas  
UFC – Unidade Formadora de Colônias  
UFF – Unidade Formadora de Foco  
UFP – Unidade Formadora de Placa  
XLD – Agar Xilose lisina Desoxicolato  
WA – Western Australian guidelines for biosolids management  
WEF – Water Environmental Federation  
WHO – World Health Organization  
Zn – Zinco

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: fluxo de processamento de lodo para a sua destinação final.....	34
Figura 3.2: área não tratada (não adubada) de cultura de couve.....	72
Figura 3.3: área de cultura de couve tratada com biossólidos.....	73
Figura 3.4: área de cultura de couve tratada com adubo NPK.....	73
Figura 3.5: uso de lodo na agricultura.....	78
Figura 3.6: disposição do lodo em aterro sanitário.....	79
Figura 3.7: uso de lodo na recuperação de uma área degradada.....	81
Figura 3.8: tijolos fabricados a partir de mistura de lodos.....	83
Figura 3.9: formas de ocorrência dos metais na natureza.....	89
Figura 3.10: leito de secagem do lodo de ETE na Cidade da Beira, em Moçambique.....	126
Figura 3.11: galpão de armazenamento do lodo de ETE, na cidade da Beira, Moçambique.....	126
Figura 3.12: fluxograma simplificado da produção de celulose pelo método <i>Kraft</i> .....	129
Figura 4.1: vista aérea da VERACEL Celulose, no sul da Bahia.....	134
Figura 4.2: fluxograma da produção de celulose pelo método <i>Kraft</i> .....	135
Figura 4.3: localização da ETE Serraria, do DMAE, em Porto Alegre/RS.....	136
Figura 4.4: Vista aérea da ETE Serraria.....	137
Figura 4.5: descarga do lodo desaguado em contêiner para destinação licenciada.....	139
Figura 4.6: Fluxograma da ETE Serraria.....	139
Figura 4.7: itinerário relativo ao protocolo experimental.....	141
Figura 4.8: cinzas de massa vegetal da empresa VERACEL.....	144
Figura 4.9: lodo anaeróbio de UASB em estado desaguado bruto.....	145
Figura 4.10: processo de quarteamento do lodo anaeróbio desaguado.....	145
Figura 4.11: mistura do lodo anaeróbio desaguado com as cinzas.....	145
Figura 4.12: atividade de mescla do lodo anaeróbio desaguado com as cinzas.....	146
Figura 4.13: lodo anaeróbio incubado com cinzas, antes do destorroamento.....	146
Figura 4.14: lodo anaeróbio incubado com cinzas, após o destorroamento.....	146
Figura 4.15: meio de cultura colilert.....	150
Figura 4.16: cartela colilert com meio de cultura.....	150
Figura 4.17: selamento de cartelas colilert.....	150
Figura 4.18: incubação das amostras em estufa.....	151

Figura 4.19: leitura de cartela sob a luz de lâmpada ultravioleta.....	151
Figura 5.1: comportamento do pH nos lodos e nos biossólidos.....	163
Figura 5.2: comportamento de percentual de umidade nos lodos e nos biossólidos.....	164
Figura 5.3: comportamento da relação SV/ST nos lodos e nos biossólidos.....	165
Figura 5.4: comportamento do COT nos lodos e nos biossólidos.....	166
Figura 5.5: comportamento de enxofre (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	167
Figura 5.6: comportamento do fósforo, em mg/kg, nos lodos e nos biossólidos.....	168
Figura 5.7: comportamento do nitrogênio amoniacal nos lodos e nos biossólidos.....	169
Figura 5.8: comportamento do nitrogênio total de Kjeldahl (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	170
Figura 5.9: comportamento do potássio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	171
Figura 5.10: comportamento do magnésio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	172
Figura 5.11: comportamento do cálcio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	173
Figura 5.12: comportamento do sódio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	174
Figura 5.13: concentrações de coliformes termotolerantes nos lodos e nos biossólidos...	175
Figura 5.14: comportamento de <i>salmonellas ssp</i> nos lodos e nos biossólidos.....	177
Figura 5.15: comportamento de ovos de helmintos nos lodos e nos biossólidos.....	178
Figura 5.16: comportamento do bário (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	179
Figura 5.17: comportamento do cádmio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	180
Figura 5.18: comportamento do chumbo (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	181
Figura 5.19: comportamento do cobre (mg/kg) no lodo e nos biossólidos.....	182
Figura 5.20: comportamento do cromo (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	183
Figura 5.21: concentrações de mercúrio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	184
Figura 5.22: comportamento do molibdênio nos lodos e nos biossólidos.....	186
Figura 5.23: comportamento do níquel (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	187
Figura 5.24: concentrações de selênio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	188
Figura 5.25: concentrações de zinco (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	189
Figura 5.26: concentrações de arsênio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.....	190
Figura 5.27: correlação entre magnésio e pH.....	202
Figura 5.28: correlação entre potássio e pH.....	203
Figura 5.29: correlação cálcio/pH.....	203
Figura 5.30: correlação sódio/pH.....	204
Figura 5.31: correlação entre fósforo e NTK.....	204

Figura 5.32: correlação entre o fósforo e o potássio no biossólido..... 205

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Concentrações usuais de parâmetros do esgoto sanitário.....	33
Tabela 3.2 – Tipo de lodo gerado em cada etapa de tratamento.....	37
Tabela 3.3 – Produção de lodo em diferentes países.....	38
Tabela 3.4 – Teor de sólidos em diversos tipos de lodo adensado.....	39
Tabela 3.5 – Relação entre a umidade e as propriedades mecânicas do lodo.....	45
Tabela 3.6 – Produção volumétrica de lodo em sistemas de tratamento de esgoto.....	46
Tabela 3.7 – Composição química típica de lodos crus e lodos digeridos.....	48
Tabela 3.8 – Composição média do lodo produzido no Brasil por tratamento aeróbio.....	48
Tabela 3.9 – Caracterização de resíduos de fossa/tanque séptico no Brasil.....	49
Tabela 3.10 – Valores agronômicos de resíduos de fossa analisados pela FAE/SANEPAR.....	50
Tabela 3.11 – Caracterização de resíduos de fossa/tanque séptico em alguns países.....	50
Tabela 3.12 – Principais características de compostos formadores de odores no tratamento do lodo.....	52
Tabela 3.13 – Composição química da cal virgem (CaO).....	56
Tabela 3.14 – Pesquisas realizadas sobre a inativação de ovos de helmintos por via de tratamento alcalino.....	58
Tabela 3.15 – Tempo e temperatura para a destruição de micro-organismos e parasitas..	60
Tabela 3.16 – Comparação das proporções de nutrientes em fertilizantes comerciais e lodos de esgotos.....	71
Tabela 3.17 – Composição de alguns adubos orgânicos em relação aos macronutrientes das plantas.....	72
Tabela 3.18 – Composição de alguns adubos orgânicos em relação aos micronutrientes das plantas.....	72
Tabela 3.19 – Resultados da análise laboratorial do composto (biossólido).....	73
Tabela 3.20 – Características do lodo bruto e digerido de uma ETE, em porcentagem de peso seco.....	74
Tabela 3.21 – Constatações devido à aplicação de lodos de esgoto em solos agrícolas....	77
Tabela 3.22 – Principais helmintos e protozoários encontrados no lodo, seus hospedeiros e as doenças transmitidas.....	98
Tabela 3.23 – Tamanho, densidade e velocidade de sedimentação de algumas espécies	

de ovos de helmintos.....	99
Tabela 3.24 – Principais bactérias entéricas que podem estar presentes no lodo de esgotos domésticos, assim como as doenças a elas associadas e seus hospedeiros.....	100
Tabela 3.25 – Principais vírus entéricos que podem estar presentes em lodos de esgotos domésticos, assim como as doenças a eles associadas e seus hospedeiros.....	103
Tabela 3.26 – Principais tipos de protozoários nos lodos de esgoto, assim como as doenças a eles associadas e seus hospedeiros.....	103
Tabela 3.27 – Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos no solo.....	110
Tabela 3.28 – Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos em vegetais e raízes.....	111
Tabela 3.29 – Vias de risco, conforme a EPA (1993).....	113
Tabela 3.30 – Limites de patógenos no lodo.....	114
Tabela 3.31 – Distribuição percentual da destinação de lodo na Europa.....	116
Tabela 3.32 – Teores máximos de metais pesados admitidos no lodo a ser utilizado na agricultura, segundo a legislação de diversos países (mg.kg <sup>-1</sup> de matéria seca).....	117
Tabela 3.33 – Limites australianos para concentrações máximas de contaminantes aceitáveis no biossólido destinado ao uso agrícola.....	118
Tabela 3.34 – Parâmetros microbiológicos determinados pela legislação australiana.....	120
Tabela 3.35 – Medidas de redução de atração de vetores.....	121
Tabela 3.36 – Limites máximos de substâncias inorgânicas permitidas no lodo de esgoto ou em produtos derivados, para uso agrícola.....	123
Tabela 3.37 – Características químicas dos <i>dregs</i> .....	130
Tabela 3.38 – Características químicas dos <i>grits</i> .....	130
Tabela 3.39 – Composição química de lama de cal.....	131
Tabela 3.40 – Características químicas das cinzas de biomassa florestal.....	132
Tabela 3.41 – Estudos de reaproveitamento das cinzas de biomassa vegetal.....	133
Tabela 4.1 – Calendário de coleta, processamento e análise das amostras.....	142
Tabela 4.2 – Metodologias usadas para a análise das cinzas da VERACEL.....	143
Tabela 4.3 – valores de pH nos testes, com amostras de lodo mescladas com cinzas.....	144
Tabela 5.1 – Análises de parâmetros físicos e químicos das cinzas.....	153
Tabela 5.2 – Valores de pH obtidos durante os ensaios (E), TI-tempo inicial e TF-tempo final (após duas horas).....	155
Tabela 5.3 – Resultados das análises do potencial agrônômico das amostras do lodo	

bruto.....	156
Tabela 5.4 – Resultados das análises de agentes patogênicos das amostras do lodo bruto A1, A2, A3, A4, com médias e desvio padrão.....	160
Tabela 5.5 – Resultados de análises de metais pesados nas amostras do lodo bruto A1, A2, A3, A4, médias, desvio padrão e limite recomendado para uso em solo agrícola.....	162
Tabela 5.6 – Valores médios de pH com DP nos distintos lodos e biossólidos.....	163
Tabela 5.7 – Teor do percentual de umidade com DP nos distintos lodos e biossólidos...	164
Tabela 5.8 – Valores da relação SV/ST e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	165
Tabela 5.9 – Valores de COT em mg/kg e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	166
Tabela 5.10 – Valores de NTK em (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	169
Tabela 5.11 – Concentrações de potássio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	170
Tabela 5.12 – Valores de concentrações de magnésio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	171
Tabela 5.13 – Concentrações de cálcio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos...	172
Tabela 5.14 – Valores médios de sódio e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	174
Tabela 5.15 – Valores de <i>salmonellas ssp.</i> e DP nos distintos lodos e biossólidos.....	176
Tabela 5.16 – Concentrações de bário (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos....	179
Tabela 5.17 – Concentrações de cádmio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.	180
Tabela 5.18 – Concentrações de chumbo (mg/kg) e DP nos lodos e biossólidos.....	181
Tabela 5.19 – Concentrações de cobre (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.....	182
Tabela 5.20 – Concentrações de cromo em (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos....	183
Tabela 5.21 – Concentrações de mercúrio (mg/kg) e DP nos biossólidos.....	184
Tabela 5.22 – Concentrações de molibdênio (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos..	185
Tabela 5.23 – Concentrações de zinco (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.....	188
Tabela 5.24 – Concentrações de arsênio (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.....	189
Tabela 5.25 – Concentrações das médias ponderadas de metais no lodo anaeróbio bruto seco (BS), nas cinzas e nas mesclas (mg/kg).....	190
Tabela 5.26 – Dados de ANOVA de parâmetros potencial agrônômico.....	193
Tabela 5.27 – Dados de ANOVA de parâmetros de agentes patogênicos.....	197
Tabela 5.28 – Dados de ANOVA de metais pesados.....	198
Tabela 5.29 – Resumo dos parâmetros essenciais para uso de lodo em solos agrícolas....	205

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO A:** laudos de amostras de lodo bruto (A1, A2, A3 e A4) para agentes patogênicos, potencial agronômico e caracterização química.

**ANEXO B:** laudos de amostras de lodo testemunha (A1-T, A2-T, A3-T e A4-T) para agentes patogênicos, potencial agronômico e caracterização química.

**ANEXO C:** laudos de amostras de lodo com 30% de cinzas (A1-30, A2-30, A3-30 e A4-30) para agentes patogênicos, potencial agronômico e caracterização química.

**ANEXO D:** laudos de amostras de lodo com 50% de cinzas (A1-50, A2-50, A3-50 e A4-50) para agentes patogênicos, potencial agronômico e caracterização química.

**ANEXO E:** laudos de amostras de lodo com 100% de cinzas (A3-100 e A4-100) para potencial agronômico e caracterização química.

**ANEXO F:** laudos de análises microbiológicas com quantificação de salmonellas e ovos de helmintos.



## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional em zonas urbanas leva a uma produção de lodo em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Ainda que esta volumetria seja reduzida, comparada a dos esgotos tratados, o seu gerenciamento merece atenções especiais, visando não apenas a preservação ambiental, conseguida pela disposição dos lodos em locais licenciados para este fim, sendo importante identificar formas de agregar valor ao lodo de ETE.

A quantidade gerada de lodo de esgoto cresce proporcionalmente ao aumento dos serviços de coleta e tratamento de esgoto. Em 2010, estimativas apontavam uma produção de lodo em torno de 150 a 220 mil toneladas de lodo seco por ano no Brasil, considerando que o tratamento de esgoto atingia apenas 30% da população urbana (PEDROZA et al., 2010; GODOY, 2013).

Atualmente cresce a quantidade de lodo de esgoto requerendo processamento no Brasil e em Moçambique. A busca de alternativas viáveis para a disposição final do lodo de esgoto enquadra-se na preocupação mundial definida pela Agenda 21, que inclui o tema “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos” e definiu como programas prioritários a não geração, minimização dos resíduos, a maximização da reutilização e a reciclagem destes, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (VON SPERLING e ANDREOLI, 2001).

Como forma de antever estes problemas, a comunidade econômica europeia formulou uma diretiva adotada pelos países membros, proibindo a disposição de resíduos recicláveis em aterros sanitários desde 2002; nos Estados Unidos estabeleceu-se o mesmo princípio desde 2004. Para o Brasil planejou-se a implementação dessa diretiva para 2014, porém a data para atingir esse objetivo foi postergada.

A Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, como também atribui responsabilidades aos geradores de resíduos e do poder público (GODOY, 2013).

Em diversos países, estudos envolvendo a aplicação de biossólidos em solos florestais vêm sendo realizados, comprovando a capacidade condicionante e fertilizante destes resíduos, de acordo com as condições de solo e clima de países da América do Norte, Europa, Ásia e África, o que impulsionou tal prática, conforme Harrison et al. (1994), Van Der Hoek (2002) e WANG et al. (2010). Essa questão faz com que mais da metade do lodo de esgoto gerado

nos Estados Unidos e no oeste europeu fossem destinados à aplicação no campo, de acordo com os levantamentos de Gattie e Lewis (2004).

Considerando-se os estudos realizados na América do Norte e na Europa, onde o uso agrícola do lodo de esgoto sanitário da Classe A não encontra restrições, apesar do longo tempo de permanência de agentes patogênicos no solo, e a escassez de estudos realizados em países de clima tropical, surgem questionamentos sobre a real necessidade de restrições quanto à aplicação do lodo da Classe A em solos no Brasil, por exemplo (PIRES e ANDRADE, 2014). À vista disso, a SANEPAR opera 234 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) no Paraná, atendendo mais de sete milhões de pessoas com coleta e tratamento de esgoto. Por ano, a quantidade de lodo de esgoto desidratado gerado é de cerca de 20.000 toneladas, sendo que aproximadamente 50% dele é destinado ao programa agrícola<sup>1</sup>.

A crescente produção de celulose e papel, e a busca por produtos de melhor qualidade, levam as indústrias do setor a gerar grandes quantidades de resíduos que se tornam um problema tanto ambiental quanto econômico. Diante desse cenário, alternativas de reaproveitamento desses resíduos devem ser estudadas na tentativa de minimizar os impactos causados por eles. Dentre os vários resíduos gerados, as cinzas de biomassa vegetal merecem destaque, visto que a sua utilização como insumo agrícola pode representar uma alternativa para o problema de descarte, além de contribuir para a redução do custo da produção agrícola e florestal (SANTOS, 2012). Contudo, para o uso adequado e seguro desse resíduo, torna-se necessário conhecer seus efeitos com base na sua composição química. De acordo com Arruda et al. (2016), as cinzas causam várias melhorias físicas e químicas no solo, como, por exemplo, a elevação dos níveis de pH, Ca, K, Mg, entre outros.

Moçambique considera a agricultura como base do desenvolvimento, embora seja praticada em escala familiar. O país tem cerca de 36 milhões de hectares de terra arável, com grande variedade de solos; na região norte há predominância de solos de fertilidade média e no sul os solos são de baixa fertilidade, intercalados com planícies aluviais altamente férteis (SITOE, 2005). Apesar dos esforços para resolver a questão, a produtividade agrícola é extremamente baixa, com grande parte da população sofrendo de deficiência alimentar crônica (END, 2013). A população de Moçambique é estimada em 23 milhões de habitantes, com 70% dela vivendo em zonas rurais e dependendo da agricultura de subsistência (INE, 2010).

---

<sup>1</sup> <http://site.sanepar.com.br/noticias/onu-divulga-trabalho-da-sanepar-sobre-uso-de-lodo-na-agricultura>

As culturas alimentares de rendimento, como as oleaginosas, os biocombustíveis, os frutos tropicais e as plantas florestais, apresentam um potencial considerável de expansão e produtividade (SITOE, 2005). O principal desafio está em aumentar os níveis de produção agrícola e florestal para o nível comercial, de forma racional e sustentável.

O problema não é somente ambiental, mas também social. O modelo convencional de agricultura moçambicana depende de insumos externos, como adubos e defensivos agrícolas, que, pelo seu custo, são de difícil aquisição por parte dos pequenos agricultores de Moçambique, sendo que somente 3,7% utiliza fertilizantes, de acordo com o SITOE (2005). Verifica-se, portanto, a utilização de fertilizantes sem a devida proteção durante a aplicação do produto. Sendo assim, é interessante divulgar a viabilidade de outras formas de fertilização, tais como a compostagem e adubos orgânicos, já que esses últimos são gerados a partir do aproveitamento de resíduos da propriedade, garantindo uma economia com insumos e evitando danos à saúde humana (BOZIO et al., 2011).

Atualmente tem-se usado processos biológicos para a estabilização do lodo, que consistem na utilização de mecanismos naturais de biodegradação que transformam a parte mais putrescível do lodo. A estabilização química reside em adicionar ao lodo produtos que podem inibir a atividade biológica ou oxidar a matéria orgânica. O tratamento químico mais utilizado é a via alcalina, em que uma base, normalmente a cal, é misturada ao lodo elevando seu pH e destruindo a maior parte dos micro-organismos patogênicos.

Nesta pesquisa estudou-se um método de estabilização química alcalina e/ou de higienização do lodo, com base no uso de cinzas de biomassa vegetal. Destaca-se que a população moçambicana, aquela essencialmente rural e que pratica a agricultura de subsistência, trata seus esgotos a nível doméstico. O combustível mais adotado nas residências é a lenha, usada em fogões ou instalações equivalentes. As cinzas geradas nos domicílios poderão higienizar o lodo anaeróbico retirado periodicamente dos tanques sépticos domiciliares, prática atualmente não adotada, como constatado em visitas às províncias de Tete e Sofala, em Moçambique.

O lodo de esgoto é uma importante fonte de macro e micronutrientes, e a sua reciclagem traz inúmeros benefícios ao meio ambiente com a economia de recursos não renováveis, como combustíveis fósseis e minerais utilizados na produção de fertilizantes comerciais, e a considerável redução no volume desse tipo de resíduo orgânico enviado diariamente a aterros sanitários (SANTOS, 2010).

O presente trabalho inclui noções básicas sobre a problemática dos lodos de esgoto, visando incorporar subsídios que viabilizem a adoção de atenções imprescindíveis para com estes, de parte da população rural de Moçambique.

## 2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral, os específicos, bem como a justificativa para o desenvolvimento desta.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência da higienização de lodo anaeróbio de ETE com cinzas de biomassa vegetal para viabilizar a sua utilização em solos agrícolas, bem como para o seu manejo com a adequada segurança para a população e para o meio ambiente.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa são:

I. Determinar o teor de redução de patógenos (salmonelas, ovos viáveis de helmintos, coliformes totais e termotolerantes) no lodo após a incorporação das cinzas de biomassa vegetal em várias proporções;

II. Analisar as características físico-químicas do lodo tratado com as cinzas em diferentes porcentagens;

III. Identificar os processos responsáveis pelo declínio de patógenos na higienização do lodo com as cinzas de biomassa vegetal;

IV. Comprovar a adequabilidade da mescla de dois resíduos gerados em nível domiciliar pela população rural para agregar valor a eles, incrementando a produtividade agrícola e promovendo a higienização do lodo anaeróbio de esgoto.

### 2.3 JUSTIFICATIVA

O lodo é uma importante fonte de matéria orgânica, de micro e macronutrientes, conferindo ao solo maior capacidade de retenção de água (CRA) e maior resistência à erosão.

A disposição final do lodo de esgoto é um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade. Como todo resíduo de sistema de tratamento de esgoto sanitário, o lodo contém micro-organismos patogênicos.

No Rio Grande do Sul, assim como no Brasil como um todo cada vez mais são construídas novas ETE buscando atender exigências legais. Atualmente, muitas ETE destinam o lodo para aterros sanitários, o que contraria leis vigentes no Brasil; a médio prazo esta indesejável prática deverá ser vetada, tornando-se, assim, necessário o desenvolvimento de alternativas seguras e factíveis para a destinação do lodo de ETE. A política nacional de resíduos sólidos imputa a responsabilidade da destinação ambientalmente adequada aos geradores dos resíduos, precisando as ETE adequarem-se às novas exigências. Considerando que um dos objetivos da *Nova lei do saneamento* (Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007), é necessário o reaproveitamento dos resíduos sólidos, e considerando a expansão agrícola e o reflorestamento para sustentar a indústria papeleira, pretende-se comprovar um mútuo benefício que pode ser explorado por estas duas atividades. A higienização de lodo por meio de produtos alcalinos, associada à existência de solos predominantemente ácidos na maioria das regiões do Brasil e de Moçambique, permite adotar essa prática, agregando valor aos biossólidos produzidos, o que pode substituir o uso de corretivos agrícolas ou reduzir as taxas de aplicação destes.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresentam-se citações bibliográficas julgadas de interesse para a presente pesquisa. Elas nortearam o processo decisório sobre os parâmetros que foram monitorados nos resíduos estudados, bem como nas mesclas realizadas entre eles.

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A universalização do saneamento básico, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis frente ao aumento das exigências das legislações ambientais e sua preocupação com a degradação dos recursos naturais têm proporcionado, cada vez mais, o surgimento e aprimoramento das ETE. Os sistemas de tratamento de esgotos geram um resíduo sólido em quantidade e qualidade variável devido à decomposição da matéria orgânica, sendo esse resíduo denominado, genericamente, de lodo de esgoto. Ele exige alternativas para a sua destinação final, um que seja ambientalmente aceitável e segura em termos de saúde pública.

A quantidade gerada de lodo de esgoto cresce proporcionalmente ao aumento dos serviços de coleta e tratamento que, por sua vez, devem acompanhar o crescimento populacional (MELO, 2004).

Os esgotos, em todo o mundo, são classificados em dois grupos: domésticos e industriais. Os domésticos são constituídos essencialmente de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais e águas de infiltração. Muitas vezes uma parcela de despejos industriais é misturada ao esgoto doméstico (FERREIRA et al., 1999). Os esgotos domésticos ou domiciliares provêm, principalmente, de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização de água para usos domésticos. Já os industriais, extremamente diversos, provêm de qualquer utilização de água em indústrias, adquirindo características próprias em função do processo industrial empregado e do sistema de tratamento utilizado pela empresa (FERREIRA et al., 1999).

A composição média do esgoto aponta para uma mistura de água (99,9%) e sólidos (0,1%), sendo que do total de sólidos 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos e gorduras) e 30% inorgânicos (partículas minerais, sais e metais) (MELO, 2000).

Considerando-se que os nutrientes presentes no lodo apresentam níveis não constantes quanto à sua disponibilidade imediata para as plantas, há a necessidade da realização de

análises detalhadas em relação às características químicas do solo e do lodo a ser aplicado, bem como na dinâmica nutricional destes. Determinando essas características, é possível aproveitar ao máximo os benefícios orgânicos desse resíduo (BETTIOL e CAMARGO, 2006; FARIA, 2015).

Durante o processo de tratamento do lodo, ocorre a separação das frações sólida e líquida. Apesar da constituição do lodo ser de mais de 95% de água, por convenção ele é designado de fase sólida, visando distingui-lo do fluxo do líquido tratado que é chamado de fase líquida (VON SPERLING e GONÇALVES, 2001). As características qualitativas e quantitativas do lodo estão, portanto, relacionadas com a população contribuinte, tipo de urbanização, hábitos sanitários, condições ambientais, estação do ano, perfil de saúde da comunidade que gera o lodo e o tipo de sistema de tratamento existente (PROSAB, 1999). Segundo Carvalho et al. (2015), o lodo de esgoto apresenta uma composição variável, pois depende da origem e do processo de tratamento do esgoto. Um lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e os demais macronutrientes (Mg, S e Ca) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mo, Cl, Co, Si, Mn e Na). Cabe destacar a existência de ínfima quantidade de potássio.

Os principais riscos ambientais relacionados à reciclagem do lodo são representados pelo seu conteúdo de metais, de compostos orgânicos, de micro-organismos patogênicos e pelos consequentes riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas. A dinâmica de cada elemento químico deve ser analisada frente às dosagens consideradas tóxicas e aos diferentes níveis de exposição. Os agentes patogênicos devem ser analisados segundo seus diferentes graus de atividade biológica e concentrações, que definem a sua virulência, já que associadas às condições do meio e às suscetibilidades dos hospedeiros podem ocorrer alterações na saúde das populações (PROSAB, 1999).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

As características dos esgotos variam qualitativa e quantitativamente em função do uso para o qual a água foi destinada, tendo em conta, também, questões ligadas ao clima, à situação social, à economia e aos hábitos da população geradora. De acordo com JORDÃO e PESSOA (2005), dentre os principais parâmetros relativos à qualidade, estão os sólidos em suspensão dissolvidos (SSD), os voláteis (SSV), os fixos (SSF), os totais (SST) e os sedimentáveis (SS), bem como os indicadores de matéria orgânica, como o oxigênio



dissolvido (OD), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), assim como o nitrogênio, o fósforo e os patógenos.

Para que o lodo seja reaproveitado em solos agrícolas é necessário que esse resíduo seja submetido a vários processos de tratamento, a fim de reduzir componentes indesejáveis no produto, estabilizando-o e higienizando-o.

Na tabela 3.1 são apresentadas as faixas de concentração dos parâmetros físico-químicos mais usuais para os esgotos brasileiros.

Tabela 3.1 – Concentrações usuais de parâmetros do esgoto sanitário.

<b>Parâmetros de qualidade</b>	<b>Unidades</b>	<b>Concentrações</b>
ST	mg.L <sup>-1</sup>	400 a 1.000
SS	ml.L <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup>	2 a 20
SST	mg.L <sup>-1</sup>	120 a 400
SSF	mg.L <sup>-1</sup>	20 a 150
SSV	mg.L <sup>-1</sup>	100 a 300
SDT	mg.L <sup>-1</sup>	280 a 700
SDF	mg.L <sup>-1</sup>	150 a 400
SDV	mg.L <sup>-1</sup>	130 a 300
DBO	mg.L <sup>-1</sup>	120 a 450
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	240 a 900
Nitrogênio orgânico	mg.L <sup>-1</sup>	6 a 28
Nitrogênio amoniacal	mg.L <sup>-1</sup>	7 a 42
NTK	mg.L <sup>-1</sup>	15 a 70
N como nitrito e nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	0
Fósforo total	mg.L <sup>-1</sup>	2 a 10
Fósforo orgânico	mg.L <sup>-1</sup>	0,7 a 3,5
Fósforo inorgânico	mg.L <sup>-1</sup>	1,3 a 6,5
Óleos e graxas	mg.L <sup>-1</sup>	50 a 150

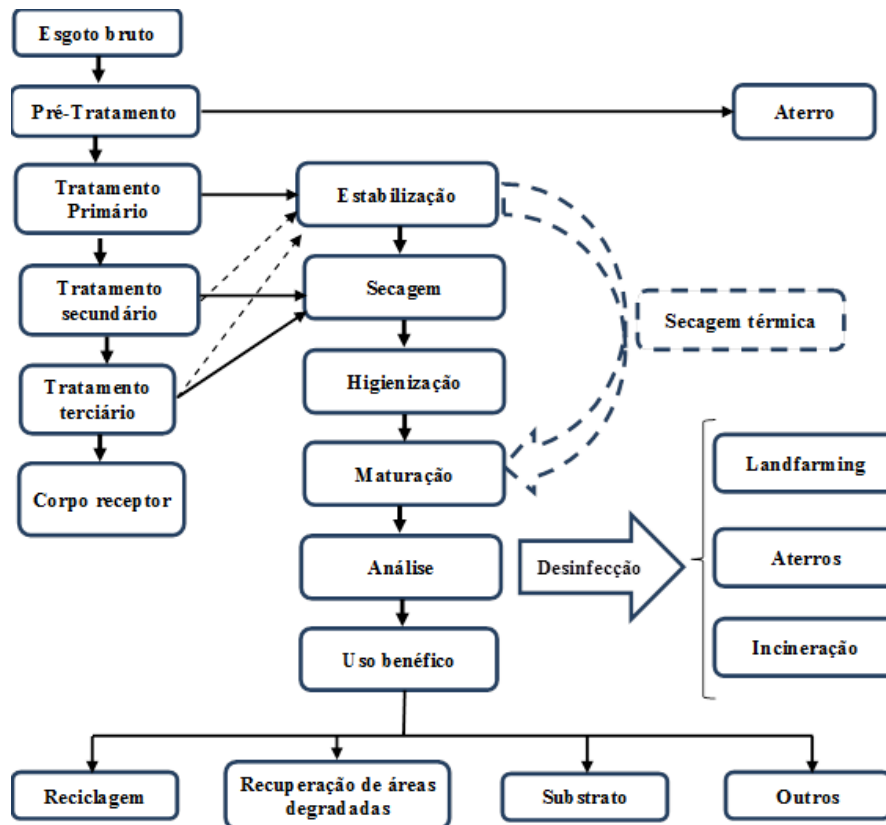
Fonte: QASIN (1995) apud Rocha (1999).

### 3.3 ETAPAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Todo sistema de tratamento de esgoto encaminha seus efluentes direta ou indiretamente para corpos de água receptores, formados pelas águas superficiais ou subterrâneas. Os sistemas de tratamento de esgotos domésticos foram originalmente concebidos para remover a matéria orgânica e os sólidos; posteriormente, surgiu a preocupação em reduzir outros constituintes, como nutrientes e organismos patogênicos

(GASI e ROSSIN, 1993). Atualmente, considera-se que as ETE devem atuar como verdadeiras barreiras à propagação de diversas enfermidades. A figura 3.1 mostra o processo da fase líquida e sólida do tratamento de esgoto e o consequente lodo.

Figura 3.1: fluxo de processamento de lodo para a sua destinação final.



Fonte: Andreoli et al., 2001.

Com base no esquema pode-se, então, separar o tratamento de esgoto domiciliar em quatro níveis básicos: tratamento preliminar (remoção de sólidos grosseiros e areias), tratamento primário (remoção de sólidos suspensos, sedimentáveis), tratamento secundário (remoção de sólidos dissolvidos) e tratamento terciário ou pós-tratamento (remoção de nutrientes).

### 3.3.1 Tratamento da fase líquida

A geração do lodo é a função principal do sistema de tratamento utilizado para a fase líquida. Todos os processos de tratamento são iniciados pelo trato preliminar, em que há, necessariamente, a geração de material gradeado e areia. Os processos que recebem o esgoto

bruto em decantadores primários geram o lodo primário, composto pelos sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. Na etapa biológica de tratamento, tem-se o lodo biológico ou o lodo secundário, que é a própria biomassa que se desenvolveu usando o substrato fornecido pelo esgoto afluyente.

Dependendo do tipo de sistema, o lodo primário pode ser enviado para o tratamento juntamente com o secundário, resultando no chamado lodo misto. Em sistemas de tratamento que incorporam uma etapa físico-química, para melhorar o desempenho do tratamento primário ou para dar um polimento ao efluente secundário, incorporam-se os floculantes.

### **3.3.1.1 Tratamento preliminar**

O tratamento preliminar consiste, basicamente, na remoção de sólidos grosseiros e areia. No gradeamento, o resíduo com dimensões maiores do que o espaço entre as barras nas grades fica retido (FONTES, 2003).

A remoção da areia é feita através de uma unidade denominada caixa de areia ou desarenador, que são dimensionadas para a remoção apenas desse sólido. Nesse processo, os grãos de areia sedimentam no fundo da caixa em consequência do seu tamanho e densidade, enquanto a matéria orgânica permanece em suspensão no meio líquido, seguindo para a unidade seguinte (FONTES, 2003). Normalmente, o material resultante desse tratamento preliminar é disposto em aterros sanitários.

### **3.3.1.2 Tratamento primário**

O tratamento primário tem por função remover os sólidos em suspensão e os flutuantes. Nessa unidade, os sólidos que possuem densidade maior do que o líquido vão lentamente depositando-se no fundo do tanque, gerando o lodo primário. O efluente líquido do tratamento primário é encaminhado para o tratamento secundário ou para o corpo receptor, e o lodo primário é encaminhado para o tratamento da fase sólida.

Os sólidos flutuantes (graxas, óleos e sólidos menos densos que a água), em função da sua densidade, ficam na superfície do decantador primário, onde são removidos, manual ou mecanicamente, para tratamento posterior ou destinação licenciada. Os tipos mais comuns de tratamento primário são, conforme COPASA (2009):

a) Tanque séptico seguido de filtro anaeróbio: os sólidos em suspensão depositam-se por gravidade no tanque séptico, formando o lodo que é anaerobicamente digerido. O efluente do tanque encaminha-se ao filtro, que reduz a carga orgânica efluente do tanque séptico graças à ação das bactérias anaeróbias (biomassa) que se desenvolvem aderidas ao meio de sustentação;

b) Leitões de lodo de fluxo ascendente (UASB): nesta unidade de tratamento a biomassa cresce dispersa no meio líquido. Ao desenvolver-se, ela forma pequenos grânulos, que servem de meio suporte para outras bactérias. O fluxo é ascendente, com geração de gases (metano e carbônico) resultantes da digestão anaeróbia.

### **3.3.1.3 Tratamento secundário**

Esse tipo de tratamento tem por objetivo remover a matéria orgânica através de processos biológicos (FONTES, 2003). Nos tratamentos preliminares e primários os processos são puramente físicos.

O esgoto vai para grandes tanques de aeração onde é fornecido ar para os micro-organismos, fazendo com que estes se multipliquem consumindo o substrato orgânico. Assim formar-se o lodo, diminuindo a carga poluidora do esgoto. Depois, o material segue para tanques de sedimentação, nos quais o lodo formado se deposita, deixando a parte líquida livre de cerca de 90% das impurezas. Esse efluente, em certos casos, atende padrões para lançamento em rios ou para ser usado em determinados fins, como por exemplo, irrigação. Os tipos mais comuns de tratamento secundário, segundo COPASA (2009) são:

a) Lagoas de estabilização: a matéria orgânica, na forma de sólidos em suspensão, fica no fundo da lagoa, formando um lodo que vai, aos poucos, sendo estabilizado. As algas que se desenvolvem nas lagoas, na presença de luz, produzem oxigênio, que é liberado através da fotossíntese. Esse oxigênio dissolvido é utilizado pelas bactérias aeróbias para degradarem a matéria orgânica presente no esgoto, que está dissolvida e em suspensão. O resultado é a produção de sais minerais (alimento para as algas) e de gás carbônico;

b) Lodos ativados: são compostos essencialmente por um tanque de aeração (reator biológico), um tanque de decantação (decantador secundário) e um sistema de recirculação do lodo.

### 3.3.1.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário destina-se a remover do efluente secundário as substâncias que o tornam impróprio para determinado fim, ou para ser lançado em um manancial de água. Um exemplo de tratamento terciário é a remoção de partículas minerais e orgânicas diminutas em suspensão e dissolvidas no efluente. O exemplo mais comum é a remoção de nitrogênio e de fósforo, já que estes não procuram favorecer a proliferação de algas capazes de causar odor e sabor na água do corpo receptor (PROSAB, 1999).

Em princípio, todos os processos de tratamento biológico geram lodo e sua produção é dependente do tipo de tratamento utilizado. Assim, pode-se obter em uma ETE:

- a) Lodo primário: originado em decantadores primários, é composto por sólidos sedimentáveis que podem gerar odor desagradável em condições de altas temperaturas, caso não seja removido periodicamente (VON SPERLING, 2002);
- b) Lodo secundário: originado em reatores aeróbios e anaeróbios, é composto pela biomassa ativa do tratamento biológico a partir da alimentação dos micro-organismos pelo afluente recebido pela ETE;
- c) Lodo misto: mistura dos lodos primário e secundário.

A tabela 3.2 apresenta os tipos de lodo gerados de acordo com o tratamento utilizado:

Tabela 3.2 – Tipo de lodo gerado em cada etapa de tratamento.

<b>Lodo</b>	<b>Etapa do tratamento</b>
Primário	Tanque séptico e decantador primário
Biológico aeróbio (não estabilizado)	Lodo ativado convencional e reatores aeróbios com biofilme
Biológico aeróbio (estabilizado)	Lodo ativado de aeração prolongada
Biológico anaeróbio	Lagoas de estabilização, reatores anaeróbios e filmes anaeróbios

Fonte: adaptado de Pedrozza et al., 2010.

O alto custo proveniente do gerenciamento do lodo é um fator preocupante nas ETE, e a dificuldade aumenta proporcionalmente com a quantidade produzida. Na tabela abaixo é possível visualizar a quantidade de lodo formado em diferentes sistemas de tratamento de esgotos em alguns países.

Tabela 3.3 – Produção de lodo em diferentes países.

<b>Cidade ou país</b>	<b>Produção estimada</b>
Reino Unido	1 milhão m <sup>3</sup> /ano
Alemanha	50 milhões m <sup>3</sup> /ano
Suíça	4,2 milhões m <sup>3</sup> /ano
Sydney	190 mil t/ano
Espanha	1,12 milhões t/ano
Austrália	0,25 milhões t/ano
Brasil	150 a 220 mil t/ano

Fonte: adaptado de Pedrozza et al., 2010.

A produção de lodo estimada para a Espanha, de 725 mil t.ano<sup>-1</sup>, foi disponibilizada para disposição no solo. Já na Austrália, um terço dos biossólidos recebe esse destino (BARNETO et al., 2009).

### 3.4 TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA DO LODO

Durante o tratamento da fase líquida e dos processos de estabilização, há a geração de um material com elevado teor de umidade, cuja desidratação é extremamente necessária caso haja necessidade de qualquer operação subsequente ao tratamento. Apesar de não ser o único subproduto gerado em uma ETE, o lodo tem uma importância maior por ser um resíduo de difícil tratamento e disposição final (FONTES, 2003).

A maior preocupação com esse lodo restringe-se à remoção da sua umidade para se atingir um teor de sólidos na faixa de 15% a 40% (SOBRINHO, 2000). É uma operação fundamental para a redução de massa e volume do lodo a ser tratado ou descartado.

As principais etapas do tratamento do lodo são: adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento e disposição final. A implantação, ou não, de cada unidade vai depender das características do lodo gerado e do produto final que se queira obter, além dos custos, que representam em torno de 20% a 60% do total gasto com a operação de uma ETE (ANDREOLI et al., 2001; FERNANDES et al., 2001; TSUTIYA et al., 2001).

### 3.4.1 Adensamento-remoção de umidade

O adensamento, ou espessamento, é um processo físico de concentração de sólidos no lodo que visa reduzir a sua umidade e, em decorrência, o seu volume, facilitando as etapas subsequentes de tratamento e/ou disposição final do lodo. As alternativas de adensamento incluem o adensamento por gravidade e por flotação.

Os adensadores por gravidade apresentam melhor eficiência quando utilizados no lodo proveniente de tratamento primário. Estas unidades são semelhantes a um decantador primário, no qual o lodo sedimenta e adensa no fundo do tanque, sendo removido por raspadores e encaminhado para a etapa de estabilização; o líquido sobrenadante retorna ao início do processo de tratamento primário (FONTES, 2003). Já os adensadores por flotação são utilizados com maior eficiência quando o lodo é proveniente de tratamento secundário ou de lodo ativado (excedente). Esse processo consiste na injeção de bolhas de ar no meio líquido, que aderem às partículas sólidas, fazendo com que a sua densidade diminua e que elas sejam arrastadas para a superfície, onde são removidas por raspadores (JORDÃO e PESSOA, 1995).

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), a quantidade de lodo retido na operação de adensamento é representada pela capacidade de recuperação de sólidos ou pela “captura de sólidos”, que nos adensadores por gravidade podem atingir 85% a 95%. As faixas usuais de teor de sólidos nos diversos tipos de lodo adensado são indicadas na tabela 3.4:

Tabela 3.4 – Teor de sólidos em diversos tipos de lodo adensado.

<b>Operação</b>	<b>Faixa usual (%)</b>	<b>Valor típico (%)</b>
Adensamento por gravidade	-	-
Lodo primário bruto	4 a 10	6
Lodo misto, primário e ativado	2 a 6	4
Lodo misto, primário e de filtro biológico	4 a 8	5
Adensamento de lodo ativado por flotação	3 a 6	4
Adensamento de lodo ativado por centrifugação	3 a 8	5
Adensamento de lodo ativado em filtros de esteira	4 a 8	5

Fonte: Jordão & Pessoa, 1995.

### **3.4.2 Condicionamento de lodos**

Os lodos são condicionados para melhorar as suas características de desaguamento. Para sistemas de desaguamento específicos, como centrifugação, prensas desaguadoras por correias, prensas rotativas, extrusoras e filtros prensa, os lodos devem ser condicionados quimicamente. No condicionamento químico, são utilizados compostos inorgânicos e polímeros solúveis em água, ou uma combinação dos dois.

O condicionamento é um processo composto por uma etapa de coagulação seguida de outra de floculação. A coagulação tem por objetivo desestabilizar as partículas por meio da diminuição das forças eletrostáticas de repulsão entre elas. Isto ocorre por intermédio da compressão da dupla camada elétrica que envolve superficialmente cada partícula, facilitando sua aproximação. A floculação permite a aglomeração dos colóides e dos sólidos finos por meio de baixos gradientes de agitação (ANDREOLI et al., 2001).

O tipo de condicionamento dos lodos influencia diretamente a eficiência dos processos de desidratação. Por isso, a seleção de um determinado processo deve se basear em critérios de custos de capital, operação e manutenção do sistema como um todo. Custos relativos ao impacto da recirculação do sobrenadante nas outras etapas que compõem a planta, na qualidade do efluente e nas emissões atmosféricas, devem ser integrados à análise (ANDREOLI et al., 2001).

Os principais coagulantes utilizados são os sais metálicos, a cal e os polímeros orgânicos (polieletrólitos). Os coagulantes inorgânicos mais comuns são o sulfato de alumínio, o cloreto férrico, o sulfato ferroso, o sulfato férrico e a cal virgem/hidratada. Dentre esses, os mais utilizados são o cloreto férrico e a cal. Os coagulantes como os sais metálicos e a cal são utilizados principalmente nos casos em que a desidratação é realizada por filtração a vácuo ou por pressão (GONÇALVES et al., 2001).

#### **3.4.2.1 Condicionamento com cloreto férrico**

A utilização de cloreto férrico para condicionamento de lodos geralmente é realizada em associação com a cal, sendo esta adicionada posteriormente. O cloreto férrico é hidrolisado, formando complexos de ferro com cargas positivas que neutralizam as cargas de superfície negativas dos sólidos do lodo, proporcionando sua agregação. (ANDREOLI et al., 2001). O cloreto férrico também reage com a alcalinidade de bicarbonatos do lodo, formando



hidróxidos que atuam como floculantes. As soluções de cloreto férrico geralmente são empregadas nas concentrações recebidas do fornecedor (30% a 40%), porque a diluição pode resultar em hidrólise e precipitação de hidróxido férrico (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000).

Outro aspecto importante relacionado ao uso de cloreto férrico é a corrosividade desse produto. Materiais resistentes à corrosão devem ser especificados, tais como epóxi, borracha, cerâmica, PVC e vinil. Dessa forma, equipamentos de proteção individual devem ser utilizados durante a manipulação do produto (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000).

#### **3.4.2.2 Condicionamento com cal**

A cal hidratada geralmente é utilizada com o cloreto férrico. Embora a cal tenha pouco efeito sobre a desidratação de colóides, seu uso no condicionamento busca, principalmente, o controle do pH e de odores e a desinfecção dos lodos. O carbonato de cálcio resultante da reação da cal com bicarbonatos consiste em uma estrutura granular que aumenta a porosidade do lodo e reduz sua compressibilidade (RAMALDES et al., 2002).

A cal é encontrada no mercado sob duas formas secas: cal virgem (CaO) e cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>]. A cal virgem deve, inicialmente, ser extinta com água, o que resulta em sua conversão para cal hidratada antes de sua aplicação ao lodo, que é bem mais fácil de ser utilizada, uma vez que não requer extinção e mistura-se facilmente com a água (com baixa produção de calor), não necessitando de condições especiais de estocagem (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000). Entretanto, ela é mais cara e menos disponível do que a cal virgem e, por isso, a aquisição de cal virgem para extinção *in loco* normalmente é a prática mais comum em plantas com demanda de cal superior a uma ou duas toneladas por dia (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000).

#### **3.4.2.3 Polímeros orgânicos**

Os polímeros, ou polieletrólitos, são compostos orgânicos sintéticos de alto peso molecular que podem ser usados como coagulantes ou auxiliares de floculação. Dependendo da carga superficial predominante, os polímeros são classificados em catiônicos, aniônicos e não-iônicos (FONSECA, 2014).

Como normalmente no tratamento dos esgotos os sólidos apresentam cargas negativas, os polímeros mais utilizados são justamente os de carga oposta, ou seja, catiônicos, o que limita em muito o uso de polímeros aniônicos. Esses polímeros têm sido utilizados para lodos primários com adição de cloreto férrico, a fim de aumentar a sedimentabilidade destes (GONCALVES e LUDUVICE, 2000).

Os polímeros foram originalmente utilizados para condicionar lodos e facilitar a desidratação de misturas de lodos primários com secundários, por intermédio de filtros a vácuo e centrífugas. Melhorias na eficiência dos polímeros resultaram em sua utilização em todos os tipos de processos de desidratação (FERREIRA et al., 2012).

Eles são encontrados no mercado sob a forma de pó ou na forma líquida. Devido à sua elevada concentração, os polieletrólitos devem ser submetidos à diluição com água antes de serem utilizados. A forma líquida é a melhor para diluir, mas o seu custo é elevado e o frete também torna-se oneroso (LIMA et al., 2001).

Em conformidade com Gonçalves e Ludovice (2001), os polímeros apresentam diversas vantagens em relação aos condicionadores inorgânicos, podendo-se destacar:

- O acréscimo na massa de lodo produzida é pequeno. Condicionadores químicos inorgânicos normalmente aumentam a massa produzida de 15% a 30%;
- Polímeros não reduzem a aptidão à combustão do lodo desidratado, caso este seja utilizado como combustível para incineração. É uma solução de possível adoção pela ETE Serraria, em Porto Alegre/RS;
- As operações de manuseio de polímeros são mais limpas e seguras;
- Os polímeros reduzem problemas de operação e manutenção.

A poliacrilamida (PAM) catiônica é o material-base da maioria dos polímeros utilizados comercialmente para o condicionamento de lodos (APHA, AWWA, WEF, 2012). Esses polímeros, quando se dissociam, liberam ânions, como o cloreto, tornando-se carregados positivamente. Esse material de cadeia longa flocula os sólidos suspensos e o material presente no lodo, melhorando as características de separação entre sólido e líquido, razão pela qual os polímeros são chamados de floculantes.

### 3.4.3 Desaguamento-remoção de umidade

O desaguamento é uma operação unitária utilizada para separar o material sólido do material líquido presente no lodo, resultando em uma matéria com maior concentração de sólidos, denominada torta, e em uma corrente líquida, que contém partículas finas com baixa massa específica e alta concentração de nutrientes. Isso ocorre quando é feito o desaguamento de lodo digerido de forma anaeróbica, com recirculação do líquido para a entrada da ETE, ou então quando é tratada separadamente para reduzir a carga de nutrientes lançados no sistema principal de tratamento (JORDÃO e PESSOA, 1995).

O desaguamento do lodo pode ser realizado por métodos naturais ou mecânicos. O objetivo dessa fase é remover a água e reduzir ainda mais o volume, produzindo lodo com comportamento mecânico próximo ao dos sólidos (VON SPERLING et al., 2001). A desidratação do lodo tem impacto importante nos custos de transporte e destinação final, além de influenciar de maneira decisiva o manuseio do lodo, já que o comportamento mecânico deste varia com o teor de umidade.

Fazem parte do processo de desaguamento por método natural os leitos de secagem e as lagoas de secagem de lodo. Filtros (prensa e de esteira) e centrífugas são exemplos de métodos mecânicos, produzindo a chamada *torta de lodo*, em que a concentração de sólidos totais fica em torno de 20% a 30% (JORDÃO e PESSOA, 1995; WANKE et al., 2003).

A água está ligada aos sólidos nos lodos através de forças intermoleculares que estão distribuídas em classes distintas, de acordo com a facilidade de separação. A remoção da água livre é realizada por simples ação gravitacional ou por flotação. É o que ocorre, por exemplo, nos processos de adensamento, que podem produzir lodos com totais de sólidos aproximadamente de 5%, podendo resultar na redução do volume em torno de 60% com relação ao volume original (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000). Já as águas, adsorvidas e capilar, exigem forças maiores para serem separadas dos sólidos presentes no lodo, que podem ser forças mecânicas ou de origem química. Os totais de sólidos são superiores a 30%, resultando em um material denominado de torta. A remoção de águas livres, adsorvidas e capilares, reduz de 90% a 95% o volume original do lodo (GONÇALVES e LUDUVICE, 2000).

### 3.4.3.1 Desaguamento de lodos anaeróbios de reatores UASB

O desaguamento dos lodos pode ser feito por meio mecanizado ou natural. Os processos naturais de desaguamento se baseiam no escoamento da água livre e, sobretudo, na evaporação da água, para gerar uma torta de lodo com elevados teores de sólidos totais. Somente a drenagem da água livre, que ocorre em poucas horas, pode elevar a concentração de sólidos totais de 2% a 4% no lodo de descarte, até concentrações superiores a 15% ST na torta (WANKE et al., 2003 e ROCHA, 2005). O lodo, quando bem digerido, ou seja, com pequenas concentrações de sólidos biodegradáveis, apresenta características satisfatórias para que o desaguamento ocorra num período mais curto de tempo (JORDÃO e PESSOA, 2005). De acordo com (ROCHA, 2005), nos lodos não estabilizados a secagem ocorre lentamente, apresentando problemas de maus odores e proliferação de insetos.

Em pesquisa realizada por BARROS et al. (2006), indicou-se que o pH do lodo é reduzido com o desaguamento. Os autores sugerem que isto pode relacionar-se com fatores ambientais relativos à exposição dos lodos nos leitos de secagem, que causam perda de água. Relata-se, ainda, que no processo de secagem ocorre a decomposição da matéria orgânica, sendo formados ácidos orgânicos e liberados os cátions (K, Ca, Na, Mg e OH<sup>-</sup>), que dão um caráter básico ao lodo e são lixiviados com a água, contribuindo, assim, para o decaimento do pH do lodo seco. A perda da água causa o aumento da condutividade de sólidos totais fixos e, conseqüentemente, a redução dos sólidos totais voláteis.

## 3.5 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LODO

Todos os processos de tratamento de esgotos geram lodos, e alguns sistemas armazenam-no por longo período (vários anos), tais como as lagoas de estabilização. Nessas unidades, dependendo do tipo de lagoa adotado, o lodo deve ser retirado periodicamente, ou apenas no final do horizonte de projeto, normalmente de vinte anos, quando a lagoa atinge seu limite de sólidos sedimentados e necessita da remoção do lodo para continuar a operar com a eficiência desejada. Outros sistemas necessitam de descarte de lodo periódico ou contínuo, como reatores anaeróbios e lodos ativados (ROCHA, 2005).

A quantidade de lodo, muitas vezes, é medida em toneladas de massa seca de lodo (MS) por dia. Quanto maior for o teor de sólidos, menores serão as quantidades a serem armazenadas, transportadas ou dispostas (ROCHA, 2005). Lodos em forma líquida, com

teores de sólidos em torno de 10%, podem ser transportados por tubulações ou em caminhões tanque. Lodos desaguados com teores de sólidos acima de 20% podem ser transportados em caminhões do tipo caçamba (ROCHA, 2005). O lodo, quando bem digerido, ou seja, com pequenas concentrações de sólidos biodegradáveis, apresenta características satisfatórias para que o desaguamento ocorra num período mais curto de tempo (JORDÃO e PESSOA, 2005). De acordo com a SANEPAR (1999), nos lodos não estabilizados a secagem ocorre lentamente, apresentando problemas de maus odores e proliferação de insetos. A umidade influi nas propriedades mecânicas do lodo, sendo que estas influenciam no tipo de manuseio e de disposição final desse resíduo. A relação entre a umidade e as propriedades mecânicas se dá na forma apresentada na tabela 3.5:

Tabela 3.5 – Relação entre a umidade e as propriedades mecânicas do lodo.

<b>Teor de sólidos secos (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Consistência</b>
0 a 25	100 a 75	Lodo fluido
25 a 35	75 a 65	Torta semi-sólida
35 a 60	65 a 40	Sólido duro
60 a 85	40 a 15	Lodo em grânulos
85 a 100	15 a 0	Lodo desintegrado em pó fino

Fonte: Van Haandel e Lettinga, 1994.

As informações da tabela anterior são compreendidas como indicações gerais, variáveis não só com a umidade, mas também com as condições reológicas da massa do lodo, ou seja, com suas características de formação e movimento, que se alteram com o pré-condicionamento químico feito antes da desidratação.

O teor de umidade do lodo tem grande influência no volume a ser manuseado. A água no lodo pode ser dividida em quatro classes distintas, de acordo com a facilidade de separação (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994):

- Água livre: pode ser removida por gravidade (adensamento, flotação);
- Água adsorvida: pode ser removida por força mecânica ou pelo uso de floculante;
- Água capilar: mantém-se adsorvida à fase sólida por força capilar, distinguindo-se da água adsorvida pela necessidade de uma força maior para sua separação;
- Água celular: é parte da fase sólida e só pode ser removida através de uma mudança no estado de agregação da água, isto é, através de congelamento ou evaporação. Em

sistemas de tratamento existem bactérias que utilizam a matéria orgânica presente como fonte de energia e de carbono para a formação do material celular, sendo esta última reação conhecida como anabólica. Pelas publicações de Brock e Madigan (1991), aproximadamente 3.000 mmols de ATP são necessários para a realização desse tipo de reação.

A energia requerida para a produção de massa celular é proveniente da degradação de material celular bacteriano, também conhecido como catabolismo celular realizado por processos oxidativos ou fermentativos (BITTON, 2005). Pela via oxidativa, o material orgânico disponível é oxidado por oxidantes presentes no próprio efluente, como oxigênio, nitrato e sulfato; enquanto pela via fermentativa ocorre digestão anaeróbica com formação de gás carbônico e metano, em que grande parte da energia inicial da matéria orgânica permanece (PEDROZZA et al., 2010). Devido à diferença de energia gerada pelo catabolismo oxidativo e fermentativo, bactérias que utilizam a primeira via tendem a formar mais massa que as demais, levando-se em consideração a mesma quantidade de material orgânico disponibilizado. A tabela a seguir indica as quantidades (os volumes) de lodo em diferentes sistemas de tratamento de esgoto:

Pela tabela 3.6, nota-se maior produção de lodo em tratamentos que utilizam lodos ativados convencionais, já que é caracterizado pela presença do metabolismo aeróbio e o curto tempo de residência do lodo no tanque de aeração. Por outro lado, as lagoas anaeróbias produzem o menor volume de lodo, tratando-se de um sistema anaeróbio cujo maior tempo de residência do lodo permite digestão e adensamento, levando à redução da umidade e à conversão em água e gases.

Tabela 3.6 – Produção volumétrica de lodo em sistemas de tratamento de esgoto.

<b>Sistemas de tratamento</b>	<b>Lodo gerado (L.hab<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>)</b>
Lagoas facultativas	0,05-0,15
Reator UASB	0,2-0,6
Lodos ativados convencionais	3,1-8,2
Aeração prolongada	3,3-5,6
Lagoa anaeróbia	0,1-0,3
Filtro biológico de alta carga	1,4-5,2
Lagoa aerada facultativa	0,08-0,22

Fonte: Metcalf e Eddy, 2003.

A produção estimada de lodo descartado da fase líquida dos sistemas UASB é de 0,2 a 0,6 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, o que corresponde de 12 a 18g SS.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, representando um volume de

0,03 a 0,06 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> de lodo desaguado com teor de sólidos entre 30% e 45%, conjecturando a densidade do lodo seco em 1.000 kg.m<sup>-3</sup> (VON SPERLING; GONÇALVES, 2001). Nos reatores anaeróbios do tipo UASB, o descarte de lodo é feito periodicamente. O tempo médio de residência celular (idade do lodo) é geralmente superior a 30 dias, propiciando a estabilização. A acumulação de sólidos deve-se à presença de precipitados minerais, além da produção de biomassa (CHERNICHARO, 2007).

Em sistemas aeróbios, a remoção do material orgânico é eficiente até para uma idade de lodo curta (três dias), enquanto que em sistemas anaeróbios a eficiência só é essencialmente completa quando a idade do lodo é longa (> 100 dias a 25 °C), conforme (VALE, 2007). Isso demonstra a importância da retenção de lodo no sistema de tratamento para diminuir a parcela biodegradável presente no lodo e no efluente. Na prática, pode não ser viável economicamente operar um sistema de tratamento anaeróbio a uma idade de lodo muito longa, e, neste caso, a remoção da matéria orgânica será apenas parcial, com presença de matéria biodegradável no efluente e no lodo de excesso do sistema. Em sistemas aeróbios, a parcela de matéria orgânica presente no lodo é de 25% a 40%, enquanto nos sistemas anaeróbios é de 15% a 25%.

Sistemas aeróbios tendem a produzir mais lodo, que é instável e deve ser digerido. Dependendo da idade do lodo, a energia gerada em sua digestão pode ser suficiente para tornar o sistema de tratamento independente de energia externa; a energia elétrica gerada a partir do metano do lodo poderá atender a demanda de energia para aeração e bombeamento (MACHADO, 2011).

Nos sistemas anaeróbios, a fração biológica (massa bacteriana) constitui uma fração relativamente pequena do lodo. As frações maiores são o lodo inerte (gerado a partir do material orgânico não biodegradável e particulado) e, dependendo da idade do lodo, o material biodegradável particulado floculado (MACHADO, 2011).

O conhecimento da composição físico-química dos lodos, incluindo nutrientes, é fundamental para a definição do tipo de disposição final (METCALF& EDDY, 2016). Os valores típicos dos principais constituintes do lodo estão apresentados na tabela 3.7:

Tabela 3.7 – Composição química típica de lodos crus e lodos digeridos.

Constituinte	Lodo primário não tratado		Lodo primário digerido		Lodos ativados
	Faixa	Típico	Faixa	Típico	Faixa
Sólidos totais (%ST)	2,0 a 8,0	5	6,0 a 12,0	10	0,8 a 1,2
Sólidos Voláteis (%ST)	60 a 80	65	30 a 60	40	59 a 88
Gorduras e Graxas (%ST)					
Éteres solúveis	6 a 30	-	5 a 20	18	-
Éteres extraíveis	6 a 35	-	-	-	5 a 12
Proteínas (%ST)	20 a 30	25	15 a 20	18	32 a 41
Nitrogênio (N.%ST)	1,5 a 4,0	2,5	1,6 a 6,0	3,0	2,4 a 5,0
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . %ST)	0,8 a 2,8	1,6	1,5 a 4,0	2,5	2,8 a 11,0
Potássio (K <sub>2</sub> O.%ST)	0,0 a 1,0	0,4	0,0 a 3,0	1,0	0,5 a 0,7
Celulose (%ST)	8,0 a 15,0	10,0	8,0 a 15,0	10,0	-

Fonte: Metcalf e Eddy, 2016.

A composição do lodo varia de acordo com o tipo de tratamento utilizado nas ETE, com o período do ano e com a origem do efluente (industrial ou doméstico). Outros fatores capazes de influenciar a composição química do lodo, segundo Tsutiya (2001), é a variação do nível socioeconômico e cultural da população geradora do efluente, e o grau de industrialização de uma determinada região. Pela tabela 3.8 é possível identificar a composição média geral do lodo gerado no Brasil por tratamento aeróbio.

Tabela 3.8 – Composição média do lodo produzido no Brasil por tratamento aeróbio.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
pH	6,5	Cádmio (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	0,57
Material seco, MS (%)	57,86	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	28,99
Nitrogênio total, N (%)	1,07	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	73,73
Carbono total, C (%)	12,56	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	28,11
Relação C/N	13,32	Mercúrio (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	0,52
Fósforo total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,26	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> MS)	18,06
Potássio, K <sub>2</sub> O (%)	0,16	CF (NMP/100g)	< 4,0
Cálcio total, CaO (%)	19,85	Ovos de helmintos	< 0,2
Magnésio total, MgO (%)	3,17	(NMP/100g)	

Fonte: Santos, 2009.



### 3.6 O LODO DE TANQUE SÉPTICO

As fossas sépticas, ou tanques sépticos (segundo a nomenclatura adotada na NBR 7229 (ABNT, 1993), são decanto-digestores que consistem geralmente de uma ou mais câmaras, cuja função é permitir a sedimentação, o armazenamento dos sólidos sedimentáveis (lodo), e a sua digestão, que ocorre em ambiente anaeróbio (NUVOLARI, 2011). Esta decomposição gera gases ( $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ), além de pequenas quantidades de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), mercaptanas, escatóis, entre outros elementos. O volume do tanque séptico é a somatória dos volumes de sedimentação, digestão e de armazenamento de lodo (NUVOLARI, 2011).

Os resíduos de fossa/tanque séptico são pouco estudados no âmbito do saneamento básico, mesmo sendo importantes, tanto do ponto de vista quantitativo quanto nos aspectos qualitativos. O lodo de tanques sépticos é esgotado por caminhões limpa-fossa, causando, assim, problemas ambientais e sanitários quando ele é destinado à disposição não licenciada. A pouca bibliografia existente sobre o assunto trata os resíduos de fossa/tanque séptico como sendo esgoto e/ou simplesmente como lodos (INGUNZA et al, 2009).

No Brasil, a maior pesquisa sobre resíduos de tanques sépticos foi realizada no âmbito do projeto PROSAB e consistiu na caracterização, na elaboração de tecnologias de tratamento, no gerenciamento e na destinação final do material, sendo analisados os seguintes parâmetros: físico-químicos, agentes patogênicos e metais pesados. Os resultados da pesquisa mostraram que há grande variabilidade das concentrações físico-químicas. A tabela 3.9 apresenta os dados de algumas pesquisas sobre caracterização de resíduos de tanque séptico no Brasil.

Tabela 3.9 – Caracterização de resíduos de fossa/tanque séptico no Brasil.

	<b>Menezes et al, (2001)</b>	<b>Cassini, (2003)</b>	<b>Rocha e Sant'anna, (2005)</b>	<b>Belli Filho et al, (2007)</b>
<b>ST (mg/L)</b>	12.880	9.550	1.631	7.186
<b>STV (mg/L)</b>	3.518	6.172	-	3.413
<b>SST (mg/L)</b>	7.091	6.896	492	2.064
<b>SSV (mg/L)</b>	2.246	5.019	-	1.087
<b>DBO (mg/L)</b>	2.434	2.808	2.829	1.890
<b>DQO (mg/L)</b>	6.895	10.383	7.912	6.199
<b>NTK (mg/L)</b>	120	-	-	-
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	89	116	768	58
<b>P total (mg/L)</b>	18	45	112	90
<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	531	1.588	971	327

Fonte: Andreoli, 2009.

Uma pesquisa realizada pela FAE/SANEPAR, que se fundamentou em avaliar o potencial agrônomo dos resíduos de doze fossas sépticas, obteve os resultados que constam na tabela 3.10, a seguir:

Tabela 3.10 – Valores agrônômicos de resíduos de fossa analisados pela FAE/SANEPAR.

<b>Elemento</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio padrão</b>
Mg (g.kg <sup>-1</sup> )	1,95	12,14	4,738	4,205	3
Ca (g.kg <sup>-1</sup> )	10,35	38,71	20,023	18,055	9
S (g.kg <sup>-1</sup> )	1,11	3,41	1,983	1,83	1
P (g.kg <sup>-1</sup> )	1,85	20,62	7,297	5,625	5
Na (g.kg <sup>-1</sup> )	1,86	81,7	12,118	4,515	22
K (g.kg <sup>-1</sup> )	0,62	13,07	2,765	1,645	3

Fonte: Neto et al, 2009.

Estudos realizados a nível internacional consideram resíduos de fossa/tanque sépticos como sendo lodos fecais devido à sua origem tipicamente doméstica. Na tabela 3.11 são apresentados dados referentes à caracterização de resíduos de fossa/tanque sépticos de alguns países.

Tabela 3.11 – Caracterização de resíduos de fossa/tanque séptico em alguns países.

	<b>EUA</b>	<b>Jordânia</b>	<b>Indonésia</b>	<b>Tailândia</b>	<b>Filipinas</b>	<b>Noruega</b>	<b>Gana</b>
<b>ST</b> <b>(mg/L)</b>	40.000	-	47.000	15.000	31.000	54.000	-
<b>STV</b> <b>(mg/L)</b>	25.000	-	-	-	19.000	31.600	-
<b>SST</b> <b>(mg/L)</b>	15.000	2.600	-	-	-	45.000	-
<b>SSV</b> <b>(mg/L)</b>	-	-	-	-	5.500	-	680
<b>DBO</b> <b>(mg/L)</b>	7.000	1.600	-	2.500	12.800	10.300	8.100
<b>DQO,</b> <b>(mg/L)</b>	15.000	5.750	24.400	11.000	-	42.550	-
<b>NTK</b> <b>(mg/L)</b>	700	-	644	1500	209	793	-
<b>NH4</b> <b>(mg/L)</b>	150	-	-	-	-	113	-
<b>P total</b> <b>(mg/L)</b>	250	-	54	-	-	171	-
<b>Óleos e</b> <b>graxas</b> <b>(mg/L)</b>	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Strauss, 1995.

### 3.7 FORMAÇÃO DE ODORES NAS ETE

Durante o processo de tratamento de esgotos ocorre, nas ETE, a geração de odores incômodos, que são principalmente causados por compostos sulfurosos ( $H_2S$ , mercaptanas e sulfetos orgânicos), compostos nitrosos (amônia e nitrogênio orgânico), ácidos e compostos orgânicos, como o aldeído e a cetona. As principais fontes de maus odores são  $H_2S$  e  $CH_3SH-NH_3$  nos adensadores,  $H_2S$  e acetaldeído no processamento térmico,  $H_2S$  e  $NH_3$  no desaguamento e  $NH_3$  no depósito, se o lodo for estabilizado com cal. Os conteúdos de enxofre (mercaptanas, sulfetos orgânicos, dissulfetos e, acima de tudo, ácido sulfídrico) representam a maioria das moléculas causadoras de odores encontrados em ETE.

Quando o esgoto ou o lodo chegam à septicidade, as bactérias anaeróbias reduzem os sulfetos a compostos orgânicos sulfurosos (aminoácidos, detergentes) e, em seguida, à ácido sulfídrico, que é a origem de odores desagradáveis (BONNIN et al., 1990).

Os compostos nitrosos também podem ser fontes de odores incômodos. Eles são principalmente a amônia, as aminas e, em menor grau, o indol e o escatol. A amônia evapora na degradação da urina e na degradação biológica de proteínas e aminoácidos. A amônia também pode ser formada através da hidrólise de compostos nitrosos em instalações de armazenamento prolongado e, quando a temperatura for alta, por exemplo, nos adensadores. Comumente, as aminas são subprodutos do metabolismo bacteriano de aminoácidos em condições anaeróbias (BONNIN et al., 1990).

Outros compostos pertencentes à família dos ácidos graxos voláteis, dos aldeídos, dos álcoois e das cetonas muitas vezes são responsáveis por odores. Estes compostos são subprodutos da fermentação de carboidratos, primeiro transformados em ácido (fase de acidificação) e, então, em álcool, aldeídos e cetonas.

Na tabela 3.12 são apresentados compostos que causam odores de diferentes características, de acordo com cada família química a que pertencem, assim como o nível olfativo mínimo e o valor limite tolerável no ar.

Tabela 3.12 – Principais características de compostos formadores de odores no tratamento do lodo.

<b>Classe</b>	<b>Composto</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Odor</b>	<b>Limiar olfativo (mg/Nm<sup>3</sup>ar)</b>
<b>Sulfetos</b>	Ácido sulfídrico	H <sub>2</sub> S	Ovo podre	0,0001-0,03
	Metilmercaptana	CH <sub>3</sub> SH	Repolho, alho	0,0005-0,08
	Etilmercaptana	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	Repolho podre	0,001-0,03
	Dimetilsulfeto	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -S	Vegetal podre	0,0025-0,65
	Dietilsulfeto	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> -S	Éter	0,0045-0,31
	Dietildisulfeto	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	Putrefação	0,003-0,014
<b>Compostos</b>	Amônia	NH <sub>3</sub>	Irritante	0,3537
<b>Nitrosos</b>	Metilamina	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	Peixe podre	0,021
	Etilamina	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -NH <sub>2</sub>	Amoníaco	0,05-0,83
	Dimetilamina	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -NH	Peixe podre	0,047-0,16
	Indol	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> -NH	Fezes	0,0006
	Escatol	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> -NH	-	-
	Cadaverina	NH <sub>2</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -NH <sub>2</sub>	Carne podre	-
<b>Ácidos</b>	Acético	CH <sub>3</sub> -COOH	Vinagre	0,025-6,5
	Butírico	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -COOH	Rançoso	0,0004-3
	Valérico	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -COOH	Suor	0,0008-1,3
<b>Aldeídos</b>	Formaldeído	H-CHO	Acre, sufocante	0,033-12
	Acetaldeído	CH <sub>3</sub> -CHO	Fruta, maçã	0,04-1,8
	Butiraldeído	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -CHO	Rançoso	0,013-15
	Isobutiraldeído	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -CHCHO	Fruta	0,3
	Isovaleraldeído	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -CH-CH <sub>2</sub> CHO	Fruta, maçã	0,072
<b>Cetonas</b>	Acetona	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	Fruta, doce	1,1-240
	Butanona	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -CO-CH <sub>3</sub>	Maçã verde	0,03

Fonte: Nuvolari, 2011.

O sulfeto de hidrogênio é essencialmente eliminado com o aumento do pH para níveis maiores que 9, pois é convertido para formas ionizadas não-voláteis (IDE, 1994). Por isso, o desagradável odor do sulfeto de hidrogênio não é usualmente percebido no processo de estabilização com a cal. Entretanto, se por alguma razão ocorrerem mudanças no pH do lodo, a geração desse gás pode voltar a ocorrer. As técnicas de controle de odores mais usadas no tratamento de lodo incluem o ajuste de pH, a adição de sais metálicos, a adição de nitratos e a adição de oxidantes químicos.

Vários compostos orgânicos, como amônia e sulfeto de hidrogênio, que são as substâncias que causam os mais desagradáveis odores associados ao tratamento de esgoto, poderão ser controlados pelo ajuste de pH. A química da amônia é o que, em temperaturas ambientais de 25°C, emitirá odores somente em pH maiores que 7,0, com a emissão

começando substancialmente em um pH maior que 9,5. O sulfeto de hidrogênio, por outro lado, não está significativamente presente no lodo, como um gás odorífico em pH acima de 9,0, mas esta é a forma do sulfeto em pH abaixo de 6,5, predominantemente (CALVANO et al., 1992 apud IDE, 1994).

Também é possível evitar a septicidade dos lodos com a adição de oxidantes químicos, tais como cloro, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, ozônio, entre outros. Além disso, algumas substâncias odoríficas também podem ser destruídas por estes produtos químicos através da oxidação (CALVANO et al., 1992).

### 3.8 ESTABILIZAÇÃO: REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Os processos de estabilização, com redução de sólidos voláteis, foram desenvolvidos com o objetivo de estabilizar a fração biodegradável da matéria orgânica presente no lodo, reduzindo o risco de putrefação, bem como a concentração de patógenos (ANDREOLI et al., 2001). Atualmente, têm sido propostos os termos sanitizado, higienizado e desinfetado para se referir ao lodo higienicamente seguro. De acordo com IDE (1994), existem duas principais formas de estabilização de lodo, que vinham sendo utilizadas, com cada uma compreendendo uma variedade de métodos e técnicas, sendo elas:

- Estabilização biológica: inclui a digestão anaeróbia, a digestão aeróbia e a compostagem. Produz um lodo apto a ser utilizado com restrições na agricultura, como condicionador do solo e fertilizante orgânico. Necessita de um pós-tratamento por higienização para utilização irrestrita na agricultura;
- Estabilização química: ocorre mediante a oxidação química da matéria orgânica, com adição de produtos químicos. A presente pesquisa pretende focar na estabilização química.

#### 3.8.1 Estabilização química

A estabilização química do lodo de esgoto tem sido utilizada como uma alternativa aos processos biológicos, sendo um processo que converte o lodo em um produto apropriado para aplicação no solo. Durante a estabilização química ocorre uma série de reações químicas desconhecidas entre o lodo e o(s) produto(s) aplicado(s). O produto resultante, semelhante ao

solo, é um sólido estável, sob os aspectos químicos, biológicos e físicos, tendo baixo potencial para exalar odores e contendo baixos níveis de patógenos, visto que os metais presentes no lodo estão imobilizados (LOPES, 2015). A estabilização química do lodo é citada como um dos processos de redução da atratividade de vetores. A condição referida para esse processo é o critério da elevação do pH. A quantidade de álcali misturada com o lodo deve ser suficiente para que o pH seja elevado até, pelo menos, 12 por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas, sem que seja feita, portanto, uma aplicação adicional de álcali (PINTO, 2001).

Os produtos químicos mais utilizados são o cloro e a cal. A estabilização do lodo com cloro não é comumente usada; no entanto, o uso da estabilização com cal tem sido a mais abrangente. Os lodos estabilizados com cloro apresentam coloração amarelada, pouco odor, esterilidade e são geralmente fáceis de desaguar mecanicamente ou em leitos de secagem (WPCF, 1986). O lodo estabilizado com cloro tem sido usado como um condicionador de solo. Entretanto, o seu uso, tanto em solo agrícola quanto em aterros sanitários, causam problemas devido à sua alta acidez, ao alto conteúdo de cloreto e ao potencial para liberar hidrocarbonetos clorados e metais pesados. Os lodos estabilizados com cloro são corrosivos, a menos que o pH seja ajustado (IDE, 1994).

Na estabilização química são adicionados ao lodo produtos que podem inibir a atividade biológica ou oxidar a matéria orgânica. O tratamento químico mais utilizado é a via alcalina, em que uma base, normalmente a cal, é misturada ao lodo, elevando seu pH e destruindo a maior parte dos micro-organismos patogênicos (FERNANDES et al., 2001). O uso de outros produtos químicos, como cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio, também é possível, porém numa pequena escala.

### **3.8.1.1 Estabilização alcalina**

De acordo com Rocha (2009), a estabilização alcalina tem a propriedade de elevar o pH produzindo  $\text{NH}_3$ , que penetra na membrana dos ovos de helmintos e no seu interior, desnaturando as enzimas responsáveis pelo metabolismo do organismo, ocasionando a sua morte. Segundo Andreoli (2003), a atividade inibidora dos álcalis atua nos seguintes sítios vulneráveis da célula:

- a) na síntese da parede celular;
- b) na função da membrana;

- c) na síntese proteica;
- d) no metabolismo dos ácidos nucleicos;
- e) nas reações enzimáticas.

Segundo Pecson et al. (2007), para se atingir a inativação dos ovos de helmintos em taxas superiores a 90%, o tempo mínimo de estocagem varia de 2 horas a 180 dias. Os fatores que contribuem para essa variação são a temperatura, a dosagem e o pH durante a estocagem. O grau de inativação obtido depois da estocagem do lodo tratado depende, então, do valor inicial do pH e do tempo de estocagem.

Estudos sobre a eficiência da calagem, realizados pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), demonstraram a eficiência do tratamento na eliminação de patógenos observados em análises de lodo caledado a 50%, coletadas no vigésimo dia, apresentando redução de 100% de coliformes fecais, salmonelas, estreptococos, cistos de protozoários e larvas de helmintos, sendo 99,5% para coliformes totais e 77,3% para ovos de helmintos (TSUTIYA, 2002).

O efeito da calagem na eliminação dos patógenos do lodo foi pesquisado e citado por Costa e Andreoli (2006). Os resultados demonstraram a eficiência na remoção de coliformes até concentrações abaixo do nível de detecção ( $200 \text{ NMP} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ MS}$ ), inferior ao limite de restrição da resolução CONAMA n° 375 (CONAMA, 2006).

Sabe-se que a adição de produtos alcalinos tem efeito estabilizante no lodo de esgoto. A cal é um dos produtos alcalinos mais utilizados no saneamento, sendo usada para elevar o pH nos digestores, remover o fósforo nos tratamentos avançados de efluentes, condicionar o lodo para o desaguamento mecânico e estabilizar quimicamente o lodo. Segundo SANEPAR, o termo cal é utilizado na literatura brasileira e nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para designar o produto composto predominantemente por óxido de cálcio (CaO) ou por óxido de cálcio e óxido de magnésio (CaO e MgO), resultantes da calcinação de calcários magnesianos e dolomitos.

Pode ser utilizada a cal virgem (CaO) ou a cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . A cal virgem é mais utilizada a granel e para grandes quantidades, enquanto hidratada é vendida em embalagens de até 20 kg e manipulada com maior facilidade. A cal virgem também libera calor em contato com a água, porém, ao ser misturada ao lodo, esta elevação de temperatura não é suficiente para eliminar os patógenos. É a amônia que elimina os patogênicos através da penetração nas suas membranas. A tabela 3.13 representa uma das composições químicas da cal virgem produzida na empresa ITAÚ Calcário:

Tabela 3.13 – Composição química da cal virgem (CaO).

<b>Componentes</b>	<b>Concentração (%)</b>
MgO	0,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3
SiO <sub>2</sub>	1,4
CaO total	94,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2
CaO disponível	87,3
CO <sub>2</sub>	1,5
S	0,07
MgO	0,4

Fonte: ITAÚ Calcário, 2013.

O óxido de cálcio reage com a água do lodo, gerando temperaturas entre 55 e 70 °C, devido à reação exotérmica do óxido de cálcio com a água disponível no lodo por mais de 24h, dependendo do isolamento do recipiente utilizado no armazenamento do lodo. Estas condições são similares às do processo de pasteurização, em que, em cerca de 30 minutos, os organismos patogênicos são inativados (STRAUCH, 1989).

O óxido de cálcio combinado com a água do lodo gera calor e se transforma em Ca(OH)<sub>2</sub>. Um grande aumento de conteúdo de matéria seca é obtido, pois 1 kg de cal virgem resulta em 1,32 kg de cal hidratada (IDE, 1994):  $1 \text{ kg CaO} + 0,32 \text{ kg H}_2\text{O} \rightarrow 1,32 \text{ kg Ca(OH)}_2 + 1164 \text{ KJ}$

A cal hidratada em concentrações suficientes, mas sem a emissão de calor, pode conseguir a destruição de patógenos somente pelo alto valor de pH (IDE, 1994).

Durante a estocagem, tanto a cal virgem quanto a hidratada, podem reagir com o CO<sub>2</sub> atmosférico para formar uma camada superficial de carbonato de cálcio, tornando a cal menos reativa e, portanto, menos efetiva na elevação do pH. Além disso, a cal virgem reage prontamente com a umidade do ar, causando empedramento.

Rocha (2009) avaliando a eficiência da higienização alcalina do lodo de esgoto sanitário, produzido no reator UASB, da ETE Lages em Aparecida de Goiânia/GO, com cal virgem e cal hidratada nas concentrações de 12,6%, 21% e 29,4%, para cada experimento, analisou as amostras do lodo higienizado de cada tratamento após 60 dias de incubação e obteve os seguintes resultados em NMP.g.MS<sup>-1</sup>:

- Com cal hidratada- testemunha,  $1,10 \cdot 10^5$ ; com 12,6% de cal, 3,98; com 21,0% de cal,  $2,73 \cdot 10^2$  e com 29,6% de cal,  $3,03 \times 10^{-1}$ .



- Com cal virgem-testemunha,  $1,58 \times 10^4$ ; com 12,6% de cal, 3,14; com 21,0% de cal,  $2,47 \cdot 10^{-1}$  e com 29,6% de cal  $2,60 \cdot 10^{-1}$

Atualmente, novas tecnologias de tratamento alcalino foram colocadas no mercado, como a estabilização alcalina avançada, conhecida comercialmente como processo “N-viro”. O processo consiste em adicionar a cal ao lodo até atingir pH 12 ou superior, almejando a destruição de micro-organismos patogênicos, a diminuição do odor gerado pelo lodo e a fixação de metais pesados.

No lodo adequadamente estabilizado, pouca ou nenhuma decomposição ocorre e, conseqüentemente, os odores não são produzidos. O ajuste do pH pode causar liberação de gás; num pH alto, o gás amônia é emitido, e num pH baixo é provável que haja a liberação de sulfeto de hidrogênio (WPCF, 1986).

A inativação de bactérias e protozoários ocorre de forma rápida, ocasionada por fatores ambientais, como a temperatura e o pH, tornando-os pouco significativos como indicadores de proteção à saúde pública. Os ovos de helmintos, pela sua maior capacidade de sobrevivência, tornaram-se o indicador mais importante para a avaliação das condições sanitárias do lodo de esgoto. Vírus, helmintos e protozoários não se reproduzem fora de seu organismo hospedeiro específico (ROCHA, 2009). Uma vez inativados não são capazes de crescer novamente (PINTO, 2001). A tabela 3.14 sintetiza algumas pesquisas realizadas sobre a inativação de ovos de helmintos por via de tratamento alcalino.

Tabela 3.14 – Pesquisas realizadas sobre a inativação de ovos de helmintos por via de tratamento alcalino.

Referência	Material	Tmed (°C)	Agente alcalino	Dose	pH máx	pH méd	Duração	Inativação de ovos de helmintos
Mendez et al., 2005	Lodo	20	NH <sub>4</sub> OH	50% w/w	10,7	NR	2h	94%
	Lodo	20	NH <sub>4</sub> OH	50% w/w	10,7	NR	2h	94%
	Lodo	NR	Ca(OH) <sub>2</sub>	26% w/w	11,9	NR	< 1d	Conc. > limite
Gantzer et al., 2001	Lodo	NR	Ca(OH) <sub>2</sub>	65% w/w	11,5	NR	<1d	Idem
	Lodo	NR	CaO	25% w/w	12,4	NR	< 1d	Idem
Polprasert e Valência, 1981	Excreções	NR	CaO	19 g/l	12	<1unit	48h	26,5%
Kato et al., 1999	Lodo digerido	37	NaOH+ 1%(w/v) (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NR	13	NR	48h	>99%
Plachy et al., 1996	Lodo primário	21-25	Ca(OH) <sub>2</sub>	10 g/l	12	<1unit	7d	3,60%
Reimers et al., 1986	Lodo digerido	NR	NaOH + 50mg/gTS de (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.200 mg/gST	NR	NR	10d	62%
Chiglietti et al., 1997	Lodo	22	NH <sub>4</sub> OH	4% v/v	10,5	NR	21d	>99%
Brewster et al., 2003	Lodo digerido	>20	CaO	10% w/w	NR	NR	40d	>99%
Eriksen et al., 1996	Lodo	Amb-45	CaO	10% w/w	>12	>12	70d	>99%
Schuh et al., 1984	Lodo digerido	NR	Ca(OH) <sub>2</sub>	NR	12,5	8,7-12,5	98d	98,5%

Fonte: www.sciencedirect.com-2007.

Algumas características físicas e químicas do lodo são alteradas pela adição da cal, o que também se verifica na higienização do lodo com as cinzas de biomassa vegetal. Fisicamente, o lodo pode formar uma capa mais dura e branca ao ser exposto ao ar livre. Quimicamente, além da fixação dos metais pesados, pode haver insolubilização do fósforo e perdas de nitrogênio por volatilização da amônia (ANDREOLI, 2001).

### **3.8.1.2 Fatores determinantes no processo de calagem**

Os fatores que afetam o processo de calagem dos lodos são o pH, a temperatura, a dosagem de cal e a eficiência da mistura, assim como o teor de umidade e o tempo de estocagem. A seguir, os referidos fatores são comentados.

#### **a) pH**

O lodo de esgoto nalguns casos se apresenta com comportamento ácido e isso ocorre devido à dissociação de prótons ligados aos grupos funcionais de “-COOH” e “-OH” da matéria orgânica (COSTA et al. 2014) e noutros casos se apresenta como neutro. A acidificação do lodo pode ser devido às reações de nitrificação do nitrogênio amoniacal, oxidação de sulfitos e produção de ácidos orgânicos durante o processo de degradação do lodo pela ação dos microrganismos. Silva et al. (2014) estudando lodo de esgoto proveniente de um biodigestor da ETE Barueri, SP, encontraram pH de 6,9; Turnina (2007) achou pH de 6,02 na ETE Insular em Florianópolis/SC; Tsutiya (2001) encontrou pH de 5,90 na ETE Belem-Curitiba- PR e MIRANDA (2010) obteve pH de 5,71 na ETE Chapecó/SC.

Quando se eleva o pH do lodo de esgoto, ocorre alteração da natureza coloidal do protoplasma celular dos patógenos, produzindo um ambiente inóspito para a sua sobrevivência. A atividade microbiana se desenvolve em ambientes com pH entre 6,5 e 9,0, por isso o pH é a condição básica na redução de micro-organismos do lodo (PINTO, 2001). Outro aspecto relacionado ao pH elevado, além da eliminação de bactérias, é o impedimento da movimentação de metais pesados através do solo (PAIXÃO, 2005). A elevação do pH do lodo depende do pH inicial e da umidade do material, além de outros fatores, como a solubilidade e a reatividade do reagente alcalino utilizado (PEGORINI, 2006b).

## b) Temperatura

A temperatura excessiva pode promover a desnaturação proteica e/ou a inativação de enzimas fundamentais ao desenvolvimento dos organismos patogênicos (LIMA, 2008). A umidade associada à temperatura é um importante fator limitante ao desenvolvimento de organismos patogênicos (LIMA, 2008). De acordo com as exigências da USEPA (2003), a temperatura mínima para promover a destruição de coliformes termotolerantes é de 70 °C, considerando um tempo de exposição de 60 minutos. Pesquisas laboratoriais da termo-resistência de ovos de helmintos e coliformes termotolerantes realizados por Lima (2008) demonstraram que em um tratamento térmico do lodo temperaturas acima de 55 °C são eficientes no processo de higienização.

Por outro lado, Ramos et al. (2007) concluíram em pesquisa realizada na ETE Pavuna, no Rio de Janeiro, que a secagem térmica do lodo em temperaturas abaixo de 100 °C não confere estabilidade devido à persistência da geração de odores e da atratividade em relação a vetores que persistiram, apesar da baixa umidade. Os autores recomendaram a adição de cal para a estabilização do lodo, com temperaturas menores que 100 °C.

Andreoli et al. (2003) mencionaram resultados de pesquisas em que foram submetidos ovos de *Ascaris suum* e *Ascaris lumbricoides* às temperaturas de 22 °C, 30 °C e 40 °C, e que estes foram inativados após um período de 14 dias em meio alcalino (pH = 11,9), à temperatura de 30 °C, e após 7 dias em meio alcalino ou neutro, a 40 °C.

A tabela 3.15 apresenta as temperaturas e tempos de exposição necessários para a morte dos micro-organismos.

Tabela 3.15 – Tempo e temperatura para a destruição de micro-organismos e parasitas.

<b>Micro-organismo</b>	<b>Temperatura de inativação</b>	<b>Tempo de destruição</b>
<i>Salmonella tyfosa</i>	> 45 °C, 55-60 °C	Morte em 20-30 minutos
<i>Salmonella ssp</i>	55-60 °C	Morte em 20-60 minutos
<i>Shigella ssp</i>	60 °C	Morte em 60 minutos
<i>Escherichia coli</i>	55-60 °C	Morte em 12-20 minutos
<i>Entamoeba histolytica</i>	45-55 °C	Morte em segundos e/ou minutos
<i>Taenia saginata</i>	55 °C	Morte em alguns minutos
<i>Streptococcus piogenes</i>	54 °C	Morte em 10 minutos
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	66 °C	Morte em 15-20 minutos
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	55 °C	Morte em 45 minutos
<i>Ascaris lumbricoides</i>	> 50 °C	Morte em 50-60 minutos
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	66 °C	Morte em 15-20 minutos
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	55 °C	Morte em 45 minutos
<i>Ascaris lumbricoides</i>	> 50 °C	Morte em 50-60 minutos

Fonte: adaptado de SHARMA, 1995.

### c) Dosagem e eficiência da mistura

As dosagens dos reagentes, calculadas em função da concentração de cal virgem e da concentração de sólidos totais do lodo, têm influência significativa sobre o pH ao final do período de estocagem de 30 dias, de acordo com SANEPAR (1999). Em conformidade com os resultados da pesquisa, as taxas de adição de 30% de cal virgem em relação aos ST são suficientes para a manutenção do pH acima de 12, em lodos mais úmidos (com teor de ST inferior a 30%). Já para os lodos secos, estas faixas poderiam ser reduzidas para 12% e 17% de cal virgem/ST.

Fernandes et al. (2001) encontraram níveis diferenciados de eficiência da calagem de cal virgem adicionada ao lodo. Segundo os autores, a higienização dos lodos pelo processo alcalino, utilizando-se a cal, depende da utilização de dosagens suficientes para manter o pH na faixa de 12 por pelo menos 30 dias, e também para proporcionar um pulso de calor suficiente para elevar a temperatura da massa a 70°C de 20 a 30 minutos. À proporção das ideias trazidas pelos autores, o tempo de mistura é fator fundamental para garantir a reação do resíduo e o contato com toda a superfície do lodo. Para que a reação seja homogênea, promovendo a alcalinização de toda a massa de lodo, é necessário que haja uma boa mistura do lodo com a cal, fator associado ao tempo de mistura e ao tamanho de partícula do lodo.

Ainda, acordo com SANEPAR, há uma grande influência da efetividade de mistura e do tamanho das partículas para a permanência do pH na faixa ideal após o processamento da mistura. A formação de área sem cal, ou seja, com baixo pH, resultará em atividade biológica e rápida queda de pH resultante dos metabólicos ácidos microbianos, acelerando a recontaminação. Segundo Pinto (2001), a mistura do lodo com a cal pode ser feita de maneira simplificada e por batelada (manual, betoneira) ou de maneira contínua com equipamentos industriais.

### d) Teor de umidade

O lodo é um resíduo que apresenta elevado teor de umidade, sendo necessária a sua desidratação quando da realização de qualquer operação subsequente ao tratamento, principalmente durante o transporte para a disposição final. O processo de desaguamento é realizado, tomando em consideração alguns aspectos, a destacar: características do lodo, local de destino final, custo do transporte e características físicas do lodo. Tendo em conta aspectos microbiológicos, Soccol et al. (2010) afirmam que, por possuírem sensibilidade à dessecação, muitos micro-organismos presentes no lodo de esgoto sanitário não sobrevivem por longos períodos com baixa umidade, sendo a umidade ideal para a sobrevivência e a reprodução

destes aquela que possui valores acima de 70%. O valor médio de umidade no lodo bruto é propício para a proliferação de micro-organismos patogênicos analisados. Pesquisas realizadas em algumas ETE encontraram os seguintes valores de umidade: ETE Chapecó/SC 79,55%; ETE Lavapés/SP 84%; ETE Barueri/SP 63% e ETE Insular/SC 88,74%.

Estudos de Comparini (2001) demonstram que a perda de umidade do lodo contribui para a redução da concentração de micro-organismos, pois na referida pesquisa obtiveram resultados expressivos com a secagem do lodo em estufas agrícolas.

Com a secagem natural do lodo perde-se uma percentagem muito grande de umidade. Resultados apresentados por Cordeiro (2001) evidenciaram a eficiência do pátio de secagem na ETE Melchior, em Brasília, de 86% para 25% de umidade, apresentando uma média de 71% de umidade em um período de 30 dias. Vale lembrar que esse dado foi obtido no monitoramento entre agosto e setembro de 2003, período de estiagem. A influência do clima e da estação do ano na redução da umidade foi verificada em várias pesquisas relativas aos processos de higienização de lodo no sul, no sudeste e no nordeste do Brasil (ANDREOLI, 2007).

Pegorini et al. (2006a) constataram que a reação do lodo com a cal ocorre mesmo com baixos teores de umidade. Os mesmos autores observaram também que a eficácia da cal é melhor para os lodos mais secos, desde que ainda haja uma quantidade de água suficiente para que ela possa reagir com as moléculas de água e assim provocar o aquecimento da mistura. Em suas pesquisas, verificaram que lodos mais secos (49% e 60% de ST) demandam dosagens menores de cal para alcalinização e manutenção do pH elevado, enquanto que lodos mais úmidos demandam maiores dosagens relativas aos teores de ST. O mesmo deve valer para misturas de lodo com cinzas.

#### e) Tempo de estocagem

A estocagem do lodo, por si só, não promove a higienização. Em pesquisa realizada por Comparini e Alem Sobrinho (2000) na ETE Franca, em São Paulo, demonstrou que o lodo estocado em valas cobertas por 357 dias não apresentou reduções significativas dos indicadores de qualidade sanitária.

Os organismos patogênicos expostos a níveis extremos de pH por períodos prolongados, seja ácido ou alcalino, tendem a ser destruídos (ILHENFELD et al., 1999 apud PEGORINI et al., 2006b). Pesquisas realizadas no Paraná demonstraram que é necessário um tempo de contato de 30 a 60 dias para a calagem fazer efeito.

Gaspard et al. (1997) também corroboraram com o princípio de estocagem de 2 a 3 meses, e dosagem de cal suficiente para manter o pH em 12,5, de forma a alcançar um lodo isento de ovos viáveis de helmintos.

### **3.8.1.3 Efeito da calagem nos nutrientes**

Nos Estados Unidos da América, o United State Department of Agriculture (USDA) considera um biossólido típico aquele que contém 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e 0,4% de potássio (MALTA e TSUTIYA, 2003). Segundo Malta e Tsutiya (2003), em experimento de calagem com lodo da ETE Lavapés, em São José dos Campos, na medida em que se aumentou a dosagem de cal aplicada ao lodo, ocorreu uma redução na concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cobre, zinco, ferro e matéria orgânica, bem como o aumento de cálcio.

### **3.8.1.4 Efeito da calagem nos metais**

Com a elevação do pH do lodo há uma grande influência na absorção de metais pelo solo e pelas plantas. O lodo com baixo pH (menor que 6,5) promove a perda e a percolação de metais pesados eventualmente presentes na massa de lodo. Os diferentes metais pesados são afetados diferentemente pelo pH, alguns tendo sua disponibilidade aumentada pelo aumento de pH e outros, tendo sua disponibilidade limitada pela elevação do pH. Contudo, considera-se que em esgotos domésticos, quando há um controle na fonte geradora, o que impede contribuições industriais, não deve haver metais pesados.

## **3.8.2 Critérios de projeto na estabilização de lodo com cal**

Os fatores primários a considerar em um projeto de um sistema de estabilização de lodo com cal são o pH, o tempo de contato e a dosagem de cal. O tempo de contato e o pH estão diretamente relacionados, pois o pH necessário deve ser mantido por um tempo adequado para promover a destruição de patógenos. A dosagem de cal deve ser suficiente para proporcionar elevada alcalinidade residual para manter um pH elevado por vários dias antes

da disposição, o que impedirá que o pH diminua e evitará o crescimento ou a reativação da produção de odores e organismos patogênicos. A queda do pH (referida como decaimento de pH) ocorre na seguinte sequência: inicialmente, o dióxido de carbono atmosférico (que forma um ácido fraco quando dissolvido na água) é absorvido e gradualmente consome a alcalinidade residual da mistura. Com o consumo da alcalinidade, o pH começa a decrescer gradualmente (IDE, 1994).

Estudos realizados por (POLPRASERT e VALENCIA, 1981) confirmaram a importância da alcalinidade em hidróxido na inativação das bactérias, nas viroses entéricas e nos colifagos durante o tratamento com cal, reportando que a eficiência de inativação foi muito menor a valores baixos de pH. Além disso, algumas bactérias se multiplicaram a pH 9,6. Assim, parece que o produto de hidrólise da cal que produz o efeito antimicrobiano é o  $\text{OH}^-$  e não o  $\text{Ca}^{2+}$ . Os resultados obtidos por Polprasert e Valencia (1981), indicam um possível efeito ovicida da cal (ou  $\text{OH}^-$ ) sobre os ovos de *Ascaris*, mas a uma baixa eficiência, que pode ser melhorada com um tratamento combinado com outros métodos físico-químicos.

Vários estudos tem sido realizados para determinar o pH e o tempo de contato requeridos para estabilizar o lodo com cal. O pH usualmente decresce seu valor inicial durante o processo de estabilização. Portanto, o pH deverá ser aumentado para um valor maior que 12, e assim mantido por um tempo determinado. O lodo deve ser contido por um tempo suficiente, podendo ser monitorado, assegurando um pH adequadamente alto e que tenha sido mantido pelo período desejado (WPCF, 1985). A dosagem de cal requerida para elevar o pH depende de inúmeros fatores, incluindo: tipo de lodo (primário, lodo ativado, entre outros), composição química (também o conteúdo de orgânicos) do lodo e do líquido e concentrações de sólidos do lodo (WPCF, 1985).

### **3.8.3 Pasteurização**

A pasteurização é uma técnica que consiste em processar o lodo líquido com 4% a 8% de sólidos. No processo de pasteurização, o lodo é colocado em reatores, nos quais é realizada a injeção de amônia anidra até a elevação do pH a 11,5. Após uma hora, aproximadamente, há uma grande redução de micro-organismos patogênicos devido à presença de amônia livre (30%). Em seguida, é adicionado o ácido fosfórico e a reação exotérmica eleva a temperatura a 65-70 °C, por aproximadamente dois minutos. Esta reação também baixa o pH para 7 e, em seguida, o lodo pode ser desidratado (ANDREOLI, 2001).



### 3.8.4 Secagem térmica

A secagem térmica é uma forma de estabilização pela qual os patógenos são eliminados por altas temperaturas, que também suprimem os odores emanados pelo lodo.

De acordo com o Fernandes (2000), secagem térmica consiste na elevação da temperatura, o que provoca a evaporação da água. O lodo precisa ser desidratado até apresentar teor de sólidos na faixa de 20% a 45%. Após a secagem, o lodo pode adquirir aspecto granular e apresentar teor de sólidos de 90% a 95%. O processo é eficiente para bloquear a atividade biológica no lodo devido à secagem; porém, como não há mudanças substanciais na matéria orgânica, uma vez que o lodo se reidrata, no solo, por exemplo, a atividade biológica é retomada. Os secadores térmicos podem ser, em conformidade com o autor supracitado (2000), de dois tipos:

- Secadores de contato direto, em que o ar quente fica em contato direto com o lodo, arrastando a umidade, bem como eventuais gases e poeira;
- Secadores de contato indireto, em que o calor é transmitido por intermédio de uma placa trocadora de calor, de forma plana ou cilíndrica.

### 3.9 ESTABILIZAÇÃO DOS LODOS DE REATORES TIPO UASB

De acordo com o Chavez (1998 apud NASCIMENTO et al., 2001), a estabilização dos lodos anaeróbios ocorre tanto no material biodegradável extracelular presente no lodo (DQO exógena) quanto no próprio lodo (DQO endógena); como resultado, haverá uma diminuição da concentração de SSV, caracterizando um lodo estabilizado. Durante a estabilização poderá ocorrer redução de volume de lodo de 25% a 40%. Os parâmetros normalmente utilizados para a verificação da estabilidade do lodo são o odor, a toxicidade, a redução de SSV e os patógenos. A fração da matéria orgânica em um lodo digerido é relativamente alta (45% a 60%), porém, trata-se de um material não biodegradável ou de difícil biodegradação, o que reduz problemas ao meio ambiente quanto à formação de maus odores e à atração de vetores (NASCIMENTO, et al., 2001).

Segundo Chernicharo (2007), as características dos lodos anaeróbios provenientes de reatores UASB são:

- Lodo estabilizado, devido ao elevado tempo de residência celular no sistema de tratamento prévio;

- Concentração de sólidos de 3% a 5%, possibilitando o descarte de menores volumes de lodo;
- Facilidade de desaguamento;
- Possibilidade de reciclagem agrícola do lodo, desde que tomados os devidos cuidados com relação aos patógenos.

A composição do lodo dos reatores UASB pode variar em função da periodicidade das descargas. Todavia, é um lodo mais mineralizado, com menores teores de matéria orgânica e nutrientes e com umidade variável (ANDREOLI et al., 1997).

Dentre as principais características físicas e químicas dos lodos gerados em reatores UASB, podem ser citadas o pH de 6,5, o teor de umidade em torno de 96%, 2,3% de nitrogênio e 0,95% de fósforo (SOARES et al. 2008). A produção de lodo em um sistema anaeróbio é baixa devido ao baixo crescimento das bactérias anaeróbias e à forma de conversão da matéria orgânica (ROCHA, 2009).

### 3.10 HIGIENIZAÇÃO DOS LODOS

A higienização dos lodos tem por objetivo garantir menor grau de patogenicidade e reduzir concentrações de bactérias, de enterovírus e de ovos viáveis de helmintos, de forma que o lodo, ao ser disposto no solo ou em qualquer alternativa de disposição final, não venha a causar riscos à saúde e ao meio ambiente. Para promover a higienização do lodo, podem-se empregar mecanismos químicos, físicos e biológicos, combinados ou isoladamente (ROCHA, 2009). Existe um consenso entre vários países quanto às tecnologias de produção de um lodo seguro para aplicação de forma não restrita ao solo, sendo que muitas das variáveis de controle do processo são específicas para cada país, em função da grande variabilidade das condições ambientais e das características do lodo produzido (ROCHA, 2009).

Muitos processos utilizados na estabilização também podem ser utilizados na fase de higienização. Segundo a abordagem de Pinto (2001), os mecanismos de higienização são definidos da seguinte forma:

- Via térmica: o mecanismo de redução de patógenos por via térmica combina duas variáveis de controle, relacionadas ao tempo de permanência do lodo a uma dada

temperatura. As duas variáveis agem em conjunto para produzir a qualidade microbiológica exigida para a sua aplicação de forma não restrita do lodo;

- Via química: o mecanismo de higienização de lodos pela via química utiliza um produto alcalinizante para elevar o pH do lodo, produzindo um ambiente inóspito para a sobrevivência dos micro-organismos. O produto alcalinizante altera, de forma letal, a natureza coloidal do protoplasma celular dos micro-organismos patogênicos;
- Via biológica: a vermicultura é o exemplo cujo processo consiste na ingestão de matéria orgânica do lodo por minhocas detritívoras (*Eudrilus eugeniari*, *Eisenia foetida* e outras), que excretam um húmus de grande valor agrônômico. Ao ingerir a matéria orgânica, as minhocas estariam também ingerindo patógenos e inativando-os por meio de sua atividade gástrica.

Ainda segundo Rocha (2009), dentre as tecnologias mais utilizadas nos processos de higienização, podem-se citar:

- Compostagem: processo aeróbio de decomposição da matéria orgânica, realizada por meio de condições controladas de temperatura, aeração, umidade e nutrientes. Tanto o lodo bruto quanto o digerido podem ser compostados;
- Digestão aeróbia autotérmica: segue os mesmos princípios do sistema convencional de digestão aeróbia, com a diferença de operar em fase termófila;
- Calagem ou estabilização alcalina: é utilizada para tratar lodos primários, secundários ou digeridos. A cal virgem (CaO) e a cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>] são os produtos mais utilizados.

### 3.11 OS NUTRIENTES DO LODO

A composição nutricional do lodo de esgoto depende da origem do esgoto, que pode ser proveniente de áreas residenciais ou industriais, ou até mesmo da época do ano (BETTIOL e CAMARGO, 2006; FARIA, 2015). Os principais nutrientes do lodo estão descritos nas seções a seguir.

### 3.11.1 Nitrogênio

O nitrogênio é normalmente o mais valioso constituinte do lodo pelo seu valor agronômico. Ele também pode ser usado como fator limitante para a definição da dosagem máxima de lodo a ser aplicado ao solo, pois, acima de certo nível, o nitrogênio pode lixiviar em forma de nitrato e contaminar o lençol freático. Segundo Metcalf e Eddy (2003), as concentrações de nitrogênio no lodo podem variar muito, como, por exemplo, partindo de valores de 3.000 mg/kg até 58.900 mg/kg.

O nitrogênio do lodo provém dos dejetos presentes no esgoto e na biomassa microbiana, encontrando-se na forma mineral (nitratos e amônio) ou na orgânica. O nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e o nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) são considerados totalmente disponíveis para as plantas, enquanto o nitrogênio orgânico deve passar por mineralização microbiológica antes de ser absorvido. A mineralização da matéria orgânica do lodo no solo depende de vários fatores e experimentos que devem ser feitos para avaliá-la de forma mais precisa. Ao se definir a dosagem máxima de lodo para aplicação no solo, leva-se em consideração a disponibilidade do nitrogênio no solo e a necessidade da cultura, uma vez que pode ocorrer lixiviação na forma de nutrientes e, conseqüente, contaminação do lençol freático (FARIA, 2015). Em seguida são apresentados valores de nitrogênio amoniacal encontrados durante pesquisas de lodos de algumas ETE, nomeadamente: ETE Barueri 42.100 mg/kg; ETE Franca 68.200 mg/kg; ETE Curitiba 49.100 mg/kg, ETE Paranavaí 22.200 mg/kg e ETE Jundiaí 21.200 mg/kg

O teor de nitrogênio necessário para assegurar um crescimento ótimo nos vegetais é, em geral, entre 20.000 mg e 50.000 mg  $\text{N.kg}^{-1}$  de matéria seca (VARENNES, 2003).

### 3.11.2 Fósforo

Segundo Miranda (2010), os biossólidos, de um modo geral, contêm concentrações de fósforo bem menores do que os de nitrogênio.

O fósforo contido no lodo provém dos dejetos e corpos microbianos do esgoto e dos detergentes e sabões que utilizam fosfatos. A biodisponibilidade desse elemento no lodo é alta, variando de 40 a 80% do fosfato total. Algumas formas de tratamento, como a calagem, podem aumentar a disponibilidade do fósforo contido no lodo, por isso considera-se que, em

média, 50% do fósforo estará disponível para as plantas no primeiro ano de aplicação do lodo (FARIA, 2015; SANEPAR, 1997).

As plantas necessitam de quantidades pequenas de fósforo para seu desenvolvimento vegetativo e para sua produção. No entanto, o fósforo é o elemento mineral mais aplicado na agricultura brasileira (ANDREOLI et al., 2001), fato que se deve à baixa eficiência das adubações químicas do solo com o elemento: apenas 5% a 30% do total de fósforo aplicado através de fertilizantes químicos são aproveitados pelas plantas, fenômeno ocasionado pela alta capacidade de fixação de fósforo dos solos brasileiros (ANDREOLI et al., 2001). Pesquisas realizadas em algumas ETE no Brasil encontraram os seguintes valores de fósforo: ETE Chapecó 11.000 mg/kg; ETE Brasília 26.200mg/kg e ETE Belem 37.000 mg/kg. A concentração adequada de fósforo nas plantas é de 2.000 a 5.000 mg P.kg<sup>-1</sup> de matéria seca (VARENNES, 2003).

### 3.11.3 Potássio

De acordo com Miranda (2010), a concentração de potássio nos biossólidos é muito pequena, pois ele é solúvel na água. Por ser muito solúvel, o pouco do potássio presente no esgoto fica retido, portanto, no lodo. Por isso, o teor de potássio do lodo é baixo, sendo um macronutriente a ser fornecido pela suplementação de fertilização mineral. Mesmo apresentando baixos teores de potássio, considera-se 100% deste nutriente como assimilável (SANEPAR, 1997). Tsutiya (2001) estudando as características químicas de lodo de algumas ETE encontrou os seguintes de valores de potássio: ETE Barueri 1.000 mg/kg; ETE Franca 1.000 mg/kg ; ETE Curitiba 1500 mg/kg; ETE Paranavaí 340 mg/kg e ETE Jundiaí 660 mg/kg.

Nas pesquisas da estabilização química do lodo com cal notou-se a existência de quantidades insignificantes do potássio, havendo, assim, a necessidade da sua suplementação. Segundo Malta e Tsutiya (2003), em experimento de calagem com lodo da ETE Lavapés, em São José dos Campos-SP, na medida em que se aumentou a dosagem de cal aplicada ao lodo, verificou-se a redução na concentração de potássio.

A fixação de potássio é mais intensa em pH neutro do que em solos ácidos. Nestes, o íon hidrogênio compete com o potássio para a fixação. A calagem dos solos remove íons hidrogênio e alumínio do complexo de troca, fazendo aumentar a CTC por promover a

ionização de cargas dependentes do pH. A conjunção desses dois fatores leva à fixação do potássio no solo após a correção da acidez (VARENNES, 2003).

Dado que o potássio é um dos principais cátions de troca (juntamente com os íons de cálcio, magnésio, sódio, hidrogênio e alumínio), o estudo da retenção do potássio não é geralmente efetuado de um modo isolado, mas sim tendo em conta o equilíbrio entre os cátions de troca. Em solos neutros, ele é normalmente o terceiro cátion mais abundante, em seguimento ao cálcio e ao magnésio (VARENNES, 2003). O teor de potássio necessário para assegurar um crescimento vigoroso das plantas é elevado, semelhante ao teor de nitrogênio, na ordem de 20.000-50.000 mg K.kg<sup>-1</sup> de matéria seca (VARENNES, 2003).

#### **3.11.4 Sódio**

O sódio estimula o crescimento de algumas plantas, sendo essencial para algumas espécies, mas não para todas. O seu comportamento no solo apresenta semelhanças com o do cálcio e o do magnésio. O teor de sódio no lodo se deve à existência de sais no esgoto e depende, fundamentalmente, do balanço entre as entradas e as saídas do elemento. O sódio é ainda depositado a partir da atmosfera (VARENNES, 2003).

Estudos realizados mostraram que muitas espécies vegetais com fotossíntese em C4 precisam de sódio. A necessidade de sódio por determinadas plantas se deve ao mecanismo de transporte do dióxido de carbono das células do mesófilo até às células da bainha. Culturas como a cevada, a beterraba sacarina e o trigo são alguns exemplos de culturas mais tolerantes ao sódio através do melhoramento genético (VARENNES, 2003).

#### **3.11.5 Outros macronutrientes**

Como macronutrientes pode-se citar o cálcio, o magnésio e o enxofre, que estão presentes no lodo essencialmente na sua forma mineral. Mesmo aplicações modestas de lodo podem suprir as necessidades em magnésio e enxofre da maioria dos vegetais. O lodo tratado com cal contém bastante cálcio e pode influenciar na reação do solo, determinando o aumento do pH (SANEPAR, 1997).

A carência de cálcio é frequente em solos ácidos, sobretudo nos arenosos e pobres em matéria orgânica, caracterizados por uma baixa capacidade de troca catiônica (VARENNES,

2003). O cálcio ocorre no lodo após este ser higienizado por uma substância alcalina em forma de cal virgem, ou por cal apagada e/ou em forma de calcário.

Concentrações deficientes de magnésio são usuais em solos ácidos, especialmente nos arenosos e pobres em matéria orgânica, com baixa capacidade de troca catiônica (VARENNES, 2003). Assim como a cal, o magnésio ocorre no lodo após a sua higienização por uma substância alcalina em forma de cal virgem, ou cal apagada e/ou em forma de calcário.

Em relação ao enxofre, Sigolo e Pinheiro (2010) estudando a proveniência do enxofre elementar no lodo da ETE Barueri demonstram que o enxofre presente no lodo de esgoto encontra-se associado à matéria orgânica, aos compostos orgânicos sulfonados e aos surfactantes presentes nos detergentes. Os compostos minerais resultantes da decomposição da matéria orgânica, ou de minerais contendo enxofre reduzido, são oxidados.

### 3.11.6 Micronutrientes

O lodo contém cobre, zinco, manganês e quantidades menores de boro, molibdênio e cloro. Geralmente, quando o lodo é aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, as necessidades de micronutrientes são, também, supridas (SANEPAR, 1997).

Com relação aos constituintes do lodo, de interesse agrônômico, as tabelas 3.16, 3.17 e 3.18 apresentam comparações com as concentrações de diversos elementos presentes em fertilizantes comerciais e em esterco animais (COMPARINI, 2001).

Tabela 3.16 – Comparação das proporções de nutrientes em fertilizantes comerciais e lodos de esgotos.

<b>Produto</b>	<b>Concentrações típicas de nutrientes (%)</b>		
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Fertilizantes para uso agrícola <sup>2</sup>	5	10	10
Lodo de esgoto estabilizado	3,3	2,3	0,3

Fonte: Metcalf & Eddy, 2016.

<sup>2</sup> As proporções de nutrientes podem variar largamente, dependendo dos solos e das necessidades das plantas.

Tabela 3.17 – Composição de alguns adubos orgânicos em relação aos macronutrientes das plantas.

Resíduo	Concentrações em base seca (g.kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Esterco de curral	17,3	2	8,5	5,5	3,9	0,2
Composto de lixo	12,3	2,8	8,0	25,1	3,4	Nd*
Vinhaça	0,31	0,11	3,6	0,79	0,27	0,92
Cama de frango de corte	27,7	16,7	25,7	23,7	6	Nd*
Lodo de esgoto <sup>3</sup>	79,1	10,6	0,63	22,1	2,1	Nd*

\* Não determinado.

Fonte: Melo &amp; Marques (2000) apud Comparini (2001).

Tabela 3.18 – Composição de alguns adubos orgânicos em relação aos micronutrientes das plantas.

Resíduo	Concentrações em base seca (g.kg <sup>-1</sup> )					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Esterco de curral	Nd*	160	7.336	552	16	128
Composto de lixo	1	229	23.325	304	22	340
Cama de frango de corte	N*	Nd*	Nd*	360	Nd*	280
Lodo de esgoto <sup>4</sup>	118	98	42.224	242	9,2	1.868

\* Não determinado.

Fonte: Metcalf &amp; Eddy (1991) apud Comparini (2001).

As figuras 3.2, 3.3 e 3.4 representam o resultado de um experimento realizado em Moçambique, onde aplicou-se, na cultura da couve, um bioestabilizado produzido a partir de lodo de esgoto de uma indústria de refrigerantes. Com base nas figuras, pode-se ver que a couve tratada com o bioestabilizado apresenta um crescimento diferenciado em comparação à couve não adubada.

Figura 3.2: área não tratada (não adubada) de cultura de couve.

<sup>3</sup> Média de duas amostras de lodo da ETE de Franca-SP.<sup>4</sup> Média de duas amostras de lodo da ETE de Franca-SP.



Figura 3.3: área de cultura de couve tratada com biossólidos.



Figura 3.4: área de cultura de couve tratada com adubo NPK.



O biossólido produzido na estação do Instituto de Investigação Agronômica de Moçambique, zona noroeste, foi submetido à análise no laboratório do Instituto de Investigação Agronômica da zona sul para determinação da composição química e física do biossólido. A tabela 3.19 mostra os resultados dessa análise:

Tabela 3.19 – Resultados da análise laboratorial do composto (biossólido).

<b>Parâmetro</b>	<b>Bases trocáveis mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup>/CTC efetiva mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>	<b>Na<sup>+</sup>/CTC efetiva mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup>/K<sup>+</sup> mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup></b>
Valor	25,25	0,00	6,89	2,22	0,38
<b>Parâmetro</b>	<b>CE (S.m/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>P-Olsen (mg/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>MO (g/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>N<sub>total</sub> (mg/dm<sup>3</sup>)</b>
Valor	1,25	6,24	16,26	59,34	8,78

Fonte: Mahadal, 2011.

Os nutrientes encontrados em maior quantidade são o nitrogênio e o fósforo. Estes nutrientes são apresentados, juntamente com outras características de lodos, na tabela a seguir.

Tabela 3.20 – Características do lodo bruto e digerido de uma ETE, em porcentagem de peso seco.

<b>Tipo de lodo</b>	<b>pH</b>	<b>Sólidos fixos %</b>	<b>C %</b>	<b>N %</b>	<b>C/N</b>	<b>P %</b>
Lodo primário	6,2	12	33,3	4,5	7,4	3,1
Lodo ativado	7,0	13	30,4	6,0	5,0	2,9
Lodo digerido	7,0	40	23,5	3,0	7,8	5,6

Fonte: Fernandes e Silva, 2006.

Os elementos cálcio e magnésio são encontrados em pequenas quantidades, salvo nos biossólidos higienizados através de calagem, em que são adicionadas grandes quantidades desses elementos. O potássio está presente em quantidades muito modestas, porém encontra-se em forma prontamente assimilável pelas plantas e normalmente é suplementado por fertilizantes químicos nos solos adubados com lodo (VON SPERLING et al., 2001).

As quantidades de micronutrientes no lodo de ETE são variáveis, com quantidades apreciáveis de cobre, zinco e manganês, e menores quantidades de boro, molibdênio e cloro. É importante salientar que os micronutrientes são exigidos em quantidades pequenas, e o uso de biossólidos em níveis elevados pode resultar em efeitos tóxicos (VON SPERLING et al., 2001).

Além disso, a matéria orgânica exerce importantes efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, agindo como um agente cimentante, promovendo maior agregação de suas partículas, reduzindo sua coesão e plasticidade e melhorando sua capacidade de retenção de água. De maneira geral, as adubações orgânicas aumentam a infiltração e a retenção de água no solo, assim como a estabilidade dos agregados, tornando estes solos mais resistentes aos processos erosivos (VON SPERLING et al., 2001). Os biossólidos podem contribuir, ainda, na melhoria da capacidade de troca catiônica do solo, e também no poder tampão de pH e no estímulo à atividade microbiana do solo.

De acordo com a Resolução CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006a), é proibida a utilização de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, em culturas inundadas e nas demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Caso esses solos tenham sido condicionados com biossólidos, essas culturas só ficarão aptas ao consumo, após um período mínimo de 48 meses, a contar da última aplicação.

Para Tsutiya (2000), a experiência mundial tem mostrado que quando os biossólidos são aplicados, obedecendo-se as diretrizes fixadas para o seu uso, não tem se constatado efeito adverso à saúde ou ao ambiente decorrente de sua aplicação, apesar das diretrizes variarem consideravelmente. As restrições ambientais na Europa são mais limitantes do que nos Estados Unidos.

Diversos municípios brasileiros estão coletando e tratando adequadamente os esgotos, no sentido de dispor o lodo gerado na agricultura (BETTIOL e CAMARGO, 2006). No Brasil há imensas áreas de reflorestamento para alimentar as indústrias de papel, e todo o lodo gerado nas ETE municipais, no entorno dos reflorestamentos, pode ser disposto em uma diminuta parcela dessas grandes áreas.

Os cereais são as culturas mais recomendadas, pois passam por processos industriais antes de chegarem ao consumidor. Culturas como café e cana-de-açúcar são, também, alternativas interessantes (ANDREOLI et al, 2001).

### 3.12 ALTERNATIVAS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS

As alternativas mais usuais para o aproveitamento e/ou o destino final de lodos de ETE, tem sido (FERNANDES et al., 2001; TSUTIYA, 2000; FONTES, 2003; JORDÃO PESSOA, 1995):

- I: a reciclagem agrícola;
- II: a disposição em aterro sanitário;
- III: o reuso industrial;
- IV: a incineração;
- V: a conversão em óleo combustível;
- VI: a recuperação de áreas degradadas;
- VII: aplicação em *landfarming*;
- VIII: a disposição oceânica.

A avaliação de alternativas para a disposição final do lodo de esgoto é normalmente complexa por envolver aspectos técnicos, econômicos, ambientais e legais, que ultrapassam os limites das ETE.

Por apresentar em sua composição micro-organismos patogênicos, metais pesados e outros compostos tóxicos, mesmo após o processo de tratamento, o lodo, quando exposto de

maneira inadequada, pode trazer danos ao meio ambiente e à saúde humana. As alternativas de processamento e destino final, quando realizadas num parâmetro sustentável, devem se preocupar em produzir um lodo de melhor qualidade, reduzindo o percentual de patógenos e metais e reciclando ao máximo o lodo produzido (FERNANDES et al., 2001; TSUTIYA, 2000).

Atualmente, existem várias formas de disposição do lodo gerado nas ETE, conforme descrito a seguir.

### **3.12.1 Reciclagem agrícola, florestal e *landfarming***

As diferentes práticas de disposição de lodo de esgoto no solo podem ser divididas em:

- uso benéfico: quando a aplicação beneficiar-se das propriedades do produto, como fertilizante (fornecendo macro e micronutrientes);
- condicionador: melhoramento das características químicas e físicas dos solos;
- descarte: quando as práticas utilizam-no como substrato para decomposição do resíduo ou como local de estocagem e descarte (ANDREOLI, et al., 2001).

No lodo são encontradas maiores quantidades de nutrientes, a destacar: nitrogênio, fósforo e, em menor quantidade, o potássio. Em lodos tratados com cal, grandes quantidades de Ca e Mg são incorporadas ao solo. A matéria orgânica desempenha um efeito importante sobre as propriedades físicas do solo, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana. A disponibilidade da matéria orgânica e dos nutrientes, associados ao Ca e Mg, atuam diretamente na produtividade de uma área agrícola, principalmente para gramíneas (milho) e leguminosas (feijão) (ANDREOLI et al., 1997).

De acordo com Oliveira (2015), a incorporação dos biossólidos ao solo trás aspectos positivos nas características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo elas:

- Ação nas propriedades físicas: a matéria orgânica (MO) favorece a formação de agregados, o que facilita a penetração das raízes e a vida microbiana no solo. Também estabiliza a estrutura do solo, melhorando sua resistência à erosão e aumentando a sua capacidade de retenção de água (CRA) no solo, tornando as culturas mais resistentes às secas;
- Ação nas propriedades físico-químicas: os colóides húmicos aumentam a capacidade do solo de reter nutrientes minerais, o que permite racionalizar a adubação. A

matéria orgânica, no seu conjunto (fresca ou estabilizada), fornece nutrientes para as plantas e para os organismos do solo após a mineralização;

- Ação nas propriedades biológicas: a matéria orgânica é suporte e fonte de alimento para a flora e para a fauna do solo, cuja atividade influi diretamente na nutrição mineral das plantas.

A tabela 3.21 evidencia estudos realizados por alguns pesquisadores no âmbito do reaproveitamento do lodo para uso em solos agrícolas:

Tabela 3.21 – Constatações devido à aplicação de lodos de esgoto em solos agrícolas.

<b>Autor</b>	<b>Método de valorização</b>	<b>Principais conclusões</b>
Lopes et al., 2007	Aplicação do lodo de esgoto no crescimento da gramínea <i>Digitaria ciliaris</i> em um argissolo.	Aumento da altura e acúmulo de biomassa seca nas plantas.
Araújo et al., 2009	Aplicação de lodo de esgoto e de adubo mineral nitrogenado em cultura de braquiária em um argissolo.	Aumento na produção de biomassa seca e teores foliares de nitrogênio na <i>Brachiaria decumbens</i> .
Garcia et al., 2009	Aplicação de lodo de esgoto doméstico tratado com cal em um solo degradado.	Aumento do pH e dos teores de MO, P, K, Na, CA, CTC total e efetiva, soma de bases e diminuição dos valores de Mg, Al e H+Al no solo.
Galdos et al., 2004	Aplicação de lodo de esgoto em um latossolo vermelho eutroférrico cultivado com milho.	Aumento da produtividade, com teores de P no solo semelhantes aos do tratamento com adubo químico.

Vários autores relataram os efeitos do lodo na produtividade e no desenvolvimento de culturas, nas características químicas do solo e na densidade populacional de organismos do solo. O uso agrícola do lodo requer controle com relação aos metais pesados e aos patógenos. Nutrientes em excesso também podem ser mobilizados quimicamente no solo e atingir águas subterrâneas nas quais irão concentrar-se nitratos, ou eutrofizar águas superficiais (TRINDADE e MENDONÇA, 2014).

O lodo proveniente das ETE, processado de modo a permitir o seu manuseio de forma segura na utilização agrícola, é denominado de bio sólido. Para a WEF (1999), o bio sólido também pode ser utilizado em outros usos benéficos. Para sua disposição final devem ser considerados os seguintes aspectos principais: produção, qualidade (presença de metais pesados e micro-organismos patogênicos) e grau de umidade. A figura 3.5. apresenta o processo de uso de lodo em solos agrícolas.

Figura 3.5: uso de lodo na agricultura.



Fonte: Lima/ EMBRAPA, 2015.

### 3.12.2 Disposição em aterro sanitário

Segundo Tsutiya (2000), o aterro é geralmente necessário para atender aos objetivos de absorção dos lodos com características inadequadas ao uso benéfico, absorção de volumes excedentes à demanda, disposição de cinzas de incineração e garantia de disposição final adequada, independentemente de quaisquer fatores.

Na disposição do lodo em aterro não há qualquer atenção em relação à recuperação de nutrientes ou da utilização do lodo para qualquer finalidade. O lodo passa por processos de biodegradação anaeróbia, gerando vários subprodutos, dentre eles o metano (LUDUVICE e FERNANDES, 2001). Cabe acrescentar que essa prática pode trazer um benefício, que é contribuir para a geração de energia elétrica em aterros que já aproveitam o metano para este fim. Os aterros, denominados exclusivos, são adequados às características do resíduo, sob ponto de vista ambiental e de infraestrutura, pois neles apenas são dispostos lodos de esgoto na forma de torta desidratada (alto teor de sólidos, superior a 30 %, ou ainda secos termicamente (LUDUVICE e FERNANDES, 2001).

No Brasil, grande parte do lodo produzido tem como destino final o aterro sanitário, sendo esse processo denominado *codisposição*, uma vez que o lodo é disposto juntamente com os resíduos sólidos domiciliares (LUDUVICE e FERNANDES, 2001). Esse tipo de disposição apresenta o inconveniente de reduzir a vida útil dos aterros, sendo se houver cooperação entre os responsáveis pelo lodo de esgoto e pelo resíduo sólido urbano Tsutiya

(2000). A figura 3.6 ilustra a disposição do lodo em aterro sanitário, ainda praticada no Brasil pelo fato de que, repetidamente, vem sendo postergada a data para atendimento à nova lei do saneamento, a Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007.

Figura 3.6: disposição do lodo em aterro sanitário.



Fonte: BIOCICLO (2012) apud Godoy (2013).

### 3.12.3 Recuperação de áreas degradadas

A aplicação de lodos em áreas degradadas traz benefícios às propriedades físicas do solo, pois desempenha o papel de condicionador do solo, melhorando a formação de agregados, a infiltração, a retenção de água e a aeração deste. Como a área degradada se caracteriza por não formar condições de desenvolvimento e fixação da vegetação em função da falta de matéria orgânica, de nutrientes e da atividade biológica, a adição de lodo apresenta uma série de vantagens que favorecem a recuperação e o reaparecimento da vegetação (TSUTIYA, 2000).

Segundo Bezerra et al. (2006), o procedimento para a recuperação dessas áreas é lento e está relacionado à capacidade de restabelecimento do solo. Para tanto, são empregadas técnicas semelhantes às usadas na biorremediação, nas quais os micro-organismos tem vital importância e assumem a função de biorremediadores na degradação de agentes poluidores (SIQUEIRA et al., 1991).

Em solos de regiões tropicais, a matéria orgânica desempenha papel de fundamental importância na fertilidade por se tratarem de solos altamente intemperizados, cujos minerais,

já na escala final de intemperismo, possuem baixa CTC. A presença de matéria orgânica melhora o estado de agregação das partículas do solo, diminui sua densidade e aumenta a aeração, a CRA e a CTC (KATO et al. 2012).

A porosidade e a densidade são outras propriedades físicas que podem ser alteradas pela aplicação de lodo na camada superficial do solo. Ao promoverem a agregação de partículas do solo, a matéria orgânica e os cátions presentes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , entre outros) determinam o aumento no volume deste, causando redução da sua densidade. A taxa de infiltração da água no solo é afetada pelo volume de poros, enquanto que a capacidade de retenção de água é influenciada pelo número e pela distribuição dos poros na superfície específica. Dessa forma, tanto uma como outra propriedade pode ser afetada pela adição do lodo no solo. De um modo geral, a aplicação de lodo de esgoto ao solo tem promovido aumento de pH (OLIVEIRA, 1995) e diminuição da acidez potencial (BATAGLIA et al., 1983; DIAS, 1994; MARQUES, 1996) e do alumínio trocável (BERTON, 2000).

O lodo de esgoto tem sido largamente utilizado como condicionador de solo, melhorando as suas capacidades químicas e físicas, e como fertilizante para a recuperação de áreas de mineração (BROFAS et al., 2000). Vários autores como (MARX et al., 1995; NAVAS et al., 1999) ressaltam o efeito positivo da aplicação do lodo no desenvolvimento da vegetação e na recuperação de solos degradados e com ácidos, pois a incorporação de matéria orgânica restabelece a estrutura, melhora a circulação de ar e água e libera nutrientes essenciais ao desenvolvimento da vegetação.

Também no Brasil, vários autores comprovaram a eficiência da aplicação de lodo de esgoto nos solos, como Pires (2003), Silva et al. (2002), Melo et al. (2004), Colodro (2005) e Kocssis e Maria (2004). O volume de aplicação do lodo nos solos degradados ocorre em função da qualidade da matéria orgânica e dos nutrientes necessários ao solo para suportar a vegetação, até que o ecossistema de autosustentação seja estabelecido. A taxa tem variado de 7 a 450 toneladas secas por hectare (MALINA, 1993) e normalmente ele é aplicado ao solo uma única vez.

Segundo Tsutiya (2000), a dose de aplicação típica é de 112 toneladas secas/ha.ano. Nos EUA, a aplicação do lodo de esgoto em áreas degradadas chega a atingir dosagens de até 495 t/ha.ano (EPA, 1995). A figura 3.7 ilustra o uso de lodo em uma área degradada.



Figura 3.7: uso de lodo na recuperação de uma área degradada.



Fonte: EMBRAPA, 2006.

#### 3.12.4 *Landfarming*

No Brasil, o *landfarming* foi introduzido pela PETROBRÁS quando, no ano de 1982, esta colocou em funcionamento uma unidade na Refinaria Henrique Lage, na cidade de São José dos Campos, estado de São Paulo. Desde então, a empresa iniciou a implantação de *landfarming* em outras refinarias (CASTRO et al., 2005). Cabe referir que o *landfarming* do SITEL (Sistema Integrado de Tratamento de Efluentes Líquidos), gerido pela CORSAN no Polo Petroquímico em Triunfo/RS, encontra-se entre os mesmos.

O *landfarming* é um método de tratamento para resíduos sólidos que consiste na mistura do resíduo com a camada de solo existente na zona arável, a qual deve ser revolvida periodicamente. Nesse sistema, uma área recebe doses elevadas de lodo por vários anos e o solo passa a ser o suporte da atividade biológica, retendo metais, assim como um local de exposição ao sol e bio-oxidação, o que provocará a degradação da matéria orgânica.

O objetivo é apenas a degradação do lodo pelos micro-organismos presentes no perfil arável e a retenção de metais na camada superficial do solo (ANDREOLI et al., 2003). Além disso, podem ser feitas outras adequações no solo que incluem a adição de água para aumentar a umidade, e a adição de óxidos de cálcio e/ou magnésio para corrigir o pH. Em geral, ocorre maior degradação de hidrocarbonetos em solo de pH neutro, pois as bactérias são reconhecidas como principais agentes da biodegradação (MPHEKGO e CLOETE, 2004).

As doses de aplicação variam de 60 a 70 toneladas por hectare por ano, em base seca e para áreas que não têm impermeabilização da camada inferior, e de 300 a 600 toneladas por

hectare por ano quando há impermeabilização da camada do solo a 60-80 cm de profundidade (TSUTIYA, 2000). Para a sua utilização devem ser levados em conta os seguintes fatores: características do lodo para definir a taxa de aplicação, implantação e manuseio da vegetação de cobertura e controle ambiental (TSUTIYA, 2000).

### 3.12.5 Reuso industrial

Na literatura internacional, George (1986) já citou o trabalho desenvolvido para a San Diego Region Water Reclamation Agency, onde era produzido agregado leve a partir de lodo pelo processo chamado de CCBA (Coordinate Chemical Bonding Adsorption).

TAY e SHOW (1991) investigaram misturas de argila e tortas de lodo, queimados num forno para tijolos entre 800 °C e 1080 °C. Deduziram que o material queimado a partir de 1.000 °C ganhava resistência. Já KHANBILVARDI e AFSHARI (1995) investigaram o uso das cinzas, produto da incineração do lodo, como *filler* ou agregado miúdo em argamassas de cimento Portland.

O processo de produção de agregado leve, mediante à sinterização do lodo proveniente da digestão anaeróbia, foi concebido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) para substituir o agregado graúdo em concreto. Este agregado leve foi caracterizado como possuidor de propriedades equivalentes ao agregado leve feito a partir de argila expandida.

A informação mais antiga encontrada sobre a produção de tijolos em escala industrial refere-se a ETE de Fish Water Flats, na África do Sul. Desde 1979, os tijolos são produzidos utilizando uma mistura de 30% de lodo com argila, numa olaria distante, a 15 km da ETE. Os tijolos são reconhecidos pela excelente qualidade, como cor e textura uniformes, ausência de trincas e são indistinguíveis dos tijolos convencionais em aspecto e odor (TSUTIYA, 2000; SANTOS, 2003). Dentre as vantagens relatadas, cabe referir a economia de água, a produção de tijolos mais leves com menor custo de transporte, o melhor rendimento operacional da fornalha devido ao poder calorífico do lodo e a rentabilização da energia térmica da queima dos gases para a secagem (TSUTIYA, 2000).

A utilização do lodo na indústria de cimento pode ser analisada sob dois aspectos: como combustível auxiliar para os fornos e/ou como matéria-prima adicional na própria mistura. As principais vantagens a serem consideradas são: a não necessidade de aterro, pois todo o material colocado no sistema é utilizado sem produzir qualquer tipo de resíduo; a larga

aplicação do cimento produzido; e a possibilidade de instalação do sistema na própria ETE, necessitando apenas incluir o processo de secagem, de tratamento da cal e do tratamento do gás (TSUTIYA, 2000).

Tem-se conhecimento também de pesquisas visando à utilização do lodo de esgoto na produção de cerâmica vermelha no Brasil (KOZIEVITCH et al., 2006; LIMA et al., 2007) e na Espanha (JORDAN et al., 2005). Estudos realizados concluíram que a adição de 10% em peso de lodo em substituição à argila resultou em um produto semelhante ao obtido pelos processos convencionais. A figura 3.8 apresenta tijolos feitos a partir de mistura de lodo de esgoto.

Figura 3.8: tijolos fabricados a partir de mistura de lodos.



Fonte: Ecomeninas Blogspot.com, 2004.

Os tijolos resultantes da mistura entre o lodo de esgoto e a argila devem obedecer aos requisitos referidos na norma NBR 15.575/2013, em que estão detalhadas questões ligadas à segurança, ao conforto, à resistência, à vida útil e a demais informações nos imóveis que serão erguidos com os referidos tijolos (Câmara, 2013).

### **3.12.6 Incineração**

A incineração é o processo de estabilização do lodo que propicia a maior redução volumétrica para a disposição final. A redução chega a ser de aproximadamente 80% do volume total de lodos, o que implica na destruição das substâncias orgânicas presentes no lodo através da combustão, obtida na presença do oxigênio (ANDREOLI et al., 2006).

Durante o processo de incineração, os sólidos voláteis são convertidos em gás carbônico e água, e os sólidos fixos são transformados em cinzas. Nesse processo são eliminados os micro-organismos patogênicos e compostos orgânicos tóxicos, porém os metais pesados se concentram nas cinzas. Portanto, torna-se necessária uma disposição final adequada para elas, já que os riscos de uma disposição inadequada estão associados a uma possível lixiviação dos metais pesados e uma posterior absorção destes elementos pela biota. Tal método tem sido amplamente utilizado nos Estados Unidos, na Europa e no Japão (TSUTIYA, 2000).

Por outro lado, há uma tendência em utilizar as cinzas resultantes da incineração do lodo na produção de cerâmica ao invés de ele apenas seco a 105 °C, ou mesmo da torta de lodo. Em algumas cidades a prática de incineração do lodo, apesar de apresentar ainda um custo elevado, vem sendo cada vez mais utilizada e visa diminuir ainda mais os volumes para o seu destino final (ODETTE, 1999; NUVOLARI e CORAUCCI FILHO, 2003).

A incineração do lodo apresenta riscos de poluição atmosférica. Para evitá-la é necessário que o incinerador seja dotado de um sistema de lavagem e/ou purificação dos gases gerados. O poder calorífico do lodo é alto e é medido tendo em conta os conteúdos de carbono e hidrogênio e, quanto maior for o teor destes, maior será o poder calorífico do lodo. Como alternativa, ou como forma complementar, o lodo pode ainda ser queimado em consórcio com outros resíduos combustíveis, como cascas de arroz, serragem ou o próprio lixo urbano, visando, além da recuperação de energia pelo aumento do poder calorífico, o gerenciamento dos demais resíduos sólidos (LEE e DOS SANTOS, 2011).

### **3.12.7 Conversão em óleo combustível**

O conceito básico da conversão do lodo em óleo combustível é conhecido desde 1939. A tecnologia de conversão tem sido desenvolvida e demonstrada na Alemanha, na Austrália e no Canadá, nos últimos anos.

A tecnologia de conversão à baixa temperatura (Low Temperature Conversion-LTC) foi desenvolvida a partir de estudos sobre a viabilidade da produção de biodiesel a partir de lodo de ETE na Alemanha, nos anos de 1980. É um processo termoquímico que vem sendo aplicado a diversas biomassas de origem urbana, industrial e agrícola, procurando-se, por meio da conversão térmica, transformá-los em produtos de valor comercial (PEREIRA et al., 2003).

Os principais aspectos benéficos dessa tecnologia são: completa reciclagem do lodo, recuperação de energia, imobilização de metais pesados, destruição de patógenos, vírus e compostos organoclorados e produção pequena de gás (TSUTIYA, 2000).

Shen e Zhang (2004) realizaram a pirólise de uma mistura de lodo de esgoto (80%) com lixo urbano (20%) a 500 °C, e obtiveram 17% de óleo pirolítico com poder calorífico de 33 MJ/kg e propriedades similares às do óleo diesel.

Os processos de pirólise têm como objetivo a obtenção de produtos com melhores propriedades e densidade energética elevada. Na pirólise do lodo de esgoto sanitário, os gases, os líquidos e os sólidos são gerados em diferentes proporções, dependendo dos parâmetros de operação que podem ser otimizados para maximização de um produto, como, por exemplo, a produção de gases que é maior em temperaturas elevadas (DOMINGUEZ et al., 2006).

A pirólise do lodo de esgoto produz óleos e gases que podem ser usados como combustíveis. A utilização do lodo de esgoto como matéria-prima alternativa em determinados processos representa uma solução ambiental e economicamente viável para a produção de energia alternativa (BOROWSKI et al., 2002).

### **3.12.8 Disposição oceânica**

A alternativa de disposição oceânica já chegou a representar cerca de 6% dos lodos produzidos nos Estados Unidos e na Europa, e foi lentamente substituída pelo uso agrícola. Nos EUA, essa prática foi proibida pela Ocean Dumping Ban Act, em 1988; desde 1992 não ocorre mais disposição oceânica de lodos de esgoto (SANTOS, 1996 apud TSUTIYA, 2000). Porém, essa realidade é bem diferente da encontrada no Brasil ou em outras nações costeiras do mundo, como Sidney, por exemplo. A diferença está no tratamento do resíduo antes do seu descarte. Aqui, o resíduo chega ao oceano por meio de emissários submarinos.

Uma questão que envolve grande polêmica nas regiões costeiras utilitárias dos emissários submarinos, como é o caso do Rio de Janeiro, é a falta de tratamento adequado do esgoto lançado. Em 1996, foi sancionada a lei Estadual n° 2661, que se refere à exigência de níveis mínimos de tratamento de esgotos sanitários, antes de seu lançamento em corpos de água, modificada mais tarde pela Lei n° 4.692, de 29 de dezembro de 2005.

A Lei n° 4692/2005, em seus artigos 1 e 3, afirma que

define-se como tratamento primário completo de esgotos sanitários a separação e a remoção de sólidos em suspensão, tanto sedimentáveis quanto

flutuantes, seguida de seu processamento e disposição adequada [...]e fica proibido, em todo o território do Estado do Rio de Janeiro, o lançamento de substâncias separadas por sistemas de tratamento de esgotos sanitários (lodos) em quaisquer corpos de água devendo o seu processamento submetê-las à estabilização ou outro processo de tratamento que permita a sua disposição final sem oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente [...].

Segundo a Surfrider Foundation Brasil (2006), a Austrália é o país onde existem mais emissários submarinos no mundo, e todos eles têm, no mínimo, ETE com tratamento a nível secundário. De acordo com a organização, estudos internacionais comprovam que o mar, ao contrário do que muitos imaginam, não é uma estação natural de tratamento de esgoto. Logo, a situação hoje, no Brasil, se encontra sem uma política de tratamento adequado do esgoto emitido, ameaça essa que não afeta apenas o litoral brasileiro, mas também a toda a biota atingida pelas águas em questão.

### 3.13 CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE LODOS

O que é apresentado neste item baseia-se nos estudos de Metcalf & Eddy (2016). A produção do lodo a ser gerado é função do sistema de tratamento utilizado para a fase líquida, já que todos os processos de tratamento biológico geram lodo. Em todos os casos, é necessário o seu descarte, ou seja, sua retirada da fase líquida. No entanto, nem todos os sistemas de tratamento de esgotos necessitam do descarte contínuo dessa biomassa.

Os sólidos removidos nos decantadores primários e tanques sépticos constituem o lodo primário, que pode exalar um forte odor, principalmente se ficar retido um tempo elevado nos decantadores primários, a uma elevada temperatura. O lodo primário removido dos tanques sépticos permanece ali um tempo suficiente para proporcionar sua digestão anaeróbia em condições controladas (tanques fechados).

O lodo biológico aeróbio (não estabilizado) origina-se em sistemas de lodos ativados convencionais, em reatores aeróbios com biofilmes-alta carga ou em filtro biológico de alta carga (biofiltros aerados submersos e biodiscos). O lodo biológico excedente (lodo secundário) é a biomassa de micro-organismos aeróbios gerada na remoção da matéria orgânica dos esgotos. Essa biomassa está em constante crescimento, em virtude da entrada contínua de matéria orgânica nos reatores biológicos. Para manter o sistema em equilíbrio, aproximadamente a mesma massa de sólidos biológicos gerada deve ser removida do sistema. Caso o tempo de permanência dos sólidos no sistema seja baixo e haja satisfatória

disponibilidade de alimento, os sólidos biológicos conterão maiores teores de matéria orgânica em sua composição celular, sendo estes não encontrados de forma estabilizada (digeridos), necessitando de uma etapa de digestão posterior. Caso contrário, haveria emissão de maus odores pelo lodo durante seu tratamento e disposição final, através da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, em condições não controladas.

O lodo biológico aeróbio (estabilizado) origina-se em lodos ativados por aeração prolongada, em reatores aeróbios com biofilmes-baixa carga (filtro biológico de baixa carga, biodisco ou biofiltro aerado), em lagoas de estabilização ou em reatores anaeróbios (reatores UASB, filtros anaeróbios).

Esse lodo biológico estabilizado é também predominantemente constituído por micro-organismos aeróbios que crescem e atuam sobre a matéria orgânica dos esgotos brutos. No entanto, nos sistemas de baixa carga, a disponibilidade de alimento é menor, e a biomassa fica retida mais tempo no sistema, predominando, assim, as condições de respiração endógena. Em decorrência disso, a biomassa utiliza as próprias reservas de matéria orgânica de composição do protoplasma celular, resultando em um lodo com menor teor de matéria orgânica (lodo digerido) e maior teor de sólidos inorgânicos. Esse lodo não requer uma etapa de digestão posterior.

O lodo biológico anaeróbio (estabilizado) provém dos reatores anaeróbios e do lodo de fundo de lagoas de estabilização, bem como de reatores anaeróbios (reatores UASB, filtros anaeróbios). A biomassa anaeróbia também cresce e se multiplica às custas da matéria orgânica. Nestes processos de tratamento, a biomassa, usualmente, fica retida um longo tempo, no qual ocorre a digestão anaeróbia do próprio material celular. Nas lagoas de estabilização, o lodo é constituído ainda de sólidos do esgoto bruto sedimentados, bem como de algas mortas. Este lodo não requer uma etapa de digestão posterior.

O lodo químico provém do decantador primário com precipitação química e dos lodos ativados com precipitação química de fósforo, sendo resultante, geralmente, da precipitação química com sais metálicos ou com cal. A preocupação com odores é menor que com o lodo primário, embora isso possa ocorrer (somente quando a cal é usada como coagulante). A taxa de decomposição do lodo químico nos tanques é menor que a do lodo primário.

### 3.14 FATORES LIMITANTES À APLICAÇÃO DE LODO NOS SOLOS

O objetivo dos sistemas de tratamento de esgotos, quando produzem o lodo, é concentrar as impurezas e o material potencialmente poluidor nesse subproduto. Assim, pela própria forma como é originado, o lodo é concentrador dos nutrientes, da matéria orgânica, dos metais pesados, dos micro-organismos e de outros elementos que podem oferecer risco ao meio ambiente, caso não sejam controlados e monitorados adequadamente.

Os principais riscos ambientais atribuídos à reciclagem do lodo no meio ambiente estão relacionados à presença de metais, de compostos orgânicos e de micro-organismos patogênicos.

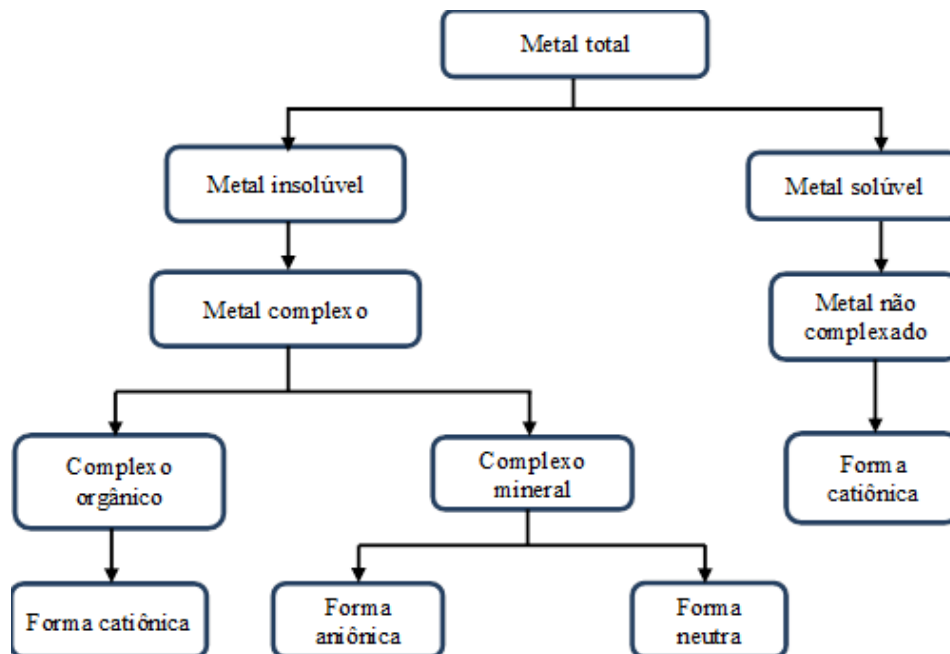
#### 3.14.1 Metais Pesados

O conceito de metais pesados é variado, abordando aspectos como massa específica, massa atômica, número atômico, formação de sulfetos e hidróxidos insolúveis, formação de sais geradores de soluções aquosas coloridas e complexos coloridos, além do potencial tóxico (MERCON e LIMA, 2011).

Do ponto de vista ambiental, os metais pesados podem ser entendidos como aqueles que, em determinadas concentrações e tempo de exposição, oferecem riscos à saúde humana e ao ambiente, prejudicando a atividade da biota. Fontes antropogênicas, incluindo emissões industriais, efluentes, lodo de esgoto, fertilizantes, condicionadores de solo e pesticidas, podem contribuir no aumento da concentração de metais nos solos; na realidade, é muito difícil distinguir-se entre o aumento nos níveis de metais no solo devido a fontes naturais e/ou antropogênicos (SILVEIRA, 2002). A figura 3.9 mostra as formas de ocorrência dos metais na natureza.



Figura 3.9: formas de ocorrência dos metais na natureza.



Fonte: Nuvolari, 2011.

O lodo, em função da composição do esgoto que lhe dá origem, sendo doméstico ou industrial, pode apresentar maior ou menor quantidade de metais pesados. Normalmente, as ETE que recebem apenas efluentes domésticos contêm pouca quantidade de metais, sendo estes provenientes apenas das canalizações e da própria natureza do resíduo (PROSAB, 1999).

Os principais elementos enquadrados nesse conceito são a prata (Ag), o arsênio (As), o cádmio (Cd), o cobre (Cu), o mercúrio (Hg), o níquel (Ni), o chumbo (Pb), o antimônio (Sb), o selênio (Se) e o zinco (Zn). Esses elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações variáveis, porém são inferiores àquelas consideradas tóxicas para diferentes organismos. Dentre eles, o Co, o Cu, o Cr, o Se e o Zn são essenciais aos organismos em certas quantidades, enquanto outros não desempenham qualquer função no metabolismo. Contudo, todos pertencem ao grupo de metais pesados por possuírem elevada massa molar e necessitarem de atenção para o uso agrícola do lodo de esgoto. Gandzik et al. (2012) afirmam que os metais pesados no lodo de esgoto encontram-se sob a forma de óxidos, hidróxidos, sulfetos, sulfatos e silicatos, ligados às frações orgânicas do resíduo. Em seguimento, a descrição de algumas características desses metais.

O cádmio é um metal de grande interesse toxicológico. É encontrado na natureza acompanhando o zinco e o chumbo, de modo que a extração e o processamento desses metais levam, muitas vezes, à contaminação do meio ambiente pelo cádmio (SOCCOL et al., 2001).

É altamente tóxico às plantas e aos animais, não sendo um elemento essencial para o crescimento da flora. De acordo com PEGORINI (1997), a adição máxima de cádmio recomendada pela Environmental Protection Agency – EUA, através da disposição de lodo ao solo, é de 0,50 kg/ha.ano. O cádmio é considerado, pela EPA, como um fator limitante para a aplicação de esgotos no solo. FERNANDES et al. (2005) estudando propriedades físico-químicas de algumas ETE encontraram os seguintes valores de cádmio em mg/kg: ETE Franca 2,05; ETE Curitiba 3,0; ETE Jundiaí 9,2 e ETE Barueri 9,2.

O chumbo não é essencial às plantas ou aos animais, podendo ser tóxico para ambos. Em conformidade com Andreoli et al. (2001), alguns casos isolados de intoxicação pelo chumbo têm sido atribuídos a fontes diversas, tais como brinquedos feitos de chumbo, poeira de chumbo nas galerias de tiro ao alvo, pigmentos usados nas tintas para artistas, cinzas e fumaças de madeira pintada, assim como na fabricação caseira de baterias e tubos de chumbo. Estudos realizados em Washington indicam que a maior parte do chumbo disposto no solo reverte-se na forma não trocável e permanece nos primeiros 15 cm de profundidade, sendo que um pequeno percentual pode vir a lixiviar de forma lenta, atingindo profundidades não significativas (DRIVER et al., 1972). Os compostos de chumbo são eliminados pela urina e nalguns casos viram componentes das unhas e dos cabelos. Alguns valores de chumbo encontrados na pesquisa de algumas ETE: Barueri 181,83 mg/kg (Damasceno e campos, 1998); ETE lavapes 98,7 mg/kg (Oliveira, 2008); ETE Pavuna 126 mg/kg (Ramos et al. 2007); e ETE Belem 123 mg/kg (Tsutiya, 2001).

O cobre pode ser altamente tóxico às plantas aquáticas e aos animais quando presente na forma iônica, porém é muito menos tóxico quando presente na água, estando limitado à forma orgânica. Os solos com concentrações representativas de cobre podem ser descontaminados com a adição de calcário, mantendo-se o pH acima de 6.5. A contaminação dos solos por cobre é rara, exceto quando se faz a disposição de efluentes de atividades agrícolas, em que o elemento é largamente utilizado como fungicida (SOCCOL et al., 2001). O cobre é menos assimilado de forma estantânea pela planta em comparação a outros metais, podendo acumular-se em altas concentrações nas raízes (MATIAZZO-PREZOTTO, 1994).

Segundo Soccol et al. (2001), o cromo é utilizado na indústria metalúrgica, na indústria química – como agente oxidante – e na produção de compostos utilizados em pinturas, em explosivos, tinturas cerâmicas e papéis, estando presente também em alguns fertilizantes e pesticidas. Oliveira (2008) estudando as características físico-químicas da ETE Lavapés encontrou a concentração de 132 mg/kg de cromo; Damasceno e Campos (1998)

encontraram 1,06 mg/kg de cromo na ETE Barueri e Ramos et al. (2007) acharam 26 mg/kg de cromo na ETE Pavuna.

A grande parte do mercúrio existente nos esgotos e nos lodos das ETE é oriunda das indústrias de tintas, de vernizes, de materiais fotográficos e de defensivos agrícolas. Altas concentrações de mercúrio no solo podem afetar as plantas, mas isso não ocorre normalmente nas atividades de aplicação de lodos no solo (PAGANINI et al., 2004). Os sais de mercúrio são usados em larga escala pela indústria, e a descarga dos esgotos industriais nos rios tem resultado em contaminação do meio ambiente. Pesquisas realizadas em algumas ETE forneceram as seguintes concentrações de mercúrio: ETE Barueri 0,01 mg/kg (Damasceno e Campos, 1998); ETE Franca 0,01 mg/kg (BETTIOL, 2004); ETE Belem 1,0 mg/kg (TSUTIYA, 2001). Não foi identificada a presença de mercúrio na ETE Jundiaí.

Conforme Soccol et al. (2001), o teor de molibdênio nos solos varia normalmente de 0,07 a 5 mg/kg, mas encontram-se valores mais altos em alguns tipos de solos. Os solos ácidos são pobres em molibdênio. Nas plantas, o molibdênio é necessário em teores baixos, na ordem de 0,2 a 1 mg/kg de matéria seca. Por isso, as deficiências de molibdênio não são frequentes, mas podem surgir em solos ácidos e em solos de textura grosseira e pobres em matéria orgânica. Consoante Varennes (2003), a toxicidade do molibdênio surge apenas para teores que podem ser dez mil vezes superiores aos normais, o que é extremamente raro. Como um micronutriente, o metal é requerido em pequenas quantidades pelas plantas, sendo essencial em baixas concentrações na dieta dos animais. Na medida em que o pH aumenta, o molibdênio torna-se mais disponível. Pesquisas de algumas ETE forneceram os seguintes valores de molibdênio nos lodos: ETE Barueri 0,01 mg/kg (Damasceno e Campos, 1998); ETE Franca 0,01 mg/kg (BETTIOL, 2004). Não foram identificados teores de molibdênio nas ETE Jundiaí, Paranaíba e Curitiba. Para as plantas faz-se necessário em teores baixos, na ordem de 0,2 mg a 1,0 mg Mo. kg<sup>-1</sup> de matéria seca (VARANNES, 2003).

O níquel é usado em diversos materiais, incluindo aço inoxidável, baterias, produtos químicos, catalíticos e em revestimento de torneiras cromadas (SOCCOL et al., 2001). A concentração de níquel na solução de solo é usualmente muito baixa. Os teores normais desse metal nas plantas são da ordem de 1-10 mg/kg de matéria seca. Nos solos, a toxicidade de níquel resulta da atividade do homem, como, por exemplo, na aplicação de lodo de tratamento de esgoto contaminado com o metal (VARENNES, 2003). Fernandes et al (2005) estudando características de algumas ETE acharam as seguintes concentrações de níquel em mg/kg: 605,8 mg/kg na ETE Franca; 72,4 mg/kg na ETE Barueri; 73,0 mg/kg na ETE Jundiaí; 37,0mg/kg na ETE Curitiba e 25,3 mg/kg na ETE Paranaíba.

O selênio não faz parte do grupo dos micro e macroelementos essenciais às plantas. Os critérios mais amplamente aceitos foram formulados por Arnon e Stout (1939). De acordo com os referidos autores, um elemento é considerado como essencial às plantas superiores, ou como nutriente vegetal, quando, na ausência do elemento, as plantas não conseguem completar alguma etapa do seu ciclo biológico, ou quando, segundo Varennes (2003), o elemento desempenha funções específicas na planta. Fernandes et al. (2005) encontraram as concentrações de  $<0,01$  mg/kg de selênio na ETE Franca e  $<0,1$  mg/kg de selênio na ETE Barueri. Não foi detectado o selênio nas ETE Jundiaí, Curitiba e Paranaíba.

O zinco é um metal essencial ao organismo dos homens, dos animais e das plantas, por participar de, pelo menos, setenta conhecidas metaloenzimas. Porém, altas concentrações de zinco conduzem à contaminação de algumas culturas, apresentando efeitos tóxicos em concentrações variadas, dependendo da cultura atingida. Os efeitos tóxicos são reduzidos em solos com pH maior que 6,0, bem como em solos com fina textura e com teor elevado de matéria orgânica. Baixos níveis de matéria orgânica em solos minerais são, frequentemente, indicativos de baixa disponibilidade de zinco (PAGANINI, 2004). Fernandes et al. (2005) encontraram as seguintes concentrações de zinco: 3.372 mg/kg na ETE Franca; 1.198 mg/kg na ETE Barueri; 728 mg/kg na ETE Jundiaí; 530 mg/kg na ETE Curitiba e 25.839 mg/kg na ETE Paranaíba.

Os metais pesados não podem ser destruídos, sendo altamente reativos e complexos do ponto de vista químico, o que explica a dificuldade de encontrá-los em estado puro na natureza. Segundo REIS (2002), para prever o destino dos metais pesados no solo a longo prazo é imprescindível o conhecimento das suas principais formas e prováveis transformações no ambiente, já que eles passam por diversas reações, as quais determinam as espécies químicas e físicas difundidas. Tais reações envolvem processos de precipitação/dissolução, adsorção/dessorção, complexação e oxi-redução, nas fases orgânicas e inorgânicas do solo. A intensidade desses processos é influenciada por atributos dos solos, tais como pH, textura e composição mineral (teor e tipo de argilas, teor de óxido de ferro, de alumínio e de manganês), teor de matéria orgânica, CTC, potencial redox, composição da solução do solo e a temperatura ambiente.

Pelo fato de a maior parte dos metais pesados presentes nos solos tratados com lodo ocorrer na fase sólida (PIRES, 2003), a identificação das diversas formas químicas desses elementos, através dos procedimentos de extração sequencial, é uma importante ferramenta para melhor entender a mobilidade e a biodisponibilidade destes no solo.

Do ponto de vista ecológico, os conteúdos de metais pesados nos lodos raras vezes são indicativos de seus efeitos, e não fornecem informações sobre a sua disponibilidade quando aplicados no solo. A determinação da fração disponível à planta geralmente é baseada nos procedimentos de extração, nas modalidades de operação, no tipo de solo e na natureza do elemento a ser determinado (IDE, 1994).

### **3.14.1.1 Mobilidade dos metais**

Considerando o uso agrônômico de lodo e a possibilidade de contaminação do solo por metais pesados, é necessária a identificação da origem desse resíduo, uma vez que as concentrações desses metais tendem a ser menores em lodos originados de esgotos residenciais, em relação àqueles em que os efluentes industriais predominam (BETTIOL et al., 1983). Além da origem do lodo, é preciso considerar as quantidades desses resíduos adicionados no solo ao longo do tempo, sendo essa a principal razão pela qual órgãos de controle ambiental estabelecem cargas máximas de metais pesados a serem adicionados ao solo (CETESB, 1997).

Em geral, os constituintes inorgânicos do lodo de esgoto adsorvem especificamente aos metais pesados, não sendo esperado um aumento da disponibilidade com o tempo. A tendência, em contrapartida, é de haver uma diminuição à medida que ocorre o processo de oclusão do metal nas superfícies dos precipitados (BROWN et al., 1998).

Além disso, atributos do solo, tais como pH, teor de matéria orgânica, textura e composição das argilas, potencial redox, competição entre metais pelos sítios de adsorção, reações de complexação, temperatura e atividade microbiana exercem influência sobre as taxas de decomposição dos resíduos orgânicos e, por conseguinte, sobre a solubilidade e mobilidade dos metais pesados no solo, assim como no transporte desses elementos até à superfície das raízes (LINDSAY, 1979).

Existe, todavia, uma série de outros fatores que regulam a disponibilidade dos metais pesados no solo e o fluxo desses elementos até a etapa de absorção pelas plantas, sendo necessário, no que se refere à dinâmica desses metais adicionados ao solo via lodo esgoto, o conhecimento das concentrações e a fitodisponibilidade desses elementos.

Para a avaliação da fitodisponibilidade, Abreu et al. (2002) informam que têm sido empregados diversos extratores químicos, cuja eficiência é atribuída em função da correlação entre as quantidades extraídas do solo e as acumuladas, ou os teores dos elementos nos órgãos

das plantas. Estudos de fitodisponibilidade em áreas que receberam lodo de esgoto têm utilizado extratores ácidos, principalmente Mehlich 1 e 3, e o complexante orgânico DTPA, sendo que alguns autores têm obtido boas correlações para determinados metais, adotando essas técnicas de extração (BERTONCINI, 1997; ANJOS e MATTIAZZO, 2001).

Na maioria dos casos, a determinação dos teores totais de metais pesados é feita pela digestão do solo em ácido fluorídrico (HF), juntamente com outros ácidos fortes. Contudo, o uso de HF na rotina dos laboratórios é pouco recomendado, por se tratar de um reagente altamente corrosivo e de difícil manuseio.

Por esse motivo, a preferência pelo uso de ácidos nítrico e de perclórico ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ -5:1), ou de água régia ( $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$  -3:1), é muito comum (ABREU et al., 2002). Atualmente, a determinação dos teores totais de metais pesados tornou-se menos morosa pela introdução do método desenvolvido pela EPA (1986), que emprega água oxigenada + ácido nítrico + ácido clorídrico, e pela substituição dos blocos digestores pelo forno de micro-ondas no processo de digestão. Com estas novas metodologias de determinação, a avaliação dos teores totais de metais pesados tornou-se mais frequente na rotina dos laboratórios.

#### **3.14.1.2 Origem dos metais pesados no lodo das ETE municipais**

Os esgotos sanitários das cidades incluem quase sempre uma parcela de despejos industriais, geralmente de pequenas fábricas, postos de serviços, oficinas, ou mesmo de fábricas de maior porte localizadas próximas dos centros urbanos ou ali inseridas, contribuindo com seus efluentes para a rede pública de esgotos (SANEPAR, 1997).

Podem ser identificadas cinco formas típicas da contribuição de despejos líquidos nas indústrias: as águas de rejeitos de processos, as águas servidas de utilidades, as águas pluviais contaminadas, as águas pluviais não contaminadas e os esgotos sanitários. Portanto, os efluentes industriais são a principal fonte de metais no esgoto sanitário, contribuindo com certos tipos específicos de cátions, de acordo com a atividade da indústria.

Os lodos das ETE que recebem apenas efluentes domésticos recebem, ainda, pequenas quantidades de metais provenientes da própria natureza dos resíduos domésticos e do escoamento de águas pluviais incidentes em superfícies metálicas ou no sistema viário, descarregando esses resíduos para as ETE.

Contudo, além desses níveis naturais de contaminações, podem ocorrer ligações clandestinas de pequenas fontes emissoras de metais pesados, tais como: laboratórios, fábricas de baterias, tintas e processos de cromagem.

### **3.14.1.3 Gerenciamento dos metais pesados**

Consoante com as ideias de Pedrozo (2003), diversas opções de tratamento para a redução dos níveis de metais pesados contidos no lodo de esgoto e nos solos estão disponíveis, e a seleção de um processo deve assegurar que as exigências legais sejam contempladas. Os principais processos utilizados para isso são a precipitação, as resinas de troca iônica, a absorção, a eletrólise, a remediação de locais contaminados, as paredes de contenção, a imobilização, a solidificação, a vitrificação e o tratamento químico. Os tratamentos biológicos são a fitorremediação e a biolixiviação (MARQUES, 1996).

### **3.14.2 Agentes patogênicos**

O lodo de esgoto pode ser uma fonte de bactérias potencialmente patogênicas, assim como de viroses, helmintos, protozoários e fungos, podendo iniciar infecções em hospedeiros susceptíveis. O conhecimento dos agentes patogênicos e da sua viabilidade permite avaliar o potencial de risco de infecção a que o homem e outros animais estão expostos.

A quantidade de patógenos presentes no lodo de esgoto é bastante variável e depende fundamentalmente das condições socioeconômicas da população, das condições sanitárias da região geográfica, da presença de indústrias agroalimentares e do tipo de tratamento do lodo de esgoto (ANDRAUS et al., 1999). A concentração de agentes patogênicos pode também variar com o tempo, o que dificulta a comparação de resultados.

De acordo com Fernandes (2000), os objetivos dos processos de estabilização do lodo de esgoto são reduzir o seu conteúdo em micro-organismos patogênicos e inibir, reduzir ou eliminar a emissão de sólidos voláteis no solo e, conseqüentemente, seu potencial de produção de odores que, por sua vez, pode atrair vetores. A seguir, a descrição dos patógenos.

### 3.14.2.1 Helmintos

O grau de inativação dos ovos viáveis de helmintos depende do valor do pH inicial e do tempo de estocagem do lodo. Experiências relatadas por pesquisadores brasileiros recomendam a estocagem de 60 a 90 dias (PINTO, 2001).

Os helmintos, ou vermes, constituem um grupo muito numeroso, com espécies de vida livre e espécies parasitas, sendo os representantes desse grupo distribuídos em três filós:

- *Platyhelminthes* (vermes dorso-ventralmente achatados);
- *Aschelminthes* (vermes com o corpo, em geral, de forma cilíndrica);
- *Acanthocephala* (vermes com o corpo cilíndrico ou ligeiramente comprimido lateralmente).

Os helmintos, durante a fase parasitária, vivem no trato gastrointestinal do hospedeiro (homem e/ou animal), e seus ovos chegam ao ambiente através das fezes. As ocorrências no homem são muito comuns, causando infecções que resultam em danos para o hospedeiro. O grau de infecção e a natureza do parasito têm papel importante na patogenicidade causada no hospedeiro. A capacidade patogênica é variável, podendo-se distinguir os agentes patogênicos estritos (frequentemente responsáveis por afecções) e os patogênicos oportunistas (induzem a doença em caso de diminuição de imunidade do hospedeiro).

Nem todos os helmintos apresentam interesse, mas alguns grupos apresentam uma relação epidemiológica de importância capital no saneamento. Os nematóides *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura*, e em especial os geo-helmintos, que são os parasitos transmitidos por solos contaminados por larvas de *Nectar americanus*, *Ancylostoma duodenale* e *Strongyloides stercoralis*, conferem maior interesse no contexto desse estudo, pelo fato de os ovos e larvas desses parasitos possuírem um período de embrionamento e de latência no solo antes de atingirem o hospedeiro.

Dependendo do ciclo biológico ou da rota de transmissão de cada parasito, a contaminação ocorre através da ingestão de ovos contendo a larva infectiva ou pela penetração de larvas infectivas através da pele do hospedeiro. A transmissão ocorre, na maioria das vezes, através de vários veículos, especialmente pela ingestão de alimentos, de água, pelas mãos sujas, de poeiras ou de solos contaminados.

Para cada helmintose, os riscos de infecção humana dependem das relações ecológicas que se estabelecem em cada caso, podendo variar de lugar para lugar, ou periodicamente no mesmo lugar. Evidentemente, há uma variabilidade na taxa de infecção nas respectivas



populações. Entre os fatores de maior importância para a distribuição e a prevalência das helmintoses, encontram-se, conforme Rey (1991) e Neves (2000):

- Características genéticas e fenotípicas, particularmente quanto à suscetibilidade e resistência às infecções;
- Condições ambientais, como temperatura, umidade e altitude favoráveis;
- Os hospedeiros intermediários e os definitivos desses parasitos;
- Presença de hospedeiros suscetíveis apropriados;
- Distribuição geográfica;
- Migrações humanas;
- Densidade.

Com o desenvolvimento da parasitologia médica, diversas técnicas foram propostas para a identificação de ovos de helmintos intestinais e larvas em fezes (BAILENGER, 1979), com os princípios básicos dessas técnicas tendo sido adaptados para a identificação e a enumeração de ovos de helmintos em águas residuais (AYRES et al., 1991; STIEN e SCHWRTZBROD, 1989; WHO, 1989; AYRES e MARA, 1996) e em lodo (MEYER et. al., 1978). A tabela seguinte representa os principais helmintos encontrados no lodo, seus hospedeiros e suas doenças transmitidas:

Tabela 3.22 – Principais helmintos e protozoários encontrados no lodo, seus hospedeiros e as doenças transmitidas.

<b>Parasito</b>	<b>Hospedeiro</b>	<b>Principais sintomas</b>
<b>Nematóides</b>		
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Homem	Distúrbios digestivos, vômito e dor abdominal
<i>Ascaris suum</i>	Suíno	Distúrbios digestivos, emagrecimento, tosse e febre
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
<i>Necator americanus</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
<i>Trichuris trichiura</i>	Homem	Diarreia, anemia, perda de peso e dores abdominais
<i>Toxocara canis</i>	Cães e homem	Emagrecimento, diarreia, febre, desconforto abdominal e sintomas neurológicos
<i>Trichostrongylus axei</i>	Bovinos, equinos e homem	Gastrite e úlcera gástrica

Tabela 3.22 – Principais helmintos e protozoários encontrados no lodo, seus hospedeiros e as doenças transmitidas (continuação).

<b>Cestóides</b>		
<i>Taenia solium</i>	Homem e suínos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, sintomas nervosos e emagrecimento
<i>Taenia saginata</i>	Homem e bovinos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal e emagrecimento
<i>Hymenolepis nana</i>	Homem e artrópodes	Diarreia e sinais nervosos
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Roedores, homem e artrópodes	Distúrbios digestivos
<i>Echinococcus granulosus</i>	Cães e ovinos	Distúrbios digestivos, hepáticos e pulmonares

Fonte: adaptado de Soccol, 2000.

Não existe um método que seja universalmente útil e que recupere todos os ovos de helmintos de importância médica, assim como não há, partindo disso, uma taxa de recuperação conhecida (AYRES & MARA, 1996). Alguns métodos possuem, ainda, aplicabilidade, tanto para a enumeração quanto para a viabilidade de ovos de helmintos.

A escolha do método a ser utilizado deve ser feita unicamente quando as facilidades e as exigências particulares da situação são conhecidas. Deve-se levar em consideração o objetivo da pesquisa e o tipo de sistema que é utilizado para o tratamento das águas residuais, além da percentagem de recuperação e de aplicabilidade do método utilizado.

Todos os métodos disponíveis baseiam-se em dois princípios fundamentais:

- a) na flutuação, em uma solução de maior densidade relativa, os ovos dos parasitos são separados dos resíduos presentes na amostra;
- b) a gordura e os outros materiais são separados em uma solução de interface (usualmente éter ou acetato de etila), enquanto os ovos sedimentam em uma solução não miscível.

Ambos os procedimentos são baseados na força centrífuga. Os fatores que determinam se a concentração de determinadas espécies de ovos de helmintos será satisfatória dependerão do balanço hidrofílico-lipofílico dos ovos de helmintos e da densidade relativa destes em relação ao reagente de separação. Isso significa, na prática, que o pH, ou a presença de metais pesados ou álcoois nos reagentes utilizados, poderão alterar as propriedades das superfícies dos ovos de helmintos, pois cada espécie responderá diferentemente a essas alterações, já que nenhum método concentrará, portanto, todas as espécies com a mesma eficiência (AYRES &

MARA, 1996). Na tabela 3.23 estão representados os tamanhos, a densidade e a velocidade de sedimentação de algumas espécies de ovos de helmintos.

Tabela 3.23 – Tamanho, densidade e velocidade de sedimentação de algumas espécies de ovos de helmintos.

<b>Espécies</b>	<b>Tamanho (µm)</b>	<b>Densidade</b>	<b>Velocidade de sedimentação(m/h)</b>
<i>Ascaris suum</i>	65x45	1,13	0,95
<i>Ascaris lumbricoides</i>	55x40	1,11	0,43
<i>Schistosoma</i>	50x150	1,18	5,23
<i>Trichuris trichiura</i>	22x50	1,15	0,48
<i>Taenia saginata</i>	40x35	1,3	0,83
Ancilostomídeos	60x40	1,055	0,26

Fonte: Zerbini & Chernicharo, 2001.

### 3.14.2.2 Bactérias

As bactérias presentes no lodo são de diferentes origens, como da flora intestinal humana e animal, do solo, do ar e da água (SILVA et al., 2001). A transmissão se dá pela via oral-fecal, pela água e pelos alimentos.

Experimentos realizados no Paraná detectaram a *Salmonella spp* em lodo digerido aeróbio, sendo eliminada imediatamente após a incorporação do lodo no solo, sem qualquer tratamento químico ou térmico. Acredita-se que a eliminação ocorreu devido à competição com micro-organismos autóctones (nativos) do solo. No mesmo experimento detectou-se a presença de micro-organismos desde os 13 dias até os 28 dias da incorporação, denotando a recuperação de sua população em consequência de baixas temperaturas no período de inverno. O tratamento com cal a 50% de peso seco mostrou-se 100% eficaz na eliminação de *Salmonella spp.*, independentemente do período de contato (SANEPAR, 1997).

A tabela 3.24 apresenta os principais grupos de bactérias patogênicas de maior interesse que representam riscos à saúde humana e animal.

Tabela 3.24 – Principais bactérias entéricas que podem estar presentes no lodo de esgotos domésticos, assim como as doenças a elas associadas e seus hospedeiros.

<b>Bactéria</b>	<b>Doença</b>	<b>Hospedeiro</b>
<i>Salmonella paratyphi</i>	Febre paratifoide	Mamíferos domésticos e selvagens, pássaros e tartarugas
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide	Mamíferos, aves domésticas e selvagens
<i>Salmonella ssp</i>	Salmonelose	Bovinos e outros animais
<i>Shigella</i>	Disenteria	-
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroenterite	Aves domésticas, silvestres e mamíferos
<i>Campylobacter</i>	Gastroenterite	Animais domésticos, como cães, gatos e aves
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite	Animais domésticos
<i>Leptospira spp.</i>	Leptospirose	Mamíferos domésticos e selvagens, como ratos

Fonte: adaptado de USEPA, 2003.

Em uma pesquisa realizada no Brasil por Lara e Domaszak (2000), notou-se a ausência da *Salmonella ssp.* como excelente indicador para o estudo de descontaminação de lodo, pois ela é resistente a tratamentos e pressões de sobrevivência no meio ambiente. Os autores encontraram grande variabilidade nos teores de *Salmonella ssp.* em lodo digerido, mas pouca incidência em lodo após condicionamento químico. Quando a alcalinização por tratamento químico atingiu pH 12, houve eliminação das bactérias.

A bactéria *Shigella ssp.* ocorre apenas no homem e está relacionada às condições precárias de saneamento. A *Shigella* tem dose infectiva menor que a *Salmonella ssp.*, e tende a sobreviver pouco no meio ambiente (ROCHA, 2009).

Pesquisas realizadas por Moscalewski et al. (1996 apud ROCHA, 2009) mostraram que a calagem é eficiente na eliminação do *Vibrio cholerae*. Em amostras de lodo aeróbio digerido e inoculado com o vibrião colérico, após calagem a 40% e 50% do peso seco, foram encontrados vibriões apenas no primeiro, verificando-se a ausência de recuperação de crescimento.

De acordo com Rocha (2009) existem poucos dados sobre as bactérias *Campylobacter* no ambiente, e, segundo Bitton (2005), essa bactéria tem sido detectada em esgotos, mas não em lodos de esgotos digeridos.

### 3.14.2.2.1 *Salmonella ssp*

As salmonellas são organismos de coloração gram negativo, da família *Enterobacteriaceae*, bacilo curto, facultativos (não exigem oxigênio), apresentando temperatura de crescimento de 2,0 °C (mínima), de 37 °C (ótima) e de 45-46 °C (máxima), pH para multiplicação de 3,7 (mínimo), de 6,5-7,5 (ótimo) e de 9,5 (máximo). Atualmente, são reconhecidas duas espécies, que são divididas em sete subespécies: *Salmonella enterica ssp* (seis subespécies) e *Salmonella bongori ssp* (uma subespécie).

As salmonelas habitam no trato intestinal de mamíferos, pássaros, anfíbios, répteis, homens e insetos, com dose de infecção de baixa ou de alta concentração, dependendo do sorotipo e variando entre horas e até três dias.

A patogenicidade da *Salmonella ssp* varia de acordo com o tipo sorológico e com a idade e as condições de saúde do hospedeiro. Os três primeiros sorotipos são *Typhi*, *Typhimurium* e *Enteritidis*, que pertencem aos grupos B e D. Estas distinções têm como objetivo ajudar a diferenciar bactérias semelhantes a outras.

A *salmonella typhi* é o agente da febre tifoide, que é caracterizado por febre, dor de cabeça, náusea e vômitos. Ao contrário de outras salmonellas, a ela pode infectar apenas os seres humanos.

A *salmonella typhimurium* pertence ao grupo B, sendo o agente causador de meningite em crianças (TRABULSI et al., 1999). Em humanos, a *Salmonella typhimurium* não é fatal, a menos que afete pacientes com um sistema imunológico fraco e se não for tratada com antibióticos.

A *Salmonella enteritidis* pertence ao grupo D e, entre os sorotipos, se encontra a *Salmonella pullorum*.

O diagnóstico das infecções por *Salmonella* é realizado pelo isolamento e identificação da bactéria. A identificação da *Salmonella* é realizada por meio de provas bioquímicas e sorológicas. Os sintomas de infecção por *Salmonella* são náuseas, vômitos, dores abdominais e de cabeça, assim como diarreia e febre com duração de 2-3 dias, ou mais (HOFFMANN, 2011).

### 3.14.2.2 Coliformes termotolerantes/fecais

Os coliformes termotolerantes/fecais são bactérias gram-negativas em forma de bacilos facultativos (sem necessidade de oxigênio), caracterizadas pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Podem crescer e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 °C-45 °C, com produção de ácido, gás e aldeído. Eles são usados como indicadores na contaminação biológica do lodo para uso em solos agrícolas.

Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminadas por material fecal. Assim, entre as bactérias desse grupo, pode-se citar a *E. Coli* e algumas do gênero *Citrobacter* e *Enterobacter*.

A *Escherichia coli* é o micro-organismo mais estudado em todo o mundo, considerado o principal representante do grupo (AMSTRONG et al., 1996). A ocorrência de *E. Coli* é considerada um indicador específico de contaminação fecal e a possível presença de patógenos entéricos (GUERRA et al., 2006). Apresenta temperatura de crescimento de 10 °C (mínima), de 37 °C (ótima) e de 45 °C (máxima), e o pH para multiplicação varia entre 4,4-9,5 (geral para *E. coli*). Esse micro-organismo habita o trato intestinal dos bovinos.

### 3.14.2.3 Vírus

Os vírus podem infectar todas as formas de vida, podendo ser transmitidos por meio do solo, dos alimentos, da água e de poeiras (ROCHA, 2009).

Existem muitas pesquisas a respeito da sobrevivência de vírus nos esgotos, com os resultados indicando tempos maiores do que em águas de rios, com valores acima de 231 dias em baixas temperaturas (<10 °C) e de até 110 dias em temperaturas mais elevadas (20 °C) (FEACHEM et al., 1983; COMPARINI, 2001; ROCHA, 2009).

Os principais tipos de vírus que podem estar presentes nos lodos de esgotos estão apresentados na tabela 3.25.

Tabela 3.25 – Principais vírus entéricos que podem estar presentes em lodos de esgotos domésticos, assim como as doenças a eles associadas e seus hospedeiros.

<b>Vírus Entéricos</b>	<b>Doença ou sintoma</b>	<b>Hospedeiro</b>
Enterovírus	Poliomelite, meningite e febre	Homem
Poliovírus	Meningite, pneumonia e miocardites	Homem
Coxsackevírus A e B	Meningite, paralisia e irritação da pele	Homem
Echovírus	Doenças respiratórias, diarreias e febre	Homem
Vírus da hepatite A	Hepatite infecciosa	Homem
Reovírus	Infecções respiratórias e gastroenterite	Homem
Rotavírus	Gastroenterite aguda, vômitos e diarreias	Homem e animais
Astrovírus	Gastroenterites	Homem
Calcivírus	Gastroenterites, febre e diarreias	Homem

Fonte: adaptado de USEPA, 2003.

#### 3.14.2.4 Protozoários

Em pesquisas realizadas no Paraná, em lodos digeridos anaeróbios de alguns reatores, foram detectadas as presenças de *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia*, *Endolimax nana* e *Entamoeba histolytica*, sendo esta última a mais frequente nas amostras. Segundo SILVA et al. (2013), nenhum cisto de protozoário foi encontrado em lodo digerido da ETE Belém, em Curitiba.

A tabela 3.26 apresenta os principais tipos de protozoários que podem estar presentes nos lodos de esgoto.

Tabela 3.26 – Principais tipos de protozoários nos lodos de esgoto, assim como as doenças a eles associadas e seus hospedeiros.

<b>Protozoário</b>	<b>Doença ou sintoma</b>	<b>Hospedeiro</b>
<i>Balantidium coli</i>	Diarreia, disenteria e ulcerações intestinais	Homem e suínos
<i>Cryptosporidium</i>	Diarreias, náuseas, febre e perda de peso	Homem e bovinos
<i>Entamoeba histolytica</i>	Enterite aguda	Homem
<i>Giardia lamblia</i>	Diarreia e perda de peso	Gatos e homem
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	Homem, cães, gatos, mamíferos e aves

Fonte: adaptada de Soccol e Paulino (2000) e de USEPA (2003).

### 3.14.3 Compostos orgânicos

Pouca importância era dada, até pouco tempo, à presença de compostos orgânicos perigosos em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Em geral, no Brasil, as análises desses compostos muitas vezes ainda não fazem parte da rotina de monitoramento.

Tais compostos podem estar presentes no lodo devido a efluentes domésticos (detergentes, medicamentos, restos de solventes e pinturas), indústrias e águas pluviais (resíduos de produtos utilizados em veículos automotivos, pesticidas, etc.), e grande parte deles são biodegradados muito lentamente, persistindo no meio ambiente por longos períodos. Eles podem penetrar na cadeia alimentar e, mesmo que não sejam detectáveis no corpo receptor, podem estar presentes em quantidades elevadas, nos níveis tróficos mais altos, devido à sua característica de bioacumulação (SILVA et al., 2001). Nos países que estimulam o uso agrícola do lodo de esgoto para contornar o problema da sua grande produção, já se observam preocupações com os contaminantes orgânicos e o empenho em conhecer melhor esse material e as consequências de sua presença no meio ambiente, particularmente no solo e nos organismos que têm contato direto ou indireto com o lodo aplicado.

Os antibióticos constituem um dos compostos orgânicos emergentes frequentemente utilizados na medicina humana e na veterinária, sendo quimioterápicos que inibem ou suprimem o crescimento de micro-organismos, como bactérias, fungos e protozoários (LOPES, 2015). Os primeiros antibióticos foram de origem natural, assim como as penicilinas produzidas por fungos do gênero *Penicillium*, ou estreptomicina obtida a partir de bactérias do gênero *Streptomyces*. Atualmente, os antibióticos podem ser obtidos por síntese química, como os medicamentos de sulfa, ou por modificação química de compostos de origem natural (KUMMERER, 2009).

Os antibióticos são agentes antimicrobianos produzidos por micro-organismos. Os naturais podem ser modificados artificialmente, com a finalidade de aumentar a sua eficácia e passando a ser designados de semissintéticos (MADIGAN et al., 2010). São exemplos os antibióticos  $\beta$ -lactâmicos, os aminoglicosídeos, os macrolídeos, as tetraciclina, a daptomicina e a plastensimicina.



### **3.14.3.1 Mecanismos de resistência**

O desenvolvimento de tolerância ou resistência bacteriana compromete a utilização bem-sucedida de qualquer agente terapêutico a este composto. A partir do momento em que são utilizadas pela primeira vez, as opções terapêuticas para a eliminação dessas bactérias resistentes são reduzidas, sendo os períodos de atendimento hospitalar alargados e os custos para tratamento mais elevados (LOPES, 2015); em alguns casos, os micro-organismos resistentes adquiriram uma maior transmissibilidade (DAVIES e DAVIES, 2010). De acordo com Madigan et al. (2010), alguns micro-organismos são resistentes a determinados antibióticos, tais como as bactérias que são desprovidas de parede celular, que são resistentes a penicilina; a maioria das bactérias gram-negativas, que são impermeáveis à penicilina G e à platensimicina; o organismo que pode ser capaz de modificar o antibiótico para uma forma inativa; o organismo que pode modificar o alvo do antibiótico; o organismo que pode desenvolver uma via bioquímica resistente e; o organismo que pode ser capaz de bombear para fora um antibiótico que está entrando na célula, num processo denominado refluxo.

A resistência às sulfonamidas foi identificada no final de 1930, sendo que estes mecanismos operam por volta de setenta anos depois. Desde 1940, é cada vez maior a variedade e a utilização de antibióticos destinados ao uso humano e ao veterinário, que, ao serem lançados no meio ambiente, proporcionam a seleção e a manutenção constante de populações de cepas resistentes (DAVIES e DAVIES, 2010).

### **3.14.3.2 Ocorrência de antibióticos e de bactérias resistentes no ambiente**

O crescimento populacional e os avanços tecnológicos contribuem para o aumento do uso de agentes antimicrobianos na medicina humana e na veterinária. Após o uso, ou no descarte desses compostos, seus constituintes ou metabólitos podem ser dispersos no meio ambiente, sendo os seus potenciais efeitos ainda pouco conhecidos.

As ETE podem contribuir com a propagação, a seleção de bactérias resistentes a antibióticos e com a transferência de genes de resistências. A transferência desses genes para os mais diversos compartimentos ambientais e a verificação de seus efeitos é uma tarefa difícil e onerosa, mas indispensável para a avaliação do risco das ETE na difusão desses micro-organismos (LOPES, 2015). As tecnologias de tratamento avançadas e os processos de desinfecção são possíveis ferramentas para o controle da propagação de bactérias resistentes no

ambiente, pois permitem a redução do número dessas bactérias. É necessário, contudo, realizar estudos relacionados aos efeitos desses tratamentos nas bactérias resistentes antes de recomendar a sua utilização como possível solução no controle da disseminação de micro-organismos resistentes nos diversos compartimentos ambientais (RIZZO et al., 2013).

Diferentemente dos metais pesados, que prejudicam todas as formas de vida, os antibióticos alteram principalmente a microbiosfera, e por esta razão que a poluição dos antibióticos sobre a biodiversidade recebe menor atenção ao se comparar com os metais (MARTINEZ, 2009). Os antibióticos, como os metais, são parcialmente biodegradados e, muitas vezes, são somente removidos fisicamente da água e acumulados nos lodos, assim ocorrendo a transferência do problema relacionado à poluição da água ao lodo (LOPES, 2015). Após o consumo, os antibióticos e seus metabolitos são excretados, passando a constituir os esgotos destinados a ETE.

Para Rizzo et al. (2013), a remoção de antibióticos nas ETE sofre variações conforme o seu tipo, suas propriedades físico-químicas e suas condições de operação do sistema de tratamento. A remoção de antibióticos do esgoto depende, principalmente, de sua sorção no lodo, da degradação e/ou da transformação durante o tratamento, podendo a hidrólise atuar em alguns compostos. Para o caso da fotólise, é improvável que esta ocorra devido à baixa exposição das substâncias à luz durante o processo de tratamento de esgoto.

A maioria dos antibióticos são hidrofílicos e biologicamente resistentes, e estão presentes principalmente na fase aquosa (RIZZO et al., 2013). Essas características, aliadas à baixa remoção de fármacos nas ETE convencionais, contribuem com o desenvolvimento de bactérias resistentes e constituem, assim, uma potencial porta de entrada de antibióticos e micro-organismos resistentes no ambiente. Isso indica, portanto, que os esgotos constituem uma importante rota de contaminação dos ambientes aquáticos. O lodo de esgoto produzido na ETE pode ser considerado um meio propício para as bactérias “aprenderem” a superar os antibióticos por um processo natural de engenharia genética, que contribui para o desenvolvimento rápido de cepas resistentes a múltiplas drogas (NICHOLLS, 2003).

### 3.15 ORGANISMOS USADOS PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE SANITÁRIA DO LODO

O lodo de esgoto sanitário pode conter diversos agentes patogênicos, como bactérias, protozoários, vírus, leveduras, fungos e helmintos (PEPPER et al., 2006).

Um dos principais e fundamentais objetivos do tratamento de esgoto sanitário é a eliminação de organismos patogênicos à saúde humana. Porém, a fase de decantação do tratamento de esgoto propicia a precipitação de muitos destes organismos, que se concentram no lodo e fazem com que a sua eliminação não seja completa (SANEPAR, 1997).

Na escolha de um micro-organismo como indicador, levam-se em consideração certas bactérias que possuem técnicas analíticas simples e que integram a flora intestinal de forma relativamente resistentes. A presença dessas bactérias corresponderá à presença de matéria fecal e à provável contaminação por patógenos (SILVA et al., 2001 apud ROCHA, 2009).

Os organismos indicadores são aqueles que dão respostas aos processos de tratamento e condições ambientais de formas similares aos outros organismos, fornecendo informações de sobrevivência de um grande grupo (USEPA, 2003). Esta fonte estabeleceu que a viabilidade dos ovos de helmintos fosse representada pelo *Ascaris ssp.*, por ser o helminto mais resistente. Assim, onde os *Ascaris ssp.* não sobrevivem, não é possível achar outra espécie de helminto.

Outros organismos indicadores utilizados no monitoramento sanitário do lodo, de acordo com as normas americanas e brasileiras, são:

a) Bactérias: as bactérias presentes no lodo são de diferentes origens, como da flora intestinal humana e animal, do solo, do ar e da água. Vários fatores elevam a possibilidade de transmissão dos patógenos pela aplicação do lodo de esgoto em jardins e culturas de vegetais folhosos. As *Salmonellas ssp.* são indicadoras por estarem presentes em altas densidades. Comparadas a outros patógenos, representam o maior risco de infecção, uma vez que são as bactérias patogênicas mais comumente encontradas em esgotos domésticos (FERNANDES et al., 2001);

b) Vírus: os vírus estão presentes em diferentes tipos de águas residuais e lodos provenientes de diversos tipos de tratamento. Sua concentração é variável e depende das condições de saúde da população da bacia contribuinte, do tipo de processo de tratamento a que o esgoto é submetido, bem como do tipo de processo de estabilização utilizado para o lodo (SOCCOL et al., 2003).

### 3.16 RISCOS REAIS E RISCOS POTENCIAIS

Os lodos contêm os mais variados micro-organismos patogênicos. O risco real para um indivíduo ser infectado depende, na verdade, da combinação de uma série de fatores,

dentre os quais estão a dose infectiva, a patogenicidade, a suscetibilidade e o grau de imunidade do hospedeiro e o exposição humana aos focos de transmissão. É importante ressaltar que, do ponto de vista epidemiológico, a presença de organismos patogênicos em efluentes sanitários, solos, ou até mesmo em culturas, não implica, necessariamente, na transmissão de doenças (FARIA, 2015).

Assim, para que um micro-organismo presente em um efluente utilizado na agricultura chegue a provocar doença, o mesmo teria que resistir aos processos de tratamento de esgotos empregados e sobreviver no meio ambiente em número suficiente para infectar um indivíduo suscetível (BASTOS, 1999).

Muito embora o conhecimento da tolerância dos micro-organismos às condições ambientais por si só não permita a caracterização de um risco real de transmissão de doenças, a observação destes valores não deixa de ser uma valiosa ferramenta na avaliação dos riscos potenciais de infecção.

### 3.17 TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DOS MICRO-ORGANISMOS PATOGÊNICOS

Aqui são apresentados os tempos de sobrevivência no solo e nos vegetais, referidos na bibliografia, para os micro-organismos patogênicos do lodo de esgoto.

#### **3.17.1 Sobrevivência de patógenos no solo**

No solo normalmente encontram-se micro-organismos como bactérias, vírus, helmintos (ovos, larvas e adultos) e protozoários (cistos), que são provenientes de animais domésticos e selvagens, do próprio homem, da contaminação de rios, de parasitos do solo e de plantas, ou ainda de organismos de vida livre. Porém, isso pode gerar confusão de diagnóstico com os agentes patogênicos presentes no lodo incorporado ao solo.

Quando o lodo não tratado é depositado, os micro-organismos patogênicos ficam na superfície do solo e dos vegetais. O tempo de sobrevivência deles, conforme Andreoli et al. (2001), varia de acordo com o(a):

- Capacidade de sobrevivência do próprio micro-organismo;

- Textura e pH do solo, pois em solo arenoso o tempo de sobrevivência de ovos de helmintos é menor do que em solos úmidos. Portanto, o tempo de sobrevivência varia de região para região, não sendo válido estender dados de uma localidade para outra ou de um país para outro;
- Incidência de luz, visto que os raios solares incidindo diretamente sobre os micro-organismos produzem dessecação e diminuem o tempo de sobrevida;
- Temperatura ambiente, já que no verão o tempo de vida de cistos de protozoários e ovos de helmintos é mais curto do que no inverno. Em regiões onde o outono é frio e a primavera apresenta-se chuvosa, os agentes patogênicos sobrevivem por longo período;
- Método de aplicação do lodo no solo, pois quando o lodo é aplicado diretamente no solo, a incidência de raios solares contribui para a diminuição do tempo de sobrevivência dos parasitos. Quando ele é incorporado ao solo, fica menos exposto à radiação solar e o tempo de vida aumenta. O lodo incorporado diminui o risco de contato direto para o homem e para os animais. A profundidade que os agentes patogênicos alcançam no solo depende da sua textura, da existência de falhas e de áreas de erosão próximas ao local de aplicação;
- Capacidade de retenção de água (CRA), já que solos arenosos propiciam a sobrevivência de alguns micro-organismos (*Ancylostomatidae*) e diminuem a de outros (bactérias);
- Fauna microbiana do solo, pois a competição de micro-organismos pode favorecer ou não a sobrevivência dos organismos patogênicos, alterando o equilíbrio ecológico.

Em relação à sobrevivência de micro-organismos no solo, Medeiros et al. (1999) estudaram a sobrevida de micro-organismos patogênicos oriundos de lodo em solo agrícola, comprovando a ausência da *Salmonella ssp.* após 42 dias de aplicação de lodo no solo; para *Enterococcus e coliformes fecais*, houve redução de  $4,7 \times 10^6$  para  $3,7 \times 10^4$ , em 134 dias. Para ovos de helmintos, a sobrevivência foi de 20 % em 180 dias, de acordo com Soccol et al (1999). A tabela 3.27 mostra o tempo de sobrevivência de agentes patogênicos em diferentes tipos de solo.

Tabela 3.27 – Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos no solo.

<b>Agentes patogênicos</b>	<b>Tipos de solo</b>	<b>Sobrevivência média</b>	<b>Sobrevivência máxima</b>
<b>Vírus</b>			
Enterovírus	Diferentes tipos	12 dias	100 dias
<b>Bactérias</b>			
Coliformes fecais	Superfície	40 dias	90 dias
<i>Salmonella ssp.</i>	Solo arenoso	30 dias	60 dias
	Solo (camada profunda)	70 dias	90 dias
<i>Vibrio cholerae</i>	-	5 dias	30 dias
<b>Protozoários</b>			
Amebas	-	10-15 dias	30 dias
<b>Nematodas</b>			
	Solo irrigado	Vários meses	2 a 3 anos
<i>Ascaris ssp.</i>	Solo	Vários meses	7 a 14 anos
<i>Toxocara ssp.</i>	Solo	Vários meses	8 meses
<i>Taenia ssp.</i>	Solo	15 a 30 dias (verão seco)	3 a 15 meses (inverno)

Fonte: EPA (1992), Gaspard et al. (1995), Ademe (1998) e Schwartzbrod et al. (1998).

### 3.17.2 Sobrevivência de patógenos nos vegetais

O tempo de sobrevivência dos agentes patogênicos varia em função do tipo de micro-organismos e da natureza do vegetal. Vírus, bactérias e protozoários têm tempo de sobrevivência menor em relação aos ovos de helmintos, principalmente aqueles que possuem membranas mais espessas, como o *Ascaris sp.* E a *Taenia sp.*

Para vírus, o tempo de sobrevivência situa-se entre de 4 a 60 dias, para bactérias varia de 10 a 40 dias, enquanto que para protozoários o tempo máximo de sobrevivência é de 15 dias. Os ovos de helmintos, todavia, que são mais resistentes, podem sobreviver vários meses.

Em relação ao tipo de vegetal, é natural que aqueles que têm contato direto com o solo (raízes e legumes) possuam maior risco de apresentar agentes patogênicos.

Em vegetações mais altas (maçã e laranja, por exemplo), as chances de contaminação são menores. Schwartzbrod et al. (1986) demonstraram que ovos de helmintos podem sobreviver de 8 a 15 dias em alfaces, 28 dias em tomates e 10 a 30 dias em rabanetes. A tabela 3.28 mostra o tempo de sobrevivência de agentes patogênicos em diferentes tipos de vegetais.

Tabela 3.28 – Tempo de sobrevivência de micro-organismos patogênicos em vegetais e raízes.

<b>Micro-organismo</b>	<b>Tipo de alimento</b>	<b>Tempo máximo de sobrevivência (dias)</b>
Vírus	Feijão	4
	Plantas cultivadas	60
Bactérias (Salmonella)	Batata e legumes	40
	Cenoura	10
Cistos de protozoários	Legumes	3 a 15
	Legumes	27 a 35
	Alface	8 a 15
Ovos de helmintos	Tomate	28
	Beterraba (folhas e raiz)	10 a 30

Fonte: ADEME, 1998.

### 3.18 DIRETRIZES PARA DISPOSIÇÃO DE LODO NO SOLO

Nos últimos anos, a humanidade tem se desenvolvido através da adoção de tecnologias e sistemas de produção baseados na utilização dos recursos naturais e no despejo dos resíduos não aproveitáveis no meio ambiente. Num panorama mundial, as questões ambientais tomaram maior ênfase a partir da década de 1970. Andreoli e Fernandes (2001) relatam que os procedimentos de avaliação de impacto ambiental começaram a ser empregados nos EUA na década de 1960. Em 1972, na Conferência de Estocolmo, apenas 11 países tinham instituído órgão de controle ambiental, mas em 1986 esse número passou para 106 (ROCHA, 2009).

Atualmente, sabe-se que muitos recursos naturais são classificados como não-renováveis, e que o meio ambiente possui um limite de assimilação de resíduos. Portanto, a proteção do meio ambiente é uma condição necessária para a continuação do desenvolvimento socioeconômico, entendendo-se, então, por proteção ambiental uma série de medidas de caráter econômico, político e social, que visam o desenvolvimento sustentável da humanidade (MMA, 2004). A reciclagem de resíduos tem sido preocupação de âmbito mundial, e foi objeto da Conferência das Nações Unidas, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, quando foi elaborada a Agenda 21, cujo Capítulo 21 trata da questão, visando auxiliar aos governos a tratar da sustentabilidade (MMA, 2004).

Para quaisquer medidas que forem tomadas existe a necessidade de regulamentação, ou seja, a necessidade de serem impostas normas e leis, a fim de que determinados padrões e diretrizes sejam seguidos, como é o caso da EPA (1993), da CETESB (1999), da SANEPAR

(1997), do CONAMA (2006) e da Comunidade Econômica Europeia. Diversos países possuem, portanto, normas técnicas que regulamentam a maneira adequada de utilizar o lodo de esgoto nos solos.

### **3.18.1 Legislação norte-americana**

Segundo Carvalho e Carvalho (2001) e Straus (2000), um país que merece destaque, tanto pelo rigor quanto pela maneira que conduziu a elaboração das suas normas para a disposição final do lodo de esgoto, são os Estados Unidos.

Como o lodo de esgoto já vinha sendo utilizado na agricultura em escala cada vez maior, a necessidade de uma legislação adequada para a proteção ao ambiente era necessária. Desta forma, em 1982, a EPA (Environmental Protection Agency) organizou um grupo de trabalho formado por técnicos da própria agência, publicando, no mesmo ano, um estudo de caso em quarenta cidades para, em 1983, apresentar as suas recomendações e, inclusive, a necessidade de um adequado programa de regulação. A abordagem da norma americana cobre três disposições do lodo:

- a) aplicação no solo (agricultura, jardinagem, reflorestamento e em áreas degradadas);
- b) disposição no solo sem finalidade de fertilização ou correção das características físicas e químicas do solo;
- c) incineração.

Ainda de acordo com o trabalho realizado por Carvalho e Carvalho (2001), em 1984 a EPA desenvolveu uma lista de duzentos poluentes, dos quais relacionou cinquenta para estudos detalhados e identificação das vias de exposição, sendo os casos mais prejudiciais estudados até 1985.

Entre 1985 e 1988 foram conduzidos estudos sobre as vias de risco para a proteção dos MEI (More Exposal Individual), incluindo as vias de exposição, o risco individual e agregado, o nível de risco aceitável para os poluentes cancerígenos, os riscos na alimentação humana, o risco potencial no transporte e os conceitos e cenários. Segundo Cunha e Neto (2000), a realização da avaliação das vias de exposição possibilita estimar o tipo e a magnitude da exposição às substâncias sob avaliação, entendendo-se como exposição o contato de um determinado organismo com a substância considerada.



De acordo com os autores, essa avaliação permite descrever o caminho percorrido pelo contaminante, desde a fonte até o organismo exposto, sendo identificados os mecanismos de sua liberação para o ambiente, os meios de transporte ou a retenção a que estão sujeitos, o ponto de contato dos indivíduos com os contaminantes e a via de ingresso dos poluentes nos organismos. Na tabela 3.29 são identificados os cenários de exposição considerados na Avaliação de Risco estabelecida pela EPA (1993).

Tabela 3.29 – Vias de risco, conforme a EPA (1993).

<b>Via de risco</b>	<b>Cenário</b>
Lodo de esgoto (LE) –Solo-Planta – Homem	Homem come plantas durante toda a vida
LE-Solo-Homem	Crianças ingerem terra com LE
LE-Solo-Planta-Animais-Homem	Agricultores se alimentam, sempre, de produtos animais em solo fertilizado com LE
LE-Solo-Planta-Homem-Animais	Agricultores consomem animais que ingeriram terra com LE enquanto pastavam
LE-Solo-Planta-Animal	Animais ingerem, sempre, produtos produzidos em solos fertilizados com LE
LE-Solo-Animais	Animais ingerem LE ao pastarem
LE-Solo-Planta	Plantas crescem em solo fertilizado com LE
LE-Solo-Biota do solo	Biota do solo cresce em local fertilizado com LE
LE-Solo-Biota-Predador	Animais comem a biota que do solo com LE
LE-Solo-Poeira-Homem	Operários são expostos à poeira do solo com LE
LE-Solo-água superficial-peixe-homem	Homem come peixes e bebe água de nascentes provenientes de solo fertilizado com LE
LE-Solo-Ar-Homem	Homem aspira vapores de algum poluente volátil do LE
LE-Solo-Água subterrânea-Homem	Homem bebe água de reservatórios rodeados por solos fertilizados por LE

Fonte: adaptado de Carvalho e Carvalho, 2001.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) lista uma série de técnicas destinadas a remover patógenos, classificando-as quanto à sua efetividade em PFRP (Process to Further Reduce Pathogens e PSRP-Process to Significantly Reduce Pathogens). Assim, a EPA (1992) reconhece sete processos na categoria PFRP, que são: compostagem, secagem por aquecimento, tratamento térmico, digestão aeróbia termófila, irradiação com raios Beta, irradiação com raios Gama e pasteurização.

O lodo resultante de um desses processos de tratamento é classificado pela EPA como lodo classe A, embora não seja um lodo estéril. Ao contrário, ele contém bactérias patogênicas e ovos viáveis de helmintos, mas reduzidos a níveis que se enquadram nos limites apresentados na tabela 3.30. O lodo classe A pode ser aplicado no solo para uso agrícola de forma irrestrita, incluindo gramados e jardins.

Os cinco processos reconhecidos como PSRP pela EPA (1992) são os seguintes: digestão aeróbia, digestão anaeróbia, secagem ao ar, compostagem e caleação. Os lodos tratados por estes processos são classificados como lodos classe B e apresentam restrições de uso, bem como a observância de determinados períodos para que possa ser utilizado.

Tabela 3.30 – Limites de patógenos no lodo.

<b>Micro-organismo</b>	<b>Lodo classe A</b>	<b>Lodo classe B</b>
Coliformes fecais	< 10 <sup>3</sup> NMP/gMS	<10 <sup>6</sup> /gMS em 7 amostras por duas semanas
<i>Salmonella ssp</i>	< 3NMP/4 gMS	Não especificado
Ovos viáveis de helmintos	< 0,25 ovos/ gMS	Não especificado

Fonte: adaptado de EPA, 1992.

### **3.18.1.1 Processos preconizados pela EPA para redução de patógenos no lodo**

Nesta seção descrevem-se, sumariamente, dois grupos de processos para a redução de patógenos nos lodos, com referência a algumas características destes.

#### **a) Processos para reduzir significativamente patógenos do lodo (PRSP)**

Os processos utilizados para reduzir significativamente os patógenos do lodo (CONAMA 375, 2006) são:

- **Digestão aeróbia:** o lodo é agitado com ar ou oxigênio para manter as condições aeróbias durante o tempo de detenção, variando em 60 dias a 15 °C ou 40 dias a 20 °C, com a redução de pelo menos 38% de sólidos voláteis;
- **Secagem ao ar:** o lodo líquido é drenado e secado sobre leitos de secagem de areia, ou em bacias revestidas ou não, onde é depositado numa camada de aproximadamente 25 cm. É necessário um período mínimo de 3 a 12 meses com temperatura média acima de 0 °C;

- Digestão anaeróbia: a digestão anaeróbia é realizada na ausência de ar, com tempo de detenção variando de 60 dias a 20 °C e de 15 dias com a temperatura entre 35 e 55 °C, com redução de sólidos voláteis de pelo menos 38%;
- Compostagem: usando os métodos de compostagem (confinada, leira estática aerada ou leiras), o resíduo sólido é mantido em condições mínimas de operação, de 40 °C por 5 dias. Por 4 horas deste período, a temperatura deve exceder 55 °C;
- Estabilização com cal: uma quantidade suficiente de cal é adicionada para produzir um pH igual a 12 após 2 horas de contato;
- Outros métodos: outros métodos ou condições de operação podem ser aceitáveis, se patógenos e a atração de vetores pelos resíduos (sólidos voláteis) forem reduzidos a um grau equivalente à eficiência obtida, por qualquer um dos métodos citados acima.

b) Processos maximizadores da redução de patógenos do lodo (PMRP)

Os processos que apresentam maior capacidade de redução de patógenos (CONAMA 375, 2006) são:

- Compostagem: usando o método de compostagem confinada, o lodo desaguado é mantido em condições operacionais a 55 °C ou mais, por três dias. Usando o método de compostagem de leira estática aerada, o lodo desaguado deve ser mantido sob a mesma temperatura e pelo menos período de tempo. Usando o método de compostagem em leiras, o resíduo sólido atinge uma temperatura de 55 °C ou mais, por pelo menos 15 dias, durante o período da compostagem. Também durante o período de alta temperatura, haverá um mínimo de cinco tombamentos das leiras;
- Secagem térmica: a torta de lodo desaguado é seca direta ou indiretamente com gases quentes, e o conteúdo de umidade é reduzido a 10% ou menos. As partículas de lodo alcançam temperaturas maiores que 80 °C;
- Tratamento térmico: o lodo líquido é aquecido a 180 °C por 30 minutos;
- Digestão aeróbia termofílica: o lodo líquido é agitado com ar ou oxigênio para manter condições aeróbias em tempo de detenção de 10 dias, a 55-60 °C, com uma redução de sólidos voláteis de pelo menos 38%;
- Outros métodos: outros métodos ou condições de operação podem ser aceitos, se os patógenos e a atração de vetores pelos resíduos (sólidos voláteis) forem reduzidos a um grau equivalente aos oferecidos por qualquer um dos métodos descritos acima.

### 3.18.2 Legislação europeia

Atualmente, os destinos dados ao lodo de esgotos, em diversos países, são os aterros, a incineração e a aplicação na agricultura. Os países da UE já vêm incorporando o lodo de esgoto no solo há bastante tempo e têm desenvolvido algumas normas preventivas contra possíveis problemas com os contaminantes presentes.

Langenkamp & Part (2001) analisaram as projeções crescentes de uso do lodo de esgoto e apresentaram os números estimados para 2005 dos países da UE. A tabela 3.31 ilustra a quantidade de lodo que foi produzido e usado na agricultura da UE no ano supracitado.

**Tabela 3.31:** quantitativos da produção de lodo e seu uso agrícola na UE em 2005.

<b>País</b>	<b>Total lodo (t)</b>	<b>Disposição na agricultura (t)</b>	<b>% de uso agrícola</b>
Alemanha	2786	1391	50
Áustria	196	68	35
Bélgica	160	47	29
Dinamarca	200	125	63
Espanha	1088	589	54
Finlândia	160	115	72
França	1172	765	65
Grécia	99	7	7
Holanda	401	110	27
Irlanda	113	84	74
Luxemburgo	14	9	64
Reino Unido	1583	1118	71
Portugal	359	108	30

Fonte: Langenkamp & Part (2001).

Na diretiva da UE, ao lado de conceitos sobre os diferentes tipos de lodos, são apresentadas tabelas sobre os limites de concentração dos metais pesados nos solos e no lodo de esgoto, bem como as doses máximas de aplicações anuais baseadas numa média de 10 anos, e as metodologias para as amostragens e análises do lodo e do solo. De acordo com Carvalho e Carvalho (2001), a diretiva da UE tem um ponto importante, pois fixa sempre limites máximos, permitindo que os estados membros tenham sua legislação própria, desde que não ultrapassem aqueles limites. Neste caso, as legislações alemã, holandesa e a dos países baixos são as mais rigorosas, com valores mais restritos para os metais pesados e incluindo limites também para os poluentes orgânicos.

Um aspecto da legislação alemã que deve ser ressaltado, pois ela fixa como limite máximo a aplicação de cinco toneladas de lodo de esgoto por ha/ano, em base seca, o que é ampliado para dez toneladas no caso do lodo estabilizado por compostagem e com baixo teor em poluentes ( $\leq 50$  % dos limites).

Um exemplo desta normalização pode ser visto na tabela seguinte, em que são apresentados os teores máximos de metais pesados admitidos no lodo a ser utilizado na agricultura, seguindo a legislação de diversos países (ROCHA, 1999).

Tabela 3.32 – Teores máximos de metais pesados admitidos no lodo a ser utilizado na agricultura, segundo a legislação de diversos países ( $\text{mg.kg}^{-1}$  de matéria seca).

<b>Metal pesado</b>	<b>Dinamarca</b>	<b>Suécia</b>	<b>Alemanha</b>	<b>Suíça</b>	<b>Holanda</b>	<b>Escócia</b>	<b>França</b>	<b>Itália</b>
Cádmio	0,8	15	10	30	10	20	20	20
Cromo	100	1.000	900	1.000	500	2.000	1.000	-
Cobre	1.000	3.000	800	1.000	600	1.500	1.000	1.000
Chumbo	120	300	900	1.000	500	1.500	800	750
Mercúrio	0,8	8	8	10	-	-	10	10
Níquel	30	500	200	200	100	25	200	300
Selênio	-	-	-	-	-	-	100	-
Zinco	4.000	10.000	2.500	8.000	2.000	2.500	3.000	2.500
Cobalto	-	50	-	100	-	-	-	-
Manganês	-	-	-	500	-	-	-	-

Fonte: Rocha, 1999.

### 3.18.3 Normas da Austrália

Na Austrália foram estabelecidas medidas nacionais de proteção ambiental que consistem na indicação de padrões de qualidade que devem ser respeitados, sendo que um dos tópicos diz respeito ao impacto ambiental associado ao uso de resíduos, incluindo o lodo de esgoto (WA, 2012).

Em 2006 iniciou-se um programa intitulado *National Biosolid Research Program* (Programa Nacional de Pesquisa em Lodo de Esgoto), que tem como um dos seus objetivos validar ou adequar os padrões de qualidade existentes.

Na tabela 3.33 estão representados os critérios de enquadramento dos bioossólidos segundo as concentrações dos contaminantes. Segundo WA (2012), somente são autorizados para uso agrícola os bioossólidos das classes A, B ou C, sendo a classe D autorizada apenas para o uso florestal. Caso os valores ultrapassem os limites da classe D, serão considerados como classe E, e nesse caso não podem ser utilizados em aplicações no solo. Outros produtos químicos, além dos referidos na tabela 3.33, podem estar presentes em bioossólidos, incluindo dioxinas, medicamentos e produtos para cuidados pessoais (WA, 2012).

Tabela 3.33 – Limites australianos para concentrações máximas de contaminantes aceitáveis no bioossólido destinado ao uso agrícola.

Contaminante	Concentrações limite por classe de lodo em solos agrícolas				
	Classe A (mg/kg)	Classe B (mg/kg)	Classe C (mg/kg)	Classe D (mg/kg)	Máximo (mg/g de solo seco)
Arsênio	20	20	20	30	20
Cádmio	3	5	20	32	1
Cromo (total)	100	250	500	600	100
Cobre	150	150	420	500	100
Chumbo	1	4	15	19	150
Mercúrio	60	125	270	300	1
Níquel	60	125	270	300	60
Selênio	5	8	50	90	5
Zinco	200	700	2.500	3.500	200
DDT	0,5	0,5	1	1	0,5
Aldrin	0,02	0,02	0,5	1	0,02
Dieldrin	0,02	0,02	0,5	1	0,02
Clordano	0,02	0,02	0,5	1	0,02
Heptacloro	0,02	0,02	0,5	1	0,02
Hexaclorobenzeno	0,02	0,02	0,5	1	0,02
Lindano	0,02	0,02	0,5	1	0,02
BHC	0,02	0,02	0,5	1	0,02
PCBs	0,3	0,3	1	1	0,3

Fonte: WA, 2012.

### 3.18.3.1 Parâmetros microbiológicos

Há uma série de processos de tratamentos que são conhecidos para reduzir de forma viável os agentes patogênicos. Na Austrália são utilizados quatro tipos de agentes patogênicos: P1, P2, P3 e P4. Todo o lodo é considerado patogêno em grau P4, até que seja feita uma análise contrária (WA, 2012).

Se um determinado biossólido é produzido usando métodos diferentes a dos listados, o gerador deve demonstrar, através de processos de verificação e monitoramento de rotina, que o método de tratamento proposto pode ter uma equivalência em relação ao método usado. A confiabilidade dos processos de tratamento de lodo na redução de patógenos é essencial para a proteção da saúde pública.

As normas de redução de patógenos referidas na tabela 3.34 são requisitos técnicos que visam reduzir a presença de patógenos e potenciais riscos.

Tabela 3.34 – Parâmetros microbiológicos determinados pela legislação australiana.

<b>Nível de patogenicidade</b>	<b>Método de tratamento aprovado</b>	<b>Níveis máximos de agentes patogênicos</b>
Nível P1: baixos níveis de patógenos com potencial mínimo de germinação ou rebrotamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O método padrão de compostagem AS4454 pode ser referido para processos de compostagem.</li> <li>• A utilização dos resíduos reprocessados é necessária para demonstrar o desempenho de método de tratamento microbiano, permitindo a obtenção de um produto adequado para uso sem restrições (P1)</li> </ul>	<p>Colifagos &lt; 10 UFP por 10 gramas de biossólido final seco.</p> <p><i>E. Coli</i> &lt; 100 por grama de biossólido final seco.</p> <p>Strongyloides &amp; Hookworm ovos viáveis &lt; 1 por 50 gramas de biossólido final seco.</p>
Nível P2: baixos níveis de patógenos com potencial mínimo de germinação ou rebrotamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compostagem à temperatura &gt; 53 °C durante 5 dias, ou maior de 55 °C por 3 dias.</li> <li>• Aquecer à temperatura de 70 °C por 1 hora e depois secar até &gt; 90% dos sólidos.</li> <li>• Digerido. Aquecer a 70 °C durante 1 hora e, em seguida, secar até &gt;75% dos sólidos.</li> <li>• Digestão aeróbia termófila (55 °C - 60 °C, durante 10 dias consecutivos) e uma redução de sólidos totais de 50%.</li> <li>• Outros processos aceites: armazenamento com segurança demonstrada.</li> </ul>	<p><i>E. Coli</i>-menor de 1000 contagens por grama de biossólidos finais secos.</p> <p>Strongyloides &amp; Hookworm ovos viáveis &lt; 1 por 50 gramas de sólidos totais.</p>
Nível P3: baixos-médios níveis de patógenos com algum potencial de germinação ou rebrotamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digestão anaeróbia à temperatura ≥ 15 °C por ≥ 60 dias.</li> <li>• Digestão aeróbia à temperatura ≥ 20 °C por 40 dias ou mais, ou por 15 °C por ≥ 60 dias.</li> <li>• Adição de cal para que o pH se mantenha em 12 por mais de 3 horas.</li> <li>• Compostagem aeróbia à temperatura &gt; 40 °C por ≥ 5 dias, incluindo tempo ≥ 4 horas &gt; 55 °C.</li> </ul>	<p><i>E. Coli</i> menor de 2.000.000-contagem por grama de biossólido final seco.</p> <p>Strongyloides &amp; Hookworm ovos viáveis &lt; 1 por 50 gramas de sólidos totais</p>

Tabela 3.34 – Parâmetros microbiológicos determinados pela legislação australiana (continuação).

Nível P4: níveis médios-altos ou desconhecidos, com redução mínima de patógenos. Todos os bio sólidos são considerados P4 até que seja possível provar o contrário.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lodo não tratado ou tratado de forma inadequada.</li> </ul>	E. Coli maior $2.10^6$ /g de bio sólido final seco.
---	--	---

Fonte: WA, 2012.

### 3.18.3.2 Medidas de redução de atração de vetores

Os vetores incluem moscas, mosquitos, pássaros, ratos e outros animais nocivos, e o transporte de agentes patogênicos através de vetores é controlado, conforme WA (2012), através de:

- Aplicação de processos de tratamentos biológicos aprovados (digestão aeróbia ou anaeróbia), decomposição de sólidos voláteis, redução dos alimentos disponíveis para a atividade microbiana e redução de odores;
- Condições químicas ou físicas (calor, aumento de pH e secagem, por exemplo) que podem reduzir significativamente ou cessar a atividade microbiana;
- Redução de atração de vetores é um resultado esperado a partir do processamento e do tratamento de bio sólido e produtos derivados, como é indicado na tabela 3.35.

Tabela 3.35 – Medidas de redução de atração de vetores.

<b>Medidas sugeridas de redução de atração de vetores</b>	<b>Bio sólidos e produtos que contêm bio sólidos adaptados a essas medidas</b>
Redução de sólidos voláteis $\geq 38\%$ no digestor	Lodos digeridos anaerobicamente ou aerobicamente
Sólidos secos $\geq 75\%$ de sólidos	Estabilização, lodo digerido anaerobicamente ou aerobicamente.
Sólidos secos $\geq 90\%$ de sólidos	Calor seco, lodo não estabilizado.



Tabela 3.35 – Medidas de redução de atração de vetores (continuação).

Tratamento aeróbio por 14 dias ou mais, com a média da temp. superior a 45 °C e nunca abaixo de 40 °C	Produto compostado
Manter o pH $\geq 12$ por tempo $\geq 2$ horas, ou pH $\geq 11,5$ por tempo $\geq 22$ h, com uma única aplicação de alcalinizante	Alteração do produto alkali
Taxa de captação de oxigênio específico a 20 °C $\leq 1,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$	Lodos líquidos de processos aeróbios que operam a temp. de 10 a 30 °C.
Injeção ou incorporação do biossólidos ao solo no máximo 6h após a aplicação superficial	Lodos parcialmente estabilizados ou lodos não estabilizados

Fonte: adaptado de USEPA 503 (2003) e Draft SA EPA Biosolids Guideline (2009).

### 3.18.4 Legislação brasileira

No Brasil, como não havia uma resolução que estipulasse os códigos para o uso do lodo/ biossólido, alguns estados propuseram suas próprias normas e/ou manuais, orientando a maneira adequada de realizar o uso agrícola do lodo de esgoto. Esse foi o caso de São Paulo, onde a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) estabeleceu, em 1999, normas provisórias estaduais (norma técnica P 4.230) que regulamentam o uso agrícola de lodos resultantes de tratamentos biológicos, incluindo o lodo de esgoto. Da mesma forma no Paraná, onde a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) elaborou e publicou Manuais Técnicos sobre o assunto (PIRES, 2006).

Em agosto de 2006, foi publicada no Diário Oficial da União, a Resolução CONAMA 375, que “define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências”, sendo complementada pela Resolução CONAMA n° 380, publicada em novembro de 2006 (BRASIL, 2006a; BRASIL, 2006b). Essa Resolução é resultado da compilação de objetos controladores de países da Europa e dos Estados Unidos, que possuem realidade climática bem diferenciada do clima tropical encontrado no Brasil.

De acordo com o anexo I do artigo 3° da resolução 375/2006, os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto só poderão ser destinados para uso agrícola se submetidos a um processo de redução de patógenos (BRASIL, 2006).

Dentre algumas diretrizes, a Resolução situa os requisitos mínimos de qualidade do lodo de esgoto destinado à agricultura, estabelecendo os limites máximos de substâncias inorgânicas e de agentes patogênicos, classificando o lodo em tipo A ou B. Ainda lista uma

série de substâncias orgânicas que devem ser determinadas no lodo de esgoto, no produto derivado e no solo, como benzenos clorados, ésteres de ftalatos-EP, fenóis não clorados e clorados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos- HPA e poluentes orgânicos persistentes- POPs. O Brasil definiu a obrigatoriedade do monitoramento de substâncias orgânicas sem, contudo, estabelecer os limites máximos permitidos (SAMPAIO, 2013).

Em relação aos micro-organismos, a Resolução CONAMA 375/2006 estabelece duas classes de lodos de esgoto, de acordo com suas características microbiológicas:

- Para lodo classe A, aplicam-se as seguintes concentrações máximas: coliformes termotolerantes ( $10^3$  NMP/g de ST; ovos viáveis de helmintos: 0,25 ovos/ g de ST; *Salmonella*: ausência em 10g de ST e vírus: 0,25 UFP ou UFF/g de ST);
- Para lodo classe B, os limites máximos se restringem a coliformes termotolerantes ( $10^6$  NMP/g de ST e 10 ovos viáveis de helmintos/g de ST).

Os padrões microbiológicos da classe A são exatamente os mesmos dos fixados pela legislação Norte Americana-USEPA 40 CRF, Part 503, segundo a qual os lodos enquadrados nessa classe não estão sujeitos a qualquer tipo de restrição para a sua aplicação e comercialização, podendo, inclusive, ser adquiridos em supermercados para uso doméstico. Entretanto, a Resolução CONAMA 375/2006 estabelece uma série de restrições para o uso de lodo dessa classe, podendo-se destacar:

- Proibição do uso em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, assim como em culturas inundadas, como demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo (Artigo 12);
- Utilização em pastagens em períodos inferiores a 24 meses (Artigo 12, parágrafo 1);
- Proibição de aplicação em solos que serão utilizados para culturas de olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja superfície entre em contato com o solo, bem como cultivos inundáveis em períodos inferiores a 48 meses (Artigo 12, parágrafo 2).

A tabela 3.36 apresenta os limites máximos de substâncias inorgânicas permitidos no lodo de esgoto ou em produtos derivados, para uso agrícola, bem como os limites para a carga total acumulada, com relação às mesmas.

Tabela 3.36 – Limites máximos de substâncias inorgânicas permitidas no lodo de esgoto ou em produtos derivados, para uso agrícola.

<b>Substâncias inorgânicas</b>	<b>Concentração máxima (mg.kg<sup>-1</sup>, base seca)</b>	<b>Carga limite (kg/ha<sup>-1</sup>, base seca)</b>
Arsênio	41	30
Bário	1.300	265
Cádmio	39	4
Chumbo	300	41
Cobre	1.500	137
Cromo	1.000	154
Mercúrio	17	1,2
Molibdênio	50	13
Níquel	420	74
Selênio	100	13
Zinco	2.800	445

Fonte: CONAMA, 2006.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2001) estabeleceu os seguintes valores orientadores desses metais pesados em solos agrícolas: Cu, 100 mg.kg<sup>-1</sup>; Ni, 50 mg.kg<sup>-1</sup>; Pb, 200 mg.kg<sup>-1</sup> e; Zn, 500 mg.kg<sup>-1</sup>.

### 3.18.5 Saneamento básico em Moçambique

Após a independência nacional, em 1975, as cidades moçambicanas passaram a depender administrativamente do governo central, no que diz respeito aos recursos financeiros. Muitas das estruturas administrativas ainda existentes são da época da colonização portuguesa. O crescimento das cidades moçambicanas não foi acompanhado pela provisão de infraestrutura e de serviços urbanos, dentre eles os serviços públicos de saneamento básico, concretamente o abastecimento de água potável, a coleta e tratamento de esgoto sanitário, a drenagem urbana e o sistema de gestão e manejo dos resíduos sólidos (BUQUE, 2012).

No ano de 1999 foi introduzida em Moçambique a lei que estabeleceu as autarquias, criando, assim, um novo marco na gestão urbana, com autoridades municipais passando a ter a responsabilidade do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. De acordo com o Recenseamento Geral de População e Habitação, realizado em 2007 e publicado em 2010, 30% da população de Moçambique está concentrada nas cidades e o restante em áreas rurais.

Lá, todos os municípios destinam seus resíduos sólidos à disposição a céu aberto, nas denominadas lixeiras ou lixões (BUQUE, 2012).

Estima-se que pouco mais de 45% da população tenha acesso ao saneamento adequado. Muitas cidades contam com rede de esgoto sanitário com ligações domiciliares, embora o uso de fossas sépticas seja o mais predominante. De acordo com uma pesquisa da UNICEF Moçambique e do MISAU-Ministério da Saúde, a meta para o saneamento rural é atingir 50%, servindo 8,4 milhões de habitantes, e para as regiões urbanas é 80%, servindo 6,1 milhões de habitantes com saneamento de qualidade.

### **3.18.5.1 Leis que regulam a gestão de resíduos sólidos urbanos em Moçambique**

Neste item cabe destacar o Decreto n° 13/2006, de junho do mesmo ano, em que o *Regulamento sobre Gestão de Resíduos Sólidos* é um instrumento que aborda o tema dos resíduos sólidos. Existem, contudo, outros instrumentos legais e normativos relacionados ao tema dos resíduos sólidos, preenchendo o vazio causado pela inexistência de uma política mais abrangente de resíduos sólidos urbanos. São eles:

- Lei n° 2/97, de 18 de fevereiro de 1997, a Lei das Autarquias Locais;
- Lei n° 11/97, de 31 de maio de 1997, a Lei das Finanças e Patrimônio das autarquias locais;
- Decreto n° 8/2003, de 18 de fevereiro de 2003, o Regulamento sobre a Gestão de Lixos Biomédicos;
- Decreto n° 45/2004, de 29 de setembro de 2004, o Regulamento sobre o processo de Avaliação de Impacto Ambiental;
- Decreto n° 11/2006, de 15 de junho de 2006, o Regulamento sobre Inspeção Ambiental;
- Decreto n° 13/2006, de 15 de junho de 2006, o Regulamento sobre a Gestão de Resíduos Sólidos;
- Resolução n° 86/AM/2008, de 22 de maio de 2006, a Postura de Limpeza de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Maputo; e
- Plano Diretor da Gestão de Resíduos Sólidos do Município de Maputo.

Moçambique carece de uma política nacional de resíduos sólidos que contemple, de forma ampla, as diversas questões ligadas ao seu gerenciamento. Porém, é importante salientar a criação do Ministério para Coordenação da Ação Ambiental (MICOA), como órgão consultivo e deliberativo responsável por assessorar e propor ao Conselho do Governo políticas governamentais para o meio ambiente e para os recursos naturais. A constituição da República de Moçambique, de 2004, não introduz o meio ambiente em capítulo próprio. Contudo, garante o direito de todos os moçambicanos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida.

Sendo os resíduos sólidos um fator potencialmente determinante de saúde pública e problemas ambientais, não podem, portanto, ser olhados com indiferença. Os instrumentos normativos de planejamento adotados pelos municípios expressam sua autonomia administrativa para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, incluindo a limpeza urbana. Estes englobam: prover limpeza de vias públicas, remoção e destinação final dos resíduos domiciliares, tratamento e distribuição da água, coleta e tratamento de esgotos, obras de drenagem e limpeza de bueiros e córregos, vigilância sanitária, entre outros serviços.

Apenas dois locais em Moçambique são dotados de ETE: a vila de Songo e a Cidade da Beira. A vila de Songo localiza-se na província de Tete, distrito de Cahora Bassa. É lá que se situa a sede da empresa Hidrelétrica de Cahora Bassa, o maior empreendimento energético da África Austral. De acordo com o censo de 2007, o distrito tem 89.956 habitantes e uma área de 10.598 km<sup>2</sup>.

A ETE da vila de Songo existe desde 1975 e foi concebida para atender uma população estimada em cinco mil habitantes, trabalhadores da Hidrelétrica de Cahora Bassa; atualmente, a ETE atende uma população estimada em mais de dez mil habitantes. Ela tem a capacidade de tratar 500 L/s de esgoto especificamente doméstico, oriundos dos bairros das zonas sul e norte da vila. A ETE é constituída pelas seguintes unidades: tratamento preliminar, aerador (lodo ativado), decantador secundário, leitos de secagem e a parte da desinfecção do efluente tratado para lançamento ao emissário fluvial.

À semelhança de todas as ETE, durante o processo de tratamento de esgoto, ocorre a geração de lodo, sendo esta a etapa mais onerosa de todo o processo. Na ETE de Songo o lodo desidratado é entregue a pequenos agricultores para uso como fertilizante, sem prévio tratamento, propiciando, assim, a contaminação das culturas adubadas com essa biomassa.

A Cidade da Beira é a segunda maior de Moçambique, logo após a capital do país, Maputo, e tem uma população estimada em 450 mil habitantes, de acordo com o Censo de 2007. A referida ETE é a maior de Moçambique, sendo financiada pela parceria entre a União

Europeia e o governo de Moçambique. Foi dimensionada para atender 100 mil habitantes, com uma vazão de  $7000 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , recebendo somente esgotos domésticos. A ETE conta com reatores anaeróbios, dois filtros biológicos, dois decantadores, oito leitos de secagem e quatro compartimentos para o armazenamento do lodo desaguado. A previsão de geração de lodo na ETE era de 140 toneladas mensais, a serem destinadas para uso como fertilizante agrícola.

As figuras 3.10 e 3.11 mostram os leitos de secagem e o galpão onde é armazenado o lodo gerado, respectivamente.

Figura 3.10: leito de secagem do lodo de ETE na Cidade da Beira, em Moçambique.



Figura 3.11: galpão de armazenamento do lodo de ETE, na cidade da Beira, Moçambique.



### 3.19 PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL.

No processo de produção de papel e celulose são geradas grandes quantidades de resíduos. Um importante resíduo gerado por essas fábricas é a cinza de caldeira, ou cinza de biomassa florestal. Trata-se de um material sólido acumulado a partir da combustão térmica de biomassa vegetal para produção de calor e energia, contendo uma variedade de macro e micronutrientes resistentes à incineração (KNAPP; INSAM, 2011).

No Brasil, uma única fábrica de celulose e papel gera em torno de 30.000 t.ano<sup>-1</sup> de cinzas, as quais são dispostas principalmente em aterros. Segundo CENIBRA (2010), a produção de 1,0 t de celulose produz 0,268 t de resíduos sólidos. O processo *Kraft* é o método mais utilizado para a fabricação de celulose no mundo, consistindo no cozimento da polpa a partir de uma combinação de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, formando o licor de cozimento, aquecido a uma temperatura aproximada de 170 °C.

De acordo com Pinto (2005), o ciclo de produção de celulose se inicia com o cozimento dos cavacos da madeira, onde são separadas as fibras e é gerado um líquido espesso e negro, chamado de licor negro. Depois, o processo continua com dois sistemas, o de recuperação e o de branqueamento. No primeiro, o licor negro é queimado em uma caldeira para recuperação dos reagentes químicos de cozimento (dando origem aos *dregs*). No segundo, as fibras da madeira que saíram do cozimento com uma coloração marrom são branqueadas. A celulose branqueada segue para sua secagem e posterior embalagem, sendo direcionada ao mercado.

De modo geral, esses resíduos (cinzas, *dregs* e *grits*) são enquadrados segundo a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), como classe II - não inertes. No entanto, possuem valores de pH (10,5 a 13,3) que permitiriam enquadrá-los na classe I – materiais corrosivos. Entretanto, a grande preocupação do setor de produção de celulose é com a questão ambiental, pois além de ser altamente dependente de recursos naturais, como fibras vegetais, energia e água, é também um grande gerador de resíduos, sendo uma importante fonte de poluentes do ar, da água e do solo, fazendo com que o setor passe por uma rígida legislação ambiental. No entanto, o alto custo de implantação dos aterros, associado à dificuldade de aquisição de novos locais para construção destes, tem encorajado a busca por métodos alternativos e seguros de disposição dos resíduos em referência (NASCIMENTO, 2013).

As cinzas de biomassa florestal são referidas como fertilizantes devido ao seu grande conteúdo de cátions (NORSTROM et al., 2012), bem como corretivo da acidez e fonte de Ca,

Mg e K (FERREIRO et al., 2011). A capacidade de neutralização da acidez do solo proveniente das cinzas florestais depende da quantidade de óxidos, hidróxidos e carbonatos de Ca, Mg e K presentes (DAHL et al., 2009).

Segundo Arshad et al. (2012), as cinzas florestais são deficientes em nitrogênio, e os elementos encontrados nelas são Fe, Zn, Ni, Cr, Pb, Hg, Cu, B, Mo, V, Ba, Cd e Ag. O uso das cinzas florestais como fertilizantes é desejável sob o ponto de vista ecológico, pois aumenta o status nutricional dos reflorestamentos (NASCIMENTO, 2013).

A principal preocupação com relação à utilização de cinzas de biomassa florestal é a concentração de elementos potencialmente tóxicos, dentre eles os metais pesados, que podem levar ao aumento das suas concentrações no solo. Entretanto, a aplicação de cinzas florestais não causa aumentos significativos das concentrações de metais nos solos (WANG et al., 2010; SAARSALMI et al., 2012).

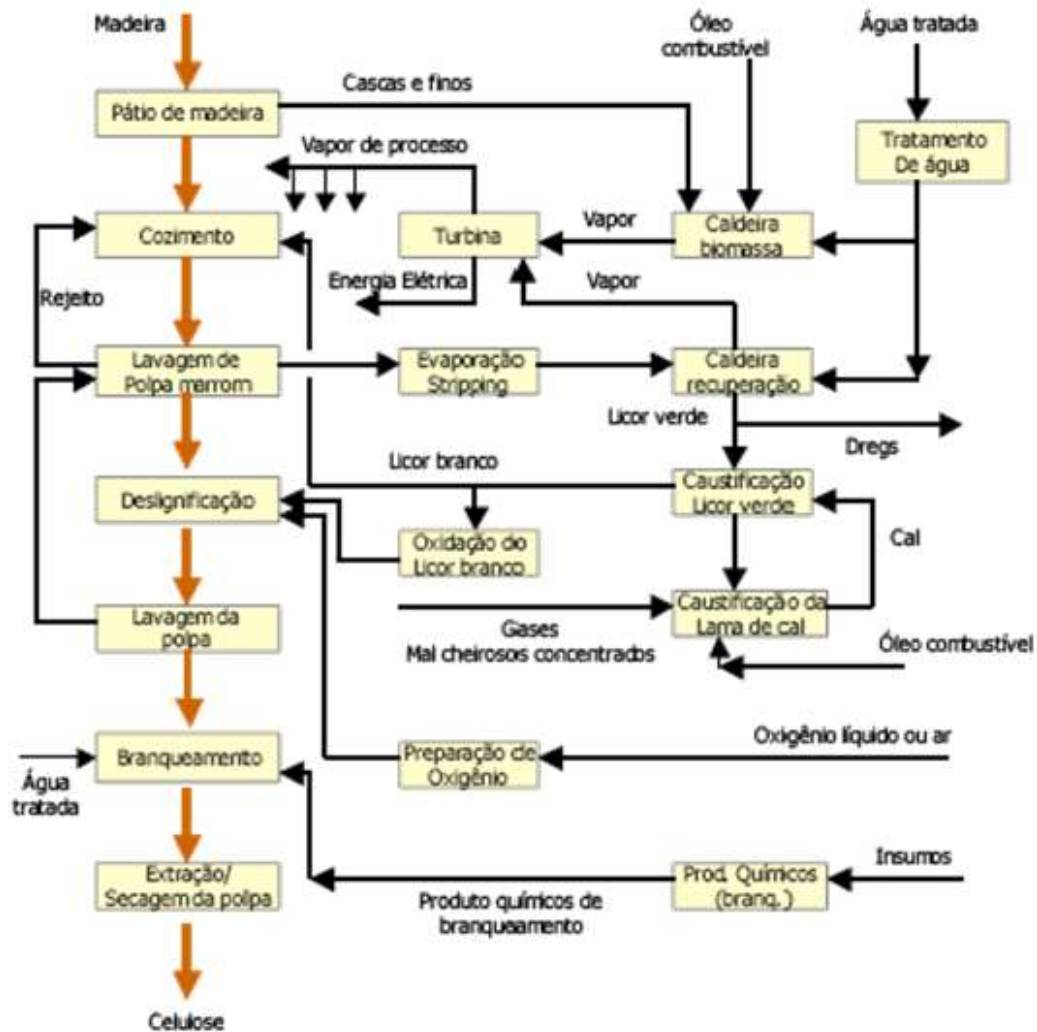
O retorno das cinzas florestais para as florestas permite fechar o ciclo dos nutrientes e conter o aumento da acidez dos solos (BRAMRYD; FRANSMAN1995 apud NASCIMENTO, 2013). FERREIRO et al. (2011) observaram que a aplicação de cinzas em áreas florestais resulta menos onerosa que a fertilização convencional, baseada na utilização de calcário e fertilizantes minerais. Apesar de ser um material altamente alcalino, e de conter grandes quantidades de cátions base, as cinzas ainda são enterradas em aterros, negligenciando o seu notório potencial de reciclagem (KNAPP; INSAM, 2011; NORSTROM et al., 2012).

As propriedades das cinzas florestais dependem de vários fatores, tais como: tipos de planta, parte da planta utilizada (casca, tronco, folhas) e das condições de combustão. Um fator chave na composição final das cinzas é a temperatura de queima, e se a caldeira separa as cinzas volantes das cinzas de fundo. Uma temperatura entre 500 e 900 °C é crucial para a retenção de nutrientes, principalmente o K. O conteúdo de K, Na, Zn e carbonatos diminui com o aumento da temperatura, provavelmente devido ao ponto de ebulição e decomposição desses materiais serem baixos, enquanto que o teor dos outros metais permanece constante ou aumenta (ETIEGNI; CAMPBELL, 1991).

Os resíduos gerados necessitam ser adequadamente dispostos, ou podem ser aplicados em áreas agrícolas ou florestais. Os principais resíduos são os *dregs*, os *grits*, a lama de cal e as cinzas de biomassa. A seguir, apresenta-se o fluxograma de produção de celulose pelo método *Kraft*:



Figura 3.12: fluxograma simplificado da produção de celulose pelo método *Kraft*.



Fonte: Piotto, 2003.

### 3.19.1 *Dregs* - Resíduos do licor verde

Os *dregs* são resíduos alcalinos, sólidos, de cor escura e de pequena granulometria formados por impurezas do processo de combustão do licor negro concentrado na caldeira de recuperação do licor de cozimento (licor branco). Óxidos de cálcio oriundos dos licores do processo e matéria orgânica, bem como compostos de enxofre, sódio e magnésio são os componentes dos *dregs*. Os metais presentes nos *dregs* podem ser oriundos do desgaste dos equipamentos utilizados no processo e da matéria-prima utilizada para extração de celulose (MAEDA et al., 2010). A tabela 3.37 apresenta as características químicas dos *dregs*.

Tabela 3.37 – Características químicas dos *dregs*.

Parâmetro	Valor (%)	Parâmetro	Valor (mg/kg)
CaO	35,7	Pb	50
MgO	3,62	Cu	100
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	1,6	As	3
N-NH <sub>3</sub>	<0,005	Fe	4.800
N-total	<0,01	Mg	16.000
C (fixo a 105°C)	20,8	Mn	5.800
Compostos de sódio-%	4,7	Ni	100
Metais	3,2	Ti <sup>1</sup>	500
Silicatos	30,4	Zn	400
PN	72	Al	4800
		Sb	20
		Cd	5

Fonte: Nolasco et al., 2005.

### 3.19.2 *Grits* - Resíduos da extinção da cal virgem

Os *grits* são resíduos sólidos, alcalinos, de natureza granular, de cor amarelada e sem cheiro característico que resultam do processo de calcinação da lama de cal e do calcário, nos fornos de cal. Nos *grits* predominam os óxidos de cálcio, de magnésio e de potássio, resultantes da sinterização da lama de cal. Os teores de metais são maiores que os apresentados pelos *dregs*. A tabela 3.38 apresenta as características dos *grits*.

Tabela 3.38 – Características químicas dos *grits*.

Parâmetro	Valor (%)	Parâmetro	Valor (mg/kg)
CaO	53	Al	3.100
MgO	183	Sb	20
K <sub>2</sub> O	1,2	Cd	50
SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0,7	Pb	50
OH <sup>n</sup>	0,4	Cu	20
Sílica Solúvel	0,4	As	2
N-NH <sub>3</sub>	<0,005	Fe	1.600
N-total	<0,01	Mg	2.800
Compostos de sódio	0,13	Mn	200
Metais	0,84	Ni	40
Silicatos (balanço)	41,5	Ti	500
PN	100	Zn	10

Fonte: Nolasco et al., 2005.

### 3.19.3 Lama de cal

É um resíduo sólido de coloração cinza claro, homogêneo e sem odor característico, gerado no processo de clarificação do licor verde. A lama de cal é processada para a recuperação da cal hidratada, o que se dá por meio de combustão e da hidratação. É gerada quando o forno de caustificação tem capacidade limitada ou quando ele necessita de manutenção, sendo necessário o descarte de parte da lama (NOLASCO et al., 2005; BERGAMIN et al., 1994). A composição química de lama de cal pode ser apreciada na tabela 3.39.

Tabela 3.39 – Composição química de lama de cal.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
pH em água	12,8	S -%	0,13
N-%	0,09	Na-%	1,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -%	0,32	Matéria orgânica-%	3,47
K <sub>2</sub> O-%	0,09	Densidade (kg.m <sup>-3</sup> )	950
CaO-%	33,59	PRNT-%	72
MgO-%	0,79		

Fonte: Benedett, 1994.

### 3.19.4 Caracterização da cinza de biomassa na indústria de celulose

A cinza de biomassa é um material sólido gerado a partir da combustão térmica de biomassa vegetal para produção de calor e energia, contendo uma variedade de macro e micronutrientes resistentes à incineração (KNAPP; INSAM, 2011).

No Brasil, uma única fábrica de celulose e papel gera em torno de 30.000 t.ano<sup>-1</sup> de cinzas, as quais são dispostas principalmente em aterros. As cinzas de biomassa florestal, por exemplo, por vezes são referidas como fertilizantes devido ao seu grande conteúdo de cátions básicos (NORSTROM et al., 2012), sendo consideradas, contudo, primariamente um material corretivo de acidez devido ao seu conteúdo elevado de óxidos, hidróxidos e carbonatos de cálcio, embora as quantidades de óxidos, hidróxidos e carbonatos de Mg, K e P também sejam de grande importância (PEDERSEN, 2002 e HARALDSEN et al. 2011). Portanto, as cinzas de biomassa florestal podem ser utilizadas como material corretivo da acidez, assim como fonte de Ca, Mg e K (MEIWES, 1995; FERREIRO et al., 2011).

A capacidade de neutralização da acidez do solo proveniente das cinzas florestais depende, principalmente, da quantidade de óxidos, hidróxidos e carbonatos de Mg, K e Ca presentes (OHNO; ERICH, 1990; ETIEGNI; CAMPBELL, 1991; DAHL et al., 2009).

Arshad et al. (2012) relataram que a acidez dos solos é a maior limitação para a produção de alimentos no mundo, devendo as cinzas florestais serem usadas como material corretivo em solos ácidos. A principal preocupação com relação à utilização de cinzas de biomassa florestal como fertilizantes é a concentração de elementos potencialmente tóxicos, dentre eles os metais pesados, que podem ter as suas concentrações no solo elevadas. Em conformidade com Wang et al. (2010), Saarsalmi et al. (2012) e Ferreira et al. (2011), a aplicação de cinzas florestais não causa aumentos significativos das concentrações de metais nos solos. Os autores observaram também que a aplicação de cinzas florestais é mais barata que a fertilização convencional, baseada na utilização de calcário e fertilizante mineral. Apesar de ser um material altamente alcalino e de conter grandes quantidades de cátions base, as cinzas ainda são enterradas em aterros, negando seu visível potencial de reciclagem (INSAM, 2011; NORSTROM et al., 2012).

No Brasil, até o momento, não existe legislação para a aplicação de cinzas de biomassa em solos agrícolas. Portanto, alguns pesquisadores adotam a Norma P.4.230 da CETESB, que regulamenta o uso agrícola de lodos resultantes de tratamentos biológicos, incluindo o lodo de esgoto (biossólido), como referência para avaliar a quantidade das cinzas e sua aplicação em solos cultivados. Questões sobre doses, formas e taxas de aplicação também são pouco esclarecidas.

A composição das cinzas é variável de acordo com o material utilizado e da intensidade da queima. No caso da utilização de biomassa florestal, a composição média típica é a que consta na tabela 3.40:

Tabela 3.40 – Características químicas das cinzas de biomassa florestal.

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor (%)</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Valor (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	18 a 25	Mn	0,5
CaO	25 a 35	K <sub>2</sub> O	10 a 15
MgO	6 a 7	pH em água	10,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 a 4	Densidade-kgm <sup>-3</sup>	193
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,6 a 3,4	PRNT	25
Na <sub>2</sub> O	0,5 a 0,9		

Fonte: Nolasco et al., 2005.

Atualmente, existem vários estudos relacionados ao reaproveitamento das cinzas de biomassa vegetal resultantes do processo de produção de celulose, bem como sobre o reaproveitamento de lodo de esgotos. Apesar de cada estudo apresentar resultados diferentes, tendo em conta as diversas investigações, deve-se destacar que existe um consenso quanto à aplicabilidade das cinzas de biomassa vegetal e do lodo de esgoto em solos agrícolas.

A tabela 3.41 evidencia alguns estudos que foram realizados no âmbito do reaproveitamento das cinzas de biomassa vegetal nas indústrias celulósicas.

Tabela 3.41 – Estudos de reaproveitamento das cinzas de biomassa vegetal.

<b>Método de valorização</b>	<b>Autor</b>	<b>Principais conclusões</b>
Uso como adubo	Darolt & Osaki, 1991	Cinzas adequadas para uso agrícola.
Compostagem (mistura de cinzas e resíduo ruminal)	Moreira, M. et al., 2013	O composto resultou em valores adequados de pH, umidade, carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N para uso agrícola.
Fonte de nutrientes em povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i>	Gonçalves & Moro, 1995	A concentração e o conteúdo de macronutrientes localizados nos diversos componentes das árvores foram bastante influenciados pela aplicação das cinzas, concretamente para os nutrientes Ca e K.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritas as metodologias adotadas para a realização da pesquisa que analisou a higienização dos lodos da ETE Serraria do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE) de Porto Alegre/RS.

### 4.1 FONTE DAS AMOSTRAS DE CINZAS E DE LODO

As cinzas em estudo para a higienização do lodo são resultantes do processo de produção de papel e celulose na empresa VERACEL, localizada no sul da Bahia, contemplando a região que abrange os municípios de Eunápolis, Canavieiros, Belmonte, Porto Seguro e Santa Cruz da Cabrália. A figura 4.1 apresenta a empresa

Figura 4.1: vista aérea da VERACEL Celulose, no sul da Bahia.

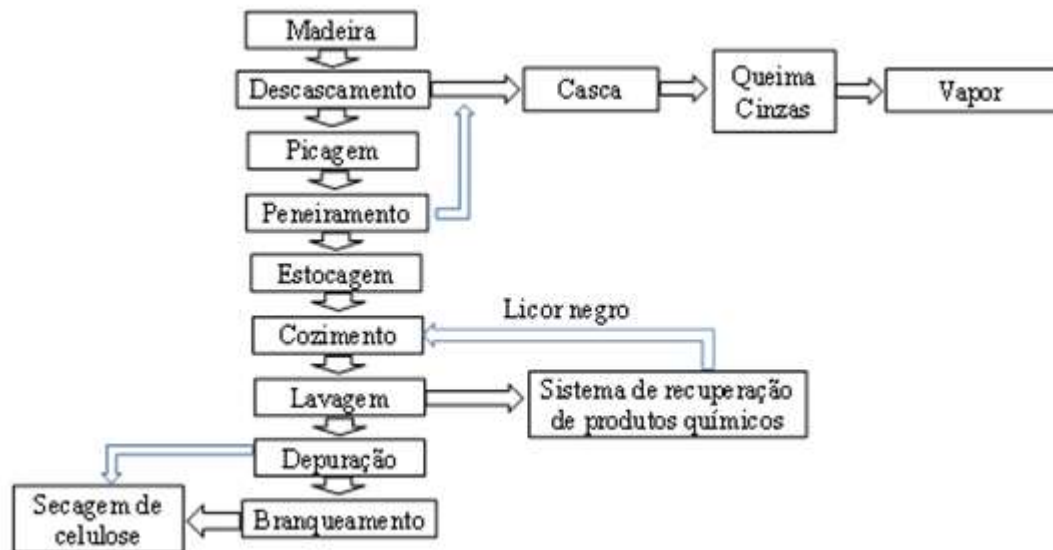


Fonte: Google Maps.

A empresa usa o método *Kraft* no processo de produção da celulose, sendo que a escolha desse processo se deve ao fato de ser o mais eficiente e, conseqüentemente, o mais

utilizado nas indústrias de celulose. A figura 4.2 ilustra o processo usado na VERACEL para a produção de celulose a partir da madeira.

Figura 4.2: fluxograma da produção de celulose pelo método *Kraft*.



Fonte: Castro, 2009.

Segundo Amaral (2008), uma das principais características do processo *Kraft* é a recuperação de produtos químicos, cujas etapas são: lavagem, conduzida para obter a separação mais completa de massa, e lixívia, com a menor diluição possível; evaporação da água da lixívia até uma concentração suficiente para permitir sua queima; queima da lixívia seguida da dissolução dos fundidos; e caustificação/conversão do carbonato de sódio em hidróxido.

O lodo considerado é o anaeróbio digerido, resultante do tratamento de esgoto na ETE da Serraria, localizada na região Sul de Porto Alegre, no bairro Ipanema. A ETE é operada pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE), usando centrífugas para o processo de desaguamento do lodo. As amostras foram coletadas nos contêineres que recebem o lodo desaguado, com teor de umidade na ordem de 80%. As coletas e a condução do experimento foram realizadas no período de junho de 2016 até janeiro de 2017.

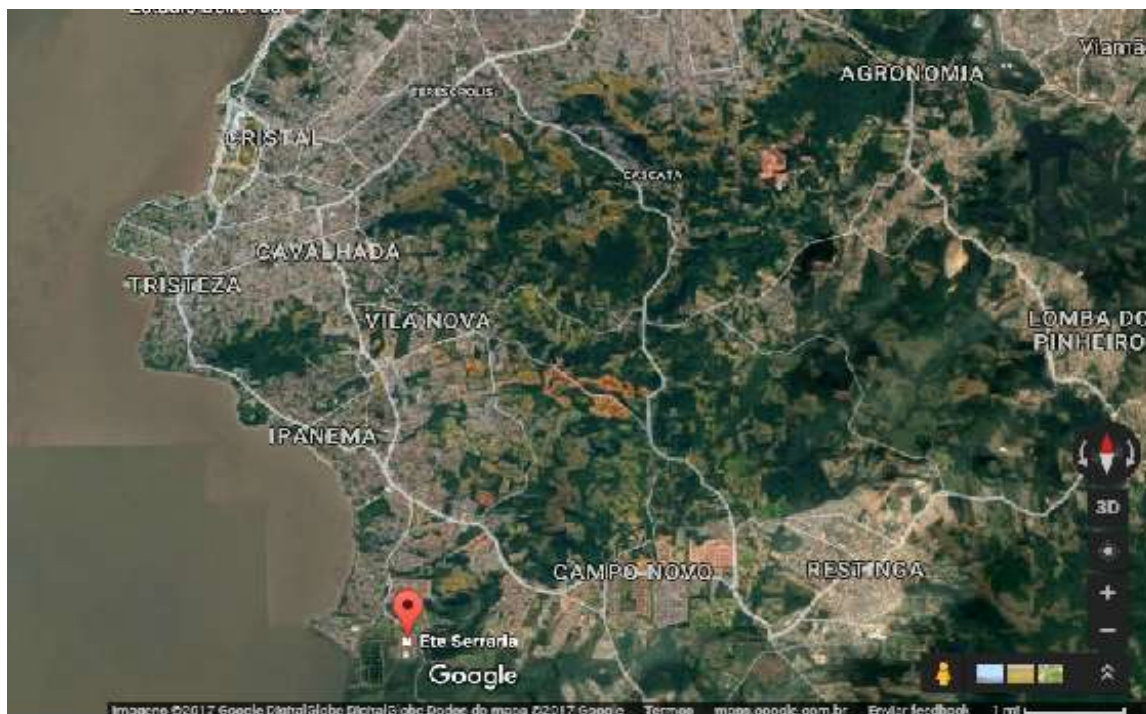
#### 4.1.1 Caracterização do município de Porto Alegre

A pesquisa foi realizada em Porto Alegre, que se estende por 496,7 km<sup>2</sup>, contando com 1.476.867 habitantes (IBGE, 2015). Situa-se a 22 m de altitude, latitude 30° 1' 40" sul e longitude 51° 13' 43" oeste.

O clima de Porto Alegre é subtropical úmido. Apresenta as quatro estações do ano e, embora esteja situada numa zona de transição, tem como característica a grande variabilidade dos elementos meteorológicos. A temperatura média anual é de 19,5 °C; outono (março a junho) entre 10 °C e 25 °C, inverno (junho a setembro) entre 2 °C e 20 °C, primavera (setembro a dezembro) entre 15 °C e 30 °C e verão (dezembro a março) entre 25 °C e 35 °C (Prefeitura de Porto Alegre – Turismo. Disponível em: [www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/default.php?p\\_secao=260](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/default.php?p_secao=260)).

Em relação às precipitações o inverno e a primavera são os períodos mais chuvosos. A umidade aumenta nos meses mais frios devido à entrada de correntes frias. As figuras 4.3 e 4.4 representam a localização e a vista espacial da ETE Serraria, respectivamente.

Figura 4.3: localização da ETE Serraria, do DMAE, em Porto Alegre/RS.



Fonte: Google Maps.



Figura 4.4: vista aérea da ETE Serraria.



Fonte: DMAE, 2015.

#### **4.1.2 Caracterização da ETE Serraria**

A ETE Serraria está enquadrada no Projeto Integrado Socioambiental (PISA) do município de Porto Alegre, possibilitando recuperar a qualidade ambiental do lago Guaíba, bem como a melhoria das condições de saúde e vida dos habitantes da cidade. Os primeiros estudos de concepção do PISA tiveram lugar nos anos 2000/1. Em dezembro de 2007 iniciaram as obras, que foram concluídas em fevereiro de 2013. A ETE Serraria ocupa uma área de 5,6 ha numa área total de 100 ha, de propriedade da prefeitura de Porto Alegre, e trata os efluentes do sistema de esgotamento sanitário provenientes dos bairros Cristal, Restinga, Ipanema e toda a região central de Porto Alegre.

O tratamento dos esgotos na ETE Serraria é de nível terciário, constituído de tratamento preliminar e reatores anaeróbios do tipo UASB, seguido de processo de lodos ativados. Segundo os dados do PISA, a capacidade instalada da ETE é de 4.130 L/s. De acordo com a mesma fonte, a ETE recebeu, inicialmente, uma vazão de esgoto de 2.500 L/s, de características predominantemente domésticas (ECOS, 2014).

### 4.1.3 Aspectos operacionais da ETE Serraria

De acordo com a revista ECOS (2014), 80 % do da vazão de esgotos de Porto Alegre será tratada na ETE Serraria. O processo inicia no tratamento preliminar do esgoto, que provém das estações de bombeamento dos bairros Cristal, Restinga, Salso e Ponta Grossa.

No tratamento preliminar a ETE retém sólidos grosseiros e médios, óleos, graxas e areia, direcionando o efluente para as unidades seguintes de tratamento. Fazem parte do tratamento preliminar as grades grosseiras, as peneiras, as caixas de areia, a bomba de descarte dos tanques de gordura e a calha Parshall (ECOS, 2014). No tratamento secundário, o esgoto filtrado ingressa em um ambiente sem oxigênio, sendo o tratamento do esgoto realizado por reatores anaeróbios de manta de lodo de fluxo ascendente – UASB (ECOS, 2014).

A ETE Serraria possui ainda o sistema Unitank para tratamento avançado, já que este consiste na combinação dos sistemas de lodo ativado e no tratamento anaeróbio nos reatores UASB, sem necessitar de volumosos decantadores (ECOS, 2014). Os tanques do sistema Unitank visam promover a retirada de fósforo, nitrogênio, hormônios (não na totalidade) e outros elementos. O efluente final tratado é, pois, lançado no lago Guaíba através de emissário sub-fluvial.

Na ETE Serraria o desaguamento do lodo é realizado por centrífugas. Essa técnica permite a desidratação independentemente das condições climáticas, ocupando um espaço reduzido. A centrífuga usada na ETE é do tipo “decanter”, com as partes móveis constituídas por um decantador cônico horizontal (tambor) e rosca transportadora construída em aço inoxidável (ECOS, 2014).

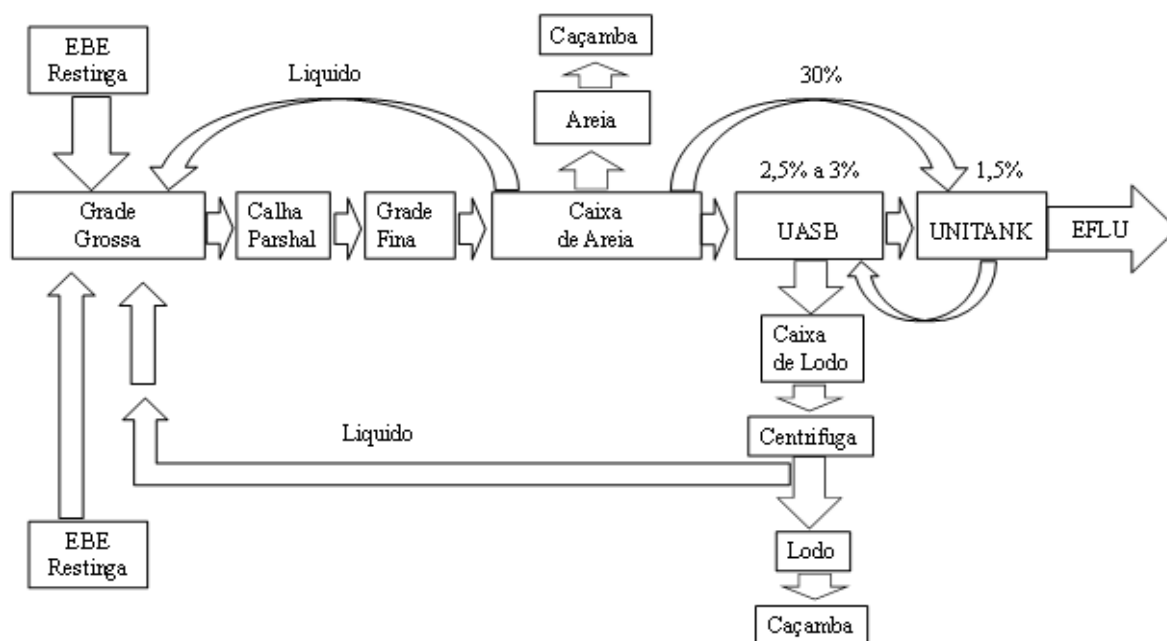
O descarte do lodo digerido excedente dos reatores UASB é feito à razão de  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Essa quantidade de lodo descartada resulta numa idade do lodo aproximada de 30 dias, sendo que a sua qualidade é avaliada em função da sua estabilidade, com relação às concentrações de ovos de helmintos e coliformes termotolerantes. O lodo, após passar pelas centrífugas, cai em esteira, sendo descarregado em contêiner, como se observa na figura abaixo.

Figura 4.5: descarga do lodo desaguado em contêiner para destinação licenciada.



O lodo desaguado é encaminhado ao aterro sanitário da CRVR (Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos), situado a 120 km de Porto Alegre, no município de Minas do Leão/RS. A figura 4.6 mostra o fluxograma da ETE Serraria.

Figura 4.6: fluxograma da ETE Serraria.



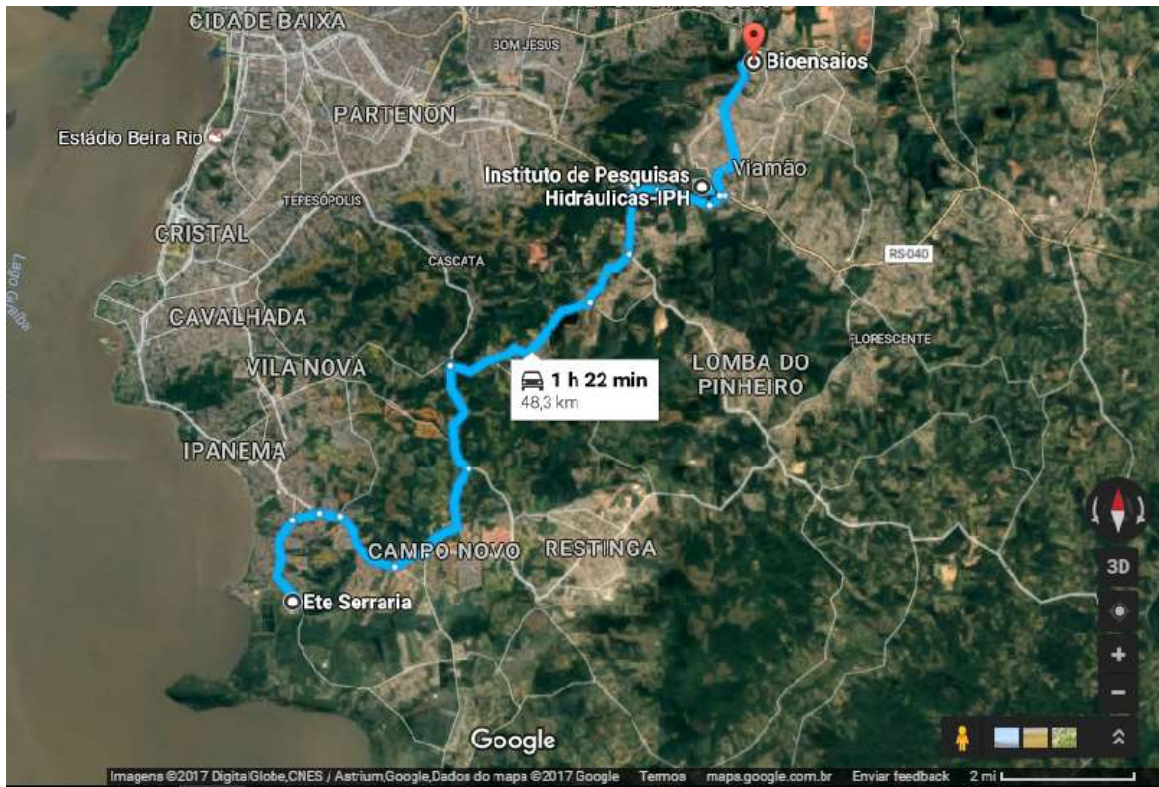
## 4.2 AMOSTRAGEM E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostragens de lodo foram realizadas a cada quinze dias, conforme preconiza a resolução CONAMA 375/2006. Na tabela 4.1, apresentada na sequência do estudo, estão indicadas as datas de coleta das quatro amostras brutas, sendo estas armazenadas em frascos plásticos que, durante o transporte para os laboratórios de análises, foram acondicionadas em caixas de isopor e preservadas com gelo.

## 4.3 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O protocolo experimental consistiu na coleta das amostras na ETE Serraria e seu pronto encaminhamento aos laboratórios certificados para a realização das análises programadas. O laboratório da NSF Bioensaios prestou serviços para as análises dos componentes microbiológicos, do potencial agrônômico e da caracterização química do lodo, tanto o bruto quanto o tratado com as cinzas. A NSF Bioensaios é um laboratório de análises químicas e biológicas relacionadas à avaliação do meio ambiente, produtos químicos, alimentos, serviços de auditoria e certificações. A empresa integra 217 laboratórios reconhecidos pela Rede Metrológica RS, os quais atendem aos critérios da Norma NBR ISSO/IEC 17025, sendo 77 destes já acreditados pelo INMETRO. O laboratório do IPH foi usado para o processamento do lodo e sua incubação durante sessenta dias. O laboratório Porto Belo apoiou as pesquisas no tocante às análises relativas à presença e/ou à ausência de *salmonelas ssp* e a sua quantificação. A figura seguinte apresenta o itinerário percorrido no desenvolvimento do protocolo experimental.

Figura 4.7: itinerário relativo ao protocolo experimental.



Fonte: Google Maps.

O processamento do lodo consistiu na mistura deste com as cinzas nas proporções de 30 %, 50 % e 100 %, em triplicata. Para a proporção de 30 %, foram misturados 3.000 g de lodo com 180 g de cinzas; para 50 %, foram misturados 3.000 g de lodo com 300 g de cinzas, e para 100 %, foram misturados 3.000 g de lodo com 600 g de cinzas. O processamento foi realizado em quantidades reduzidas, na forma de bancada, facilitando a sua realização de forma manual. Teve-se o cuidado de estabelecer uma mistura homogênea, procedendo-se o quarteamento das amostras, que foram conservadas, após o processamento, em bandejas plásticas abertas, identificadas e conservadas ao ar livre, durante sessenta dias (figuras 4.13 e 4.14). Nos dias chuvosos, as bandejas foram cobertas com uma lona plástica.

Transcorridos os sessenta dias de incubação, as amostras foram encaminhadas aos laboratórios Bioensaios e Porto Belo para a análise dos parâmetros referenciados anteriormente. A tabela 4.1 mostra o calendário de coleta e as datas de encaminhamento das amostras brutas e tratadas ao laboratório para as análises.

Tabela 4.1 – Calendário de coleta, processamento e análise das amostras.

Data de coleta	Amostra	Processamento	Data das análises	
			Brutas	Processadas
12/7/2016	A1	A1-T, A1-30 e A1-50	12/7/2016	21/9/2016
26/7/2016	A2	A2-T, A2-30 e A2-50	26/7/2016	18/10/2016
9/8/2016	A3	A3-T, A3-30, A3-50 e A3-100	9/8/2016	21/11/2016
30/8/2016	A4	A4-T, A4-30, A4-50 e A4-100	30/8/2016	21/11/2016

**Nomenclatura das amostras:** As amostras, designadas por "A", quando seguidas por um "T", indicam a amostra Testemunha (lodo puro, sem adição de cinzas). O algarismo (1, 2, 3 ou 4) após o "A", indica a data das amostragens, enquanto que o número (30, 50 ou 100) indica o percentual de cinzas adotado na higienização das amostra de lodo.

Na estabilização química do lodo usando cal virgem ocorre uma reação exotérmica com aumento da temperatura (NETTO, 2003). Na presente pesquisa, durante o processamento do lodo, naturalmente que não ocorreu uma reação exotérmica. A redução de patógenos foi devida ao pH obtido na mistura lodo/cinzas, que diminuiu continuamente. Durante o processo ocorreu a volatilização do nitrogênio amoniacal.

#### 4.4 MONITORAMENTO DO pH

O lodo anaeróbico bruto apresentou um pH neutro (7,1). Durante o processo da mistura do lodo com as cinzas, para a sua estabilização, verificou-se o aumento do pH dessa combinação lodo/alcalinizante; com o passar do tempo do processo de estabilização notou-se a queda do pH. Para evitar o processo de queda excessiva de pH, durante as primeiras duas horas após a mescla do lodo com as cinzas, é necessário que se tenha um valor de pH inicial maior que 12, e isso ocorre quando é aumentada a concentração do meio alcalinizante. A dosagem da substância alcalinizante para a elevação do pH depende de vários fatores, tais como o tipo de lodo (primário, lodo ativado, etc.), a composição química e as concentrações de sólidos do lodo (WPCF, 1985).

Foram monitorados os valores de pH da terceira e da quarta amostra durante o período de incubação destas, sendo os primeiros registros realizados de imediato após a mistura do lodo com as cinzas. Verificou-se que o valor de pH da mistura lodo/cinzas decresceu continuamente. A redução de pH pode estar associada às reações de nitrificação do nitrogênio amoniacal, à provável oxidação de sulfitos e à produção de ácidos orgânicos durante a

degradação dos resíduos por micro-organismos. Pesquisas realizadas por Pigozzo et al. (2004), Bettiol e Fernandes (2004) e por Trannim et al. (2005) verificaram a redução do pH no decorrer do processo de estabilização química do lodo com cal.

#### 4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

Como dito anteriormente, as cinzas de biomassa vegetal usadas na presente pesquisa para a higienização do lodo são provenientes da indústria de celulose VERACEL – Vera Cruz Celulose S/A, do estado da Bahia. As análises da composição química das referidas cinzas foram realizadas no laboratório de solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo usadas as seguintes metodologias, conforme a tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Metodologias usadas para a análise das cinzas da VERACEL.

<b>Determinação</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Limite de detecção</b>
Umidade, CRA	Gravimetria	-
pH	Potenciometria 1:5	-
Carbono orgânico	Combustão úmida	0,01%
NTK	Kjeldahl	0,01%
CTC	Instrução normativa MAPA 28/2007	0,1 cmol/kg
Condutividade elétrica	Condutometria	-
B	Digestão seca	1mg/kg
P,K,Na,Ca,Mg	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	0,01%
Al	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	0,02%
Pb, As, Se, Zn	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	2 mg/kg
Cu	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	0,6 mg/kg
Cr, Ni	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	0,4 mg/kg
Cd	Digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES	0,2 mg/kg
Hg	Digestão úmida EPA 7471 a vapor frio	0,01 mg/kg

Fonte: VERACEL, 2015.

A caracterização do lodo foi feita com base na Resolução CONAMA N° 375, de 29 de agosto de 2006, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em ETE e seus produtos derivados, e dá outras providências. Os procedimentos analíticos seguem as recomendações do “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” da APHA/AWWA.

Para definir as concentrações em peso seco de cinzas na higienização do lodo foram realizadas pesquisas de estabilização química usando as proporções de 30 %, 50 % e 100 % de cinza em relação ao teor seco do lodo. Testes preliminares foram feitos com a finalidade de verificar quais as concentrações das cinzas eram capazes de manter o pH do lodo em pelo menos 12, por um período mínimo de 2 horas. A tabela 4.3 apresenta os resultados dos valores de pH dos testes preliminares das amostras de lodo misturadas às cinzas, nas proporções consideradas. O valor do pH do lodo anaeróbico desaguado bruto foi de 7,1.

Tabela 4.3 – Valores de pH nos testes, com amostras de lodo mescladas com cinzas.

<b>Concentração de cinzas (%)</b>	<b>pH instantâneo</b>	<b>pH após 2 horas</b>
30	12,02	11,98
50	12,20	12,10
100	12,45	12,40

Na tabela acima observa-se que na mistura do lodo com as cinzas, nas três concentrações, obtém-se pH superior a 12 no tempo zero, mantendo-se este nesse valor durante mais de duas horas para as concentrações de 50 % e 100 %. O pH mínimo desejável de 12,00 não se manteve durante as necessárias duas horas para a concentração de 30 %, em que ocorreu uma ligeira redução para 11,98.

As figuras 4.8 e 4.9 representam, respectivamente, as cinzas de biomassa vegetal e o lodo anaeróbico desaguado bruto da ETE Serraria.

Figura 4.8: cinzas de massa vegetal da empresa VERACEL.





Figura 4.9: lodo anaeróbio de UASB em estado desaguado bruto.



As figuras 4.10 e 4.11 ilustram o processo de mescla do lodo com as cinzas, e a figura 4.12 representa a mescla do lodo anaeróbio desaguado com as cinzas.

Figura 4.10: processo de quarteamento do lodo anaeróbio desaguado.



Figura 4.11: mistura do lodo anaeróbio desaguado com as cinzas.



Figura 4.12: atividade de mescla do lodo anaeróbio desaguado com as cinzas.



As figuras 4.13 e 4.14 apresentam a incubação da mescla do lodo anaeróbio com as cinzas, antes e após o processo de destorroamento.

Figura 4.13: lodo anaeróbio incubado com cinzas, antes do destorroamento.



Figura 4.14: lodo anaeróbio incubado com cinzas, após o destorroamento.



#### 4.6 PARÂMETROS ANALISADOS

De acordo com o artigo 7 da Resolução CONAMA 375/2006, a caracterização do lodo de esgoto, ou de produto derivado a ser aplicado no solo, deve incluir os seguintes aspectos:

- I: potencial agronômico;
- II: substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas;
- III: indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos.

Para a caracterização do potencial agronômico do lodo de esgoto ou dos produtos derivados dele, foram determinados os seguintes parâmetros: carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio de Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, pH em água (1:10), potássio total, sódio total, enxofre total, cálcio total, magnésio total, umidade e sólidos voláteis e totais.

Para a caracterização química do lodo de esgoto, quanto à presença de substâncias inorgânicas, foram determinadas, de acordo com a Resolução CONAMA 375/2006, as seguintes substâncias: arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco. Para a caracterização microbiológica foram analisados coliformes termotolerantes, coliformes totais, ovos viáveis de helmintos e *salmonelas ssp.* Não foram analisadas durante a pesquisa os teores de vírus entéricos nos lodos. A seguir, as metodologias usadas para as análises do lodo bruto e do lodo higienizado.

##### 4.6.1 Análise de ovos viáveis de helmintos

As amostras de lodo passaram pelas seguintes etapas (EPA 625 R-92/013): sedimentação, centrifugações sucessivas com solução salina (NaCl 0,85 %), flutuação com solução de sulfato de zinco (densidade 1,18), filtração em membrana de 47 mm e 1,3 µm e incubação a 28 °C durante 28 dias. Após os 28 dias de incubação foi realizada a contagem, utilizando-se uma câmara de Sedgwick-Rafter, com observação dos ovos no microscópio. O número de ovos viáveis das amostras foi calculado com base na seguinte equação:

$$N = (N_c \cdot V_c) / (V_i \cdot V_f)$$

onde:

N = número de ovos (ovos/litro);

N<sub>c</sub> = número médio de ovos contados na câmara de Sedgwick-Rafter;

V<sub>c</sub> = volume da câmara de Sedgwick-Rafter (mL);

V<sub>i</sub> = volume original da amostra (L);

V<sub>f</sub> = volume do conteúdo final da placa de Petri (mL).

#### 4.6.2 Análise de *salmonelas ssp*

Para a determinação de *salmonelas ssp* adotou-se o método da EPA 625 R-92/013. As amostras de lodo passaram pelas seguintes etapas:

- Pré-enriquecimento: foram adicionados 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada tamponada e, em seguida, homogeneizadas por aproximadamente 60 s, correspondendo à diluição 10<sup>-1</sup>. Foram distribuídas alíquotas de 5 mL em tubos de ensaio estéreis e incubadas a 37 °C durante 20h. Foi confirmado o crescimento observando a turvação dos tubos contendo a amostra;
- Enriquecimento seletivo: a partir dos tubos pré-enriquecidos foram inoculados 1 mL da amostra em tubos contendo caldo tetrionato e caldo selenito-cistina, e incubadas sob agitação a 41 ± 1 °C durante 24h;
- Isolamento: a partir dos caldos seletivos de enriquecimento foi feito o estriamento, com a finalidade de se obter colônias isoladas sobre a superfície, contendo Agar verde brilhante (AVB) e Agar xilose lisina desoxicolato (XLD), sendo incubadas por 36 ± 1 °C por 18h. Em seguida, foram feitos testes bioquímicos e sorológicos para confirmação.

#### 4.6.3 Determinação de coliformes termotolerantes

Para a determinação de coliformes termotolerantes foi adotada a técnica de tubos múltiplos, que consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura adequando-se ao crescimento dos micro-organismos em estudo. Cada volume é inoculado em uma série de tubos e, a partir de diluições sucessivas da amostra, são obtidos inóculos, cuja semeadura fornece resultados negativos em, pelo menos, um tubo da série em que estes foram inoculados, e a combinação de resultados positivos e negativos permite estimar a densidade das bactérias pesquisadas através da aplicação de cálculos de probabilidade. As amostras de lodo passaram pelas seguintes fases:

- Fase presuntiva: consistiu na preparação das amostras, na homogeneização e na transferência de alíquotas e/ou diluições das amostras para tubos de ensaios contendo, no fundo, tubos de Durham invertidos para coleta de gás e o meio de cultura caldo laurel triptose. Em seguida, os tubos foram incubados a 35 °C durante 24h; posteriormente, foram identificados os tubos que tiveram crescimento de coliformes totais (produção de gás retido no tubo Durham);
- Fase confirmativa: fez-se a transferência de alíquotas com alça de platina dos tubos presuntivos positivos para outros tubos preparados, porém contendo caldo verde brilhante. Em seguida, os tubos foram incubados a 35 °C durante 24h e, depois, identificou-se os que tiveram crescimento de coliformes totais (através de produção de gás nos tubos de Durahan).

#### **4.6.4 Determinação de coliformes totais**

A análise de coliformes totais foi realizada com a técnica de substrato enzimático usando o kit teste, marca Colilert<sup>TM</sup>, modelo IDEXX. O referido método utiliza um substrato definido com dois nutrientes indicadores: nutriente indicador ONPG, que é utilizado na determinação de coliformes totais (porém, quando há o consumo desse nutriente pelos coliformes totais, ocorre a formação da cor amarela na amostra); e nutriente indicador MUG, que é utilizado para a determinação dos coliformes fecais. Quando ocorre o consumo desse nutriente pelos coliformes fecais, ocorre a formação da cor ultravioleta na luz.

As etapas para a determinação de coliformes fecais consistiram em: preparação da amostra, preparação do meio (figura 4.15), enchimento das cartelas (figura 4.16), selamento das cartelas (figura 4.17), incubação (figura 4.18), leitura de cartelas (figura 4.19) e cálculo em forma de NMP de coliformes, usando uma tabela de probabilidade.

Figura 4.15: meio de cultura colilert.



Figura 4.16: cartela colilert com meio de cultura.



Figura 4.17: selamento de cartelas colilert.



Figura 4.18: incubação das amostras em estufa.



Figura 4.19: leitura de cartela sob a luz de lâmpada ultravioleta.



#### 4.6.5 Análise de metais, fósforo e enxofre

A análise de metais, fósforo e enxofre foi feita de acordo com a EPA 3050B (1996)/6010C (2007). O processo envolveu uma forte digestão ácida para dissolver quase todos os elementos que poderiam se tornar "ambientalmente disponíveis". Procedeu-se a pesagem de 1000 mg (peso seco) da amostra; em seguida, foi feita a digestão desta, com adições repetidas de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), sob refluxo em bloco digestor. Após a redução de volume foi adicionado ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ) e, em seguida, a solução foi aquecida por 15 minutos, sendo, depois, esfriada (método EPA 3050B-1996).

Os metais presentes na solução obtida foram analisados segundo o método espectrofotométrico de emissão atômica, com plasma indutivamente acoplado – ICP-OES (método EPA 6010C).

#### **4.6.6 Análise de mercúrio**

Para a análise de mercúrio adotou-se a técnica da geração de vapor frio, devendo o metal estar, na amostra, na forma inorgânica. Adotaram-se os seguintes passos (EPA 7471B-2007): pesou-se 500 mg de amostra e transferiu-se para um frasco Schott de 250 mL. Em seguida, adicionou-se 5 mL de água ultrapura e 5 mL de água régia, sendo a mistura aquecida por 2 minutos em banho-maria, a  $95\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$ . Posteriormente, a mistura foi esfriada e foram adicionadas 45 mL de água ultrapura e 15 mL de permanganato de potássio a 5%. A mistura resultante foi homogeneizada e novamente aquecida em banho-maria a  $95\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$ , por 30 min. O passo seguinte consistiu no resfriamento da mistura à temperatura ambiente, e foram adicionados 50 mL de água ultrapura. Tratou-se individualmente os frascos, adicionando-se 5 mL de cloridrato de hidroxilamina a 12 %, para redução do excesso de permanganato.

O mercúrio presente na solução foi determinado por geração de vapor frio, utilizando o método EPA 6010C – espectrofotometria de emissão atômica com plasma acoplado – ICP-OES. Os limites de quantificação e de detecção dos aparelhos, os valores orientadores, os valores máximos permitidos e os recomendados constam nos laudos analíticos dos laboratórios (ver anexos A, B, C, D, E e F).



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e interpretados os resultados da pesquisa, relativos à higienização do lodo anaeróbico da ETE Serraria, do DMAE de Porto Alegre.

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DAS CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL

A tabela 5.1 apresenta os valores médios, máximos e mínimos, assim como os números das amostras analisadas das cinzas em estudo, no período de 2005 a 2015.

Tabela 5.1 – Análises de parâmetros físicos e químicos das cinzas.

<b>Parâmetros</b>	<b>Média</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Amostras</b>
<b>Granulometria úmida</b>				
Peneira ABNT 10 >2,00 mm % (m/m)	29,34	46,6	9,16	17
Peneira ABNT 10-20 entre 2,00 e 0,84 mm % (m/m)	7,88	12,08	5,68	17
Peneira ABNT 20-50 entre 0,84 e 0,3 mm% (m/m)	9,21	12,2	6,4	17
Peneira ABNT 50 <0,3 mm% (m/m)	53,57	76,85	32,4 9	17
Eficiência Relativa (ER) % (m/m)	60,65	83	41	17
Poder Relat. Neutral Total (PRNT)% (m/m)	45,94	69	29	17
<b>Propriedades de correção de solo</b>				
Poder de neutralização % (m/m)	77,6	115	62	25
<b>Propriedades gerais</b>				
pH	12,47	12,9	9,9	20
Sódio % (m/m)	0,88	2,1	0,26	26
(CRA10) % (v/v)	20	20	20	1
Densidade úmida kg/m <sup>3</sup>	757,75	995	152	8
Densidade seca kg/m <sup>3</sup>	739	796	688	7
Umidade %	12,13	20	5	24
<b>Macronutrientes</b>				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total % (m/m)	0,56	0,71	0,25	18
Fósforo	0,24	0,31	0,11	18
K <sub>2</sub> O total % (m/m)	4,11	6,2	1,6	18
Potássio %	3,41	5,15	1,33	18
Óxido de cálcio (CaO) total % (m/m)	33,89	39	24	27
Cálcio %	24,21	27,86	17,1 4	27
Óxido de magnésio (MgO) total % (m/m)	8,04	21	3,1	27
Magnésio %	4,85	12,65	1,87	27

Tabela 5.1 – Análises de parâmetros físicos e químicos das cinzas (continuação).

Enxofre total % (m/m)	0,63	1	0,29	6
<b>Micronutrientes</b>				
Ferro total % (m/m)	0,57	0,64	0,53	3
Boro total-mg/kg	16,33	34	5	3
Zinco total-mg/kg	67,75	87	44	4
Manganês total-mg/kg	428	658	208	3
Cobre total mg/kg	22,5	31	15	4
Molibdênio total-mg/kg	5,15	10	0,3	2
Cobalto total-mg/kg	3,5	5	2	2
<b>Metais pesados</b>				
Arsênio total-mg/kg	2	2	2	3
Alumínio total % (m/m)	1,4	1,4	1,4	1
Chumbo total-mg/kg	7,5	18	2	6
Níquel total-mg/kg	38,2	76	15	5
Cádmio total-mg/kg	0,52	1	0,2	6
Cromo total-mg/kg	22,5	28	11	4
Cromo hexavalente-mg/kg	7	7	7	1
Cromo trivalente-mg/kg	20	20	20	1
Merúrio total-mg/kg	0,03	0,06	0,02	5
Selênio total-mg/kg	3,33	4	2	3

Fonte: VIDA – Desenvolvimento ecológico, 2014.

Com base nos dados da tabela 5.1, analisando o valor do pH e o poder de neutralização, nota-se que as cinzas de biomassa vegetal podem ser utilizadas para higienizar o lodo, corrigindo a sua acidez e aportando ao mesmo cálcio, magnésio e potássio.

A estabilização química é entendida como sendo uma alternativa eficaz para estabilizar e higienizar o lodo de esgoto, visto que reduz patógenos para um uso seguro deste. Com base no exposto, o presente estudo avaliou a eficiência de uso de cinzas de biomassa vegetal para alcançar esse objetivo.

## 5.2 ENSAIOS PRELIMINARES DE pH DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE

Foram realizados sete ensaios, no laboratório do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com a finalidade de determinar os valores de pH de três resíduos - cinzas, *dregs*, *grits* e nas misturas de: lodo/cinza, lodo/*grits* e lodo/*dregs* em

dois momentos: tempo inicial e tempo final. A tabela 5.2 apresenta os valores de pH, obtidos nos três resíduos e nas três combinações, nos sete ensaios realizados:

Tabela 5.2 – Valores de pH obtidos durante os ensaios (E), TI-tempo inicial e TF-tempo final (após duas horas).

Amostra	Lodo digerido	Cinza	Grits	Dregs	Lodo/cinza		Lodo/grits		Lodo/dregs	
					TI	TF	TI	TF	TI	TF
E1	6,70	12,10	12,01	9,90	12,05	11,85	12,04	12,06	8,84	8,43
E2	7,27	12,07	11,97	9,62	12,01	11,99	12,20	11,98	8,30	8,22
E3	6,90	12,17	11,99	9,69	12,01	11,99	12,00	11,98	8,44	8,21
E4	5,60	12,21	11,92	9,75	11,95	11,85	12,14	12,08	9,55	9,42
E5	6,32	12,20	12,04	9,83	12,02	11,98	12,09	12,00	9,40	9,20
E6	6,18	12,52	12,13	10,23	12,25	12,22	12,08	12,04	9,76	9,35
E7	6,10	12,06	12,07	9,70	12,03	11,98	12,09	12,07	8,90	8,73

Para as cinzas, os resultados que constam na tabela 5.2 informam que elas apresentam o caráter básico acentuado por apresentarem valores de pH iguais ou superiores a 12. Osaki e Darolt (1991), ao estudarem a qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba, concluíram que elas, pouco utilizadas na agricultura como adubo do solo, contêm cálcio, magnésio, fósforo e outros elementos. Para a mistura do lodo/cinza se obtiveram valores médios de pH 12,05 no tempo inicial, e no tempo final 11,98. Estes valores demonstram que a mistura do lodo/cinza consegue obter um valor de pH ótimo para o processo de estabilização e higienização. De acordo com Pinto (2001), o mecanismo de higienização de lodos pela via química utiliza um produto alcalinizante para elevar o pH do lodo a um valor igual ou superior a 12 por, no mínimo, 2h. No processo da mistura lodo/cinza, à semelhança do que ocorre na mistura lodo/cal, observam-se alterações das características físico-químicas do lodo, relacionadas ao processo de higienização por meio de um produto álcali, como, por exemplo, a formação de uma capa mais dura ao ser exposto ao ar livre (figura 4.13), a fixação dos metais pesados, podendo ocorrer precipitação do fósforo, e as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia.

### 5.3 CARACTERÍSTICAS DO LODO ANAERÓBIO BRUTO DA ETE SERRARIA

Serão abordados, inicialmente, os resultados dos parâmetros correspondentes ao potencial agronômico e, em seguida, os agentes patogênicos e os metais pesados do lodo anaeróbio bruto, doravante denominado simplesmente de lodo bruto.

Foram determinados os resultados das quatro amostras de lodo bruto, as médias e o desvio padrão no nível de 95 % de confiança das características físicas (tabela 5.3), químicas (tabela 5.4) e biológicas (tabela 5.5). Considerando que a ETE Serraria começou a operar em 2014, esta pesquisa é a primeira no que se refere ao estudo detalhado das características físico-químicas e biológicas desta estação. Foram comparados os valores médios de parâmetros do lodo bruto com resultados de pesquisas de outras ETE.

### 5.3.1 Parâmetros do potencial agronômico do lodo bruto

A tabela 5.3 apresenta os valores dos parâmetros do potencial agronômico das amostras de lodo bruto, as médias e o desvio padrão.

Tabela 5.3 – Resultados das análises do potencial agronômico das amostras do lodo bruto.

Parâmetro	Amostras				Média ± DP
	A1	A2	A3	A4	
Sólidos totais (%)	18,96	19,35	18,40	19,20	18,9 ± 0,41
Sólidos voláteis (%)	11,29	11,43	10,90	11,64	11,3 ± 0,31
Umidade (%)	81,0	80,6	81,6	80,8	81,0 ± 0,43
pH em água (1:10)	6,7	7,2	6,9	5,6	6,6 ± 0,69
COT (%)	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8 ± 0,0
Enxofre (mg/kg)	19.525	14.500	19.527	18.832	18.096 ± 2.419
Fósforo total (mg/kg)	8.845	11.724	8.893	10.341	9.950 ± 1.370
Magnésio (mg/kg)	5.300	3.268	2.999	2.783	3.587 ± 1.158
Nitrogênio amoniacal (mg/kg)	255	287	222	4.525	1.322 ± 2.135
Nitrogênio total de Kjeldahl	9.020	10.061	9.637	6.334	8.763 ± 1.674
Potássio (mg/kg)	2.394	2.017	1.717	1.803	1.982 ± 301
Cálcio (mg/kg)	15.423	10.370	9.476	9.598	11.216 ± 2.831
Sódio (mg/kg)	86	ND	ND	ND	-

Com base nos dados da tabela 5.3, a seguir são feitas considerações relativas aos parâmetros relacionados ao potencial agronômico do lodo bruto.

### **5.3.1.1 Relação SV/ST no lodo bruto**

O valor médio da relação SV/ST foi de 0,60 para o lodo bruto. O referido valor permite considerar que o lodo esteja estabilizado, isto é, que grande parte da matéria orgânica tenha sido degradada pelo processo da digestão.

### **5.3.1.2 Umidade no lodo bruto**

Foi encontrado o valor médio de 81,0 % de umidade para o lodo bruto. O referido valor indica que o lodo está dentro dos padrões, tendo em conta que na ETE Serraria o processo de desaguamento é feito através de centrífugas. Vale destacar que no processo de desidratação do lodo em estudo aplica-se o poliacrilamida, um polímero catiônico, para facilitar o processo.

Estudos realizados em outras ETE constataram os seguintes valores para a umidade do lodo bruto: ETE Chapecó, 79,55 %; ETE Lavapés (São José dos Campos/SP), 84 %; ETE Barueri (Grande São Paulo), 63 %; e ETE Insular (Florianópolis/SC), 88,74 %.

### **5.3.1.3 pH no lodo bruto**

O valor médio de pH para o lodo bruto foi de 6,6, ou seja, o lodo apresenta características ácidas. Vários estudos de pH de lodo bruto de outras ETE também registraram valores de pH ácidos, como a ETE Insular, em Florianópolis/SC, com pH 6,02 (TURNINA, 2007), a ETE Marcilio de Noronha, em Viana, com pH 5,90 (COSTA et al., 2008), a ETE Belém, em Curitiba/PR, com pH 5,90 (TSUTIYA, 2001) e a ETE Chapecó, em Chapecó/SC, com pH 5,71 (MIRANDA, 2010).

### **5.3.1.4 Carbono orgânico total (COT) no lodo bruto**

Aqui foram encontrados valores médios de COT 1,80 % na amostra de lodo anaeróbio bruto. O referido valor é baixo, se comparado a valores encontrados em outros estudos. De acordo com Jiménez et al. (1992), Rodella e Alcarde (1994), Unsal e Ok (2001), em muitas

pesquisas constataram-se valores de COT na faixa de 6,9 % a 54,7 %. O baixo valor de COT significa que o lodo tem menor parcela orgânica, tendo mais nutrientes e outros materiais inorgânicos; todavia, esse cenário é positivo, pois indica que o lodo está estabilizado.

#### **5.3.1.5 Enxofre no lodo bruto**

Registrou-se uma concentração média de 18.096 mg/kg de enxofre no lodo anaeróbio bruto. O valor encontrado é superior, se comparado a valores médios de enxofre encontrado em outras pesquisas. Bettiol (2004), estudando características químicas de três lotes de lodo de esgotos das ETE de Franca e de Barueri, localizados no estado de São Paulo, obtiveram os seguintes valores: ETE Barueri, 13.400 mg/kg, 10.800 mg/kg e 17.100 mg/kg, para primeiro, segundo e terceiro lotes, respectivamente; e ETE Franca, 16.300 mg/kg, 13.300 mg/kg e 15.700 mg/kg, para primeiro, segundo e terceiro lotes, respectivamente.

#### **5.3.1.6 Fósforo no lodo bruto**

O teor médio de fósforo no lodo bruto em estudo foi de 9.950 mg/kg. Comparado com outros valores médios de fósforo encontrados em outras ETE, como, por exemplo, a ETE Chapecó/SC, que possui 11.000 mg/kg, a ETE Brasília/DF, com 26.200 mg/kg, e a ETE Belém/PR, com 37.000 mg/kg, o valor determinado é considerado menor.

#### **5.3.1.7 Magnésio no lodo bruto**

O teor médio de magnésio no lodo anaeróbio bruto da ETE Serraria foi de 3.587 mg/kg. Comparando-o a dados obtidos em outras ETE para o lodo bruto, verifica-se que o teor de magnésio é superior ao da ETE Franca (2.200 mg/kg) e ao da ETE Jundiaí (1.300 mg/kg). Mas, o referido teor é inferior ao da ETE Curitiba/PR (6.000 mg/kg) e ao da ETE Barueri/SP (4.500 mg/kg) (BETTIOL, 2004; FERNANDES et al., 2004).

### **5.3.1.8 Nitrogênio no lodo bruto**

A concentração média de nitrogênio amoniacal no lodo bruto foi de 1.322 mg/kg, e a de nitrogênio total de Kjeldahl foi de 8.763 mg/kg. Comparando estes valores com os de outras pesquisas, nota-se que os aqueles encontrados para o lodo bruto são inferiores aos das ETE Barueri/SP (42.100 mg/kg), da ETE Franca/SP (68.200 mg/kg), da ETE Curitiba/PR (49.100 mg/kg), da ETE Paranavaí/PR (22.200 mg/kg) e da ETE Jundiaí/SP (21.200 mg/kg) (DAMASCENO e CAMPOS, 1998; SEDIYAMA et al., 2000).

### **5.3.1.9 Potássio no lodo bruto**

O valor médio de potássio encontrado no lodo bruto foi de 1.982 mg/kg. Comparando esta concentração com valores de outras pesquisas, como as de Tsutiya (2001), encontra-se: a ETE Barueri/SP com 1.000 mg/kg, a ETE Franca/SP com 1.000 mg/kg, a ETE Curitiba/PR com 1.500 mg/kg, a ETE Paranavaí/PR com 340 mg/kg e a ETE Jundiaí/SP com 660 mg/kg, verificando-se que o valor encontrado foi superior.

### **5.3.1.10 Cálcio no lodo bruto**

O valor médio de cálcio presente no lodo bruto foi de 8.716 mg/kg. A referida concentração é inferior às encontradas em outras pesquisas, conforme Bettiol (2004) e Fernandes et al. (2005), que referem 47.800 mg/kg para a ETE Barueri/SP, 24.800 mg/kg para a ETE Franca/SP e 15.900 mg/kg para a ETE Curitiba/PR. Contudo, a concentração de cálcio registrada para o lodo bruto da ETE Serraria é superior ao da ETE Paranavaí/PR (8.300 mg/kg) e ao da ETE Jundiaí/SP (6.600 mg/kg).

## **5.3.2 Parâmetros microbiológicos no lodo bruto**

A caracterização microbiológica do lodo de esgoto é fundamental para o controle e para a identificação de microrganismos patogênicos existentes no lodo. A tabela 5.4 mostra os

resultados dos parâmetros microbiológicos das amostras brutas, as médias e os desvios padrão.

Tabela 5.4 – Resultados das análises de agentes patogênicos das amostras do lodo bruto A1, A2, A3, A4, com médias e desvio padrão.

Parâmetro	Amostras				Média ± DP
	A1	A2	A3	A4	
Colif. termotol. NMP/g ST	16.000	92.000	3.500	1.413.610	381.277 ± 689.331
Colif. totais NMP/g ST	11.000	241.960	241.960	1.600.000	523.730 ± 725.726
Ovos/g ST viáveis de helminthos	0,56	0	0	0	0,14 ± 0,28
Salmonella sp NMP/10g ST	35	32	107	70	61 ± 35,18

Na tabela 5.4 nota-se que os valores dos desvios padrão de coliformes termotolerantes e totais são maiores que as respectivas médias, e isso se deve ao fato de existir uma grande defasagem nos valores das concentrações (das amostras A1, A2, A3 e A4), como se observa na tabela em alusão.

Observando os dados da tabela 5.4, e baseando-se nas orientações do CONAMA 375/2006, verifica-se que os valores médios de coliformes termotolerantes e de *salmonellas ssp* desqualificam o uso do lodo em solos agrícolas. Assim, caso haja a pretensão do uso dessa forma, é necessário que o lodo seja submetido, primeiramente, ao processo de higienização para a redução das concentrações dos patógenos a níveis recomendados.

O valor médio de coliformes termotolerantes no lodo foi de 381.277 NMP/g ST. Comparando com os níveis de coliformes termotolerantes no lodo de outras ETE, verifica-se o seguinte: superior em relação a 86.400 NMP/g ST, ETE Belém (Curitiba); 1.250 NMP/g ST, ETE ABC (São Paulo); e 138 NMP/g ST, ETE São José dos Campos; e inferior em relação a 1.000.000 NMP/g ST, ETE Brasília; e 475.000, ETE Barueri (São Paulo).

A Resolução CONAMA 375/2006 não especifica a quantidade de *salmonellas ssp* que deve constar no lodo, apenas faz referência à presença ou à ausência em 10g/MS. Nas quatro amostras brutas foram identificadas a presença de *salmonellas ssp*, e o valor médio encontrado foi de 61 NMP/g ST. Comparando-se aos níveis de *salmonellas ssp* no lodo de algumas ETE, este é inferior em relação a 3.670 NMP/10 g ST, ETE Belém, e superior em relação a 36 NMP/10g ST, ETE Barueri (São Paulo). Alves Filho (2014), estudando a possibilidade de desinfecção de lodo de esgoto anaeróbio da ETE Uberlândia, em Minas



Gerais, durante as análises laboratoriais na componente microbiológica, não revela a ocorrência de *salmonellas*.

Em relação a ovos de helmintos, das quatro amostras brutas coletadas somente a primeira delas teve a presença destes, numa concentração de 0,56 ovos/g ST. A não existência de ovos viáveis de helmintos nas amostras A2, A3 e A4 possivelmente deve-se ao fato de a população atendida pela ETE não apresentar doenças relacionadas aos helmintos, ou talvez a sua sobrevivência no ambiente tenha sido relativamente pequena. Estudos realizados por Soccol (2000 apud COMPARINI, 2001) em lodos provenientes de quatro estações do tipo UASB, na região metropolitana de Curitiba/PR, encontraram as espécies *Ascaris sp*, *toxocara sp*, *hymenolepis sp* e *taenia sp*. Chernicharo e Honório (2003) relataram a predominância de *Ascaris sp*, *toxocara sp*, *hymenolepis sp* e *trichuris* oriundos de três sistemas de tratamento de esgotos em diferentes escalas, em Belo Horizonte/MG. Ceolato (2007), estudando a disponibilidade de nutrientes de lodos e suas implicações na alteração dos atributos químicos de um argissolo, analisou o lodo de esgoto de origem doméstica do Estado de São Paulo, constatando a ausência de ovos de helmintos. Alves Filho (2014), verificando a possibilidade de desinfecção do lodo de esgoto anaeróbico da ETE Uberlândia/MG, não constatou a ocorrência de ovos de helmintos ali.

### **5.3.3 Metais pesados no lodo bruto**

Os metais pesados analisados incluem zinco, cobre, cádmio, cromo, níquel, selênio, arsênio, bário, chumbo, molibdênio e mercúrio. A tabela 5.5 ilustra os principais metais pesados, suas concentrações nas amostras brutas, médias e o desvio padrão.

A maioria dos organismos vivos precisa de poucos metais, e em doses muito pequenas, caracterizando o conceito de micronutrientes. Os metais tornam-se tóxicos e perigosos para a saúde humana quando ultrapassam determinadas concentrações.

Com base nos valores médios da tabela 5.5, pode-se destacar que todos os metais apresentaram concentrações abaixo dos limites recomendados, permitindo, assim, seus usos em solos agrícolas.

Tabela 5.5 – Resultados de análises de metais pesados nas amostras do lodo bruto A1, A2, A3, A4, médias, desvio padrão e limite recomendado para o uso em solo agrícola.

Parâmetro	Amostras				Média ± DP	Limite
	A1	A2	A3	A4		
Arsênio (mg/kg)	9,1	9,3	9,4	9,5	9,3 ± 0,17	41
Bário (mg/kg)	543	370	435	525	468,3 ± 80,76	1.300
Cádmio (mg/kg)	1,2	1,5	0,9	1,4	1,25 ± 0,26	39
Chumbo (mg/kg)	56,2	59	44,4	56,1	53,92 ± 6,49	300
Cobre (mg/kg)	353	361	288	323	331 ± 33,14	1.500
Cromo (mg/kg)	34,3	36,5	28,2	31,4	32,60 ± 3,60	1.000
Mercurio (mg/kg)	2,08	1,41	ND	1,48	1,66 ± 0,36	17
Molibdênio (mg/kg)	6,5	7,1	5,7	6,6	6,5 ± 0,5	50
Níquel (mg/kg)	18,9	19,8	14,9	17,9	17,87 ± 2,12	420
Selênio (mg/kg)	6,8	7	5,1	4,1	5,75 ± 1,39	100
Zinco (mg/kg)	843	865	656	858	805,5 ± 100	2.800

#### 5.4 POTENCIAL AGRONÔMICO, CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA E METAIS PESADOS DOS LODOS BRUTOS, TESTEMUNHAS E HIGIENIZADOS

Aqui descreve-se o comportamento de todos os parâmetros avaliados nos lodos brutos, lodos testemunhas e lodos higienizados, nas concentrações de 30 %, 50 % e 100 % em relação ao teor seco do lodo.

##### 5.4.1 Potencial agronômico

A seguir, de forma detalhada, são apresentados os resultados dos parâmetros que compõem o potencial agronômico nos lodos brutos, testemunhas e higienizados.

###### 5.4.1.1 pH

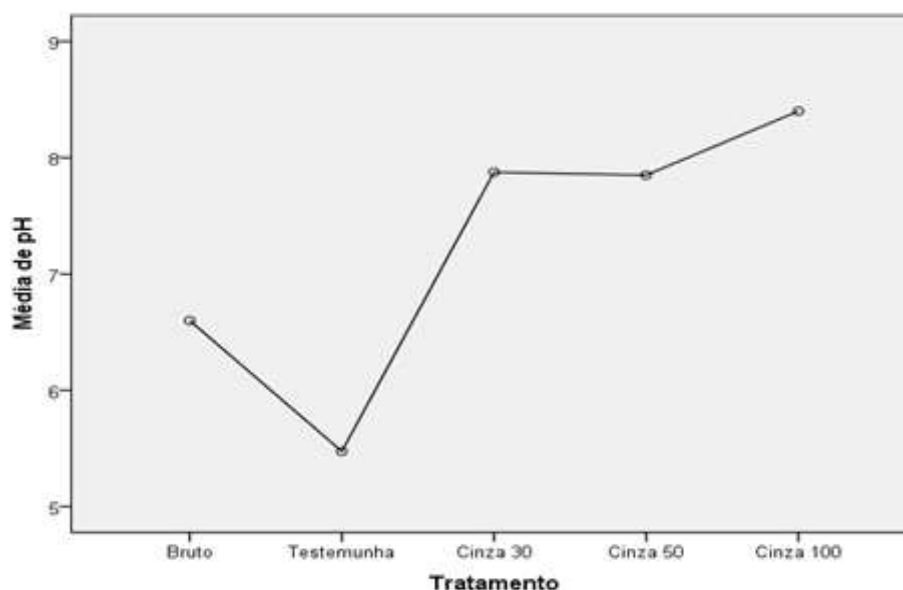
Os valores encontrados de pH nos diferentes tipos de lodo/biossólidos analisados foram submetidos à análise de variância, verificando-se diferenças significativas entre o lodo bruto (grupo 1), o lodo higienizado com cinzas nas proporções de 30 % e 50 % (grupo 2) e no lodo higienizado com cinzas a 100 % (grupo 3), como se observa na tabela 5.6 e na figura 5.1.

Tabela 5.6 – Valores médios de pH com DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Testemunha	5,48 ± 0,54	-	-
Bruto	6,60 ± 0,70	6,60 ± 0,70	-
Cinza 50	-	7,85 ± 0,53	7,85 ± 0,53
Cinza 30	-	7,88 ± 0,35	7,88 ± 0,35
Cinza 100	-	-	8,40 ± 0,14

Analisando os resultados, verifica-se que o lodo bruto e o lodo testemunha (grupo 1) apresentam pH ácido. O testemunha, devido à degradação do lodo bruto, apresenta pH notadamente inferior ao último. Há uma similaridade em termos de pH para o lodo tratado com 30 % de cinzas e o lodo tratado com 50 % (grupo 2), que apresentam valores com tendência básica. O lodo tratado com 100 % de cinzas (grupo 3) apresentou comportamento básico. Em comparação com o testemunha, o acréscimo de cinzas aumentou significativamente o pH. Com os resultados abaixo nota-se que quanto maior for a concentração percentual de cinzas usadas para estabilizar o lodo maior é o valor do pH.

Figura 5.1: comportamento do pH nos lodos e nos biossólidos.



#### 5.4.1.2 Umidade

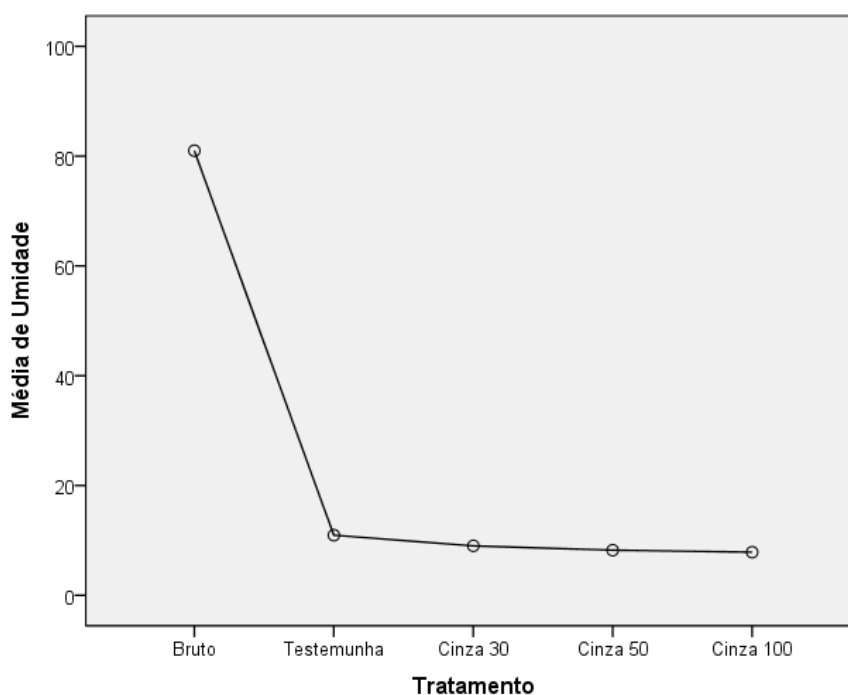
Os valores de umidade encontrados foram submetidos à análise de variância, verificando-se diferenças significativas pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 3), o lodo

testemunha (grupo 2) e os lodos higienizados com as cinzas em todas as proporções (grupo1), como se observa na tabela 5.7 e na figura 5.2.

Tabela 5.7 – Teor do percentual de umidade com DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cinza 100	7,85 ± 0,92	-	-
Cinza 50	8,23 ± 1,08	-	-
Cinza 30	9,00 ± 0,45	-	-
Testemunha	-	10,95 ± 0,86	-
Bruto	-	-	81,00 ± 0,43

Figura 5.2: comportamento de percentual de umidade nos lodos e nos biossólidos.



Com base nos dados da figura 5.2, em comparação com o testemunha, o acréscimo de cinzas diminuiu significativamente o teor de umidade, isto é, na medida em que aumentou a concentração das cinzas aumentou também o teor dos sólidos e, conseqüentemente, reduziu-se o teor de umidade.

### 5.4.1.3 Relação entre sólidos voláteis e sólidos totais (SV/ST)

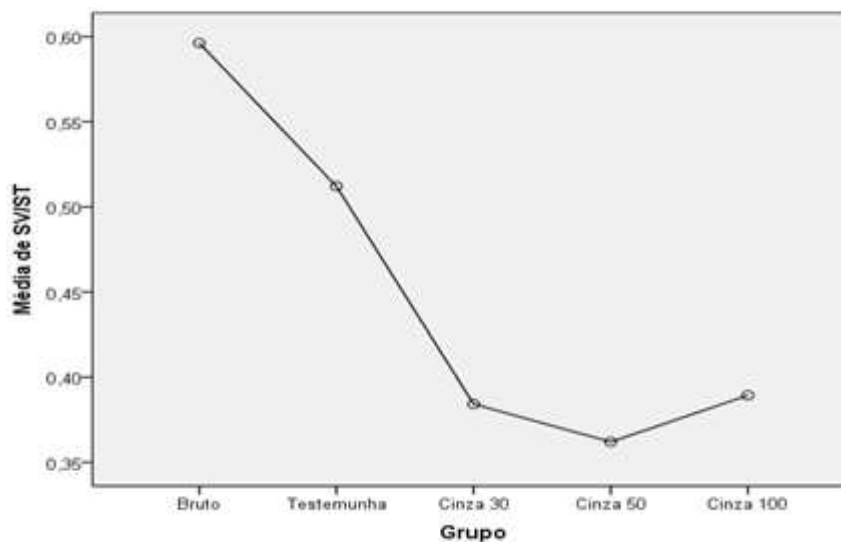
As concentrações de sólidos voláteis em relação aos sólidos totais variaram em função das dosagens das cinzas, decrescendo na medida em que se aumentou a concentração das cinzas usadas para higienização.

Os valores encontrados para a relação SV/ST foram submetidos à análise de variância, constatando-se diferenças significativas pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 2) e os lodos higienizados com as cinzas em todas as proporções (grupo 1), como se observa na tabela 5.8 e na figura 5.3.

Tabela 5.8 – Valores da relação SV/ST e DP nos distintos lodos e biossólidos.

Grupos	1	2
Cinza 50	0,36 ± 0,026	-
Cinza 30	0,38 ± 0,020	-
Cinza 100	0,39 ± 0,169	-
Testemunha	0,51 ± 0,117	0,51 ± 0,117
Bruto	-	0,60 ± 0,003

Figura 5.3: comportamento da relação SV/ST nos lodos e nos biossólidos.



Alguns estudos realizados sobre a estabilização química com cal notaram a não redução dos sólidos voláteis, mas sim a alteração nas características físicas e químicas do lodo. Lima et al. (2007), pesquisando lodos submetidos à secagem e à higienização com cal em estufas agrícolas, apontaram uma ligeira redução dos sólidos voláteis em relação aos sólidos totais, o que pode dever-se à oxidação química da matéria orgânica presente no lodo decorrente da elevação do pH, resultando na diminuição dessa relação. Andreoli et al. (2001)

referenciam a perda de sólidos voláteis no lodo quando o pH é aumentado. Os valores SV/ST em todos os tratamentos foram inferiores a 0,7, conforme estabelece a resolução CONAMA 375/2006, evidenciando que o lodo foi estabilizado. A diferença foi mais notória nos lodos higienizados.

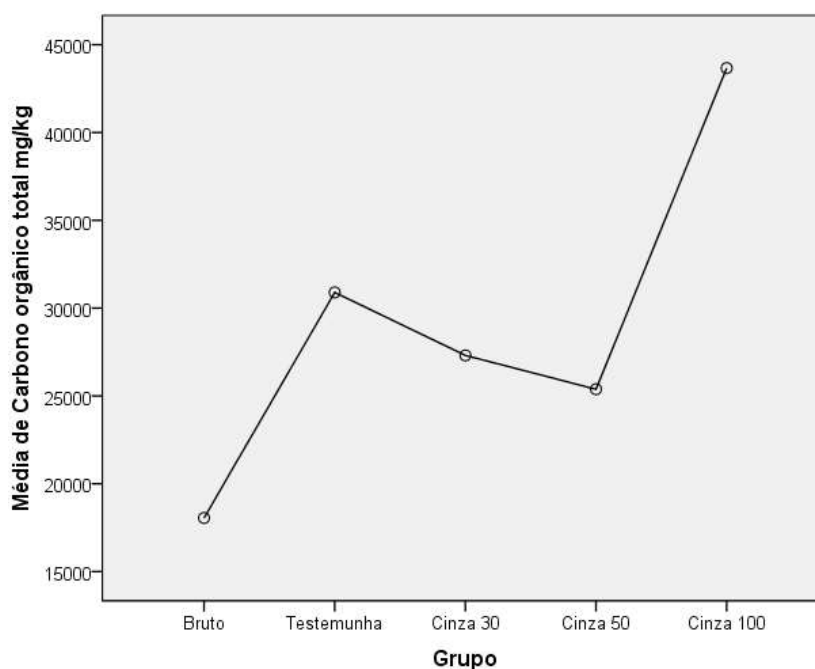
#### 5.4.1.4 Carbono orgânico total

A tabela 5.9 e a figura 5.4 apresentam os valores médios para o COT na amostra bruta de lodo anaeróbico, no testemunha e nas amostras tratadas a 30 %, 50 % e 100 % de cinzas. Os valores encontrados para o COT foram submetidos à análise de variância, constatando-se diferenças significativas, pelo teste F, do lodo higienizado a 100 % de cinzas (grupo 2) em relação ao lodo bruto e aos higienizados, a 30 % e 50 % (grupo 1), como se observa na tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Valores de COT em mg/kg e DP nos distintos lodos e biossólidos.

Grupos	1	2
Bruto	18.048,0 ± 731,9	-
Cinza 50	25.380,5 ± 7.520,8	-
Cinza 30	27.309,0 ± 6.458,6	-
Testemunha	30.894,0 ± 8.940,7	30.894,0 ± 8.940,7
Cinza 100	-	43.666,0 ± 868,3

Figura 5.4: comportamento do COT nos lodos e nos biossólidos.

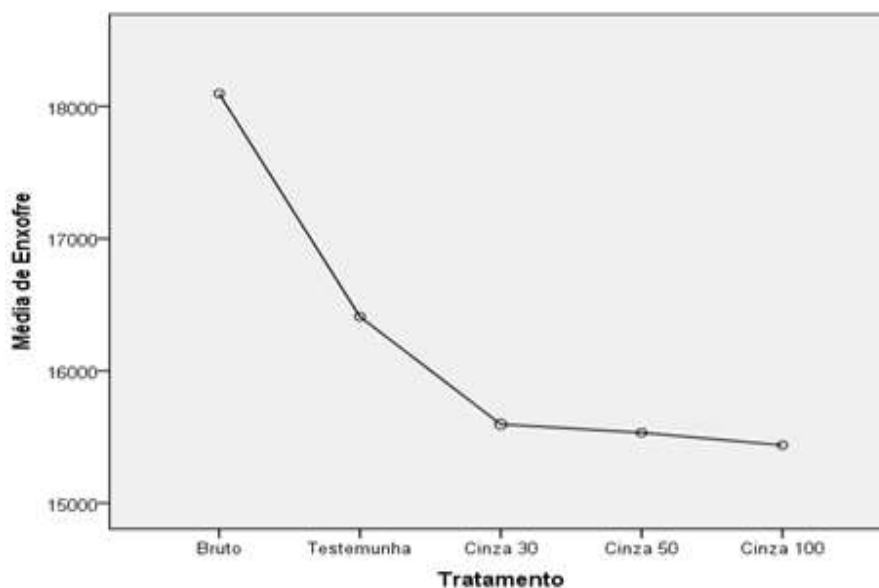


Analisando a figura 5.4 nota-se que o COT apresentou comportamento fora do padrão em relação à quantidade de cinzas.

#### 5.4.1.5 Enxofre

Encontraram-se aqui as seguintes concentrações médias para o enxofre: 18.096 mg/kg no lodo bruto, 16.410 mg/kg no lodo testemunha, 15.596 mg/kg no lodo tratado a 30% de cinzas em relação ao teor de MS, 15.532 mg/kg no lodo tratado a 50% e 15.438 mg/kg no lodo tratado a 100% de cinzas. Os valores de enxofre foram submetidos à análise de variância e verificou-se que não há diferenças significativas pelo teste F. A figura 5.5 revela o comportamento do enxofre nos lodos pesquisados.

Figura 5.5: comportamento de enxofre (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.

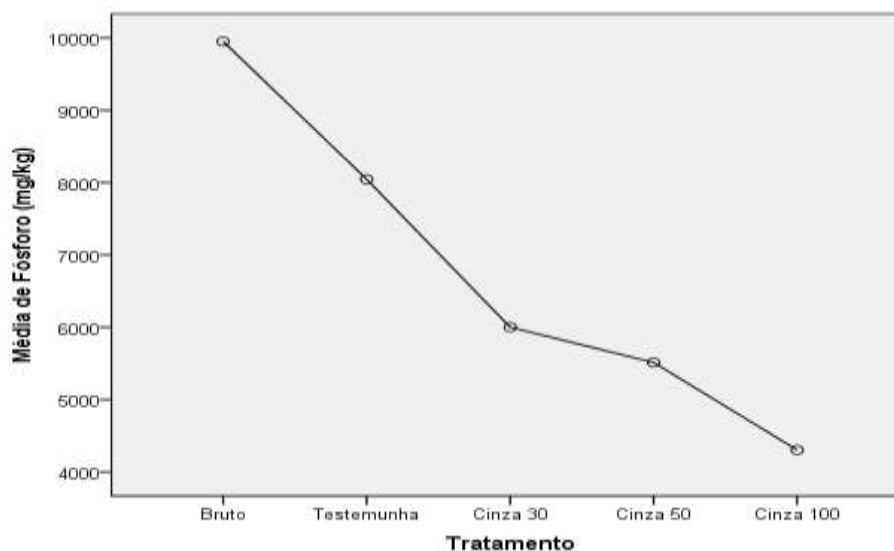


Com base nos resultados obtidos em relação ao enxofre (figura 5.5), nota-se que para as três concentrações de cinzas adotadas houve uma ligeira redução no teor desse elemento. Estatisticamente, a análise de variância indicou que não há diferença significativa entre as cinco situações observadas na figura 5.5.

#### 5.4.1.6 Fósforo

Foram encontrados os seguintes valores médios de fósforo: 9.951mg/kg para o lodo bruto, 8.046 mg/kg para o lodo testemunha, 6.001 mg/kg para o lodo higienizado a 30%, 5.512 mg/kg para o lodo higienizado a 50% e 4.303 mg/kg para o lodo higienizado a 100 % (figura 5.6). O lodo bruto apresentou um valor superior comparado com os demais; contudo, a análise de variância submetida aos valores de fósforo verificou a não existência de diferença significativa entre estes. A figura 5.6 ilustra o comportamento do fósforo.

Figura 5.6: comportamento do fósforo, em mg/kg, nos lodos e nos biossólidos.



Observando-se a figura 5.6, nota-se a redução do teor de fósforo do lodo bruto para o lodo testemunha, sendo que o mesmo comportamento ocorreu no lodo higienizado com as cinzas, em comparação ao lodo bruto. Esse comportamento assemelha-se ao estudo de Malta e Tsutiya (2003), em experimento de calagem com lodo da ETE Lavapés, em São José dos Campos/SP. No referido estudo, na medida em que se aumentou a dosagem de cal aplicada ao lodo reduziu-se a concentração de fósforo.

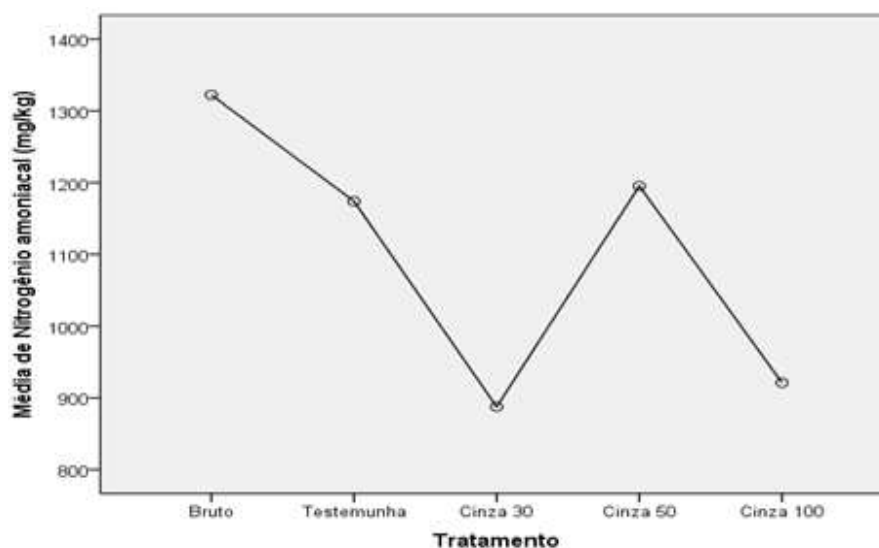
#### 5.4.1.7 Nitrogênio amoniacal

O lodo em estudo não apresentou o nitrogênio em forma de nitrito e nitrato. Isto se deve ao fato de não ter ocorrido o processo de nitrificação (oxidação da amônia para o nitrito,



e do nitrito ao nitrato). Foram determinados os seguintes valores, em mg/kg, de nitrogênio amoniacal: 1.322, 1.174, 887,5, 1.195 e 921 para os lodos bruto, testemunha e higienizados a 30 %, 50% e 100%, respectivamente. Analisando os valores obtidos nota-se a irregularidade das concentrações de nitrogênio na medida em que se aumenta a dosagem das cinzas. A análise de variância não detectou a existência de uma diferença significativa nos valores de nitrogênio amoniacal. A figura 5.7 mostra o comportamento desse elemento no lodo.

Figura 5.7: comportamento do nitrogênio amoniacal nos lodos e nos biossólidos.



#### 5.4.1.8 Nitrogênio total de Kjeldahl

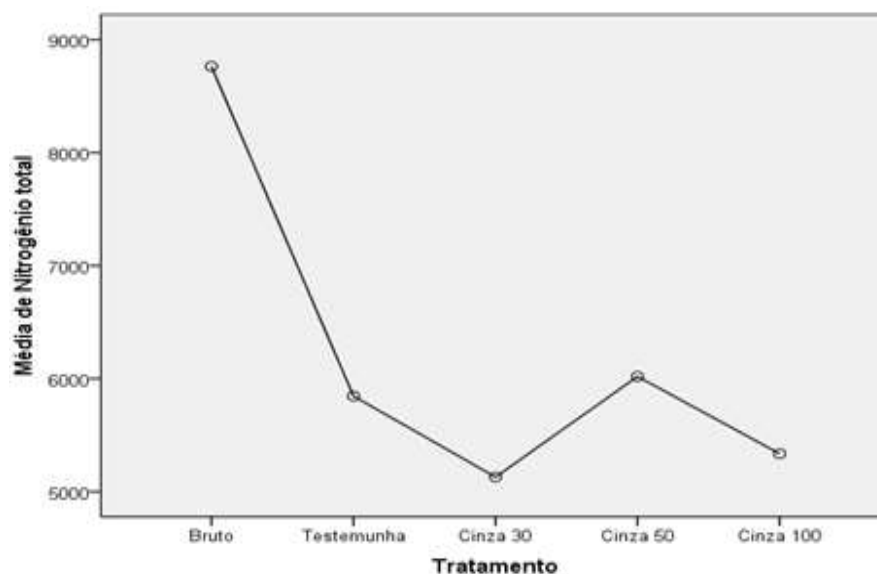
Para o NTK foram constatadas as concentrações apresentadas na tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Valores de NTK em (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.

Grupos	1	2
Cinza 30	5.129,3 ± 1.243,0	-
Cinza 100	5.336,0 ± 155,0	5.336,0 ± 155,0
Testemunha	5.845,5 ± 1.206,0	5.845,5 ± 1.206,0
Cinza 50	6.019,5 ± 1.804,0	6.019,5 ± 1.804,0
Bruto	-	8.763 ± 1.674,0

Os valores encontrados para o NTK foram submetidos à análise de variância, verificando-se diferenças significativas pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 2) e o lodo higienizado a 30% de cinzas (grupo 1). Com os dados da tabela 5.10 foi gerada a figura 5.8, que apresenta o comportamento do NTK nos lodos e biossólidos em estudo.

Figura 5.8: comportamento do nitrogênio total de Kjeldahl (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Analisando a figura 5.8, nota-se a não existência de uma regularidade, ou seja, verifica-se um comportamento fora do padrão na medida em que aumenta a dosagem das cinzas. Quando comparado a outras matérias orgânicas utilizadas como adubo na agricultura, como, por exemplo, a vinhaça com 600 mg/kg de matéria seca, ou com o composto de lixo com 6.000 mg/kg de matéria seca, o lodo apresenta níveis de NTK maior.

#### 5.4.1.9 Potássio

A tabela 5.11 e a figura 5.9 apresentam as concentrações médias de potássio para os lodos bruto, testemunha e higienizados, a 30 %, 50 % e 100 % de cinzas.

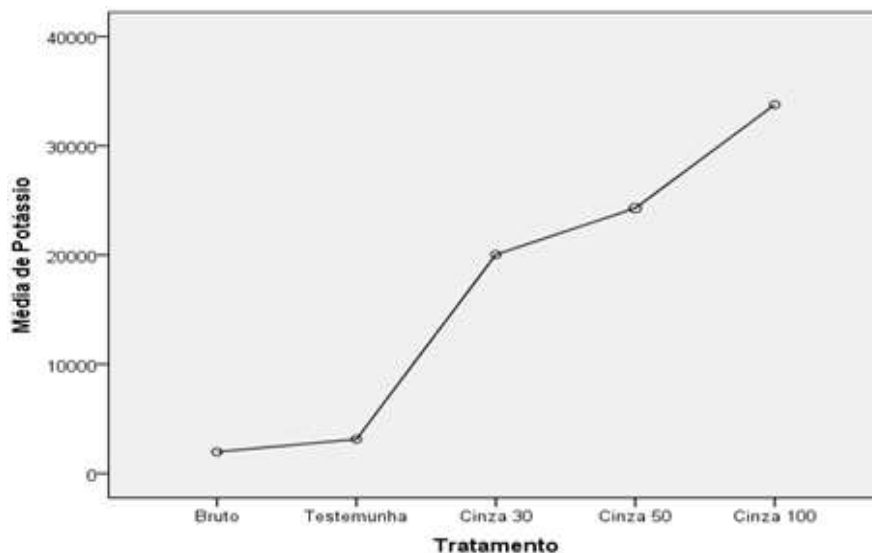
Tabela 5.11 – Concentrações de potássio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Bruto	1.983 ± 301	-
Testemunha	3.135 ± 1942	3.135 ± 1.942
Cinza 30	-	20.038 ± 9.205
Cinza 50	-	24.288 ± 8.558
Cinza 100	-	33.766 ± 6.783

Os valores encontrados em relação ao potássio foram submetidos à análise de variância, constatando-se a existência de diferenças significativas pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 1) e os lodos higienizados nas várias concentrações (grupo 2), como se vê na

tabela 5.11. Na figura 5.9 nota-se que o aumento da concentração de cinzas de biomassa vegetal no lodo leva a um aumento na concentração de potássio nos bio sólidos, tornando, assim, dispensável o aporte de potássio via adubação mineral.

Figura 5.9: comportamento do potássio (mg/kg) nos lodos e nos bio sólidos.



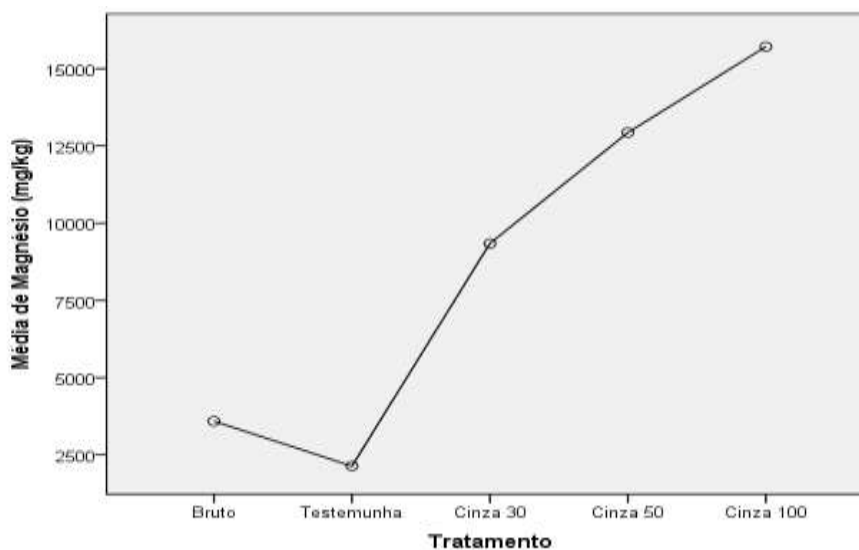
#### 5.4.1.10 Magnésio

Os valores encontrados para o magnésio foram submetidos à análise de variância, verificando-se a existência de diferença significativa pelo teste de F entre o lodo testemunha (grupo1), os lodos higienizados a 30% (grupo 2) e os higienizados a 50% e 100 % (grupo 3), como se observa na tabela 5.12 e na figura 5.10, que apresenta o comportamento do magnésio nos lodos pesquisados.

Tabela 5.12 – Valores de concentrações de magnésio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e bio sólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Testemunha	2.465 ± 1.017	-	-
Bruto	3.588 ± 79	3.588 ± 579	-
Cinza 30	-	10.236 ± 2.238	10.2362 ± 238
Cinza 50	-	-	11.285 ± 1.674
Cinza 100	-	-	15.715 ± 3.042

Figura 5.10: comportamento do magnésio (mg/kg) nos lodos e nos bioossólidos.



A figura 5.10 apresenta como o aumento da concentração de cinzas na higienização do lodo aumenta os teores do magnésio nos bioossólidos. Este fenômeno se assemelha ao processo de higienização com base na cal. Comparando com dados de outras pesquisas verifica-se que os valores encontrados são superiores em comparação à ETE Barueri (4.500 mg/kg), à ETE Franca (2.200 mg/kg), à ETE Curitiba (6.000 mg/kg), à ETE Paranaíba (3.000 mg/kg) e à ETE Jundiá (1.300 mg/kg) (BETTIOL, 2004; FERNANDES et al., 2005).

#### 5.4.1.11 Cálcio

As concentrações de cálcio para os lodos bruto, testemunha e higienizados a 30 %, 50 % e 100 % de cinzas são apresentadas na tabela 5.13 e na figura 5.11.

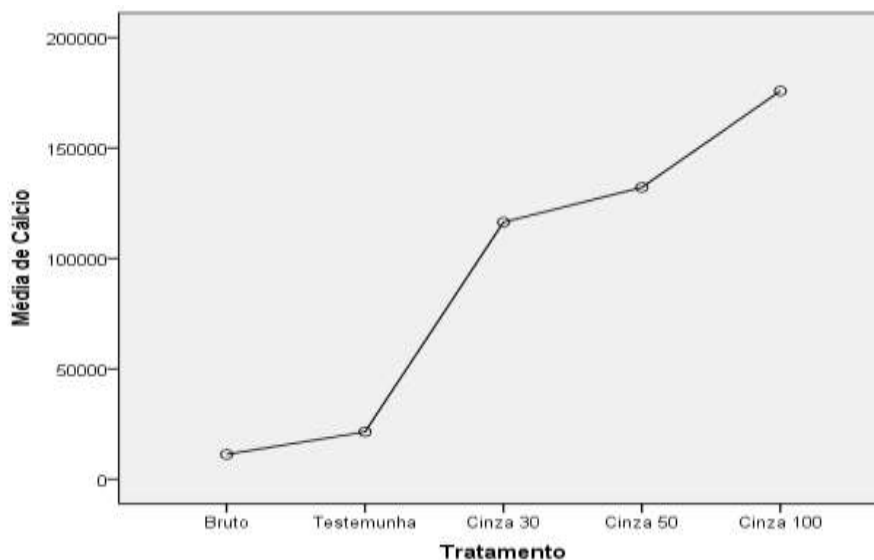
Tabela 5.13 – Concentrações de cálcio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e bioossólidos.

Grupos	1	2
Bruto	11.216,75 ± 2.831	-
Testemunha	21.365,25 ± 12.035	-
Cinza 30	-	11.6356,25 ± 55.534
Cinza 50	-	132.100,00 ± 41.624
Cinza 100	-	175.787,00 ± 43.860

Os valores relacionados ao cálcio foram submetidos à análise de variância, constatando-se diferenças significativas pelo teste F dos lodos bruto e testemunha (grupo 1)

com os lodos higienizados nas três percentagens de cinzas (grupo 2). A figura 5.11 apresenta o comportamento do cálcio nos lodos e nos biossólidos estudados.

Figura 5.11: comportamento do cálcio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Para o cálcio, nota-se que, quando aumenta a concentração das cinzas na higienização do lodo, aumentam os teores desse elemento no biossólido. Este fenômeno se assemelha ao processo de higienização com base em cal. Em comparação ao lodo testemunha, o acréscimo de cinzas aumentou significativamente os teores de cálcio.

Comparando-se com outros trabalhos verifica-se que os valores encontrados são similares às concentrações identificadas em outras pesquisas: ETE Barueri (47.800 mg/kg), ETE Franca (24.800 mg/kg), ETE Curitiba (15.900 mg/kg), ETE Paranavai (8.300 mg/kg) e ETE Jundiá (6.600 mg/kg) (BETTIOL, 2004; FERNANDES et al., 2005). Malta e Tsutiya (2003), em experimento de calagem com lodo da ETE Lavapés, em São José dos Campos/SP, registraram que na medida em que se aumentou a dosagem de cal aplicada ao lodo, ocorreu o aumento na concentração de cálcio.

#### 5.4.1.12 Sódio

A tabela 5.14 e a figura 5.12 apresentam as concentrações de sódio para o lodo testemunha, bem como para os lodos higienizados com os três percentuais de cinzas considerados. Os desvios padrão podem ser observados na tabela 5.14, que não apresenta

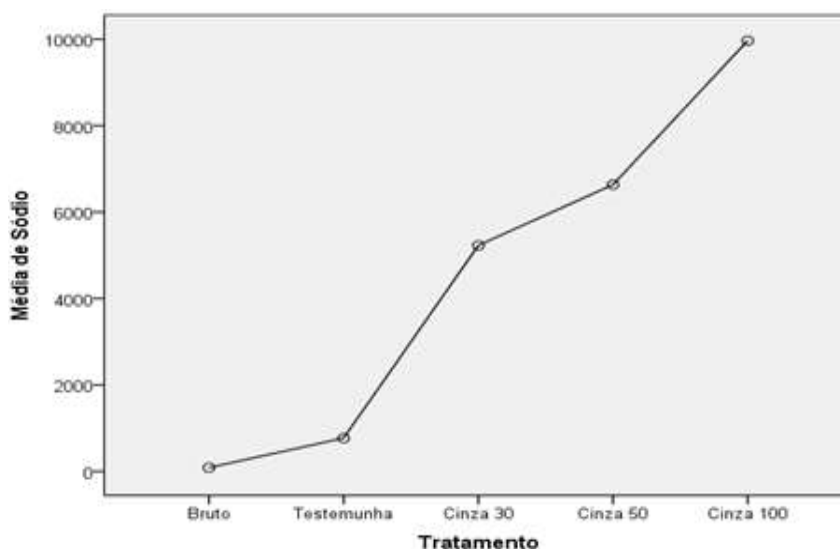
dados para o lodo bruto porque das quatro coletas realizadas detectou-se o sódio somente em uma delas.

Tabela 5.14 – Valores médios de sódio e DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Testemunha	769,75 ± 525	-	-
Cinza 30	5.228,50 ± 2.462	5.228,50 ± 2.462	-
Cinza 50	-	6.632,75 ± 2.197	6.632,75 ± 2.197
Cinza 100	-	-	9.964,50 ± 2.165

A análise de variância constata diferenças significativas, pelo teste F, entre o lodo testemunha (grupo 1), o lodo higienizado a 50 % (grupo 2) e o lodo higienizado a 100 % (grupo 3).

Figura 5.12: comportamento do sódio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Na medida em que aumentou a concentração das cinzas no lodo aumentou também a concentração de sódio nos biossólidos. Em comparação ao lodo testemunha, o acréscimo de cinzas aumentou significativamente o teor de sódio.

Ao comparar-se estas com constatações de outros trabalhos, verifica-se que os valores encontrados para os lodos bruto e testemunha da ETE Serraria são compatíveis com os registrados por Tsutiya (2001) para as ETE Franca (500 mg/kg), ETE Curitiba (900 mg/kg) e ETE Jundiaí (2.400 mg/kg). Verifica-se também como o incremento do percentual de cinzas nos biossólidos aumentou significativamente o teor de sódio nos mesmos.

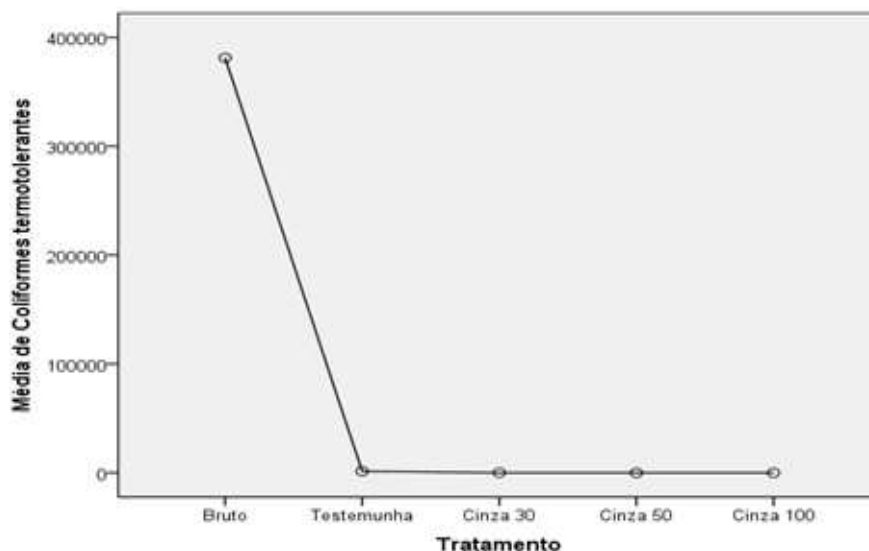
## 5.4.2 Parâmetros microbiológicos

As concentrações de coliformes, ovos viáveis de helmintos e *salmonellas SSP* no lodo em estudo foram determinadas conforme às recomendações da Resolução CONAMA 375/2006. Em seguida, faz-se a descrição de cada micro-organismo.

### 5.4.2.1 Coliformes termotolerantes

Foram encontrados os seguintes valores médios de coliformes termotolerantes, em NMP/g ST nos lodos pesquisados: 381.277,5, 1.464,2, 28,6, 0,6 e 0,3 para os lodos bruto, testemunha e para o higienizado, a 30 %, 50 % e 100 % de cinzas, respetivamente (figura 5.13). Analisando-se a figura 5.13, é notória a diferença entre as médias acima referidas. Contudo, tal diferença não pode ser testada estatisticamente devido à alta variabilidade entre as amostras.

Figura 5.13: concentrações de coliformes termotolerantes nos lodos e nos biossólidos.



A figura 5.13 apresenta a redução do teor de coliformes termotolerantes nos lodos higienizados para níveis recomendados pela Resolução CONAMA 376/2006, ditado em 1.000 NMP/g.MS, obtendo-se um lodo de classe A. O lodo testemunha, devido ao processo de redução do teor de umidade durante os sessenta dias de incubação, apresentou a queda de coliformes termotolerantes para um valor correspondente ao lodo de classe B, segundo a Resolução 375/2006 do CONAMA.

Em termos percentuais, em todos os tratamentos com cinzas houve a remoção de coliformes termotolerantes após a higienização: 92,5 % de remoção na higienização a 30 %, 98,3 % de remoção na higienização a 50 % e 99 % de remoção na higienização a 100 %. Em pesquisa desenvolvida pela PROSAB sobre a eficiência da caleação como método de desinfecção do lodo testou-se doses de 30%, 40% e 50% de cal em relação ao peso seco de lodo, e como resultado obteve-se 100 % de remoção para os três referidos percentuais.

Passamani, Keller e Gonçalves (2002), em estudos sobre a higienização do lodo com cal hidratada e com dosagem de 30%, evidenciaram o crescimento de coliformes em 30 dias de estocagem da mistura lodo-cal, seguido da queda do pH. Na calagem com 40 % de cal hidratada, os autores relatam que esse comportamento se deu aos 60 dias e que nas dosagens de 50 % e 60 % não foi observado o crescimento de coliformes.

#### 5.4.2.2 *Salmonellas ssp*

O valor médio de *salmonellas ssp* encontrado nas amostras de lodo bruto foi de 61 NMP/g ST. Para todas as proporções de cinzas usadas na higienização do lodo constatou-se a redução em torno de 99,8% de *salmonellas ssp* nos biossólidos. Os valores encontrados foram submetidos à análise de variância e verificou-se que existiram diferenças significativas pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 2), o lodo testemunha e os biossólidos (grupo 1). A tabela 5.15 ilustra os valores médios de *salmonellas ssp* do lodo em estudo.

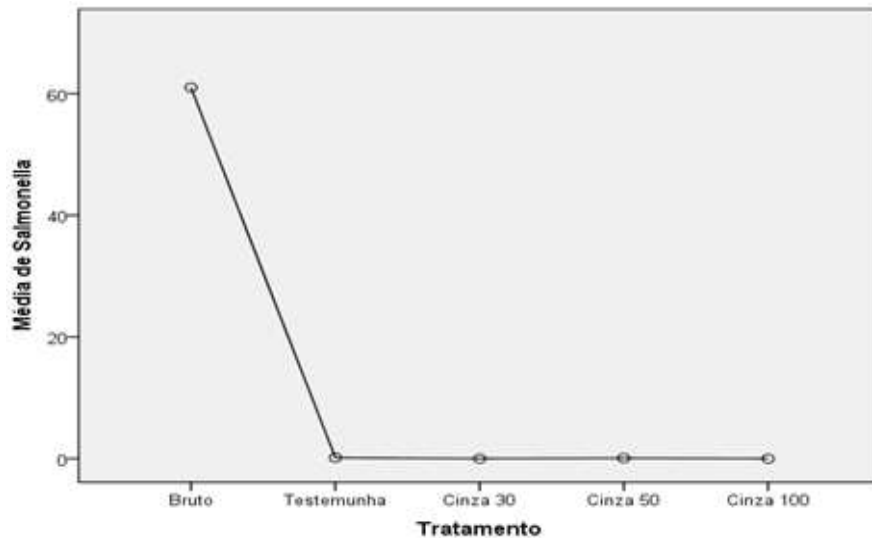
Tabela 5.15 – Valores de *salmonellas ssp*. e DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 30	0	-
Cinza 100	0	-
Cinza 50	0,075 ± 0,15	-
Testemunha	0,15± 0,17	-
Bruto	-	61 ± 35,18

Com base nos dados da tabela 5.15, em comparação ao lodo testemunha, o acréscimo de cinzas diminuiu significativamente o teor de *salmonellas ssp*. A figura 5.14 apresenta o comportamento de *salmonellas ssp* nos lodos e nos biossólidos da ETE Serraria.



Figura 5.14: comportamento de *salmonellas ssp* nos lodos e nos biossólidos.

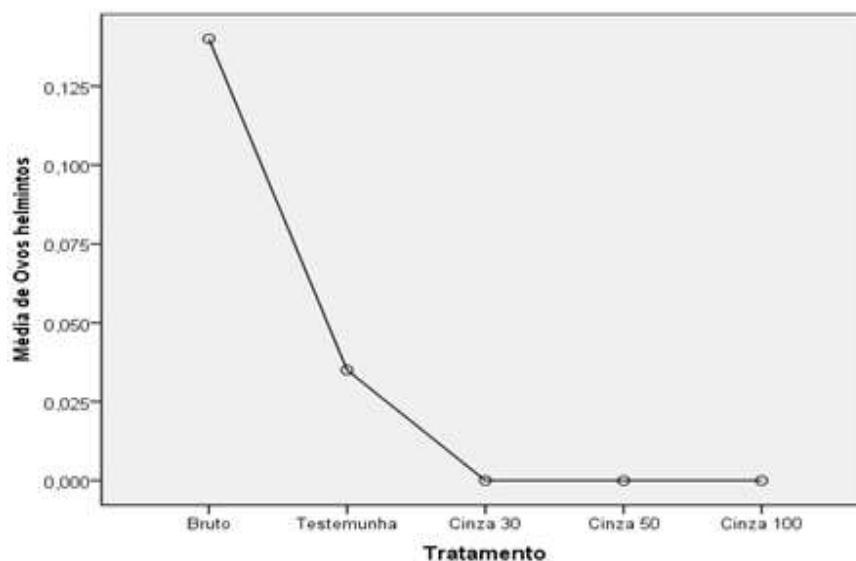


Os valores de remoção encontrados são similares aos resultados da pesquisa do PROSAB relativa à higienização de lodos de ETE por caleação. Segundo Fernandes et al. (1996), a referida pesquisa sobre a eficiência da caleação como método de desinfecção do lodo testou doses de 30 %, 40 % e 50 % em relação ao peso seco do lodo, constatando uma remoção de 100 % de *salmonellas ssp* para todas as concentrações.

#### 5.4.2.3 Ovos de helmintos

Das quatro amostras brutas coletadas, somente a primeira teve a presença de ovos de helmintos. Foram encontrados os seguintes valores médios de ovos de helmintos em ovos/g.ST: 0,14, 0,04, 0,00, 0,00 e 0,00 para os lodos bruto, testemunha e o higienizado a 30%, 50% e 100%, sequencialmente. A figura 5.15 mostra, então, o comportamento dos ovos de helmintos. A análise de variância verificou a não existência de diferenças significativas, pelo teste F, entre os valores encontrados.

Figura 5.15: comportamento de ovos de helmintos nos lodos e nos biossólidos.



### 5.4.3 Metais pesados

Segundo Tsutiya (2001), a composição do lodo de esgoto, em termos de metais, varia com o nível socioeconômico e cultural da população, o grau da industrialização da região e o percentual que os esgotos industriais representam do total de esgotos gerados e tratados. Para regulamentar, então, o nível dos metais adotaram-se normas regulamentadoras que fixam-nos (EPA, 1993; CONAMA, 2006). No presente trabalho foram determinadas as concentrações dos metais no lodo em estudo de acordo com as recomendações do CONAMA 375/2006. A seguir, do itens 5.4.3.1 ao 5.4.3.11 apresentam-se os resultados para os diversos metais analisados.

#### 5.4.3.1 Bário

Quanto ao bário, de acordo com a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo no lodo, disposto no solo, é de 1.300 mg/kg. Os resultados médios das análises do lodo em estudo para este elemento foram de 468,25 mg/kg para o lodo bruto e 160,73 mg/kg para o lodo testemunha. Para os lodos higienizados com 30%, 50% e 100% de cinzas obtiveram-se, respectivamente, as concentrações de 195,80 mg/kg, 217,25 mg/kg e 167,50 mg/kg (tabela 5.16). Os valores de bário foram submetidos à análise de variância, comprovando-se a

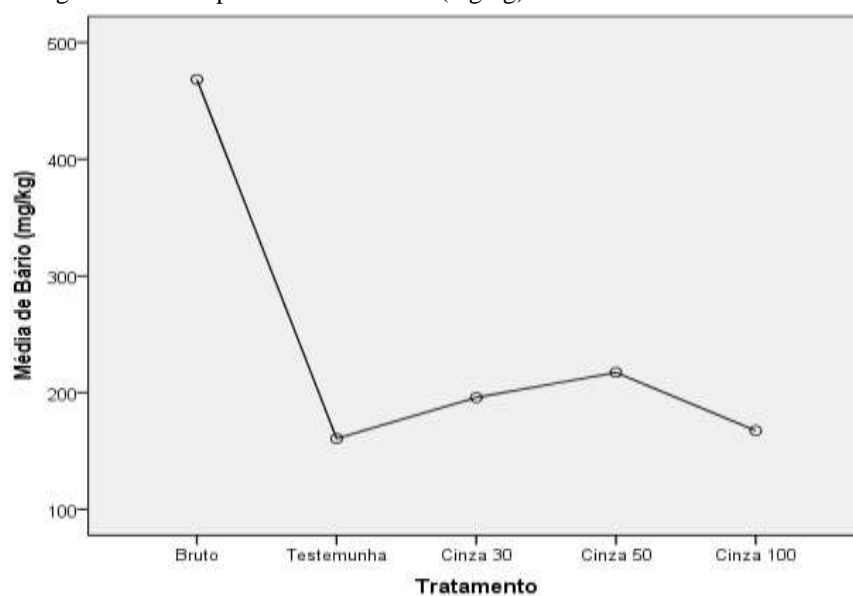
existência de diferença significativa, pelo teste F, entre o lodo bruto (grupo 2), o testemunha e os lodos higienizados a 100% (grupo 1), como se observa na tabela a seguir.

Tabela 5.16 – Concentrações de bário (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Testemunha	160,73 ± 104,1	-
Cinza 100	167,50 ± 22,5	-
Cinza 30	195,80 ± 38,5	195,80 ± 38,5
Cinza 50	217,25 ± 20,4	217,25 ± 20,4
Bruto	-	468,25 ± 40,4

Com base nos dados da tabela 5.16 esboçou-se a figura 5.16, mostrando o comportamento do bário nos lodos estudados.

Figura 5.16: comportamento do bário (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Países da União Europeia e da Austrália não fazem referência ao bário nas suas normativas. Estudos realizados no Brasil, que consistiram em caracterizar parâmetros químicos de três lotes de lodos de esgotos das estações de tratamento de esgoto Franca, Barueri e Jundiaí, localizadas em São Paulo, e de Curitiba e Paranavaí, localizadas no estado do Paraná, não monitoraram o bário.

### 5.4.3.2 Cádmio

Para a resolução CONAMA 375/2006, o nível de cádmio no lodo de esgoto para disposição no solo agrícola é de 39 mg/kg (CONAMA, 2006).

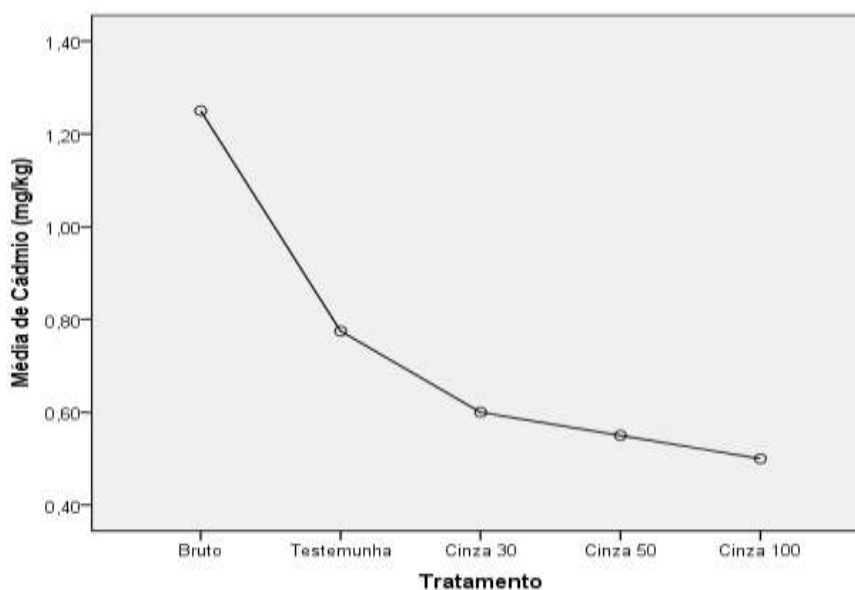
Os resultados médios das análises do lodo em estudo para esse elemento foram de 1,25 mg/kg para o lodo bruto, 0,78 mg/kg para o testemunha e 0,60 mg/kg, 0,55 mg/kg e 0,50 mg/kg, respectivamente, para os lodos higienizados com 30%, 50% e 100% de cinzas (tabela 5.17). Na análise de variância verificou-se a existência de diferenças significativas, pelo teste F, entre o lodo bruto (grupo 2) e os lodos higienizados nas várias proporções (grupo 1).

Tabela 5.17 – Concentrações de cádmio (mg/kg) e DP nos distintos lodos e biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 100	0,50	-
Cinza 50	0,55 ± 0,03	-
Cinza 30	0,60 ± 0,04	-
Testemunha	0,78 ± 0,18	0,78 ± 0,18
Bruto	-	1,25 ± 0,13

A figura 5.17 apresenta o comportamento do cádmio nos lodos bruto, testemunha e nos higienizados com os três percentuais de cinzas considerados.

Figura 5.17: comportamento do cádmio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Os resultados obtidos revelam que o teor de cádmio é inferior ao valor limite regulamentado pela Resolução CONAMA 375/2006.

Comparados a outros estudos, os valores registrados nessa pesquisa são inferiores aos encontrados por Fernandes et al. (2005) na ETE Franca, com 2,05 mg/kg, na ETE Curitiba, com 3,0 mg/kg, na ETE Jundiaí, com 9,2 mg/kg, e na ETE Barueri, com 9,2 mg/kg.

### 5.4.3.3 Chumbo

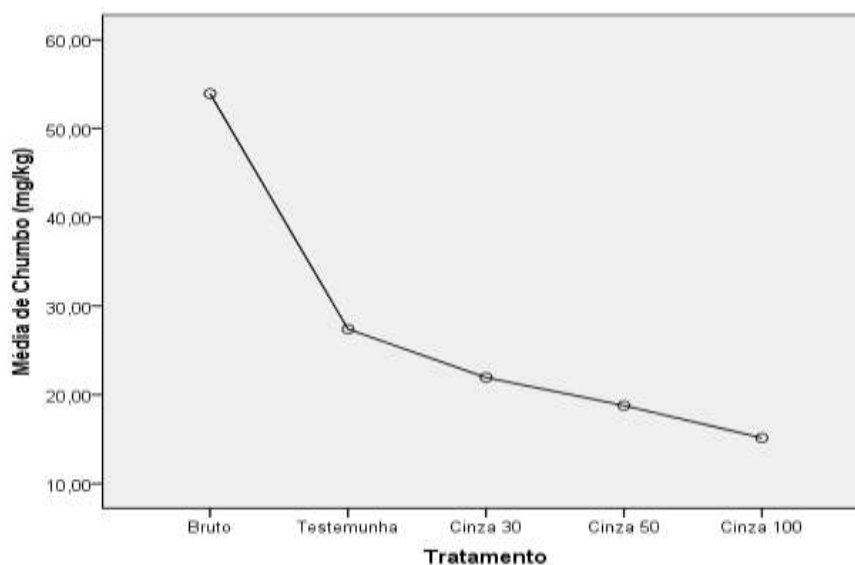
Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA375/2006, o teor máximo de chumbo presente no lodo é de 300 mg/kg. Os valores encontrados foram submetidos à análise de variância, constatando-se uma diferença significativa pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 2) e os demais bioossólidos (grupo 1), como se observa na tabela 5.18.

Tabela 5.18 – Concentrações de chumbo (mg/kg) e DP nos lodos e bioossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 100	15,15 ± 1,15	-
Cinza 50	18,80 ± 0,97	-
Cinza 30	21,95 ± 1,02	-
Testemunha	27,40 ± 11,89	27,40 ± 11,89
Bruto	-	53,93 ± 3,24

A figura 5.18 representa as concentrações de chumbo nos lodos bruto e testemunha, bem como nos bioossólidos.

Figura 5.18: comportamento do chumbo (mg/kg) nos lodos e nos bioossólidos.



As concentrações de chumbo são baixas, se comparadas aos resultados de pesquisas desenvolvidas em outras ETE, como, por exemplo, na ETE Lavapés (São José dos Campos/SP), com 98,7 mg/kg (OLIVEIRA, 2008), na ETE Barueri (grande São Paulo), com 181,83 mg/kg (DAMASCENO & CAMPOS, 1998), na ETE Pavuna (Rio de Janeiro), com 126 mg/kg (RAMOS et al., 2007) e na ETE Belém (Curitiba/PR), com 123 mg/kg (TSUTIYA, 2001).

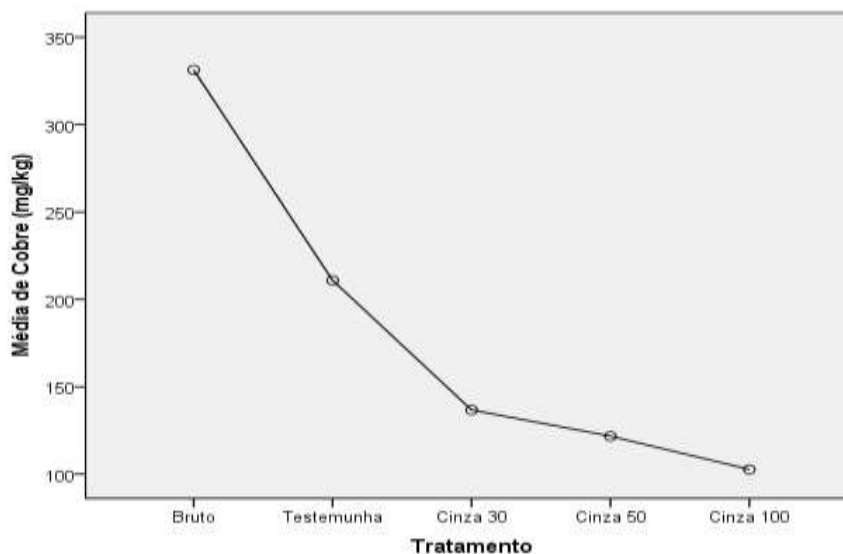
#### 5.4.3.4 Cobre

Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de cobre recomendado é de 1.500 mg/kg. Os valores encontrados foram submetidos à análise de variância, verificando-se uma diferença significativa entre o lodo bruto (grupo 2) e os lodos higienizados (biossólidos) em todas as proporções (grupo 1), conforme a tabela 5.19. A figura 5.19 ilustra a dinâmica da concentração do cobre.

Tabela 5.19 – Concentrações de cobre (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 100	102,75 ± 14,25	-
Cinza 50	121,75 ± 9,36	-
Cinza 30	136,75 ± 10,90	-
Testemunha	210,87 ± 92,22	210,87 ± 92,22
Bruto	-	331,25 ± 16,57

Figura 5.19: comportamento do cobre (mg/kg) no lodo e nos biossólidos.



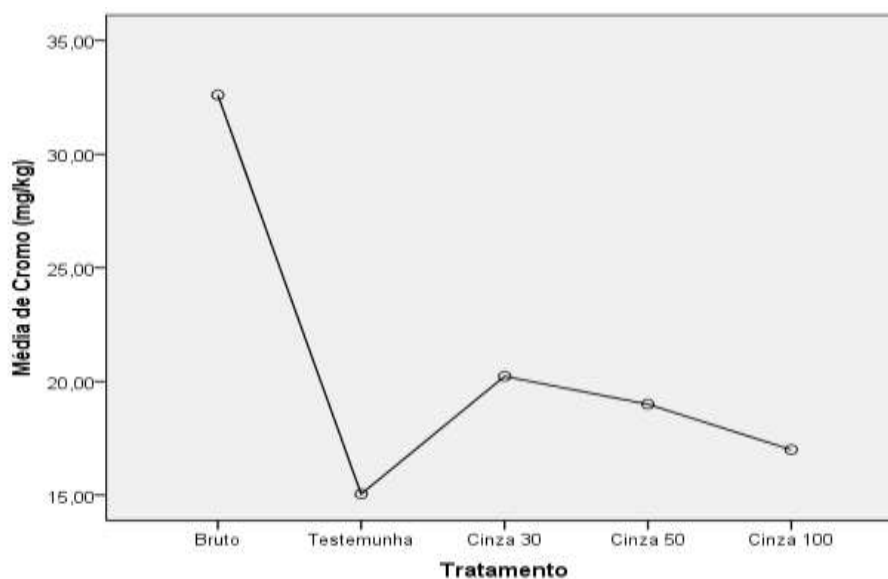
### 5.4.3.5 Cromo

Quanto ao cromo, de acordo com a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo recomendado é de 1.000 mg/kg. Os seus valores foram submetidos à análise de variância e verificou-se a existência de uma diferença significativa, pelo teste F, entre o lodo testemunha (grupo 1) e o lodo bruto (grupo 2), conforme a tabela 5.20. A figura 5.20, a seguir, representa as concentrações de cromo nos lodos e nos biossólidos.

Tabela 5.20 – Concentrações de cromo em (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Testemunha	15,05 ± 6,42	-
Cinza 100	17,00 ± 1,50	17,00 ± 1,50
Cinza 50	19,00 ± 2,04	19,00 ± 2,04
Cinza 30	20,23 ± 0,74	20,23 ± 0,74
Bruto	-	32,60 ± 1,80

Figura 5.20: comportamento do cromo (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



A figura 5.20 indica que não há uma regularidade no comportamento das concentrações de cromo nos biossólidos com as concentrações de cinzas adotadas na higienização dos lodos da ETE Serraria. A concentração de cromo no lodo bruto da ETE Serraria é inferior às registradas para a ETE Lavapés (São José dos Campos/SP), com 132 mg/kg (OLIVEIRA, 2008), e para a ETE Barueri (Grande São Paulo), com 1.064,93 mg/kg (DAMASCENO e CAMPOS, 1998). Porém, a concentração de 32,60 mg de cromo no lodo

bruto da ETE Serraria é compatível aos 26 mg/kg registrados por Ramos et al. (2007) para a ETE Pavuna (Rio de Janeiro).

#### 5.4.3.6 Mercúrio

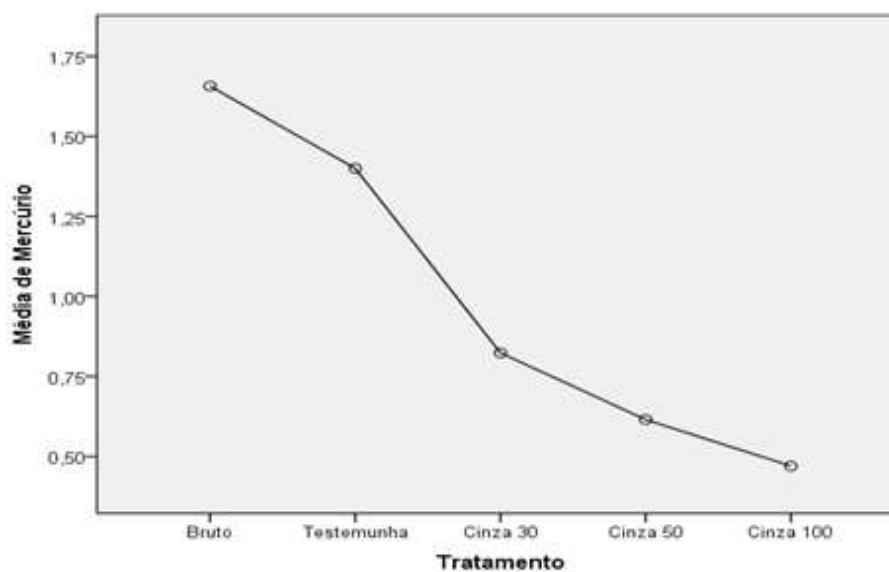
Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de mercúrio recomendado é de 17 mg/kg.

Os valores encontrados desse metal foram submetidos à análise de variância, na qual verificou-se a existência de diferenças significativas entre os lodos bruto (grupo 3) e os higienizados a 50% e 100% de cinzas (grupo 1), conforme a tabela 5.21, a partir da qual construiu-se a figura 5.21, que ilustra a dinâmica do mercúrio.

Tabela 5.21 – Concentrações de mercúrio (mg/kg) e DP nos biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cinza 100	0,47 ± 0,01	-	-
Cinza 50	0,62 ± 0,35	-	-
Cinza 30	0,82 ± 0,22	0,82 ± 0,22	-
Testemunha	-	1,40 ± 0,25	1,40 ± 0,25
Bruto	-	-	1,66 ± 0,37

Figura 5.21: concentrações de mercúrio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Na figura acima nota-se que, na medida em que se aumenta a concentração de cinzas nos biossólidos, ocorre a redução das concentrações do mercúrio. Essas concentrações no



lodo bruto da ETE Serraria (1,66 mg/kg) são similares às da ETE Franca/SP, onde variaram entre 0,14 e 4,0 mg/kg, bem como compatíveis com as mínimas concentrações registradas na ETE Barueri, entre 1,6 e 6,8 mg/kg (FERNANDES e SILVA, 1999). Na ETE Belém (Curitiba/PR), Tsutiya (2001) registrou 1,0 mg/kg, e na ETE Jundiaí/SP não foi identificada a presença de mercúrio.

Pesquisas realizadas em fazendas no Nordeste da Europa revelaram que as concentrações nos tecidos das plantas estavam na faixa de 0,02 a 0,08 mg/kg, de matéria seca. Mesmo em campos em que foi executada a aplicação de lodos de esgotos por um longo período, na quantidade de 4 kg/ha de mercúrio as folhas de milho não apresentaram concentrações maiores que 0,07 mg/kg de matéria seca (MCBRIDE, 1998; PAGANINI, 2004). Em geral, as concentrações desse metal encontradas nos esgotos, principalmente nos domésticos, não são causadoras de efeitos danosos ou cumulativos nas plantas, embora haja raras possibilidades de entrarem na cadeia alimentar (PAGANINI, 2004).

#### 5.4.3.7 Molibdênio

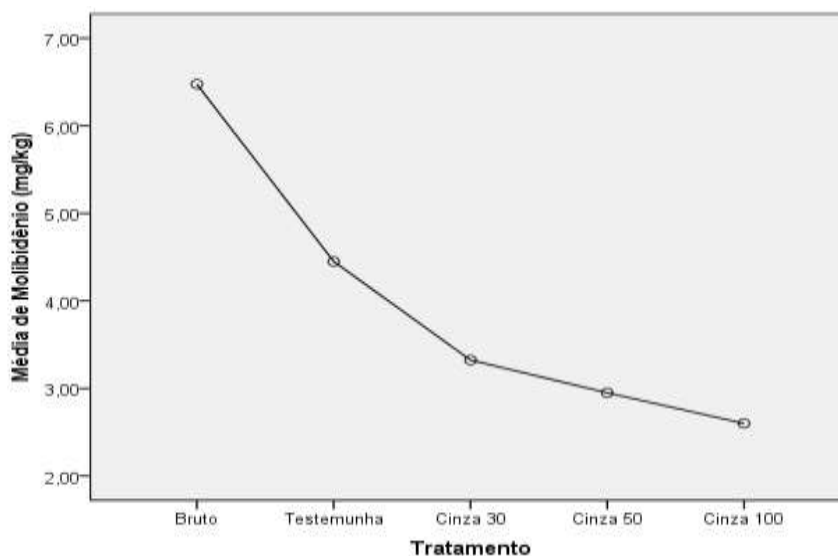
Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de molibdênio recomendado é de 50 mg/kg. Os valores encontrados para esse metal foram submetidos à análise de variância, constatando-se diferença significativa pelo teste F entre o lodo bruto (grupo 2) e os demais biossólidos (grupo 1), como se observa na tabela 5.22. O acréscimo de cinzas ao lodo da ETE Serraria gera um biossólido com as mesmas concentrações de molibdênio constatadas para o lodo testemunha.

Tabela 5.22 – Concentrações de molibdênio (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 100	2,60 ± 0,10	-
Cinza 50	2,95 ± 0,42	-
Cinza 30	3,33 ± 0,23	-
Testemunha	4,45 ± 1,13	4,45 ± 1,13
Bruto	-	6,48 ± 0,29

A figura 5.22, a seguir, representa as concentrações de molibdênio nos lodos e nos biossólidos, constatando-se que na medida em que se aumenta a concentração das cinzas decresce o teor de molibdênio nos biossólidos.

Figura 5.22: comportamento do molibdênio nos lodos e nos biossólidos.



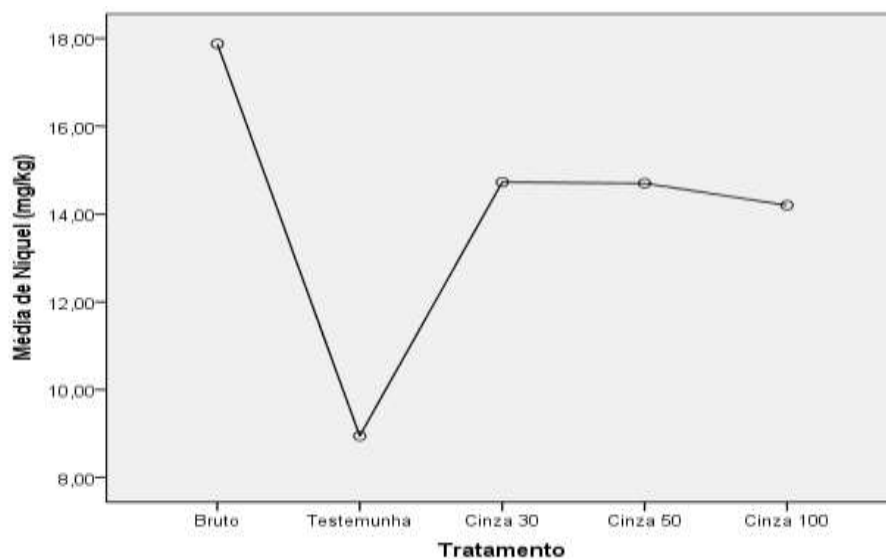
Comparando a concentração de molibdênio do lodo bruto da ETE Serraria às concentrações em outras ETE, observa-se que as da ETE Serraria (6,48 mg/L) é inferior à concentração no lodo bruto da ETE Barueri/SP, que é de 12,0 mg/kg (FERNANDES e SILVA, 1999) e similar à da ETE Franca/SP, que é de 5,5 mg/kg (FERNANDES e SILVA, 1999). Não foram identificados teores de molibdênio nas ETE Jundiaí, Paranavaí e Curitiba (BETTIOL, 2004; FERNANDES et al., 2004).

#### 5.4.3.8 Níquel

Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de níquel recomendado é de 420 mg/kg. Os valores médios desse metal encontrados no lodo em estudo foram de 17,88 mg/kg para o lodo bruto, 8,95 mg/kg para o testemunha e 14,73 mg/kg, 14,70 mg/kg e 14,20 mg/kg, respectivamente, para o lodo higienizado com 30%, 50 % e 100% de cinzas. Os valores foram submetidos à análise de variância, constatando-se que não há diferença significativa entre eles.

A figura 5.23 mostra o comportamento do níquel nos lodos e nos biossólidos. Diferentemente dos outros metais, em que na medida que se aumenta a concentração das cinzas no lodo diminui a concentração dos metais, para o caso do níquel não se verificou uma regularidade, visto que apresenta comportamento fora do padrão em relação às concentrações das cinzas.

Figura 5.23: comportamento do níquel (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



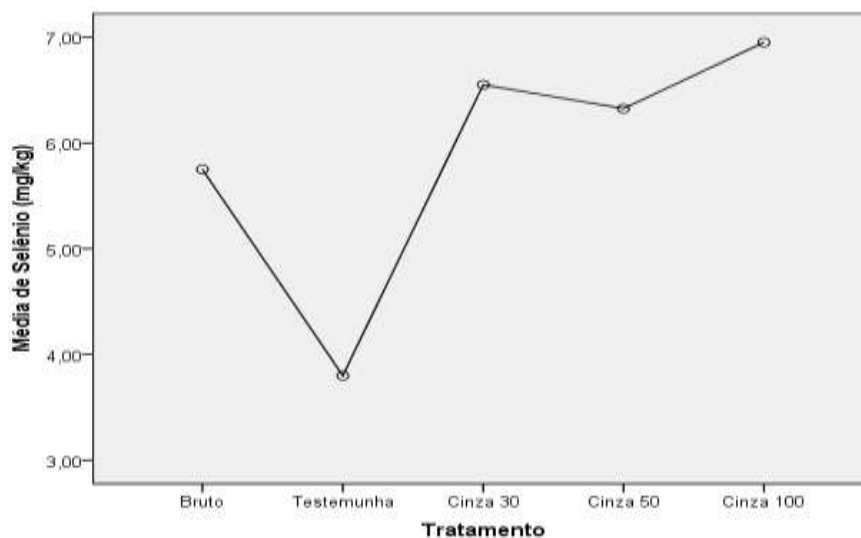
Estudos realizados para a caracterização química de três lotes dos lodos de esgotos das ETE Franca, Barueri, Jundiaí, Curitiba e Paranaíba constataram os seguintes resultados, em mg/kg: 605,8, 72,4, 73,0, 37,0 e 25,3, respectivamente (FERNANDES et al., 2005). As concentrações de níquel da presente pesquisa, relativas à ETE Serraria, foram inferiores às registradas pelo autor supracitado.

Em conformidade com Paganini et al. (2004), em experiências efetuadas com plantações de aveia, observa-se sintomas de toxidez a partir da concentração de 2,5 mg/l de níquel na solução nutriente, bem como redução no crescimento quando esta concentração alcança limites de 5,0 mg/L. A sensibilidade ao níquel também varia, consideravelmente, de planta para planta (AL-WABEL et al., 1998; MATIAZZO-PREZOTTO, 1994).

#### 5.4.3.9 Selênio

Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de selênio recomendado é de 100 mg/kg. Os valores médios encontrados para o lodo e para os biossólidos foram de 5,75 mg/kg para o lodo bruto, 3,80 mg/kg para o lodo testemunha e 6,55 mg/kg, 6,33 mg/kg e 6,95 mg/kg, respectivamente, para os lodos higienizados com 30%, 50% e 100% de cinzas, conforme observa-se na figura 5.24. A análise de variância não detectou a existência de uma diferença significativa entre os valores encontrados.

Figura 5.24: concentrações de selênio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Diferentemente de alguns metais, em que aumentando a concentração das cinzas no lodo diminuía a concentração destes, para o caso do selênio isto não foi constatado. Estudos realizados por Fernandes et al. (2005) para a caracterização química de três lotes de lodos, registraram as seguintes concentrações, em mg/kg: < 0,06 na ETE Franca e 1,4 mg/kg na ETE Barueri, não tendo sido detectado selênio nas ETE Jundiaí, Curitiba e Paranaíba.

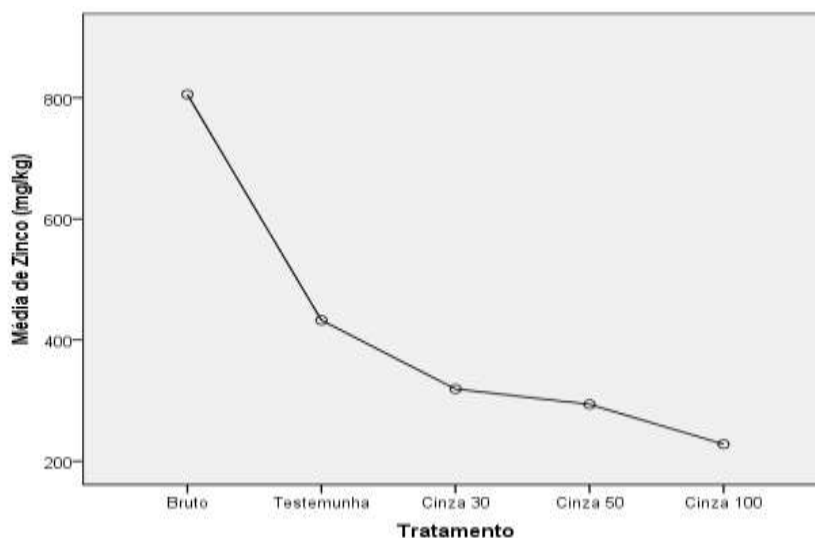
#### 5.4.3.10 Zinco

Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de zinco recomendado é de 2.800 mg/kg. As concentrações desse metal nos lodos e nos biossólidos da ETE Serraria foram submetidas à análise de variância, que indicou diferença significativa do lodo bruto (grupo 2) em relação ao lodo testemunha e aos biossólidos (grupo 1), conforme a tabela 5.23. A figura 5.25 apresenta o comportamento do zinco nos lodos e nos biossólidos da ETE Serraria.

Tabela 5.23 – Concentrações de zinco (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.

Grupos	1	2
Cinza 100	228,00 ± 8,00	-
Cinza 50	293,75 ± 21,06	-
Cinza 30	319,18 ± 12,33	-
Testemunha	432,60 ± 185,48	-
Bruto	-	805,50 ± 50,04

Figura 5.25: concentrações de zinco (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



Os valores registrados aqui são inferiores aos constatados por Fernandes et al. (2005) para a caracterização química de três lotes de lodos de esgotos das ETE Franca, Barueri, Jundiaí, Curitiba e Paranaíba, onde foram registradas as seguintes concentrações, em mg/kg: 3.372, 1.198, 728, 530 e 25.839, respectivamente.

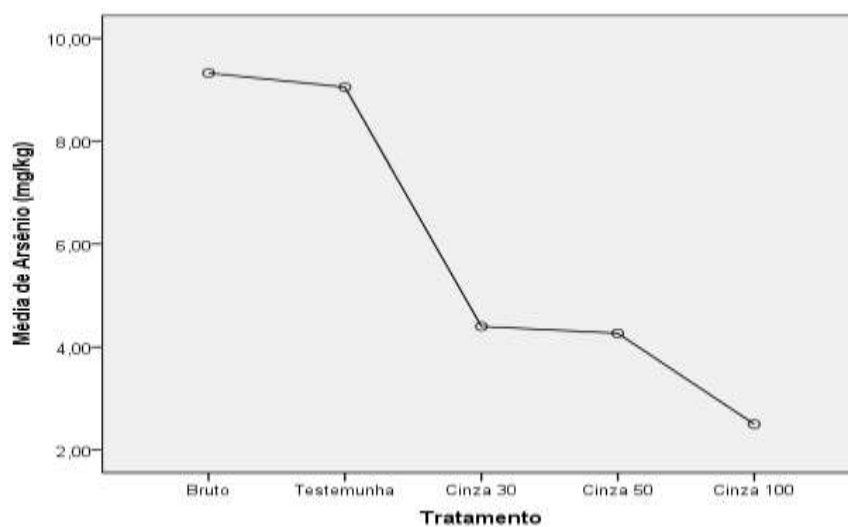
#### 5.4.3.11 Arsênio

Para a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de arsênio recomendado é de 41mg/kg. Os valores médios encontrados para o lodo e para os biossólidos foram de 9,33 mg/kg para o lodo bruto, 9,05 mg/kg para o testemunha e 4,40 mg/kg e 4,26 mg/kg, respectivamente, para os higienizados com 30% e 50% de cinzas, conforme observa-se na figura 5.24. A análise de variância detectou a existência de uma diferença significativa entre os valores dos lodos bruto e testemunha (grupo 2) com os biossólidos (grupo 1).

Tabela 5.24 – Concentrações de arsênio (mg/kg) e DP nos lodos e nos biossólidos.

<b>Grupos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Cinza 50	4,26 ± 0,95	-
Cinza 30	4,40 ± 0,91	-
Testemunha	-	9,05 ± 0,15
Bruto	-	9,33 ± 0,09

Figura 5.26: concentrações de arsênio (mg/kg) nos lodos e nos biossólidos.



#### 5.4.4 Determinação das médias ponderadas de metais nas mesclas de cinzas com o lodo anaeróbio da ETE Serraria

Tendo-se verificado um comportamento anômalo em relação aos resultados experimentais nas concentrações dos metais pesados entre o lodo bruto e os higienizados nas várias proporções, determina-se as médias ponderadas de metais nas mesclas de cinzas com o lodo anaeróbio da ETE Serraria, conforme apresentado na tabela 5.25.

Tabela 5.25 – Concentrações das médias ponderadas de metais no lodo anaeróbio bruto seco (BS), nas cinzas e nas mesclas (mg/kg).

	Metal	BS	Cinzas	A1-30	A1-50	A1-100
<b>Amostras Coleta 1</b>	Arsênio	9,10	2,00	7,46	6,73	5,55
	Cádmio	1,20	0,52	1,04	0,97	0,86
	Chumbo	56,20	7,50	44,96	39,97	31,85
	Cobre	353,00	22,50	276,73	242,83	187,75
	Cromo	34,30	22,50	31,58	30,37	28,40
	Mercúrio	2,08	0,03	1,61	1,40	1,06
	Molibdênio	6,50	5,15	6,19	6,05	5,83
	Níquel	18,90	38,20	23,35	25,33	28,55
	Selênio	6,80	3,33	6,00	5,64	5,07
	Zinco	843,00	67,75	664,10	584,58	455,38

Tabela 5.25 – Concentrações das médias ponderadas de metais no lodo anaeróbico bruto seco (BS), nas cinzas e nas mesclas (mg/kg) (continuação).

<b>Amostras Coleta 2</b>	Arsênio	9,30	2,00	7,62	6,87	5,65
	Cádmio	1,50	0,52	1,27	1,17	1,01
	Chumbo	59,00	7,50	47,12	41,83	33,25
	Cobre	361,00	22,50	282,88	248,17	191,75
	Cromo	36,50	22,50	33,27	31,83	29,50
	Mercúrio	1,42	0,03	1,10	0,96	0,72
	Molibdênio	7,10	5,15	6,65	6,45	6,13
	Níquel	19,80	38,20	24,05	25,93	29,00
	Selênio	7,00	3,33	6,15	5,78	5,17
	Zinco	865,00	67,75	681,02	599,25	466,38
<b>Amostras Coleta 3</b>	Arsênio	0,40	2,00	0,77	0,93	1,20
	Cádmio	0,90	0,52	0,81	0,77	0,71
	Chumbo	44,40	7,50	35,88	32,10	25,95
	Cobre	288,00	22,50	226,73	199,50	155,25
	Cromo	28,20	22,50	26,88	26,30	25,35
	Mercúrio	ND	0,03	ND	ND	ND
	Molibdênio	5,70	5,15	5,57	5,52	5,43
	Níquel	14,90	38,20	20,28	22,67	26,55
	Selênio	5,10	3,33	4,69	4,51	4,22
	Zinco	656,00	67,75	520,25	459,92	361,88
<b>Amostras Coleta 4</b>	Arsênio	9,50	2,00	7,77	7,00	5,75
	Cádmio	1,40	0,52	1,20	1,11	0,96
	Chumbo	56,10	7,50	44,88	39,90	31,80
	Cobre	323,00	22,50	253,65	222,83	172,75
	Cromo	31,40	22,50	29,35	28,43	26,95
	Mercúrio	1,48	0,03	1,15	1,00	0,76
	Molibdênio	6,60	5,15	6,27	6,12	5,88
	Níquel	17,90	38,20	22,58	24,67	28,05
	Selênio	4,10	3,33	3,92	3,84	3,72
	Zinco	858,00	67,75	675,63	594,58	462,88

Analisando a tabela 5.25, verifica-se que a concentração dos metais no lodo bruto é maior que as concentrações destes nas cinzas, exceto para o níquel. Há semelhança entre os valores das concentrações dos metais determinados experimentalmente. Nota-se, também, na determinação das médias ponderadas, a diminuição das concentrações dos metais na medida em que aumenta o teor das cinzas. Supõe-se que este cenário possa estar relacionado às concentrações reduzidas dos metais nas cinzas, em comparação às dos metais no lodo bruto.

## 5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após verificar-se a independência dos erros, da normalidade e da homocedasticidade, os resultados dos parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância (ANOVA).

### 5.5.1 Teste ANOVA

Com a finalidade de verificar a existência ou a similaridade dos resultados, os testes estatísticos de ANOVA foram realizados com o uso do *software* SPSS, versão 18. As diferenças entre as médias foram determinadas utilizando o teste de Tukey-Krame. Todas as conclusões foram baseadas em um nível de significância de  $\alpha=0,05$ . Segundo Mucelin (2006), a ANOVA é um teste estatístico que tem como propósito verificar se existe uma diferença significativa entre as médias dos tratamentos, avaliando se esses fatores exercem influência em alguma variável dependente. As tabelas 5.26, 5.27 e 5.28 representam os dados da ANOVA para os parâmetros de potencial agrônômico, de agente patogênico e de metais pesados, respectivamente.



Tabela 5.26 – Dados de ANOVA para parâmetros de potencial agrônômico.

		Tamanho amostral	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança para a média		Mínimo	Máximo
Sólidos (%)	Bruto	4	18,98	0,42	0,21	18,31	19,64	18,40	19,35
	Testemunha	4	88,03	1,47	0,74	85,69	90,37	86,60	90,06
	Cinza 30	4	90,99	0,44	0,22	90,28	91,69	90,58	91,57
	Cinza 50	4	91,76	1,06	0,53	90,07	93,44	90,82	93,26
	Cinza 100	2	92,19	0,91	0,64	83,99	100,38	91,54	92,83
	Total	18	74,63	30,66	7,23	59,39	89,88	18,40	93,26
Sólidos voláteis (%)	Bruto	4	11,32	0,31	0,16	10,82	11,81	10,90	11,64
	Testemunha	4	44,96	9,77	4,88	29,41	60,51	30,34	50,77
	Cinza 30	4	34,97	1,97	0,99	31,83	38,11	32,19	36,74
	Cinza 50	4	33,16	2,45	1,23	29,26	37,07	30,93	36,10
	Cinza 100	2	35,97	15,97	11,30	-107,55	179,48	24,67	47,26
	Total	18	31,64	13,34	3,14	25,01	38,27	10,90	50,77
Umidade (%)	Bruto	4	81,00	0,43	0,22	80,31	81,69	80,60	81,60
	Testemunha	4	10,95	0,86	0,43	9,58	12,32	9,90	12,00
	Cinza 30	4	9,00	0,45	0,23	8,28	9,72	8,40	9,40
	Cinza 50	4	8,23	1,08	0,54	6,50	9,95	6,70	9,20
	Cinza 100	2	7,85	0,92	0,65	-0,41	16,11	7,20	8,50
	Total	18	25,13	30,75	7,25	9,84	40,43	6,70	81,60
pH 1:10 em água	Bruto	4	6,60	0,70	0,35	5,49	7,71	5,60	7,20
	Testemunha	4	5,48	0,54	0,27	4,61	6,34	4,90	6,20
	Cinza 30	4	7,88	0,35	0,18	7,32	8,43	7,50	8,30
	Cinza 50	4	7,85	0,53	0,26	7,01	8,69	7,10	8,30
	Cinza 100	2	8,40	0,14	0,10	7,13	9,67	8,30	8,50
	Total	18	7,11	1,17	0,28	6,53	7,69	4,90	8,50

Tabela 5.26 – Dados de ANOVA para parâmetros de potencial agrônômico (continuação).

Sólidos (%)	Bruto	4	18,98	0,42	0,21	18,31	19,64	18,40	19,35
	Testemunha	4	88,03	1,47	0,74	85,69	90,37	86,60	90,06
	Cinza 30	4	90,99	0,44	0,22	90,28	91,69	90,58	91,57
	Cinza 50	4	91,76	1,06	0,53	90,07	93,44	90,82	93,26
	Cinza 100	2	92,19	0,91	0,64	83,99	100,38	91,54	92,83
	Total	18	74,63	30,66	7,23	59,39	89,88	18,40	93,26
Sólidos voláteis (%)	Bruto	4	11,32	0,31	0,16	10,82	11,81	10,90	11,64
	Testemunha	4	44,96	9,77	4,88	29,41	60,51	30,34	50,77
	Cinza 30	4	34,97	1,97	0,99	31,83	38,11	32,19	36,74
	Cinza 50	4	33,16	2,45	1,23	29,26	37,07	30,93	36,10
	Cinza 100	2	35,97	15,97	11,30	-107,55	179,48	24,67	47,26
	Total	18	31,64	13,34	3,14	25,01	38,27	10,90	50,77
Umidade (%)	Bruto	4	81,00	0,43	0,22	80,31	81,69	80,60	81,60
	Testemunha	4	10,95	0,86	0,43	9,58	12,32	9,90	12,00
	Cinza 30	4	9,00	0,45	0,23	8,28	9,72	8,40	9,40
	Cinza 50	4	8,23	1,08	0,54	6,50	9,95	6,70	9,20
	Cinza 100	2	7,85	0,92	0,65	-0,41	16,11	7,20	8,50
	Total	18	25,13	30,75	7,25	9,84	40,43	6,70	81,60
pH 1:10 em água	Bruto	4	6,60	0,70	0,35	5,49	7,71	5,60	7,20
	Testemunha	4	5,48	0,54	0,27	4,61	6,34	4,90	6,20
	Cinza 30	4	7,88	0,35	0,18	7,32	8,43	7,50	8,30
	Cinza 50	4	7,85	0,53	0,26	7,01	8,69	7,10	8,30
	Cinza 100	2	8,40	0,14	0,10	7,13	9,67	8,30	8,50
	Total	18	7,11	1,17	0,28	6,53	7,69	4,90	8,50
Carbono Orgânico Total (%)	Bruto	4	1,80	0,08	0,04	1,67	1,93	1,70	1,90
	Testemunha	4	3,10	0,90	0,45	1,67	4,53	1,90	4,00
	Cinza 30	4	2,73	0,67	0,34	1,66	3,79	1,80	3,40
	Cinza 50	4	2,55	0,75	0,38	1,35	3,75	1,70	3,50
	Cinza 100	2	4,35	0,07	0,05	3,71	4,99	4,30	4,40
	Total	18	2,74	0,94	0,22	2,28	3,21	1,70	4,40

Tabela 5.26 – Dados de ANOVA para parâmetros de potencial agronômico (continuação).

Carbono Orgânico total (mg/kg)	Bruto	4	18048,00	731,89	365,95	16883,40	19212,60	17457,00	19091,00
	Testemunha	4	30894,00	8940,66	4470,33	16667,42	45120,58	18640,00	39558,00
	Cinza 30	4	27309,00	6458,63	3229,31	17031,88	37586,12	18464,00	33960,00
	Cinza 50	4	25380,50	7520,84	3760,42	13413,17	37347,83	16842,00	34760,00
	Cinza 100	2	43666,00	868,33	614,00	35864,39	51467,61	43052,00	44280,00
	Total	18	27436,56	9334,18	2200,09	22794,78	32078,33	16842,00	44280,00
Enxofre (mg/kg)	Bruto	4	18096,00	2419,55	1209,78	14245,95	21946,05	14500,00	19527,00
	Testemunha	4	16409,50	2801,18	1400,59	11952,20	20866,80	13504,00	20045,00
	Cinza 30	4	15596,00	2756,15	1378,08	11210,34	19981,66	12660,00	19077,00
	Cinza 50	4	15532,50	2214,80	1107,40	12008,25	19056,75	12665,00	18044,00
	Cinza 100	2	15438,00	292,74	207,00	12807,82	18068,18	15231,00	15645,00
	Total	18	16300,67	2394,46	564,38	15109,93	17491,41	12660,00	20045,00
Fósforo Total (mg/kg)	Bruto	4	9950,75	1370,92	685,46	7769,32	12132,18	8845,00	11724,00
	Testemunha	3	4316,00	6082,50	3511,73	-10793,76	19425,76	510,00	11331,00
	Cinza 30	4	4604,25	2811,19	1405,60	131,01	9077,49	475,00	6507,00
	Cinza 50	4	4090,45	3114,67	1557,34	-865,69	9046,59	52,80	7648,00
	Cinza 100	2	4303,00	872,57	617,00	-3536,73	12142,73	3686,00	4920,00
	Total	17	5655,05	3793,59	920,08	3704,56	7605,53	52,80	11724,00
Magnésio (mg/kg)	Bruto	4	3587,50	1158,78	579,39	1743,63	5431,37	2783,00	5300,00
	Testemunha	4	2133,03	2269,09	1134,55	-1477,60	5743,66	44,11	4857,00
	Cinza 30	4	9342,50	6158,22	3079,11	-456,60	19141,60	500,00	14469,00
	Cinza 50	3	12933,33	719,70	415,52	11145,49	14721,18	12256,00	13689,00
	Cinza 100	2	15714,50	4302,74	3042,50	-22944,13	54373,13	12672,00	18757,00
	Total	17	7675,36	5946,74	1442,30	4617,83	10732,89	44,11	18757,00

Tabela 5.26 – Dados de ANOVA para parâmetros de potencial agrônômico (continuação).

Nitrogênio amoniacoal (mg/kg)	Bruto	4	1322,25	2135,33	1067,67	-2075,54	4720,04	222,00	4525,00
	Testemunha	4	1174,00	231,41	115,70	805,78	1542,22	988,00	1496,00
	Cinza 30	4	887,50	164,89	82,45	625,12	1149,88	652,00	1016,00
	Cinza 50	4	1195,25	237,24	118,62	817,75	1572,75	964,00	1500,00
	Cinza 100	2	921,00	128,69	91,00	-235,26	2077,26	830,00	1012,00
	Total	18	1119,89	926,72	218,43	659,04	1580,74	222,00	4525,00
Nitrogênio Total de Kjeldahl (mg/kg)	Bruto	4	8763,00	1674,79	837,40	6098,03	11427,97	6334,00	10061,00
	Testemunha	4	5845,50	1206,87	603,44	3925,10	7765,90	4153,00	6763,00
	Cinza 30	4	5129,25	1243,97	621,98	3149,82	7108,68	4304,00	6982,00
	Cinza 50	4	6019,50	1804,37	902,18	3148,35	8890,65	4060,00	8047,00
	Cinza 100	2	5336,00	155,56	110,00	3938,32	6733,68	5226,00	5446,00
	Total	18	6316,72	1878,06	442,66	5382,79	7250,66	4060,00	10061,00
Potássio (mg/kg)	Bruto	4	1982,75	301,79	150,90	1502,53	2462,97	1717,00	2394,00
	Testemunha	4	3135,00	1942,44	971,22	44,15	6225,85	1149,00	5807,00
	Cinza 30	4	20038,00	9205,73	4602,87	5389,62	34686,38	7458,00	29107,00
	Cinza 50	4	24288,25	8558,61	4279,30	10669,60	37906,90	11487,00	29251,00
	Cinza 100	2	33765,50	6783,28	4796,50	-27179,81	94710,81	28969,00	38562,00
	Total	18	14739,28	13110,79	3090,24	8219,44	21259,12	1149,00	38562,00
Cálcio (mg/kg)	Bruto	4	11216,75	2831,97	1415,98	6710,46	15723,04	9476,00	15423,00
	Testemunha	4	21365,25	12035,91	6017,95	2213,43	40517,07	5758,00	34630,00
	Cinza 30	4	116356,25	55534,85	27767,42	27987,91	204724,59	40428,00	170611,00
	Cinza 50	4	132100,00	41624,88	20812,44	65865,53	198334,47	69766,00	155842,00
	Cinza 100	2	175787,00	43860,42	31014,00	-218283,23	569857,23	144773,00	206801,00
	Total	18	81984,83	70265,65	16561,77	47042,55	116927,12	5758,00	206801,00

Tabela 5.26 – Dados de ANOVA para parâmetros de potencial agrônômico (continuação).

Sódio (mg/kg)	Bruto	1	86,00	.	.	.	.	86,00	86,00
	Testemunha	4	769,75	525,06	262,53	-65,73	1605,23	306,00	1488,00
	Cinza 30	4	5228,50	2462,80	1231,40	1309,63	9147,37	2265,00	8134,00
	Cinza 50	4	6632,75	2197,36	1098,68	3136,26	10129,24	3386,00	8171,00
	Cinza 100	2	9964,50	2165,87	1531,50	-9495,05	29424,05	8433,00	11496,00
	Total	15	4702,60	3710,65	958,09	2647,71	6757,49	86,00	11496,00

Tabela 5.27 – Dados de ANOVA para parâmetros de agentes patogênicos.

		Tamanho amostral	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança para a média		Mínimo	Máximo
Coliformes termotolerantes NMP	Bruto	4	381277,50	689331,89	344665,94	-715603,36	1478158,36	3500,00	1413610,00
	Testemunha	4	1464,25	2145,47	1072,74	-1949,68	4878,18	40,00	4600,00
	Cinza 30	4	28,63	54,26	27,13	-57,71	114,96	0,30	110,00
	Cinza 50	4	0,68	0,75	0,38	-0,52	1,87	0,30	1,80
	Cinza 100	2	0,30	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,30
	Total	18	85060,27	332266,14	78315,88	-80171,80	250292,33	0,30	1413610,00
Coliformes totais NMP	Bruto	4	523730,00	725726,72	362863,36	-631063,16	1678523,16	11000,00	1600000,00
	Testemunha	4	61049,25	120606,20	60303,10	-130862,13	252960,63	40,00	241957,00
	Cinza 30	4	214,43	357,41	178,70	-354,29	783,14	0,30	745,00
	Cinza 50	4	817,53	1632,98	816,49	-1780,92	3415,97	0,30	3267,00
	Cinza 100	2	0,30	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,30
	Total	18	130180,30	378131,84	89126,53	-57860,24	318220,84	0,30	1600000,00

Tabela 5.27 – Dados de ANOVA para parâmetros de agentes patogênicos (continuação).

Ovos viáveis de helmintos ovos/g ST	Bruto	4	0,14	0,28	0,14	-0,31	0,59	0,00	0,56
	Testemunha	4	0,04	0,07	0,04	-0,08	0,15	0,00	0,14
	Cinza 30	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cinza 50	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cinza 100	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	18	0,04	0,13	0,03	-0,03	0,11	0,00	0,56
<i>Salmonella sp</i> NMP/g ST	Bruto	4	61,00	35,19	17,59	5,01	116,99	32,00	107,00
	Testemunha	4	0,15	0,17	0,09	-0,13	0,43	0,00	0,30
	Cinza 30	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cinza 50	4	0,08	0,15	0,08	-0,16	0,31	0,00	0,30
	Cinza 100	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	18	13,61	29,97	7,06	-1,30	28,51	0,00	107,00

Tabela 5.28 – Dados de ANOVA para metais pesados.

		Tamanho amostral	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança para a média		Mínimo	Máximo
Arsénio (mg/kg)	Bruto	4	9,33	0,17	0,09	9,05	9,60	9,10	9,50
	Testemunha	2	9,05	0,21	0,15	7,14	10,96	8,90	9,20
	Cinza 30	3	4,40	1,65	0,95	0,30	8,50	2,50	5,50
	Cinza 50	3	4,27	1,57	0,91	0,37	8,17	2,50	5,50
	Cinza 100	1	2,50	-	-	-	-	2,50	2,50
	Total	13	5,58	3,24	0,90	3,62	7,54	2,50	9,50

Tabela 5.28 – Dados de ANOVA para metais pesados (continuação).

Bário (mg/kg)	Bruto	4	468,25	80,76	40,38	339,74	596,76	370,00	543,00
	Testemunha	4	160,73	208,16	104,08	-170,50	491,95	2,50	466,00
	Cinza 30	4	195,80	77,10	38,55	73,11	318,49	80,20	236,00
	Cinza 50	4	217,25	40,80	20,40	152,34	282,16	182,00	275,00
	Cinza 100	2	167,50	31,82	22,50	-118,39	453,39	145,00	190,00
	Total	18	221,47	180,86	42,63	131,53	311,41	2,50	543,00
Cádmio (mg/kg)	Bruto	4	1,25	0,26	0,13	0,83	1,67	0,90	1,50
	Testemunha	4	0,78	0,34	0,17	0,23	1,32	0,50	1,20
	Cinza 30	4	0,60	0,08	0,04	0,47	0,73	0,50	0,70
	Cinza 50	4	0,55	0,06	0,03	0,46	0,64	0,50	0,60
	Cinza 100	2	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
	Total	18	0,71	0,33	0,08	0,54	0,87	0,50	1,50
Chumbo (mg/kg)	Bruto	4	53,93	6,49	3,25	43,60	64,25	44,40	59,00
	Testemunha	4	27,40	23,78	11,89	-10,44	65,24	4,30	48,90
	Cinza 30	4	21,95	2,03	1,02	18,71	25,19	19,90	24,20
	Cinza 50	4	18,80	1,93	0,97	15,73	21,87	16,50	21,20
	Cinza 100	2	15,15	1,63	1,15	0,54	29,76	14,00	16,30
	Total	18	24,28	19,69	4,64	14,49	34,08	2,50	59,00
Cobre (mg/kg)	Bruto	4	331,25	33,15	16,57	278,50	384,00	288,00	361,00
	Testemunha	3	210,87	159,73	92,22	-185,93	607,67	26,60	310,00
	Cinza 30	4	136,75	21,79	10,90	102,07	171,43	115,00	167,00
	Cinza 50	4	121,75	18,71	9,36	91,97	151,53	103,00	147,00
	Cinza 100	2	102,75	20,15	14,25	-78,31	283,81	88,50	117,00
	Total	17	157,39	123,92	30,06	93,68	221,11	2,50	361,00

Tabela 5.28 – Dados de ANOVA para metais pesados (continuação).

Cromo (mg/kg)	Bruto	4	32,60	3,60	1,80	26,87	38,33	28,20	36,50
	Testemunha	4	15,05	12,82	6,41	-5,35	35,45	3,80	26,60
	Cinza 30	4	20,23	1,49	0,74	17,86	22,59	18,90	22,00
	Cinza 50	4	19,00	4,08	2,04	12,51	25,49	15,40	24,70
	Cinza 100	2	17,00	2,12	1,50	-2,06	36,06	15,50	18,50
	Total	18	18,07	11,29	2,66	12,45	23,68	2,50	36,50
Mercúrio (mg/kg)	Bruto	3	1,66	0,37	0,21	0,74	2,57	1,41	2,08
	Testemunha	4	1,40	0,25	0,13	0,99	1,81	1,04	1,63
	Cinza 30	3	0,82	0,22	0,13	0,28	1,37	0,65	1,07
	Cinza 50	4	0,62	0,35	0,18	0,05	1,18	0,15	0,99
	Cinza 100	2	0,47	0,01	0,01	0,34	0,60	0,46	0,48
	Total	16	1,03	0,52	0,13	0,75	1,31	0,15	2,08
Molibdênio (mg/kg)	Bruto	4	6,48	0,58	0,29	5,55	7,40	5,70	7,10
	Testemunha	4	4,45	2,26	1,13	0,86	8,04	2,50	6,60
	Cinza 30	4	3,33	0,46	0,23	2,59	4,06	2,90	3,90
	Cinza 50	4	2,95	0,83	0,42	1,62	4,28	2,50	4,20
	Cinza 100	2	2,60	0,14	0,10	1,33	3,87	2,50	2,70
	Total	17	3,88	1,76	0,43	2,98	4,79	2,50	7,10
Níquel (mg/kg)	Bruto	4	17,88	2,13	1,06	14,49	21,26	14,90	19,80
	Testemunha	4	8,95	7,18	3,59	-2,47	20,37	2,50	15,70
	Cinza 30	4	14,73	0,63	0,31	13,72	15,73	14,00	15,30
	Cinza 50	4	14,70	2,87	1,44	10,13	19,27	12,10	18,70
	Cinza 100	2	14,20	2,69	1,90	-9,94	38,34	12,30	16,10
	Total	18	12,09	6,41	1,51	8,90	15,27	2,50	19,80



Tabela 5.28 – Dados de ANOVA para metais pesados (continuação).

Selênio (mg/kg)	Bruto	4	5,75	1,39	0,70	3,54	7,96	4,10	7,00
	Testemunha	4	3,80	2,69	1,34	-0,48	8,08	1,50	6,90
	Cinza 30	4	6,55	1,89	0,94	3,55	9,55	3,80	8,10
	Cinza 50	4	6,33	1,77	0,89	3,50	9,15	4,20	8,50
	Cinza 100	2	6,95	1,48	1,05	-6,39	20,29	5,90	8,00
	Total	18	5,17	2,78	0,65	3,79	6,55	0,50	8,50
Zinco (mg/kg)	Bruto	4	805,50	100,09	50,04	646,24	964,76	656,00	865,00
	Testemunha	3	432,60	321,26	185,48	-365,46	1230,66	65,80	664,00
	Cinza 30	4	319,18	24,67	12,33	279,92	358,43	290,70	344,00
	Cinza 50	4	293,75	42,13	21,06	226,71	360,79	244,00	347,00
	Cinza 100	2	228,00	11,31	8,00	126,35	329,65	220,00	236,00
	Total	17	362,15	293,95	71,29	211,01	513,28	2,50	865,00

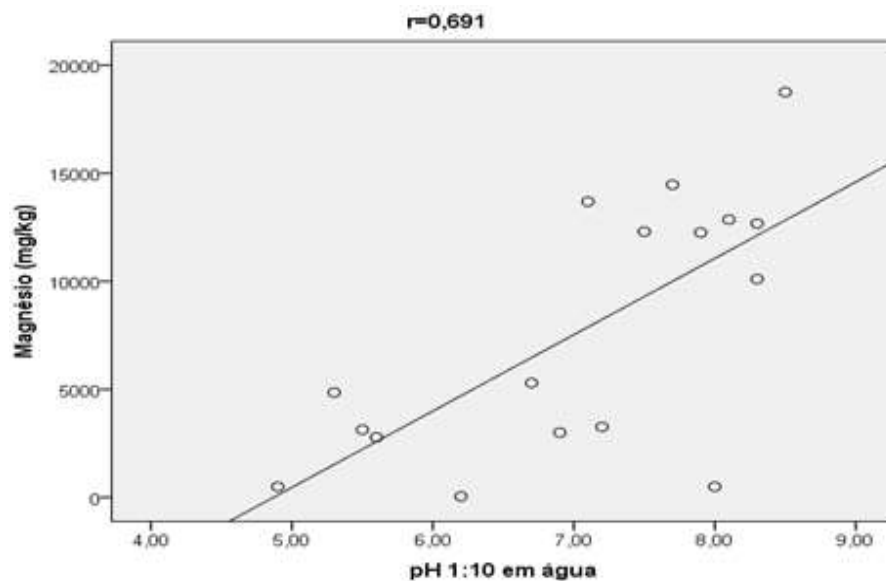
### 5.5.2 Testes de correlação

For realizada uma análise de correlação, visando identificar a dinâmica das variáveis de forma conjunta. Para tanto, adotou-se a correlação paramétrica linear de Pearson, considerando-se:

- correlação muito forte: a que apresenta um valor de  $r$  igual ou superior a 0,9;
- correlação forte: a que apresenta um valor de  $r$  entre 0,7 e 0,9;
- correlação moderada: a que apresenta um valor de  $r$  entre 0,5 e 0,7;
- correlação fraca: a que apresenta um valor de  $r$  entre 0,3 e 0,5;
- correlação desprezível: a que apresenta um valor de  $r$  entre 0,0 e 0,3.

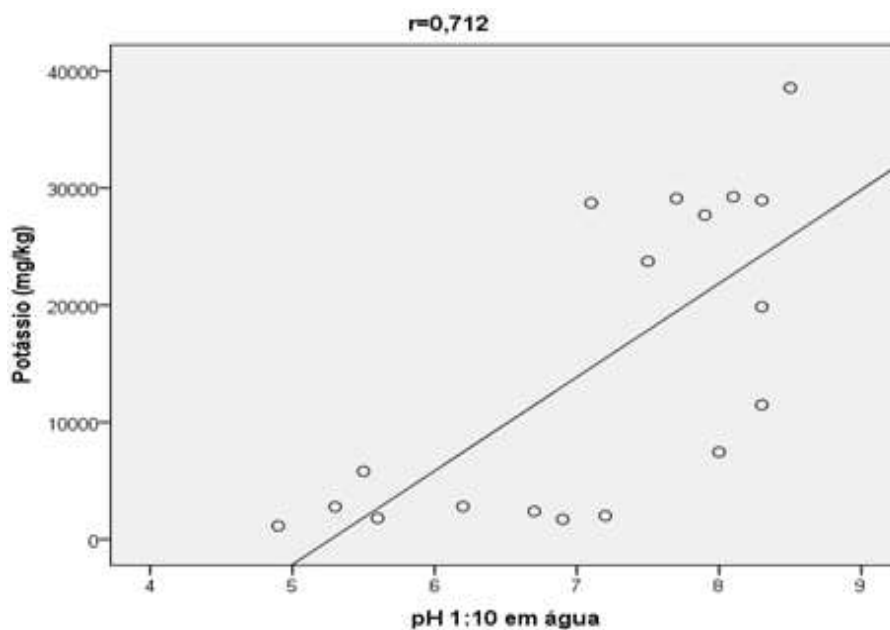
A figura 5.27 mostra a correlação entre o magnésio e o pH. Pelo valor de  $r$  (0,691), os dois parâmetros apresentam uma correlação positiva e moderada.

Figura 5.27: correlação entre magnésio e pH.



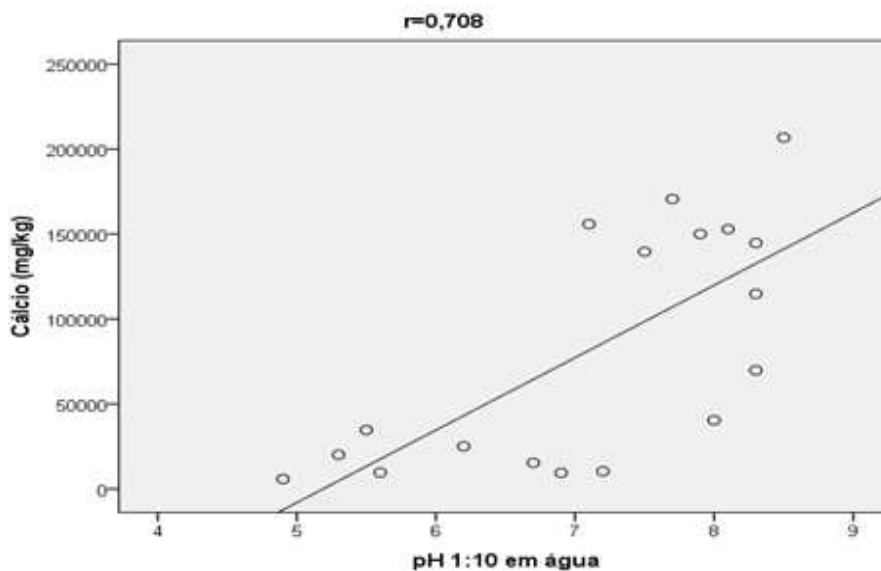
A figura 5.28, a seguir, permite visualizar a correlação positiva entre o potássio e o pH. O valor de  $r$ , que foi de 0,712, permite considerar que a correlação entre o potássio e o pH é forte.

Figura 5.28: correlação entre potássio e pH.



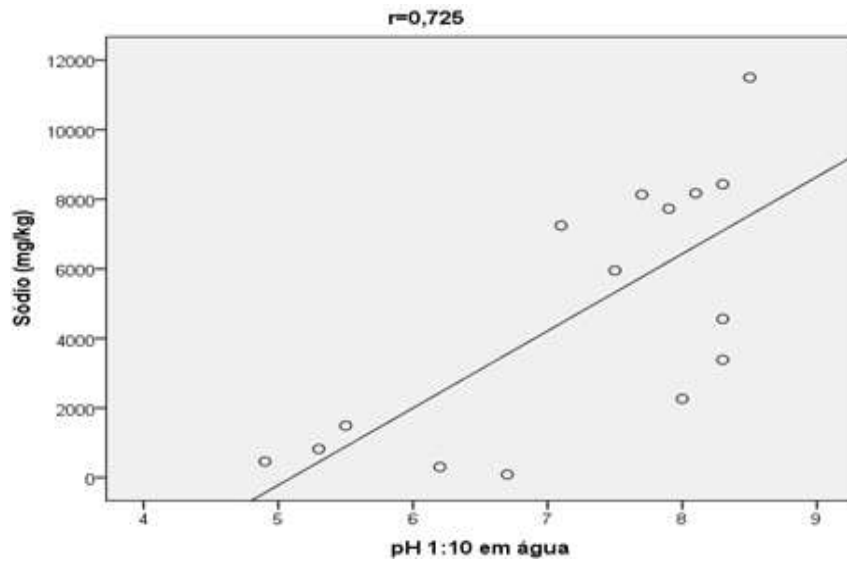
A figura 5.29 ilustra a correlação positiva entre o cálcio e o pH, em que o valor de  $r$  é igual a 0,708. O valor de  $r$  obtido mostra que estes dois parâmetros apresentam uma correlação forte.

Figura 5.29: correlação cálcio/pH.



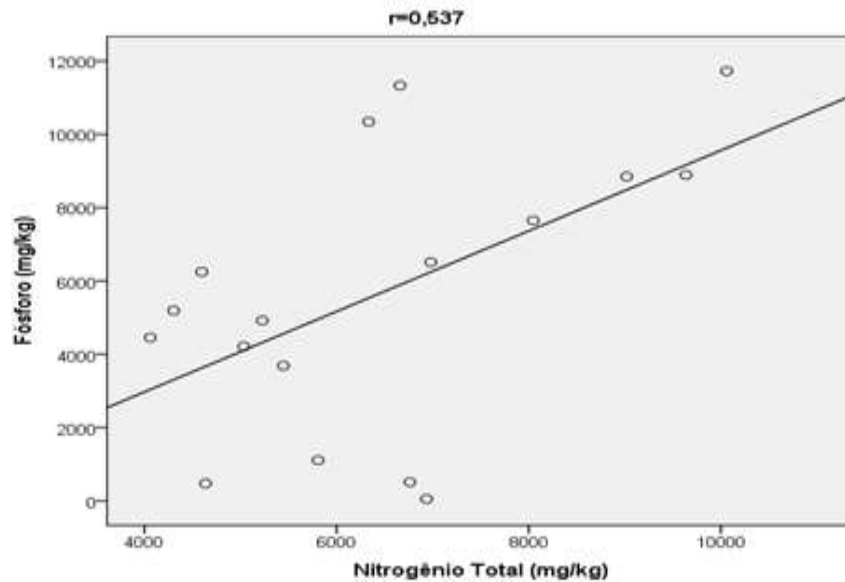
A figura 5.30 ilustra a correlação direta entre o sódio e o pH, em que o  $r$  é igual a 0,725, valor indicativo forte na correlação entre os dois parâmetros.

Figura 5.30: correlação sódio/pH.



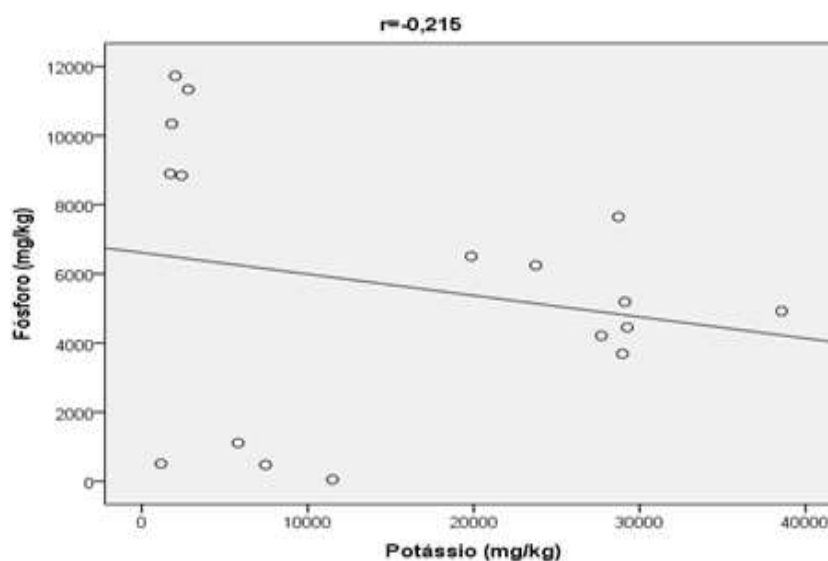
A seguir, a figura 5.31 mostra a correlação positiva entre o fósforo e o nitrogênio total Kjeldahl, com um valor de  $r$  igual a 0,537, indicativo de que a correlação entre os dois parâmetros é moderada.

Figura 5.31: correlação entre fósforo e NTK.



A figura 5.32 indica a correlação negativa entre o fósforo e o potássio, em que o  $r$  é igual a 0,215. O referido valor indica que a correlação entre os dois parâmetros é desprezível.

Figura 5.32: correlação entre o fósforo e o potássio no biossólido.



Tendo em conta que o objetivo da pesquisa circunda a higienização do lodo com cinzas para seu uso em solos agrícolas, após a análise dos resultados de todos os parâmetros concebeu-se a tabela 5.29, que mostra o resumo dos parâmetros considerados essenciais no uso de lodo na finalidade desejada.

Tabela 5.29 – Resumo dos valores obtidos na pesquisa, para os parâmetros essenciais relativos ao uso de lodo em solos agrícolas.

<b>Tipo de lodo ou biossólido</b>	Lodo bruto	Lodo testemunha	Lodo 30 %	Lodo 50 %	Lodo 100 %
<b>N (mg/kg)</b>	8.763	5.845	5.129	6.019	5.336
<b>P (mg/kg)</b>	9.950	4.316	4.604	4.090	4.303
<b>K (mg/kg)</b>	1.982	3.135	20.038	24.288	33.765
<b>Relação NPK</b>	04:05:01	02:01:01	01:01:04	02:01:06	01:01:08
<b>pH</b>	6,6	5,4	7,8	7,8	8,4
<b>C/N</b>	2	5,2	5,3	4,2	8
<b>SV/ST</b>	0,6	0,5	0,38	0,36	0,39
<b>Coliformes termotolerantes (NMP/gST)</b>	381.277 61	1.464	28,63	0,68	0,30
<b>Salmonellas (NMP/10gST)</b>		0,15	0,075	0,0	0,0
<b>Ovos helmintos (ovos/gST)</b>	0,14	0,04	0,0	0,0	0,0
<b>Umidade (%)</b>	81,00	10,95	9,00	8,22	7,85
<b>Cálcio (mg/kg)</b>	11,2	21,4	116,4	132,1	175,8
<b>Magnésio (mg/kg)</b>	3.587	2.133	9.342	12.933	15.714
<b>COT (%)</b>	1,80	3,10	2,72	2,55	4,35

**Observação:** os metais pesados não estão incluídos porque em ambos os casos ocorreram em concentrações inferiores aos limites recomendados pela resolução CONAMA 375/2006.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em continuação, apresentam-se as considerações finais sobre a pesquisa, bem como recomendações para futuros estudos.

### 6.1 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da pesquisa levou às seguintes conclusões:

- As cinzas de biomassa vegetal da empresa VERACEL apresentam características alcalinas acentuadas, sendo adequadas para a higienização do lodo;
- Os resultados das análises microbiológicas do lodo bruto no reator anaeróbico da ETE apresentaram concentrações de coliformes termotolerantes acima dos limites recomendados pela Resolução CONAMA 375/2006, exigindo, assim, a adoção de um processo de higienização para que o lodo possa ser destinado ao uso agrícola;
- A mistura do lodo anaeróbico com as cinzas é um processo vantajoso, pois estas contribuíram para o fornecimento de potássio, cálcio e magnésio, e o lodo forneceu o nitrogênio e o fósforo, gerando biossólidos com teores de nutrientes necessários para uso em solos agrícolas;
- A higienização do lodo com as cinzas de massa vegetal, nas concentrações de 30 %, 50 % e 100 %, favoreceram a redução do teor de microrganismos até níveis inferiores a  $10^3$  NMP/g ST, obtendo biossólidos de classe A, que podem ser usados de acordo com a normativa CONAMA 375/2006 e EPA;
- O lodo testemunha não apresentou uma concentração de coliformes inferior a  $10^3$  NMP/g ST, e isso demonstra que o processo de desaguamento, por si só, não propicia uma redução no teor dos microrganismos, de acordo com os limites recomendados pelas normativas;
- Entre os macronutrientes, vale destacar que, diferente do processo de higienização com a cal, em que ocorre déficit de potássio nos biossólidos, no processo de higienização com as cinzas ocorre um aumento no teor de potássio, tornando dispensável a suplementação desse elemento via adubo mineral;
- Em relação aos metais pesados, tanto o lodo bruto quanto os biossólidos resultantes dos três percentuais de cinzas analisados apresentaram concentrações inferiores aos valores limite recomendados pela Resolução CONAMA 375/2006;

- Com as baixas concentrações de metais pesados registradas nos lodos, pode-se estimar que o afluente à ETE Serraria é de origem predominantemente doméstica;
- A mescla racional dos resíduos que é proposta na pesquisa é adequada a comunidades rurais de países em processo de desenvolvimento, nos quais a população é predominantemente rural e usa o lodo anaeróbio não tratado de fossas sépticas e poços negros em solos agrícolas. Estas comunidades que praticam agricultura em pequena escala usam a lenha como combustível doméstico, fato que leva à mescla dos dois resíduos, o lodo e as cinzas, visto que se encontram em um mesmo local, não havendo custos de transporte.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Considerando que o processo de higienização do lodo tem a finalidade de reduzir patógenos, para posterior reaproveitamento para uso em solos agrícolas, recomenda-se:

- O monitoramento do pH e da umidade durante o processo de higienização do lodo com as cinzas, já que permite saber se haverá ou não a necessidade de incremento do meio alcalinizante para manter a eficiência do processo;
- A realização de processos de higienização com diferentes tipos e concentrações de cinzas, pois cada tipo de cinza possui características típicas diferenciadas;
- Considerando que a pesquisa foi realizada em período de inverno, recomenda-se que seja feita no período de verão para possíveis comparações dos resultados, tanto do lodo bruto quanto dos bio sólidos;
- O teste do processo de higienização com cinzas, reduzindo o tempo de incubação de 60 para 30 dias. Quando as concentrações de microrganismos são reduzidas abaixo dos níveis recomendados pelas normativas, pode-se reduzir o tempo de incubação, permitindo um uso mais imediato do bio sólido.
- Por tratar-se de pesquisa de bancada, realizada em laboratório, é necessária a realização de testes de fitotoxicidade com o bio sólido obtido, com algumas culturas obedecendo ao preconizado na resolução CONAMA 375/2006.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; BERTON, R. S. Análise química de solo para metais pesados. **Tópicos em Ciências do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências de Solo, v.2, p 645-692, 2002.
- ADEME. **Connaissance et maitrise des aspects sanitaires de l'épandage des boves d'épuration des collectivites locales**. 2eme. Éd. (Paris), 1998, 75p. (FNDAE. Document technique, no. 20).
- ALAMINO, R.C.J. **A influência do acréscimo de bentonita nos mecanismos de sorção de zinco, cádmio e níquel em solos residuais**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)- Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p. 11-24.
- ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 203-211, Aug. 2003.
- AL-WABEL, M.I.; AL- OMRAN, A.M.; SHALABY, A.A.; CHOUDHARY, M.I. Effect of Sewage Sludge on some Chemical properties of calcareous sandy soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York v.29, n.17/18, p.2713-2724, 1998.
- AMSTRONG, G.L.; HOLLINGSWORTH, J.; MORRIS Jr, J.G. Emerging foodborne pathogens: Escherichia coli O157: H7 as a model of entry of a new pathogen into the food supply of the developed world. **Epidemiologic Reviews**, Baltimore, v. 18, n. 1, p. 29-51, 1996.
- ANDRAUS, S.; MEDEIROS, M.L.B.; BORGES, J.C.; SILVA, S.M.C.P.; TOLEDO, E.B.S. Agentes patogênicos: bactérias entéricas. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. (Org) **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999. p.126-155.
- ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: Sanepar, 1999. 98 p.
- ANDREOLI, C.V. (ed.). **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final/ Cleverson Vitorio Andreoli (Coordenador)**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 383 p.
- ANDREOLI, C.V., et al. **Resíduos sólidos do Saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, Abes, 2001. 257 p.
- ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. Aspectos Metodológicos. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. 2 ed. Curitiba: Sanepar, Finep, 2001 cap.1, p.21-47.



ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C. Levantamento quantitativo de agrotóxicos com base para a definição de indicadores de monitoramento de impacto ambiental na água. **Sanare**, Curitiba v. 10, n. 10, p. 30-38, 1998.

ANDREOLI, C.V., FERREIRA, A.C., PEGORINI, E.S., SOUZA, M.L.P. Efeito da aplicação de lodo de esgoto nos teores de metais pesados de solos, folhas e grão de milho (*Zea mays*) In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 29., 2003 Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. I CD-ROM.

ANDREOLI, C.V. Operacionalização das alternativas de desinfecção e secagem de lodo digerido anaerobicamente. In: I Seminário Nacional de Microbiologia Aplicada ao Saneamento, 1., 2000, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: UFES, 2000. I CD-ROM.

ANDREOLI, C.V., SPERLING, M., FERNANDES, F. (Ed.). **Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG-2001. P.483 (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.6).

ANJOS, A.R.M.; MATTIAZO, M.E. Extratores para Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolos tratados com biossólido cultivado com milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p337-344, abr/jun. 2001.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22th ed; American Public Health Association: Washington, 2012.

ARMOND, G.; BRAGA, C.A.S.; BETTIOL, W.; GHINI, R. **Desenvolvimento de um sistema de desinfestação de solo com uso direto de energia solar**. Jaguariúna: Embrapa-Cnpda, 1989. 23 p. (Boletim de pesquisa, 3).

ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 14, n. 2, p. 371-375, 1939.

ARRUDA, J.A.; AZEVEDO, T.A.O.; FREIRE, J.L.O.; BANDEIRA, L.B.; ESTRELA, J.W.M.; SANTOS, S.J.A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, João Pessoa, n. 30, p. 18-30, set. 2016.

ARSHAD, M.A.; SOON, Y.K.; AZOOZ, R.H.; LUPWAYI, N.Z.; CHANG, S.X. Soil and crop response to wood ash and lime application in acidic soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n.3, p. 715-721, May 2012.

ARTHUR, E. J.; SANBORN, R.C. 1969. Osmotic and ionic regulation in nematodes. In: FLORKIN, M.; SCHEER, B.T. (Ed.). **Chemical zoology**. New York: Academic Press. 1969. v. 3 Apud WHARTON, D.A. Nematode egg-shells. **Parasitology**, Cambridge, v. 81, n.3, p. 447-453, Oct. 1980.

AYRES, R. **Enumeration of parasitic helminthes in raw and treated wastewater**. a brief practical guide. Leeds: Department of Civil Engineering, University of Leeds, 1989.

AYRES, R.M.; MARA, D. **Analysis of wastewater for use in agriculture**. a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva: World Health Organization, 1996. 31p.

AYRES, R.M.; STOTT, R.; LEE, D.L.; MARA, D.D.; SILVA, S.A. Comparison of techniques for the enumeration of human parasitic helminth eggs in treated wastewater. **Environmental Technology**, London, v.12, n. 7, p. 617-623, 1991.

BAILENGER, J. Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. **Journal of American Medical Technologists**, Park Ridge, v. 41, p.65-71, 1979.

BARNETO, A.G., CARMONA, J.A., ALFONSO, J.E.M., BLANCO, J.D. Kinetic models based in biomass components for the combustion and pyrolysis of sewage sludge and its compost. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v. 86, n.1, p. 108-114, Sept. 2009.

BARROS, I. T.; COSTA, A.C.S.; ANDREOLI, C.V. **Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbico através do tratamento ácido e alcalino**. Sanare, Curitiba, v.24, n.24, p.61-69, jan./jun. 2006.

BARROS, K.K.; FLORENCIO, L.; TAKAYUKI, M.K., GAVAZZA, S. Desaguamento e estabilização alcalina de lodo anaeróbico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande, MS. **Anais**. Campo Grande, Abes, 2005. I CD-ROM.

BASTIAN, R.K. Where do we stand on regulations? In: CLAPP, C.E., LARSON, W.E., DOWDY, R.H. (Ed.). **Sewage Sludge: land utilization and the environmental**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. (SSSA miscellaneous publication).

BASTOS, R.K.X. **Utilização agrícola de esgotos sanitários**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 84 p.

BATAGLIA, O.C.; BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.277-284. 1983.

BEAVER, P.C. Lucha contra helmintos transmitidos por el suelo. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1964. 46 p. (Cuadernos de salud publica, n. 10) apud MASSARA, C.L. **Viabilidade de ovos de Ascaris lumbricóides eliminados após terapêutica anti-helmintica**. 1988. 125 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Parasitologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1988.

BECKETT, P.H. The use of extractants in studies on trace metals in soil, sewage sludges, and sludge-treated soil. **Advances in soil Science**, New York, v. 9, p.143-176. 1989.

BELLI FILHO, P.; SOARES, H. M.; MATIAS, W.G.; PINTO, R.O.; CHAGAS, A.; CASTILHO JUNIOR, A.B. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e de lodo de tanque séptico**. [Florianópolis]: Universidade Federal de Santa Catarina, [2007]. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unam7/tanque.pdf>. Acesso em: 30 de jun. de 2009.

BERENGUER, J.G., trad DMITRUK, H.B. **Manual de parasitologia: Morfologia e biologia dos parasitos de interesse sanitário**. Chapecó: Argos, 2006. 602p.

BERGAMIN, F.N.; ZINI, C.A. GONZAGA, J.V.; BORTOLAS, A. Resíduos de fábrica de celulose e papel: lixo ou produto? In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu, SP. [Anais]. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. p. 97-120.

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agroecossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.) **Impacto ambiental do uso agrícola do Lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000 p. 259-268.

BERTONCINI, E.I. **Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgotos**. 1997. 90 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. A disposição de Lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A. (Ed.). **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p. 25-36.

BEZERRA, F.B.; OLIVEIRA, M.A.C.L.; PEREZ, D.V.; ANDRADE, A.G.; MENEGUELLI, N.A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.3, mar.2006, p.469-476. 2006.

BIOCICLO: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivarí e Jundiá. Estudo de viabilidade para instalação e operação de centrais de lodos nas bacias PCJ. Americana, 2011. apud GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica on-line: Tecnologia, Gestão e Humanismo**, Guaratinguetá, v.2, n.1, nov. 2013.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B.M.; ANDREOLI, C.V.; MOURA, E.N.; TOGNY, F.L.; SILVA, L.A.T.P. Lodo de esgoto submetido ao revolvimento: efeito sobre sólidos totais, pH e ovos viáveis de helmintos. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 11, n. S1, P. S191-S de ciências agrárias e ambientais, v.11, supl 1, p.191-S200, 2013.

BITTON, G.; **Wastewater microbiology**. 3 ed. Hoboken: John Wiley , 2005. 746 p.

BONNIN, C., LABORIE, A., PAILLARD, H. Odour nuisances created by sludge treatment: problems and solutions. *Water Science and Technology*, Oxford, v.22, n.12, p. 65-74.

BOUHOUM, K.; SCHWARTZBROD, J. Quantitative of helminth eggs in wastewater. **International Journal of Hygiene and Environmental Medicine**, Stuttgart, v.188, p. 322-330,1989.

BOZIO, D.M.; REIS, L.A.; BIRCK, R. **Eficácia de composto orgânico aplicado à produção de alface e de rabanete**. 2011. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo) – Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade –Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conama**: grupo técnico de lodo de esgoto. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama.htm>. Acesso em: 26 jan. 2004.

BROCK, T.D.; MADIGAN, M.T. *Biology of microorganisms*. 6<sup>th</sup> ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991. 874 p.

BROFAS, G.; MICHPOPOULOS, P.; ALIFRAGIS, D. Sewage sludge as an amendment for calcareous bauxite mine spoils reclamation. **Journal of Environment Quality**, Madison, v. 29, p.811-816, May/June 2000.

BROWN, S.L.; CHANEY, R.L.; ANGLE, J.S.; RYAN, J.A. The phytoavailability of cadmium to lettuce in long-term biosolids-amended soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 5, p. 1071-1078, Sept./Oct. 1998.

BUQUE, L.I.B. **Panorama da coleta seletiva no município de Maputo, Moçambique: sua contribuição na gestão de resíduos sólidos urbanos, desafios e perspectivas.** 2013. 127f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CACERES, A.; XET, A. M.; FLORES, G. **Simplified methodology for helminth eggs counts and viability in organic fertilizer.** In: Meeting on use of human waste in agriculture and aquaculture, 2., June 15-19 1987, Adelboden, Switzerland.

CALVANO, J.; PRAKASAM, T.B.S.; SAWYER, B.; WILSON, T.E. Sources and control of odor emissions from sludge processing and treatment. In: LUE-HING, C., ZENZ, D. R., KUCHENRITHER, R. (Ed.). **Municipal sewage sludge management: processing, utilization and disposal.** Lancaster: Technomic, 1992. p.181-222.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT 15575/2013.** Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308 p.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E. ; CRUZ, M.C.P.; micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal: Legis Summa, 2001. P. 89-124.

CAMILLO-COURA, L. **Contribuição ao estudo dos geohelmintíoses.** [1970], 215 f. Tese (Livre Docência)-Faculdade de medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1970 Apud Massara, C.L. **Viabilidade de ovos de Ascaris lumbricoides eliminados após terapêutica anti-helmíntica.** 1988. 125 f. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1988.

CARRINGTON, E.G. & HARMAN, S.A. **Recovery of Ascaris eggs from sludge: WRC, process evaluation.** Stevenage: Water Research Centre, 1981 apud HINDIYEH, M.Y. **Enumeration and survival studies on helminth eggs in relation to treatment of anaerobic and aerobic sludges in Jordan.** 1995. (PhD Thesis in Environmental Engineering)- Newcastle upon Tyne, England, UK, 1995.

CARVALHO, C.S.; RIBEIRINHO, V.S.; ANDRADE, C.A.; GRUTZMACHER, P.; PIRES, A.M.M. Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 10, n. 3, p. 413-419, 2015.

CARVALHO, P.C.T.; CARVALHO, F.P.C. Legislação sobre biossólidos. In: TSUTIYA, M. T et al., **Biossólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p 209-226.

CASSINI, S.T.A. (Org.). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos com aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro; ABES, 2003. 196 p.

CASTILHOS, Z.C.; RAMOS, A.M.; SANTOS, A.S.; LIMA, C.A.; RODRIGUES, A.P.C. **Avaliação de risco à saúde humana: conceitos e metodologia**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. 53 p.

CASTRO, H.F. de. Processos químicos industriais II. Papel e celulose. **Apostila 4**. Escola de Engenharia de Lorena-EEL, São Paulo, 2009.

CASTRO, R.A.; CARVALHO, F.J.P.C.; KRENZCYNKI, M.C.; GONÇALVES, C.M.; OLIVEIRA, S.C.T.; LIMA, V.; CREPLIVE, M.; JOANELLO Jr.; L.A.; Otimização do Sistema de landfarming da RPBC-Refinaria Presidente Bernardes. In: Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e gás, 3., 2005, Salvador, BA. [**Anais**]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2005.

CEOLATO, L.C. **Lodo de esgoto líquido na disponibilidade de nutrientes e alterações dos atributos químicos de um argissolo**. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônomo, Campinas, 2007.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas, dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Série Relatórios. 2009.

CETESB – **Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo, 2001. 1 v.

CHAGAS, W.F. **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 de Penha no estado do Rio de Janeiro**. 2000. 86 p. Dissertação (Mestrado)-Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Osvaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

CHERNICHARO, C.A. de L. **Reatores anaeróbios**. v.5, Belo Horizonte: SEGRAC, 1997. 246p.

\_\_\_\_\_. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2007. 379p.

CHIRENJE, T.; MA L.Q. Impact of high-volume wood- fuel boiler ash amendment on soil properties and nutrients. **Communications in soil Science and Plant Analysis**, New York, v.33, n. 1/2, p. 1-17, 2002.

COELHO, P.; COSTA, M. **Combustão**. Amadora: Orion, 2007. 714 p.

COLODRO, G. **Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto**. 2005. 82 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

COPASA. **Tratamento Convencional de esgoto**. Disponível em <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=34>. Acesso em: 2009.

CORDEIRO, J.S. Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, C.V. (Ed.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: Rima, Abes, 2001. p. 121-142.

COREY, R.B.; KING, L.D.; LUE-HING, C.; FANNING, D.S.; STREET, J.J.; WALKER, J.M. Effects of sludge properties on accumulation of trace elements by crops. In PAGE, A.A.; LOGAN, T.J.; RYAN, J.A. (Ed.). **Land application of sludge**: food chain implications. Riverside: Environmental Protection Agency, 1987. Cap.3, p. 25-51.

COSTA, H.M.A. Helminths. In: NEVES, D.P. **Parasitologia Humana**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 1995, cap.19, p. 201-225.

COSTA, V.L.; MARIA, I.C.; CAMARGO, O.A.; GREGO, C.R.; MELO, L.C.A. Distribuição espacial de fósforo em latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n.3, p. 287-293, 2014.

COTTENIE, A., KIEKENS, L., VAN LANDSCHOTT, G. 1984. Problems of the mobility and predictability of heavy metal uptake by plants. In L'HERMITE, P.; OTT, H., [ed.]. **Processing and use of sewage sludge**. Dordrecht: D. Reidel, 1984 p. 124-131.

CUNHA, R.C.; NETO, V.A. Fundamentos teóricos do processo de avaliação de risco. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA- Meio Ambiente, 2000.

DAHL, O.; NURMESNIEMI, H.; POYKIO, R.; WATKINS, G. Comparison of the characteristics of bottom ash and fly ash from a medium-size municipal district heating plant incinerating forest residues and peat in a fluidized-bed boiler. **Fuel processing technology**, Amsterdam, v. 90 n. 7/8, p. 871-878, July/Aug. 2009.

DAROLT, M.R. ; OSAKI, F. Efeito de cinza de calcinação de cal sobre a produção da aveia preta e no comportamento de alguns nutrientes. 1989. 33 p. In: OSAKI, F. **Calagem & Adubação**. 2. Ed. rev. ampl. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991.

DAVIES, J.; DAVIES, D. Origins and evolution of antibiotic resistance. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v. 74, n. 3, p. 417-433, Sept. 2010.

DIAS, F.L.F. **Efeito de aplicações de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (Sorghum bicolor (L.) (Moench))**. 1994. 74f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelato Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

DOMINGUEZ, A.; MENÉNDEZ, J.A.; PIS, J.J. Hydrogen rich fuel gas production from the pyrolysis of wet sewage sludge at high temperature. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v.77, n. 2, p. 127-132, Oct. 2006.

DRIVER, C.H.; HRUTFIORD, B.F.; SPYRIDAKIS, D.E.; WELCH, E.B.; WOOLDRIDGE, D.D. **Assessment of effectiveness and effects of land disposal methodologies of water management**. Buffalo: Corps of Engineers, 1972.

END – **Estratégia Nacional de Desenvolvimento**-Ministério de Planificação e Desenvolvimento de Moçambique-Maputo, 2013.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge**. Cincinnati, 2003. 186 p.

\_\_\_\_\_. **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40 CFR part 503**. Office. Washington, 1992.147 p.

\_\_\_\_\_. **Control of pathogens and vector attraction in Sewage Sludge**. Washington, 1999. 186 p.

\_\_\_\_\_. **Environmental regulations and technology: control of pathogens and vector attraction in sewage sludge**. Washington, 1993, 152 p.

\_\_\_\_\_. **Exposure Analysis for Dioxins, Dibenzofurans, and Coplan Polychlorinated Biphenyls in Sewage Sludge**. Washington, 2002. 200 p.

ETIEGNI, L.; CAMPBELL, A.G. Physical and Chemical characteristics of wood ash. **Bioresource Technology**, Essex, v. 37, n. 2, p. 173-178, 1991.

FARIA, M.F. **Avaliação da persistência de microrganismos patogênicos em solo cultivado com eucalipto e fertilizado com lodo de esgoto sanitário**. 2015. 74f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

FEACHEM, R.G., BRADLEY, D.J., GARELICK, H.; MARA, D.D **Sanitation and disease: health Aspects of excreta and wastewater management**. New York: John Wiley, 1983. 501 p.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In BETTIOL, W., CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna. Embrapa Meio ambiente, 2000. 45-68p.

FERNANDES, F. et al. Reciclagem de lodo de esgoto- experiência da região metropolitana de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa, PB. **Trabalhos técnicos...** Rio de Janeiro: Abes/2001.1 CD-ROM.

FERNANDES, F. (Coord.). **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Abes, 1999. 84 p.

FERNANDES, F.; LOPES, D.; ANDREOLI, C.V.; SILVA, S.M.C.P. Avaliação de alternativas e gerenciamento de Lodo na ETE. In: C.V. ANDREOLI; M.V.; SPERLING, M.; FERNANDES, F (Ed.). **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2001. P. 299-317.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C.V.; JURGENSEN, D. Produção e características dos biossólidos. In: ANDREOLI, C.V. (Coord.). **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p 16-25.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K. ; DIDONET, A. D. Chemical properties of an oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.2, p. 228 -236, abr./jun. 2012.

FERREIRO, A.; MERINO, A; DIAZ, N.; PINEIRO, J. Improving the effectiveness of wood ash fertilization in mixed mountain pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.66, n.3, p. 337-350, Sept. 2011.

FONSECA, C.C. **Produção e utilização do biopolímero poli(hidroxibutirato) (PHB) em embalagens alimentícias**. 2014. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Bioquímica) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade São Paulo, Lorena, 2014.

FONTES, C.M.A. **Potencialidades da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos como material suplementar para a produção de concretos com cimento Portland**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado)-Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GALVAN, M.; de VICTORIA, J.; ROJAS, N. Potential viability of helminth eggs in wastewater assessed by vital staining. In: International Association on water quality conference, 19., 1998, Vancouver, Canada. 1998. **Proceedings**. Oxford: Pergamon, 1998. P. 26-32.

GANTZER, C.; GASPARD, P.; GALVEZ, L.; HUYARD, A.; DUMOUTHIER, N.; SCHWARTZBROD, J. Monitoring of bacterial and parasitological contamination during various treatment of sludge. **Water Research**, New York, v. 35, n. 16, p. 3763-3770, Nov. 2001.

GASI, T.M.T.; ROSSIN, A.C. Remoção de microrganismos indicadores e patogênicos em reator UASB operado com esgotos domésticos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 17.,1993, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**. Natal: Abes, 1993.

GASPARD, P.; WIART, J.; SCHWARTZBROD, J. Parasitological contamination of urban sludge used for agricultural purposes. **Waste Management & Research**, London, v. 15, n.4, p.429-436, Aug.1997.

GASPARD, P.G.; SCHWARTZBROD, J. Helminth eggs in wastewater: quantification technique. **Water Science and Technology**, Oxford, vol. 31, n. 5/6, p. 443-446, 1995.

GATTIE, D.K.; LEWIS, D.L. A high-level disinfection standard for land-applied sewage sludges (biosolids). **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, NC, v. 112, n. 2, p. 126-131, Feb. 2004.

GODOY, L.C. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica Revista Científica on-line: Tecnologia, Gestão e Humanismo**, Guaratinguetá, v. 2, n. 1, p. 79-90, nov. 2013.

GONÇALVES, R.F., LUDUVICE, M. Alternativas de minimização de produção e desaguamento de lodo de esgoto. In: BETTIOL, W; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 25-44.



GRAY, N.F. **Water Technology**. An introduction for environmental scientists and engineers. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Elsevier, 2005. 645 p.

GUERRA, N.M.M.; OTENIO, M.H.; SILVA, M.E.Z.; GUILHERMETTI, M.; NAKAMURA, C.V.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B.P. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, p. 13-18, 2006.

HARALDSEN, T.K.; PEDERSEN, P.A.; GRONLUND, A. Mixtures of bottom wood ash and meat and bone meal as NPK fertilizer. In: INSAM, H.; KNAPP, B.A. (Ed). **Recycling of biomass ashes**. Berlin: Springer, chap. 3, 2011, 33-44p.

HARRISON, R.; XUE, D.; HENRY, C.; COLE, D.W. Long-term effects of heavy applications of biosolids on organic matter and nutrient content of a coarse-texture forest soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.66, n. 1/3 p. 165-177, July 1994.

HINDIYEH, M.Y. **Enumeration and survival studies on helminth eggs in relation to treatment of anaerobic and aerobic sludges in Jordan**. 1995. 363 f. (Thesis PhD Environmental Engineering)- Department of Civil Engineering, University of Newcastle upon Tyne. England-UK, 1995.

HOFFMANN, F.L. **Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos**. Brasil Alimentos, São Paulo, n.9, p. 23-30, jul./ago.2011.

IBANEZ-GRANELL, A.; SANCHIS, A.; GARCIA CAMARERO, J. INGELMO-SANCHEZ, F. Reclamation of abandoned land with sewage sludge and plant cover. **Studia Oecológica**, Salamanca, v.10, p.101-108. 1993.

IBGE. **Censo demográfico, dados referentes ao município de Porto Alegre**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015.

IDE, C.N. **Eficiência da estabilização de lodos de ETE com cal e ferrato (VI) de potássio**. 1994. [172] f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

INE – **Instituto Nacional de Estatística de Moçambique**. Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz>>. Acesso em 2010.

INGUNZA, M.P.D.; ANDRADE NETO, C.O.; ARAUJO, A.L.C.; SOUZA, M.A.; MEDEIROS, S.A.; BORGES, N.B.; HARTMANN, C.M. Caracterização física, química e microbiológica de lodo de fossa/ tanque séptico. In: ANDREOLI, C.V. (Org.). **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final**. Rio de Janeiro/ABES, 2009. p. 42-76.

JENKINS, B.M., BAXTER, L.L., MILES Jr, T.R., Combustion properties of biomass. **Fuel processing technology**, Amsterdam, v.54, n.1/3, p. 17-46, Mar. 1998.

JONES, K; ALCOCK, R.E. (Ed.) Organic contaminants in sewage sludges: proceedings of the international symposium on organic contaminants in sewage sludges, Lancaster University, 1995. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, Special issue, 1996. 216p.

JORDAN, M.M.; ALMENDRO-CANDEL, M.B., ROMERO, M.; RINCON, J. M. Application of sewage sludge in the manufacturing of ceramic tile bodies. **Applied Clay Science**, Amsterdam, v. 30, n. 3/4, p.219-224, Nov. 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2005. 890 p.

\_\_\_\_\_. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 683p.

KABATA-PENDIAS, A; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. Boca Raton: CRC, 1984. 315 p.

KAGEL, N. **Techniques for the measurement of environmental pollution by infective stage of soil- transmitted helminths**. Tokyo: Ascar Parasite Control Organisation., 1982 v. 2. p. 227-246.

KANESHIRO, E.S.; STERN, G. **Survival of parasite eggs in stored sludge**. Washington: Environmental Protection Agency, 1985. (EPA Report n. 600/2-85/142).

KATO, E.; RAMOS, M.L.G.; LEAO, T.P.; FIGUEIREDO, C.C.; SATO, J.H. Soil organic matter and water infiltration under maize and forage intercropping. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.2. Campina Grande, PB UAEA/AUFCG-2012.

KATO, M.T. et al. Configurações de reatores anaeróbios. In: CAMPOS, J.R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlado no solo**. Rio de Janeiro: Abes, Prosab, 1999. cap. 3, p. 53-100.

KIEHL, E.J. Análise de fertilizantes orgânicos. In: KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo, Ceres, 1985.

KNAPP, B.A.; INSAM, H. Recycling of biomass ashes: current technologies and future research needs. In: INSAM, H.; KNAPP, B.A. (Ed.) **Recycling of biomass ashes**. Berlin: Springer, 2011. Chap1.

KOCSSIS, M.A.; MARIA, I.C.D. O efeito do Lodo de esgoto na recuperação da estrutura física de solos degradados. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 6., 2004, Goiânia, GO. **Cadernos de resumos**. Goiânia: A, 2gb, 2004. p. 262.

KOZIEVITCH V.F.J.; COELHO, A.C.V.; SANTOS, P.S. Corpos de Cerâmica Vermelha produzidos com taquá de Jundiá e Lodo de Estação de tratamento de esgotos domiciliares: Propriedades Cerâmicas. In: Congresso Brasileiro de cerâmicas, 2006, Blumenau, SC. **Anais**. Blumenau: Associação Brasileira de Cerâmica, 2006. 1 CD-ROM.

KUMMER, A.C.B. **Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja**. 2013. 178 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2013.

KÜMMERER, K. Antibiotics in the aquatic environment: a review, part II. **Chemosphere**, Oxford, v. 75, n. 4, p. 435-441, Apr. 2009.

LANGENKAMP, H.; PART, P. (Ed.). **Organic contaminants in sewage sludge for agricultural use.** [S.l.]: UMEG Center for Environmental Measurements, Environmental Inventories and Product Safety, 2001. 73 p. Disponível em: <<http://www.umeg.de>>. Acesso em: 18 maio 2004.

LANNO, R.; WELLS, J. ; CONDER, J.; BRADHAM, K.; BASTA, N. Bioavailability of chemicals in soil for earthworms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 57, n.1, p.39-47, jan. 2004.

LEE, E.S.; SANTOS, F.J. Caracterização do lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto (ETE) e estudo sobre seu potencial energético. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina, PR. **Anais**. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2011. 9 p.

LIMA, E. Pesquisadores analisam a questão do nitrogênio na utilização de lodo de esgoto na agricultura. Aplicação de lodo de esgoto em plantio de milho. **Notícias Embrapa**, Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2454259>.

LIMA, M.R.P. et al. Avaliação da qualidade do lodo de esgoto quando submetido à secagem/higienização em estufa agrícola. In: SIMPOSIO INTERAMERICANO DE BIODIVERSIDADE, 2008, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**. São Paulo: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008. 1 CD-ROM.

LIMA, V.F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils.** New York: John Wiley, 1979. 449 p.

LOGAN, T.J.; CHANEY, R.L. Utilization of municipal wastewater and sludge on land metals. In: PAGE, A.L. (Ed.). **Utilization of municipal wastewater and sludge on land.** Riverside: University of Califórnia, 1983. p. 325-336.

LOPES, T.R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes.** 2015. 122f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

LUDUVICE, M.; FERNANDES, F. Principais tipos de Transformações e descarte do lodo. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Ed.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2001. p. 399-423.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; DUNLOP, P.V.; CLARK, D.P. **Microbiologia de Brock.** 12 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2010. 1128 p.

MAEDA, S.; COSTA, E.R.O.; SILVA, H.D. **Uso de resíduos da fabricação de celulose e papel e da reciclagem de papel.** Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 1 CD-ROM.

MAEDA, S.; SILVA, H.D.; CARDOSO, C. Resposta de Pinus taeda à aplicação de cinza vegetal em cambissolo húmico em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p. 43-52, jan./jun.2008.

MACHADO, L.L.N. **Aspectos técnicos relacionados à geração de energia elétrica a partir do lodo de esgoto**. 2011. 107f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MAILA, P.M.; CLOETE, T.E. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through landfarming: are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? **Reviews in Environmental Science & Bio/Technology**, Dordrecht, v. 3, n.4, p. 349-360, Dec. 2004.

MALINA, J. Tratamento e destino final do lodo. In: Seminário de Transferência de Tecnologia, 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993. p. 1-150.

MALTA, L.R.S.; TSUTIYA, M.T. Otimização da estabilização cálcica do biossólido produzido na ETE Lavapés de São Jose do Campo/SP, para uso agrícola. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22, 2003, Joinville, SC, Anais. Rio de Janeiro: Abes 2003. 1 CD-ROM.

MANDRE, M. **Influência da cinza de Madeira em química do solo e em composição de pinhos jovens Escocês**. [S.I]: Academia Estoniana de Ciência Biológica, 2006.

MARQUES, M.O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de açúcar**. 1996. 111 f. (Tese Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinários, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MARTINEZ, F.O.; HELMING, L.; GORDON, S. Alternative activation of macrophages: an immunologic functional perspective. **Annual Review of Immunology**, Palo Alto, v.27, p. 451-483, 2009.

MARX, D.H.; BERRY, C.R.; KORMANIK, P.P. Application of municipal sewage sludge in forest and degraded land. In: KARLEN, D.L.; WRIGHT, R.J.; KEMPER, W.D. (Ed.). **Agricultural utilization of urban and industrial by-products**: proceedings. Madison: American Society of Agronomy, 1995. p. 275-295 (ASA Special Publication, 58).

MASSARA, C.L. **Viabilidade de ovos de Ascaris lumbricoides eliminados após terapêutica anti-helmíntica**. 1988. 125 f. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1988.

MATIAZZO-PREZOTTO, M.E. **Comportamento de cobre, cádmio, cromo, níquel e zinco adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH**. 1994. 197 p. Tese (Livre Docência)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

McBRIDE, M.B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA Regulations Protective? **Journal of environmental Quality**, v.24, n.1, p.5-18, 1995.

\_\_\_\_\_. Growing food crops on sludge-Amended soils: Problems with the U.S. **Environmental Protection Agency method of estimating toxic metal transfer**. Environ Toxicol Chem, v.17, 1998.

MEDEIROS, M.L.B.; SOCCOL, V.; CASTRO, E.A.; TOLEDO, E.B.; BORGES, J.; PAULINO, R.; ANDRAUSS, S. Aspectos Sanitários. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. (Org.). **Reciclagem de biossólidos**. transformando problemas em soluções. Curitiba; Sanepar, 1999. p. 120-179.

MEIWES, K.J. Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. **Water, air and soil pollution**, Dordrecht, v.85, n.1, p. 143-152, 1995.

MELLIS, E. **Adsorção e dessorção de Cd, Cu, Ni e Zn em solos tratados com lodo de esgoto**. 2006. 173 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MELO, V.P.; BEUTLER, A.N.; SOUZA, Z.M.; CENTURION, J.F.; MELO, W.J.D. Atributos físicos de latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.1, p.67-72, jan. 2004.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000 p. 109-142.

MÉNDEZ, A.; GASCÓ, G.; FREITAS, M.M.A.; SIEBIELEC, G.; STUCZYNSKI, T.; FIGUEIREDO, J. L. Preparation of carbon-based adsorbents from pyrolysis and air activation of sewage sludges. **Chemical Engineering Journal**, Lausanne, v. 108, n. 1/2, p. 169-177, Apr. 2005.

MENESES, C.G.R. Caracterização físico-química e biológica dos resíduos de sistemas tipo tanque séptico-sumidouro da cidade de Natal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. 2001, João Pessoa, PB. **Trabalhos técnicos...** Rio de Janeiro: Abes, 2001. 1 CD-ROM.

MERCON, F.; LIMA, V.F. Metais pesados no ensino de química. Conceitos científicos em destaque. Vol.33, n.4, 2011.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. 4<sup>th</sup> ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.1819 p.

\_\_\_\_\_. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 2008 p.

MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2012. 275 p.

MEYER, K.B.; MILLER, K.D.; KANESHIRO, E.S. Recovery of *Ascaris* eggs from sludge. The Journal Parasitology, Lawrence, v. 64, n.2, p. 380-383, Apr. 1978.

MIRANDA, A.R. **Caracterização do lodo da estação de tratamento de esgotos da cidade de Chapecó (SC) visando à reciclagem agrícola**. 2010. 1 CD-ROM. Dissertação (Mestrado) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA**: Grupo Técnico de lodo de esgoto. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama.htm>. Acesso em 26/01/2004.

MPHEKGO, P.M.; CLOETE, T.E. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through landfarming: are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? **Environmental Science and Bio/Technology**, n. 3, p. 349-360, 2004.

NASCIMENTO, B.B. **Efeito da cinza de biomassa florestal na fertilidade e na sorção de imazetapir em solos ácidos**. 2013. 65f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2013.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C. e OLIVEIRA, A.: **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação do lodo de esgoto**. Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, 28. 2004.

NASCIMENTO, R.S.; PEREIRA, M.L.F.; CAVALCANTI, P.F.F.; VAN HAANDEL, A. Estabilização anaeróbia de lodo em reatores do tipo UASB. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 21, 2001, João Pessoa, PB. Trabalhos técnicos...Rio de Janeiro: Abes, 2001. 1 CD-ROM.

NAVAS, A.; MACHIN, J.; NAVAS, B. Use of biossolids to restore the natural vegetation cover on degraded soils in the badlands of Zaragoza (NE Spain). **Bioresource Technology**, Essex, v. 69, n.3, p. 199-205, Sept. 1999.

NEVES, D.P. **Parasitologia humana**. 10. ed. São Paulo: Atheneu, 2000. 428 p.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.A. **Soil fertility management and insect pests**: Harmonizing soil and plant health in agroecosystems. Available at: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), USA, 2003.

NOLASCO, A.M.; GUERRINI, I.A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais: aspectos nutricionais de plantas de *Pinus*. In: GONCALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. 386-414 p.

NORSTROM, S.H.; BYLUND, D.; VESTIN, J.L.K.; LUNDSTROM, U.S. Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment. **GEODERMA**, Amsterdam, v.187, p. 85-93, Oct. 2012.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2 ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 565p.

NUVOLARI, A; CORAUCCI, B. Utilização de lodos de esgoto sanitário e suas cinzas em tijolos cerâmicos maciços: resultados dos ensaios de absorção de água pós-imersão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., 2003, Joinville, SC. **Anais**. Rio de Janeiro: Abes, 2003. 1 CD-ROM.

OBERNBERGER, I., BRUNNER, T., BARNTHALER, G. Chemical properties of solid biomass fuels: significance and impacts. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 30, n.11, p.973-982, Nov. 2006.

ODETTE, R.G. Biosolids and residuals treatment and management options: a comparative cost evaluation. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20-, 1999, Rio de Janeiro, RJ. **Trabalhos técnicos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. P.4106-4114.

OGATA, S. On Sudan III staining of *Ascaris* eggs. Nippon No Ikai 18, 1928 p. 12-13. Apud CACERES, A., XET, A. M.; FLORES, G. Simplified methodology for helminth eggs counts and viability in organic fertilizer. In: **Meeting on use of human waste in agriculture and aquaculture**, June 15-19 1987, Adelboden, Switzerland.

\_\_\_\_\_. The destruction of *Ascaris* eggs. Annals of tropical medicine and parasitology, London, n.19, p. 301-304, 1925.

OHNO, T.; ERICH, M.S. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 32, n.3/4, p. 223-239, Oct. 1990.

OLIVEIRA, A.P.S. **Avaliação dos atributos de um latossolo adubado com lodo de estação de tratamento de água**. 2015. 95f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

OLIVEIRA, F.C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. 90 p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

OSAKI, F.; DAROLT, M.R. Estudo da qualidade de cinzas vegetais para uso como adubos na região metropolitana de Curitiba. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.11, n.1/2, p. 197-205, 1989/1991.

PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo**: escoamento à superfície. São Paulo: Fundo editorial da AESABESP, 1997. 232 p.

PAGANINI, W.S; SOUZA, A.; BOCCHIGLIERI, M.M. Avaliação do comportamento de metais pesados no tratamento de esgotos por disposição no solo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro v.9, n.3, p. 225-239, jul./set. 2004.

PAGE, A.L.; LOGAN, T.J.; RYAN, J.A. **Land application of sludge**: food chain implications. Chelsea: Lewis, 1987. 168 p.

PAIXÃO, L.C.C. **Aproveitamento de lodo de estação de tratamento de água em cerâmica vermelha**. 2005. 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

PALMER, C.D.; FISH, W. Physiochemical processes: inorganic contaminants. In: SITE characterization for subsurface remediation. Cincinnati: Center for Environmental Research

Information, **Environmental Protection Agency**, 1991. Ch. 12, p. 179-192. (EPA/625/4-91/026).

PAUDYN, K., RUTTER, A., ROWE, R.K.; POLAND, J.S., Remediation of hydrocarbon contaminated soils in the Canadian arctic by landfarming, **Cold Regions Science and Technology**, Amsterdam, v.53, n.1, p. 102-114, June 2008.

PAULA, A.M.; SOARES, C.R.F.S.; SIQUEIRA, J.O., Biomassa, atividade microbiana e fungos micorrízicos em solo de landfarming de resíduos petroquímicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p. 448-455, Apr./June 2006.

PAWLOWSKI, Z.S.; ARFAA, F. Ascariasis. In: WARREN, K.S.; MAHMOUD, A.A.F. (Ed.). **Tropical and geographical medicine**. New York: Mc Graw-Hill, 1984, p. 347-358.

PECSON, B.M.; BARRIOS, J.A.; JIMÉNEZ, B.E.; NELSON, K.L. The effects of temperature, pH, and ammonia concentration on the inactivation of *Ascaris* eggs in sewage sludge. **Water Research**, New York, v. 41, n. 13, p. 2893-2902, July 2007.

PEDERSEN, A.J. **Electrodialytic removal of heavy metals from fly ashes**. 2002. 151 p. (Thesis PhD) – Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Denmark, 2002.

PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E.G.; SOUSA, J.F.; PICKLER, A.C.; LEAL, E.R.; MILHOMEN, C.C. Produção e tratamento de lodo de esgoto: uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v.11, n.16, p. 147-157, jul./dez. 2010.

PEDROZO, M.F. Cobre. In AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. (Org.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 143-185.

PEGORINI, E.S. et al. Aperfeiçoamento do processo de higienização através da caleação: I potencial de pasteurização. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006, Fortaleza, CE. **Anais**. Fortaleza: Abes, 2006. 1 CD-ROM.

PEPPER, I.L.; BROOKS, J.P.; GERBA, C.P. Pathogens in biosolids. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 90, p. 1-41, 2006.

PEREIRA, E.B.; CASTRO, H.F.; FURIGO JUNIOR, A. Hidrólise enzimática do efluente proveniente de frigorífico avícola empregando lipase de *Candida rugosa*. In SIMPÓSIO NACIONAL DE FERMENTAÇÕES, 14., 2003, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis, 2003. 1 CD-ROM.

PICKERING, W.F. Selective chemical extraction of soil components and bond metal species. **CRC-Critical Reviews in Analytical Chemistry**, Cleveland, v. 12, p. 233-266. 1981.

PIERRISNARD, F. **Impact de l'amendement des boues résiduaires de la ville de marseille sur des sols a vocation agricole: comportement du Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn des hydrocarbures et des composés polaires**. 1996. 593 p. These (Doctorat)-Ecole Doctorale Sciences de l'environnement, Université d Aix, Marseille, 1996.



PINTO, M. T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.V.; FERNANDES, F (Ed.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 2001. p.159-188.

PIRES, A.M.M. **Ácidos orgânicos da rizosfera. Aspectos qualitativos e quantitativos e fitodisponibilidade de metais pesados originários de biossólidos**. 2003. 94 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PIRES, A.M.M.; ANDRADE, C.A. **Recomendação de dose de lodo de esgoto: a questão do nitrogênio**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 7 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 52).

PIRES, A. M. M., MATTIAZO, M.E. Biosolids conditioning and the availability of Cu and Zn for rice. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 161-166. 2003.

POLPRASERT, C., VALENCIA, L.G. 1981. The inactivation of faecal coliforms and *Ascaris* ova in faeces by lime. **Water Research**, New York,, v. 15, p.31-36, 1981.

PROSAB- **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84p.

**QUALIDADE das águas interiores no estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas, dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem, apêndice A**. São Paulo: Cetesb, 2009. 43 p.

RAMALDES, D.L.C.; LIMA, M.R.P.; GONCALVES, R.F. Uso de leito de secagem para desidratação de lodo de reatores UASB na região sudeste do Brasil. In CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún, México. **Gestión inteligente de los recursos naturales**. Cancún: AIDIS, 2002. 1 CD-ROM.

REIMERS, R.S., LITTLE, M.D., AKERS, T.G., HENRIQUES, W.D., BADEAUX, R.C.; MCDONNELL, D.B; MBELA, K.K. Persistence of pathogens in lagoon-stored sludge. Cincinnati: Center for Environmental Research Information, Environmental Protection Agency, 1989. (EPA600/2-89/015) apud HINDIYEH, M.Y. **Enumeration and survival studies on helminth eggs in relation to treatment of anaerobic and aerobic sludges in Jordan**. 1995. 363 f. (Thesis PhD Environmental Engineering). Department of Civil Engineering, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, England-UK, 1995.

REIS, T.C. **Distribuição e biodisponibilidade do níquel aplicado ao solo como NiCl<sub>2</sub> e biossólido**. 2002. 105 p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

REY, L. **Parasitologia**. parasitos e doenças parasitárias do homem nas américas e na África. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 731p.

RIGAU, A. **Los abonos** – su preparación y empleo. 2 ed. Barcelona, 1960. 80 p.

RIZZO, L.; MANAIA, C.; MERLIN, C.; SCHWARTZ, T.; DAGOT, C.; PLOY, M.C.; MICHAEL, I.; FATTA-KASSINOS, D. Urban wastewater treatment plants as hotspots for

antibiotic resistant bacterial and genes spread into the environment: a review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 447, p. 345-360, Mar. 2013.

RIZZO, R.; PARASHURAMAN, S.; MIRABELLI, P.; PURI, C.; LUCOCQ, J.; LUINI, A. The dynamics of engineered resident proteins in the mammalian golgi complex relies on cisternal maturation. **The journal of Cell Biology**, New York, v. 201, n.7, p. 1027-1036, June 2013.

ROCHA, A.L.C.L. **Higienização de lodo anaeróbio de esgoto por meio alcalino**: estudo de caso da ETE Lages, Aparecida de Goiânia – GO. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

ROCHA, C.E.; SANT`ANNA, F.S.P. Regulamentação para despejos de caminhões limpa-fossas na ETE Jarivatuba, Joinville-SC. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 23., 2005, Campo Grande, MS. **Anais**. Campo Grande: Abes, 2005. 1 CD-ROM.

ROCHA, M.T. Reciclagem Agrícola de lodo de esgoto: algumas considerações a respeito da legislação ambiental. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 37., 1999, Foz de Iguaçu, PR. **Anais**. Foz de Iguaçu: Sober, 1999. 1 CD-ROM.

SAARSALMI, A.; SMOLANDER, A.; KUKKOLA, M.; MOILANEM, M.; SARAMAKI, J. 30 year effects of wood ash and nitrogen fertilization on soil chemical properties, soil microbial processes and stand growth in a Scots pine stand. **Forest Ecology and management**, Amsterdam, v. 278, p. 63-70, Aug. 2012.

SAMPAIO, A.O. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, São Paulo, p. 16-27, set./dez. 2013.

SAMPAIO, A.O; GONÇALVES, M.C. Custos Operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados: estudo de caso ETE-Barueri. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20., 1999. Rio de Janeiro, RJ. Trabalhos técnicos. Rio de Janeiro: Abes, 1999. p. 676-685.

SANEPAR, Companhia do Saneamento do Paraná. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura, Curitiba, 1999.

SANTOS, A.D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo**. 2003 265 f. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

SANTOS, C.C. **Cinza vegetal como corretivo e fertilizante para os capins Marandu e Xaraés**. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2012.

SANTOS, E.R. **Caracterização química, microbiológica e toxicidade de esgoto da estação Mangueira, Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

SANTOS, J.A. **Compostagem do lodo de curtume e seu uso agrícola: efeito sobre indicadores biológicos de qualidade de solo**. 2010. 77f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

SATO, J.H.; FIGUEIREDO, C.C.; LEÃO, T.P.; RAMOS, M.L.G.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 189-193, fev. 2012.

SCARPELLI, W. **Introdução à geologia**. São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 2003.

SCHWARTZBROD, J.; STEIN, J.; THEVENOT, M.T.; STRAUSS, J.M. Sludge parasitological contamination. In: L'HERMITTE, P. (Ed.). **Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural wastes**. London: Elsevier Applied Science 1986. P. 364-369.

SHEN, L; ZHANG, D. Low-temperature pyrolysis of sewage sludge and putrescible garbage for fuel oil production. **Fuel**, London, v. 84, p. 809-815, May 2005.

SHEPHERD, A.M. New Blue R, a stain differentiates between living and dead nematodes. **Nematológica**, Leiden, v.8. p. 201-208, 1962.

SIGOLO, J.B.; PINHEIRO, C.H.R. Lodo de esgoto da ETE Barueri-SP: proveniência do enxofre elementar e correlações com metais pesados associados. **Geologia USP, Série Científica**, São Paulo, v. 10, n.1, p. 39-51, mar. 2010.

SILVA, F.C., BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTTELI, H.B., PEIXE, C.A., BERNANDES, E.M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, 2001.

SILVA, J.E. ; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal: II- aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p. 497-503, abr./jun. 2002.

SILVA, L.A.T.P.; MOURA, E.N.; ANDREOLI, C.V.; SERRAT, B.M.; BITTENCOURT, S. Lodo de esgoto submetido ao revolvimento: efeito sobre sólidos totais, pH e ovos viáveis de helmintos. *Revista acadêmica de ciências agrárias e ambientais*, v.11, supl 1, p.191-2000, Curitiba, 2013.

SILVA, M.A.G.; BÜLL, L.T.; MIGGIOLARO, A.E.; ANTONANCELO, J.A.; MUNIZ, A.S. Fitodisponibilidade de metais utilizado ácidos orgânicos após sucessiva aplicação de resíduos no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1287-1295, 2014.

SILVEIRA, M. L.A. **Extração sequencial e especiação iônica de zinco, cobre e cádmio em latossolos tratados com biossólido**. 2002. 166 p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba 2002.

SIQUEIRA, J.O.; SAFIR, G.R.; NAIR, M.G. VA-Mycorrhizae and mycorrhiza stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. **Plant and Soil**, The Hague, v. 134, n. 2, p. 233-242, July 1991.

SITOE, A.T. **Agricultura familiar em Moçambique** – Estratégias de Desenvolvimento Sustentável, Maputo: Southern African Regional Poverty Network, 2005. 31 p.

SMITH, S.R. Are controls on organic contaminants necessary to protect the environment when sewage sludge is used in agriculture? **Progress in Environment Science**, London, v. 2 n. 2, p 129-146, 2000.

**SLUDGE stabilization**. Washington: Water Pollution Control Federation, 1985. 106p.

SOARES, S. R. A.; MATOS, Z. M. R.; BERNARDES, R. S. Modelagem do processo de desidratação de lodo anaeróbio em leitos de secagem simulados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.313-319, Aug. 2001. Disponível em: < <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 28 mar. 2008.

SOBRINHO, P.A. Tratamento de Esgoto e Geração de Lodo. In: W. BETTIOL & O. A. CAMARGO (Ed.) **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, v.1, 2000. P.11-24.

SOCOL, V.T., PAULINO, R.C. Riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 245-258 p.

**SOCIOAMBIENTAL**: uma nova realidade para o saneamento em porto alegre. Ecos, Porto Alegre, n. 34, mar. 2014. Edição especial.

**STANDARD methods for the examination of water and wastewater**. 22th. ed. Washington: American Water Works Association, 2012. 1 v.

STIEN, J.L.; SCHWARTZBROD, J. Viability determination of *Ascaris* eggs recovered from wastewater. **Environmental Technology Letters**, London, v. 9. p. 401-406. 1988.

STRAUCH, D. Improvement of the quality of sewage sludge: microbiological aspects. In: DIRKZWAGER, A. H., L'HERMITE, p. (Ed.). **Sewage sludge treatment and use: new developments, technological aspects and environmental aspects**. London: Elsevier Applied Science, 1989. p. 160-179.

STRAUS, E.L. Normas de utilização de lodos de esgoto na agricultura. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 215-224.

STRAUSS, M. **Characteristics of faecal sludges from on-site sanitation systems collated from published and unpublished literature**. Dubendorf: EAWAG/Sandec, 1995.

TAY, J.H.; SHOW, K.Y. Properties of cement made from sludge. **Journal of Environmental Engineering**, New York, v. 117, n.2, p. 236-246, Mar./Apr. 1991.

TEDESCO, M.J.; VPLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS, 1985. 180 p.

THOMAZ-SOCCOL, V. et al. Organismos patogênicos presentes em lodo de esgoto a ser aplicado no solo e a Resolução 375 do Conama. In COSCIONE, A.R.; NOGUEIRA, T.A.R.; PIRES, A.M.M. (Ed.). **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução 375 do Conama**. Botucatu: FEPAF, 2010. v. 1, p. 83-111.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L.; **Microbiologia**. 6 ed. Porto Alegre; Artmed, 2000. p. 154-206.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F.; GOMPERTZ, O.; CANDEIAS, J.A.N. **Microbiologia**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 1999. p. 26-33.

TRINDADE, P.B.C.B.; MENDONÇA, A.S.F. Eutrofização em reservatórios. Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 275-282, set. 2014.

TSUTIYA, M.T. Alternativas da disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos: In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do uso agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000 p. 69-105.

\_\_\_\_\_. **Alternativas de disposição final de biossólidos**. São Paulo: SABESP, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Control of pathogens and vector attraction in sewage sludges. EPA/625/R-92/013. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2003.

VALE, M.B. **Avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica e microbiológica de três sistemas de lagoas de estabilização em série na Grande Natal-RN**: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II. 2007. 94f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

VAN HAANDEL, A.C., LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf, 1994. [202] p.

VARENNE, A. **Produtividade dos solos e ambiente**. Lisboa: Escolar, 2003.

VOLSCHAN JUNIOR, I.; JORDÃO, E.R.F.; PAIXÃO, M.C.T. Caracterização qualitativa do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos domésticos da região metropolitana do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa, PB. **Trabalhos técnicos...** Rio de Janeiro: Abes 2001. 1 CD-ROM.

VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. In \_\_\_\_\_. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2002. v. 3.

VON SPERLING, M.; GONCALVES, R.F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Ed.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2001. cap. 2, p. 17-67.

WANG, P.; OLSSON, B.A.; ARVIDSSON, H.; LUNDKVIST, H. Short-term effects of nutrient compensation following whole-tree harvesting on soil and soil water chemistry in a young Norway spruce stand. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.336, n.1/2, Nov. 2010. p. 323-336.

WANKE, R. et al. Avaliação da capacidade de desaguamento de diferentes tipos de lodos de esgotos através de drenagem natural da água livre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville, SC. **Anais**. Rio de Janeiro: Abes, 2003. 1 CD-ROM.

WEBBER, M.D. Diretrizes para aplicação de lodo no solo. In: **Curso de avaliação de risco no gerenciamento do Lodo de esgoto**. São Paulo, 1998. Convênio CANADÁ/SABESP/CETESB.

WESTERN. **Australian guidelines for biosolids management**. Perth, WA: Department of Environment and Conservation, 2012. 89 p.

WHARTON, D. A. Nematode egg-shells. **Parasitology**, Cambridge, v. 81, n.3, p.447-453, Oct. 1980.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **The global competitiveness report**. 1999. Geneva, 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Excreta and greywater use in agriculture. In \_\_\_\_\_. **Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater**. Geneva, 2006. v. 4.

\_\_\_\_\_. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva, 1989. 74 p. (WHO Technical Report Series, n. 778).

\_\_\_\_\_. **Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater**. Vol 4: Excreta and greywater use in agriculture. Geneva, WHO, 182p. 2006.

WPCF. Sludge stabilization-Manual of practice FD-9. **Prepared by task force on sludge stabilization**. Washington, 1985.

ZHOU, B.F.; LI, LINANG, J. The use of methylene blue-eosin-borax stain in determining the viability of *Ascaris* Ova. *Journal of Parasitology and Parasitic Diseases*, Shanghai, v. 3, 1985, apud ROJAS, M.N., GALVAO, M.; VICTORIA, J. Evaluación rápida de la viabilidad de los huevos de helmintos con colorantes biológicos. In: Congreso Interamericano de Ingeniería sanitaria y ambiental, 26., 1998, Lima, Peru. [**Temas**]. Lima: AIDIS, 1998. 1 CD-ROM.

**ANEXO A**

Laudos de amostras de lodo bruto (A1, A2, A3 e A4) para agentes patogênicos, potencial agrônômico e caracterização química



## Laudo Analítico BQ-149708/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-1

**Ident. da Amostra:** Amostra A1

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** --

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 12/07/2016 11h 20min

**Data da amostragem:** 12/07/2016 10h 30min

**Data do Laudo:** 24/08/2016

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
% Sólidos	18,96	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	22/08/2016
Sólidos voláteis	11,29	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	23/08/2016
Umidade	81	%	Gravimetria	0,1	---	---	22/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	16000	NMP/g MS	Tubos múltiplos	0,3	---	---	21/07/2016
Coliformes totais (NMP)	>11000	NMP/g	Substrato enzimático	0,3	---	---	21/07/2016
Ovos viáveis de Helmintos	0,56	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	17/08/2016
Salmonella sp	Presença	10g ST	EPA 625 R-92/013	---	---	---	20/07/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

Cálcio	15423	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	19/08/2016
Carbono orgânico total	1,9	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	23/08/2016
Enxofre(a)	19525	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	22/08/2016
Fósforo total	8845	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	19/08/2016
Magnésio	5300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	19/08/2016
Nitrogênio amoniacal	255	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	24/08/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	9020	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	15/08/2016
Potássio	2394	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	19/08/2016

BQ-149708/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-149708/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Sódio	85,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	19/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	9,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	19/08/2016
Bário	543	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	19/08/2016
Cádmio	1,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	19/08/2016
Chumbo	56,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	19/08/2016
Cobre	353	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Cromo	34,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	19/08/2016
Mercurio	2,08	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	20/07/2016
Molibdênio	6,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	19/08/2016
Níquel	18,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	19/08/2016
Selênio	6,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	19/08/2016
Zinco	843	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	19/08/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	01/08/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	01/08/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	01/08/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	01/08/2016

BQ-149708/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-149708/16

(Continuação)

Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	01/08/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	01/08/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	01/08/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	01/08/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	01/08/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	01/08/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	01/08/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	<0,15	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	20/07/2016
----------	-------	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	92	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Bário	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Cádmio	92	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Chumbo	87	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Cobalto	85	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016

BQ-149708/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-149708/16

(Continuação)

Molibdênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Níquel	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Selênio	85	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Vanádio	83	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016
Zinco	87	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	01/08/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurío	104	%	EPA 7471B (2007)		20/07/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

BQ-149708/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-149708/16

(Continuação)

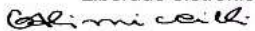
**Nota:**

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.


**Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Helena Campos Rolla  
Bióloga  
CRBio nº 08124-03

BQ-149708/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-150232/16

**Cliente:** Saideamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-1

**Ident. da Amostra:** Amostra A2

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Sedimento

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 26/07/2016 10h 20min

**Data da amostragem:** 26/07/2016 09h 30min

**Data do Laudo:** 08/09/2016

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
% Sólidos	19,35	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	22/08/2016
Sólidos voláteis	11,43	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	23/08/2016
Umidade	80,6	%	Gravimetria	0,1	---	---	22/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	92000	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	27/07/2016
Coliformes totais (NMP)	>241960	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	27/07/2016
Ovos viáveis de Helmintos	0	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	06/09/2016
Salmonella sp	Presença	10g ST	EPA 625 R-92/013	---	---	---	03/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agronômico

Cálcio	10370	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	22/08/2016
Carbono orgânico total	1,7	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	23/08/2016
Enxofre(a)	14500	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	22/08/2016
Fósforo total	11724	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	19/08/2016
Magnésio	3268	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	22/08/2016
Nitrogênio amoniacal	287	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	24/08/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	10061	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	15/08/2016
Potássio	2017	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	22/08/2016

BQ-150232/16 - 1

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150232/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Sódio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	—	—	22/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	9,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Bário	370	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Cádmio	1,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	19/08/2016
Chumbo	59,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Cobre	361	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Cromo	36,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Mercúrio	1,418	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	05/08/2016
Molibdênio	7,1	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Níquel	19,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	19/08/2016
Selênio	7,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	19/08/2016
Zinco	865	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	19/08/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	19/08/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016

BQ-150232/16 - 2

NSF Bioensaiois - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaiois@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150232/16

(Continuação)

Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	19/08/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	19/08/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	19/08/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	19/08/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	19/08/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	104	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Bário	116	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cádmio	92	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Chumbo	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cobre	110	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cromo	106	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Níquel	103	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016

BQ-150232/16 - 3

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150232/16

(Continuação)

Selênio	115	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Zinco	115	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016

### Legenda:

AOAC: Association of Analytical Communities  
 ASTM: American Society for Testing and Materials  
 EPA: US-Environmental Protection Agency  
 IM: Incerteza da medição  
 LOD: Limite de detecção  
 LOQ: Limite de quantificação  
 MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG  
 MFL: Milhões de Filamentos por Litro  
 NBR: Norma Brasileira da ABNT  
 ND: Não detectado  
 OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
 POP: Procedimento Operacional Padrão  
 SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF  
 V.O.: Valores Orientadores  
 VMP: Valor Máximo Permitido  
 VR: Valor Recomendado

### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
 Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS




### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### Condições específicas de ensaios:

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

 Vinicius Praia Carvalho Químico CRQ-05202671-5ª Região	 Gisele de Azevedo Kimieciki Química CRQ-05101065-5ª Região	 Helena Campos Rolla Bióloga CRBio nº 08124-03
---	--	--

BQ-150232/16 - 4 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.





## Laudo Analítico BQ-150801/16

**Cliente:** Saideamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-1

**Ident. da Amostra:** Amostra A3

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Sedimento

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 09/08/2016 10h 30min

**Data da amostragem:** 09/08/2016 09h 30min

**Data do Laudo:** 27/09/2016

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
% Sólidos	18,4	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	22/08/2016
Sólidos voláteis	10,9	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	23/08/2016
Umidade	81,6	%	Gravimetria	0,1	---	---	22/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	3500	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	16/08/2016
Coliformes totais (NMP)	>241960,0	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	17/08/2016
Ovos viáveis de Helmintos	0	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	06/09/2016
Salmonella sp	Presença	10g ST	EPA 625 R-92/013	---	---	---	19/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

Cálcio	9476	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	22/08/2016
Carbono orgânico total	1,8	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	26/08/2016
Enxofre(a)	19527	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	27/09/2016
Fósforo total	8893	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	19/08/2016
Magnésio	2999	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	22/08/2016
Nitrogênio amoniacal	222	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	24/08/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	9637	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	15/08/2016
Potássio	1717	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	22/08/2016

BQ-150801/16 - 1

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150801/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Sódio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	—	—	22/08/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	9,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Bário	435	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Cádmio	0,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	19/08/2016
Chumbo	44,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Cobre	288	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Cromo	28,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	19/08/2016
Mercúrio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	17/08/2016
Molibdênio	5,7	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Níquel	14,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	19/08/2016
Selênio	5,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	19/08/2016
Zinco	656	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	19/08/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	19/08/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	19/08/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016

BQ-150801/16 - 2

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150801/16

(Continuação)

Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	19/08/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	19/08/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	19/08/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	19/08/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	19/08/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	17/08/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Bário	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cádmio	84	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Chumbo	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cobre	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Cromo	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Molibdênio	83	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Níquel	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016

BQ-150801/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150801/16

(Continuação)

Selênio	83	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016
Zinco	104	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	19/08/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	80	%	EPA 7471B (2007)		17/08/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Química Pura - Laboratório de Análises Químicas e Microbiológicas  
Av. Baltazar de Oliveira Garcia, 1899 - Sarandi - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-150801/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-150801/16


(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

**Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Helena Campos Rolla  
Bióloga  
CRBio nº 08124-03

BQ-150801/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-151699/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-1

**Ident. da Amostra:** Amostra A4

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 30/08/2016 11h 00min

**Data da amostragem:** 30/08/2016

**Data do Laudo:** 19/10/2016

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Salmonella sp(b)	<0,3	NMP/g MS	Instrução Normativa n° 53/13	0,3	---	---	19/10/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	>1600000	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	13/10/2016
Coliformes totais (NMP)	1413610	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	13/10/2016
Ovos viáveis de Helmintos	Ausente	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	11/10/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

% Sólidos	19,20	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	11/09/2016
Cálcio	9598	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	14/09/2016
Carbono orgânico total	1,8	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	23/09/2016
Enxofre(a)	18832	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	17/10/2016
Fósforo total	10341	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	14/09/2016
Magnésio	2783	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	14/09/2016
Nitrato	<0,9	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	10/10/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	10/10/2016
Nitrogênio amoniacal	4525	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	07/10/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	6334	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	28/09/2016
pH em água (1:10)	5,6	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	27/09/2016

BQ-151699/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-151699/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Potássio	1803	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	14/09/2016
Sódio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	14/09/2016
Sólidos voláteis	11,64	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	11/09/2016
Umidade	80,8	%	Gravimetria	0,1	---	---	11/09/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	9,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	14/09/2016
Bário	525	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	14/09/2016
Cádmio	1,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	14/09/2016
Chumbo	56,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	14/09/2016
Cobre	323	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	14/09/2016
Cromo	31,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	14/09/2016
Mercurio	1,48	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	26/09/2016
Molibdênio	6,6	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	14/09/2016
Níquel	17,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	14/09/2016
Selênio	4,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	14/09/2016
Zinco	858	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	14/09/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	14/09/2016
---------	----	-------	----------------------------------	-----	-----	-----	------------

BQ-151699/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-151699/16

(Continuação)

Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	14/09/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	14/09/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	14/09/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	14/09/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	14/09/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	14/09/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	14/09/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	14/09/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	14/09/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Merúrio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	26/09/2016
---------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	118	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Bário	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Cádmio	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Chumbo	109	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Cobalto	88	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016

BQ-151699/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-151699/16

(Continuação)

Cobre	120	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Cromo	85	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Manganês	116	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Molibdênio	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Níquel	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Selênio	120	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Vanádio	103	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016
Zinco	99	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	14/09/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	118	%	EPA 7471B (2007)		26/09/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF

BQ-151699/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-151699/16

(Continuação)

V.O.: Valores Orientadores  
 VMP: Valor Máximo Permitido  
 VR: Valor Recomendado

### Laboratórios terceirizados:

- (a) Química Pura - Laboratório de Análises Químicas e Microbiológicas  
 Av. Baltazar de Oliveira Garcia, 1899 - Sarandi - Porto Alegre - RS
- (b) Porto Belo Serviços Veterinários Sociedade Simples Ltda.  
 Rua Conselheiro Xavier da Costa, 2190, Jardim Isabel - Bairro Ipanema - Porto Alegre - RS - CEP: 917

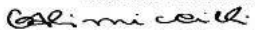
### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### Condições específicas de ensaios:

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
 Gisele de Azevedo Kimieciki  
 Química  
 CRQ-05101065-5ª Região

  
 Vinicius Praia Carvalho  
 Químico  
 CRQ-05202671-5ª Região

  
 Helena Campos Rolla  
 Bióloga  
 CRBio nº 08124-03

BQ-151699/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
 Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.

**ANEXO B**

Laudos de amostras de lodo testemunha (A1-T, A2-T, A3-T e A4-T) para agentes patogênicos, potencial agrônômico e caracterização química



## Laudo Analítico BQ-152488/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-2

**Ident. da Amostra:** Amostra A1-T

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 21/09/2016 09h 20min

**Data da amostragem:** 21/09/2016

**Data do Laudo:** 09/11/2016

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Salmonella sp	<0,3	-	NMP/g MS	Instrução Normativa n° 53/13	0,3	---	---	19/10/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	4600	-	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	26/09/2016
Coliformes totais (NMP)	241957	-	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	23/09/2016
Ovos viáveis de Helmintos	0,14	-	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	01/11/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

% Sólidos	88	-	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/09/2016
Cálcio	25017	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Carbono orgânico total	1,9	-	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	18/10/2016
Enxofre(a)	20045	-	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	11331	-	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	03/10/2016
Magnésio	44,11	-	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Nitrato	<0,9	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	24/10/2016
Nitrito	<1	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	24/10/2016
Nitrogênio amoniacal	1496	-	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	22/10/2016

BQ-152488/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152488/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Nitrogênio Total Kjeldahl	6659	-	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	28/09/2016
pH em água (1:10)	6,2	-	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	27/09/2016
Potássio	2799	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Sódio	306	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Sólidos voláteis	49,31	-	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/09/2016
Umidade	11,0	-	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/09/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	9,2	41	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Bário	466	1300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Cádmio	0,9	39	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	03/10/2016
Chumbo	48,9	300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Cobre	310	1500	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	03/10/2016
Cromo	26,6	1000	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Mercúrio	1,42	17	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	28/10/2016
Molibdênio	6,2	50	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Níquel	15,7	420	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	03/10/2016
Selênio	6,9	100	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	03/10/2016
Zinco	568	2800	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	03/10/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Cádmio	ND		mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/10/2016
--------	----	--	-------	----------------------------------	-----	------	------	------------

BQ-152488/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152488/16

(Continuação)

Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/10/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/10/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/10/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	28/10/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Cádmio	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Chumbo	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cobre	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cromo	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Molibdênio	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Níquel	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Selênio	84	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016

BQ-152488/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152488/16

(Continuação)

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	109	%	EPA 7471B (2007)		28/10/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

#### Condições específicas de ensaios:



## Laudo Analítico BQ-152488/16

(Continuação)

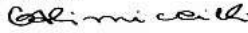
Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

### **Interpretação Resultados:**

Baseado na listagem de valores máximos permitidos pelo(a) "Conama 375 Lodo de esgoto" pode-se afirmar que a amostra analisada satisfaz os limites permitidos

Liberado eletronicamente por:

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Helena Campos Rolla  
Bióloga  
CRBio nº 08124-03

BQ-152488/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.





## Laudo Analítico BQ-153613/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153613/16 Revisão 01

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-3

**Ident. da Amostra:** A2-T

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 18/10/2016 11h 00min

**Data da amostragem:** 18/10/2016

**Data do Laudo:** 04/07/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	86,60	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	01/11/2016
Cálcio	5757	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	04/07/2017
Carbono orgânico total	30672	mg/kg	Embrapa 2011	1000	0,05	---	06/04/2017
Enxofre	13504	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	11700	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	04/07/2017
Magnésio	1827	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	04/07/2017
Nitrato	<0,9	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	04/11/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	04/11/2016
Nitrogênio amoniacal	1025	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	28/11/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	6763	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	11/11/2016
pH em água (1:10)	4,9	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	04/11/2016
Potássio	1149	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	25/11/2016
Sódio	464	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Sólidos voláteis	49,42	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	01/11/2016
Umidade	12,0	%	Gravimetria	0,1	---	---	01/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	8,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017

BQ-153613/16-Revisão 02 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153613/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153613/16 Revisão 01  
(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	109	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Cádmio	1,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	04/07/2017
Chumbo	46,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Cobre	296	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	04/07/2017
Cromo	25,7	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Mercurio	1,51	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
Molibdênio	6,6	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Níquel	14,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	04/07/2017
Selênio	5,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	04/07/2017
Zinco	664	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	04/07/2017

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/11/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016

#### BQ-153613/16-Revisão 02 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153613/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153613/16 Revisão 01  
(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/11/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/11/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
----------	----	-------	-----------------------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016

BQ-153613/16-Revisão 02 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153613/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153613/16 Revisão 01  
(Continuação)

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	93	%	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)		11/11/2016

#### Legenda:

- AL: Prejudicado por Acidente Laboratorial
- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

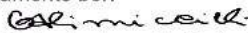
#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

#### Condições específicas de ensaios:

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-153613/16-Revisão 02 - 4 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154748/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A3-T

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 29/12/2016

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	87,46	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	20056	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	3,5	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	15146	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	ND	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	4857	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	988	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	29/12/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	4153	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	5,3	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	02/12/2016
Potássio	2785	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	821	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	50,77	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	10,9	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154748/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154748/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	<2,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	<0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	9,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	4,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Mercúrio	1,63	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	<2,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	<2,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	08/12/2016
Selênio	1,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016

BQ-154748/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154748/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154748/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154748/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		14/12/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154748/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-154748/16

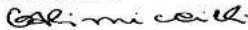
(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

**Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-154748/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil

Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154752/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A4-T

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	90,06	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	34630	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	4,0	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	16943	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	1107	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	3131	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	1187	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	5807	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	5,5	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	02/12/2016
Potássio	5403	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	1488	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	30,34	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	9,9	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154752/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154752/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	65,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	<0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	4,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Cobre	26,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	3,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Mercúrio	1,04	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	<2,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	3,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	08/12/2016
Selênio	1,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	08/12/2016
Zinco	65,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016

BQ-154752/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154752/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154752/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154752/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154752/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154752/16

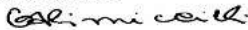
(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

**Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-154752/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.

**ANEXO C**

Laudos de amostras de lodo com 30% de cinzas (A1-30, A2-30, A3-30 e A4-30) para agentes patogênicos, potencial agrônômico e caracterização química



## Laudo Analítico BQ-152489/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-2

**Ident. da Amostra:** Amostra A1-30

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 21/09/2016 09h 20min

**Data da amostragem:** 21/09/2016

**Data do Laudo:** 09/11/2016

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Salmonella sp(b)	<0,3	-	NMP/g MS	Instrução Normativa n° 53/13	0,3	---	---	19/10/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	<1,8	-	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	26/09/2016
Coliformes totais (NMP)	745	-	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	23/09/2016
Ovos viáveis de Helmintos	0	-	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	01/11/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

% Sólidos	90,72	-	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/09/2016
Cálcio	114767	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Carbono orgânico total	1,8	-	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	18/10/2016
Enxofre(a)	19077	-	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	6507	-	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	03/10/2016
Magnésio	10106	-	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Nitrato	1,1	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	24/10/2016
Nitrito	<1	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	24/10/2016
Nitrogênio amoniacal	1016	-	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	22/10/2016

BQ-152489/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-152489/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Nitrogênio Total Kjeldahl	6982	-	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	28/09/2016
pH em água (1:10)	8,3	-	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	27/09/2016
Potássio	19848	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Sódio	4561	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Sólidos voláteis	32,19	-	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/09/2016
Umidade	9,3	-	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/09/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	5,5	41	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Bário	236	1300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Cádmio	0,6	39	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	03/10/2016
Chumbo	19,9	300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Cobre	115	1500	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	03/10/2016
Cromo	22,0	1000	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Mercurio	ND	17	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	28/10/2016
Molibdênio	3,5	50	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Níquel	15,2	420	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	03/10/2016
Selênio	7,1	100	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	03/10/2016
Zinco	307	2800	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	03/10/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/10/2016
--------	----	-------	----------------------------------	-----	------	------	------------

BQ-152489/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152489/16

(Continuação)

Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/10/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/10/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/10/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	28/10/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Cádmio	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Chumbo	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cobre	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cromo	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Molibdênio	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Níquel	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Selênio	84	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016

BQ-152489/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152489/16

(Continuação)

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	109	%	EPA 7471B (2007)		28/10/2016

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS
- (b) Porto Belo Serviços Veterinários Sociedade Simples Ltda.  
Rua Conselheiro Xavier da Costa, 2190, Jardim Isabel - Bairro Ipanema - Porto Alegre - RS - CEP: 917

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

#### Condições específicas de ensaios:



## Laudo Analítico BQ-152489/16

(Continuação)

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

### **Interpretação Resultados:**

Baseado na listagem de valores máximos permitidos pelo(a) "Conama 375 Lodo de esgoto" pode-se afirmar que a amostra analisada satisfaz os limites permitidos

Liberado eletronicamente por:

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Helena Campos Rolla  
Bióloga  
CRBio nº 08124-03

BQ-152489/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-153614/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153614/16 Revisão 01

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-3

**Ident. da Amostra:** A2-30

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 18/10/2016 11h 00min

**Data da amostragem:** 18/10/2016

**Data do Laudo:** 04/07/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	91,08	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	01/11/2016
Cálcio	40428	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Carbono orgânico total	33960	mg/kg	Embrapa 2011	1000	0,05	---	06/04/2017
Enxofre(a)	12660	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	6060	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	04/07/2017
Magnésio	4073	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	04/07/2017
Nitrato	<0,9	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	28/11/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	28/11/2016
Nitrogênio amoniacal	652	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	28/11/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	4635	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	11/11/2016
pH em água (1:10)	8,0	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	04/11/2016
Potássio	7458	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	04/07/2017
Sódio	2265	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Sólidos voláteis	35,87	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	01/11/2016
Umidade	8,9	%	Gravimetria	0,1	---	---	01/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	5,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017

BQ-153614/16-Revisão 02 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153614/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153614/16 Revisão 01  
(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	236	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Cádmio	0,7	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	04/07/2017
Chumbo	23,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Cobre	132	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	04/07/2017
Cromo	19,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Mercurio	1,07	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
Molibdênio	3,9	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Níquel	14,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	04/07/2017
Selênio	3,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	04/07/2017
Zinco	344	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	04/07/2017

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/11/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016

#### BQ-153614/16-Revisão 02 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153614/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153614/16 Revisão 01  
(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/11/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/11/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
----------	----	-------	-----------------------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016

BQ-153614/16-Revisão 02 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## **Laudo Analítico BQ-153614/16-Revisão 02**

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153614/16 Revisão 01  
(Continuação)

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	93	%	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)		11/11/2016

#### Legenda:

- AL: Prejudicado por Acidente Laboratorial
- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios subcontratados:

- Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0692:
- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

#### Condições específicas de ensaios:





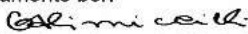
## **Laudo Analítico BQ-153614/16-Revisão 02**

Este laudo substitui o laudo analítico BQ-153614/16 Revisão 01

(Continuação)

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-153614/16-Revisão 02 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil

Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154749/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A3-30

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	90,58	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	170611	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	2,9	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	14348	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	5189	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	14469	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	2,0	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	<1	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	985	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	26/12/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	4304	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	7,7	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	02/12/2016
Potássio	29107	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	8134	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	35,07	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	9,4	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154749/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154749/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	231	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	20,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Cobre	133	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	18,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Mercúrio	0,75	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	2,9	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	14,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	08/12/2016
Selênio	7,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	08/12/2016
Zinco	290,7	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	02/01/2017

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016

BQ-154749/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154749/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154749/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154749/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154749/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154749/16


(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### **Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

BQ-154749/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154753/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A4-30

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	91,57	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	139619	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	2,8	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	16299	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	6246	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	12295	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	<0,9	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	897	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	4596	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	7,5	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	02/12/2016
Potássio	23739	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	5954	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	36,74	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	8,4	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	<2,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154753/16 - 1

NSF Bioensaio - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaio@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154753/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	80,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	0,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	24,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Cobre	167	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	20,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Mercúrio	0,65	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	3,0	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	15,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	08/12/2016
Selênio	8,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	08/12/2016
Zinco	335	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016

BQ-154753/16 - 2

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-154753/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154753/16 - 3

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154753/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154753/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154753/16

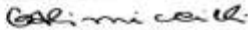
(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### **Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimiecik  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-154753/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.

**ANEXO D**

Laudos de amostras de lodo com 50% de cinzas (A1-50, A2-50, A3-50 e A4-50) para agentes patogênicos, potencial agronômico e caracterização química



## Laudo Analítico BQ-152490/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-2

**Ident. da Amostra:** Amostra A1-50

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 21/09/2016 09h 20min

**Data da amostragem:** 21/09/2016

**Data do Laudo:** 14/11/2016

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Salmonella sp(b)	<0,3	-	NMP/g MS	Instrução Normativa n° 53/13	0,3	---	---	19/10/2016

### ■ CONAMA 375 - Agente Patógeno

Coliformes termotolerantes (NMP)	<1,8	-	NMP/g MS	Tubos múltiplos	1,8	---	---	26/09/2016
Coliformes totais (NMP)	3267	-	NMP/g	Substrato enzimático	1,0	---	---	23/09/2016
Ovos viáveis de Helminthos	0	-	ovos/g ST	EPA 625 R-92/013	-	---	---	01/11/2016

### ■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico

% Sólidos	90,82	-	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/09/2016
Cálcio	155842	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Carbono orgânico total	1,7	-	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	18/10/2016
Enxofre(a)	18044	-	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	7648	-	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	03/10/2016
Magnésio	13689	-	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Nitrato	1,2	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	24/10/2016
Nitrito	<1	-	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	24/10/2016
Nitrogênio amoniacal	1500	-	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	22/10/2016

BQ-152490/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil

Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152490/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	CMP Con 375	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Nitrogênio Total Kjeldahl	8047	-	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ed (2012)	50	15	---	28/09/2016
pH em água (1:10)	7,1	-	---	Eletrometria	0,2	0,,1	---	27/09/2016
Potássio	28721	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	03/10/2016
Sódio	7244	-	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	03/10/2016
Sólidos voláteis	36,10	-	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/09/2016
Umidade	9,2	-	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/09/2016

### ■ CONAMA 375 - Caracterização química

Arsênio	5,5	41	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Bário	275	1300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Cádmio	0,6	39	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	03/10/2016
Chumbo	21,2	300	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Cobre	147	1500	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	03/10/2016
Cromo	24,7	1000	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	03/10/2016
Mercurio	<0,15	17	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/11/2016
Molibdênio	4,2	50	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	03/10/2016
Níquel	18,7	420	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	03/10/2016
Selênio	8,5	100	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	03/10/2016
Zinco	347	2800	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	03/10/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Cádmio	ND		mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/10/2016
--------	----	--	-------	----------------------------------	-----	------	------	------------

BQ-152490/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152490/16

(Continuação)

Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/10/2016
Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/10/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/10/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/10/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/10/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Cádmio	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Chumbo	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cobre	81	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Cromo	82	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Molibdênio	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Níquel	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016
Selênio	84	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/10/2016

#### Legenda:

AOAC: Association of Analytical Communities

ASTM: American Society for Testing and Materials

BQ-152490/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-152490/16

(Continuação)

EPA: US-Environmental Protection Agency  
 IM: Incerteza da medição  
 LOD: Limite de detecção  
 LOQ: Limite de quantificação  
 MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG  
 MFL: Milhões de Filamentos por Litro  
 NBR: Norma Brasileira da ABNT  
 ND: Não detectado  
 OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
 POP: Procedimento Operacional Padrão  
 SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF  
 V.O.: Valores Orientadores  
 VMP: Valor Máximo Permitido  
 VR: Valor Recomendado

### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
 Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS
- (b) Porto Belo Serviços Veterinários Sociedade Simples Ltda.  
 Rua Conselheiro Xavier da Costa, 2190, Jardim Isabel - Bairro Ipanema - Porto Alegre - RS - CEP: 917

### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.




### Condições específicas de ensaios:

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

### Interpretação Resultados:

Baseado na listagem de valores máximos permitidos pelo(a) "Conama 375 Lodo de esgoto" pode-se afirmar que a amostra analisada satisfaz os limites permitidos

Liberado eletronicamente por:

 Vinicius Praia Carvalho Químico CRQ-05202671-5ª Região	 Gisele de Azevedo Kimieciki Química CRQ-05101065-5ª Região	 Helena Campos Rolla Bióloga CRBio nº 08124-03
---	--	--

BQ-152490/16 - 4 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.





## Laudo Analítico BQ-153615/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153615/16 Revisão 01

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-11543-16-3

**Ident. da Amostra:** A2-50

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Solo

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 18/10/2016 11h 00min

**Data da amostragem:** 18/10/2016

**Data do Laudo:** 04/07/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	91,66	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	01/11/2016
Cálcio	69766	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Carbono orgânico total	34760	mg/kg	Embrapa 2011	1000	0,05	---	06/04/2017
Enxofre(a)	12665	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	09/11/2016
Fósforo total	5740	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	04/07/2017
Magnésio	6341	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	04/07/2017
Nitrato	1,0	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	28/11/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	28/11/2016
Nitrogênio amoniacal	1258	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	28/11/2016
Nitrogênio Total Kjeldahl	6938	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	11/11/2016
pH em água (1:10)	8,3	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	04/11/2016
Potássio	11487	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Sódio	3386	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	25/11/2016
Sólidos voláteis	31,36	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	01/11/2016
Umidade	8,3	%	Gravimetria	0,1	---	---	01/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	4,8	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017

BQ-153615/16-Revisão 02 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153615/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153615/16 Revisão 01  
(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	215	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Cádmio	0,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	04/07/2017
Chumbo	19,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Cobre	114	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	04/07/2017
Cromo	19,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	04/07/2017
Mercurio	0,99	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
Molibdênio	<2,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	04/07/2017
Níquel	14,7	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	04/07/2017
Selênio	4,2	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	04/07/2017
Zinco	294	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	04/07/2017

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	17/11/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	17/11/2016

#### BQ-153615/16-Revisão 02 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153615/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153615/16 Revisão 01  
(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	17/11/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	17/11/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	17/11/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	17/11/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)	0,15	0,05	0,05	11/11/2016
----------	----	-------	-----------------------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	17/11/2016

BQ-153615/16-Revisão 02 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-153615/16-Revisão 02

Este laudo substitui o Laudo Analítico BQ-153615/16 Revisão 01  
(Continuação)

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	93	%	EPA 7471B (2007)/ 6010C (2000)		11/11/2016

#### Legenda:

- AL: Prejudicado por Acidente Laboratorial
- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios subcontratados:

- Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0692:
- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

#### Condições específicas de ensaios:



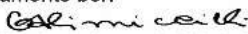
## **Laudo Analítico BQ-153615/16-Revisão 02**

Este laudo substitui o laudo analítico BQ-153615/16 Revisão 01

(Continuação)

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-153615/16-Revisão 02 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil

Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154750/16

**Cliente:** Saideamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A3-50

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	91,28	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	149980	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	2,7	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	15463	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	4209	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	12256	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	3,2	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	1059	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	5033	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	7,9	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	02/12/2016
Potássio	27694	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	7730	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	30,93	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	8,7	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154750/16 - 1

NSF Bioensaio - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaio@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154750/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	182	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	<0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	16,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Cobre	103	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	15,4	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Mercúrio	0,58	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	<2,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	12,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	08/12/2016
Selênio	6,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	08/12/2016
Zinco	244	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016

BQ-154750/16 - 2

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154750/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154750/16 - 3

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-154750/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154750/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154750/16

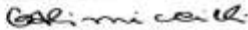
(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

**Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimiecik  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-154750/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154754/16

**Cliente:** Saideamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A4-50

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	93,26	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	152812	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	2,3	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	15956	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	4452	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	12855	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	1,2	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	ND	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	964	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	4060	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	8,1	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	02/12/2016
Potássio	29251	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	8171	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	34,26	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	6,7	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	<2,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	14/12/2016

BQ-154754/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154754/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	197	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	18,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Cobre	123	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	16,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Mercúrio	0,74	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	02/01/2017
Molibdênio	2,6	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	13,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	08/12/2016
Selênio	6,6	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	08/12/2016
Zinco	290	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016

BQ-154754/16 - 2

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154754/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154754/16 - 3

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154754/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154754/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154754/16

(Continuação)


ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### **Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

BQ-154754/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.

**ANEXO E**

Laudos de amostras de lodo com 100% de cinzas (A3-100 e A4-100) para potencial agronômico e caracterização química





## Laudo Analítico BQ-154751/16

**Cliente:** Saidelamine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A3-100

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	91,54	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	206801	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	4,4	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	15231	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	4920	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	18757	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	3,3	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	2,1	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	830	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	5226	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	8,5	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	02/12/2016
Potássio	38562	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	11496	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	24,67	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	8,5	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016

BQ-154751/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154751/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	190	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	<0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	16,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Cobre	117	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	18,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	08/12/2016
Mercúrio	0,48	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
Molibdênio	2,7	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	16,1	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	---	08/12/2016
Selênio	8,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	---	08/12/2016
Zinco	236	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	---	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016

BQ-154751/16 - 2

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
 Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154751/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	---	---	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	---	---	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154751/16 - 3

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154751/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercúrio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154751/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154751/16

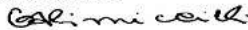
(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### **Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

BQ-154751/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil

Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.



## Laudo Analítico BQ-154755/16

**Cliente:** Saideleine Mahadal  
**Endereço:** Av. Universitária, 71 - 94500330 - Viamão-RS

**Proposta Comercial/Plano de Amostragem:** BOP-12590-16

**Ident. da Amostra:** A4-100

**Local Amostragem:** --

**Tipo Amostra:** Resíduo sólido

**Amostrado por:** Cliente

**Data de Recebimento:** 22/11/2016 09h 30min

**Data da amostragem:** 22/11/2016

**Data do Laudo:** 02/01/2017

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D. Digit.
<b>■ CONAMA 375 - Potencial agrônômico</b>							
% Sólidos	92,83	%	Gravimetria - Secagem a 105° C	0,01	---	---	28/11/2016
Cálcio	144773	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Carbono orgânico total	4,3	%	Embrapa 2011	0,1	0,05	---	12/12/2016
Enxofre(a)	15645	mg S/kg	EPA 200.7 (2001)/3050B (1996)	11,1	---	---	15/12/2016
Fósforo total	3686	mg/kg	EPA 3052 (1996)/6010C (2007)	30	9	---	08/12/2016
Magnésio	12872	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Nitrato	2,2	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	0,9	0,02	---	05/12/2016
Nitrito	2,1	mg/kg N	EPA 300.0 (1993)	1	0,3	---	05/12/2016
Nitrogênio amoniacal	1012	mg/kg N	Titulação c/destilação prévia	20	6	---	02/01/2017
Nitrogênio Total Kjeldahl	5446	mg/kg N	SMEWW 4500 Norg B - 22ª Ed. (2012)	50	15	---	06/12/2016
pH em água (1:10)	8,3	---	Eletrometria	0,2	0,1	---	02/12/2016
Potássio	28969	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	25	---	---	08/12/2016
Sódio	8433	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	50	---	---	08/12/2016
Sólidos voláteis	47,26	%	Gravimetria - Ignição a 550 °C	0,01	---	---	28/11/2016
Umidade	7,2	%	Gravimetria	0,1	---	---	28/11/2016
<b>■ CONAMA 375 - Caracterização química</b>							
Arsênio	<2,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	---	14/12/2016

BQ-154755/16 - 1

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
 Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154755/16

(Continuação)

Parâmetro	Resultado	Unidade	Método	LOQ	LOD	IM	D.Digit.
Bário	145	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	<0,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	14,0	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Cobre	88,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	15,5	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	—	08/12/2016
Mercúrio	0,46	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	02/01/2017
Molibdênio	<2,5	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	12,3	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	—	08/12/2016
Selênio	5,9	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	—	08/12/2016
Zinco	220	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	—	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Arsênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Bário	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Cádmio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,05	0,05	08/12/2016
Chumbo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Cobre	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Cromo	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,3	0,3	08/12/2016
Magnésio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016

BQ-154755/16 - 2

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154755/16

(Continuação)

Molibdênio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	—	—	08/12/2016
Níquel	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,2	0,2	08/12/2016
Potássio	ND	mg/Kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	500	—	—	08/12/2016
Selênio	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	0,5	0,01	0,01	08/12/2016
Zinco	ND	mg/kg	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	2,5	0,4	0,4	08/12/2016

### ■ Controle de Qualidade - Branco do método EPA 7471B (2007)

Mercurio	ND	mg/kg	EPA 7471B (2007)	0,15	0,05	0,05	14/12/2016
----------	----	-------	------------------	------	------	------	------------

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 3050B (1996)/6010C (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Arsênio	91	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Bário	97	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cádmio	94	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Chumbo	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cobre	93	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Cromo	96	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Magnésio	101	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Molibdênio	90	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Níquel	95	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

BQ-154755/16 - 3

NSF Bioensaicos - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaicos@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações





## Laudo Analítico BQ-154755/16

(Continuação)

Selênio	105	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016
Zinco	100	%	EPA 3050B (1996)/6010C (2007)	80-120	08/12/2016

### ■ Controle de qualidade - Amostra controle do método EPA 7471B (2007)

Fortificação da amostra controle: %

Parâmetro	Recuperação	Unidade	Metodologia	Faixa aceitável	Data digit.
Mercurio	104	%	EPA 7471B (2007)		02/01/2017

#### Legenda:

- AOAC: Association of Analytical Communities
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- EPA: US-Environmental Protection Agency
- IM: Incerteza da medição
- LOD: Limite de detecção
- LOQ: Limite de quantificação
- MAOQ-FURG: Manual de Análises em Oceanografia Química da FURG
- MFL: Milhões de Filamentos por Litro
- NBR: Norma Brasileira da ABNT
- ND: Não detectado
- OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- POP: Procedimento Operacional Padrão
- SM: Standard Methods da APHA-AWWA-WEF
- V.O.: Valores Orientadores
- VMP: Valor Máximo Permitido
- VR: Valor Recomendado

#### Laboratórios terceirizados:

- (a) Green Lab Análises Químicas e Toxicológicas  
Rua Felipe de Oliveira, 293 - Santa Cecília - Porto Alegre - RS

#### Nota:

A realização das análises dentro do prazo de validade de cada parâmetro é garantida desde que todo o trâmite analítico (amostragem e análise) tenha sido de responsabilidade da NSF Bioensaios. Desvios percebidos no

BQ-154755/16 - 4

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (51) 3493-6888 Fax: (51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org  
Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações



## Laudo Analítico BQ-154755/16

(Continuação)

ato do recebimento de amostras são informados aos interessados para deliberação a respeito da continuidade do processo analítico.

### **Condições específicas de ensaios:**

Nenhum desvio de método ou condições adversas foram registradas durante os ensaios.

Liberado eletronicamente por:

  
Vinicius Praia Carvalho  
Químico  
CRQ-05202671-5ª Região

  
Gisele de Azevedo Kimieciki  
Química  
CRQ-05101065-5ª Região

BQ-154755/16 - 5 Última página

NSF Bioensaios - Prestação de Serviços de Análises e Certificação Ltda. - Rua Palermo, 257 - 94480-775 - Viamão - RS - Brasil  
Fone: (55 51) 3493-6888 Fax: (55 51) 3493-6885 / e-mail: nsf-bioensaios@nsf.org

Os resultados referem-se apenas a amostra ensaiada. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra e sem alterações.

**ANEXO F**

Laudos de análises microbiológicas com quantificação de salmonellas e ovos de helmintos

# Porto Belo

LABORATÓRIO

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16101706**Identificação do material: **Amostras A2T, A230 e A250**Responsável pela coleta: **Saide Abibe Mahadal**Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**

Endereço: Avenida Universitária, 71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330

Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 17/10/2016

Data coleta: 17/10/2016

CRMV: Não Consta

Lacre: Não Consta

Fone: (51) 8318 9725

Tipo e Nº de Am. Proc.: Lodo - 03.

<b>Análise Solicitada:</b> Pesquisa de Salmonella, NMP Coliformes Totais e NMP Coliformes Termotolerantes.
--

## Resultados:

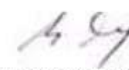
### Identificação: A2T

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **40 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **40 NMP/g de MS (Positivo)**

### Identificação: A230

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **2,4 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **2,4 NMP/g de MS (Positivo)**

### Identificação: A250

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **2,5 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **< 0,3 NMP/g de MS (Negativo)**


Responsável Técnica  
Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
26/10/2016

Siglas:

NMP CT/CT

PESQ. SALM.

CT/CT = Coliformes Totais/Termotolerantes

Salm = Salmonella

Restreabilidade:

Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.

Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s). Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra.

Norma(s) de Referência - Métodos:

NMP CT = Instrução Normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003 - MAPA - Capítulo IX. Método Utilizado = ME 4012 04

Pesc. Salm. = Portaria 128, de 02 de novembro de 1965, ANEXO I - MAPA - P/NSA - 2002. Método Utilizado = ME 4010 03

Página 1/1 do protocolo 2.16101706

FML3026B 03 - Rev08

Rua Cons. Xavier da Costa, 2190 - Ipanema  
Fone/Fax (51) 32467134 - CEP. 91760-030 - Porto Alegre-RS  
portobelo@labportobelo.com.br

# Porto Belo

LABORATÓRIO

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16101705**Identificação do material: **Amostra LB1**Responsável pela coleta: **Saide Abibe Mahadal**Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**

Endereço: Avenida Universitária, 71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330

Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 17/10/2016

Data coleta: 17/10/2016

CRMV: Não Consta

Lacre: Não Consta

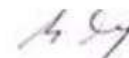
Fone: (51) 8318 9725

Tipo e Nº de Am. Proc.: Lodo - 01.

**Análise Solicitada:** NMP Salmonella e Contagem de ovos viáveis de Helmitos.

## Identificação: Amostra LB1

### Resultados:

NMP Salmonella: **< 0,3 NMP/g de MS (Negativo)**Contagem de ovos viáveis de Helmitos: **< 1,0 ovo/4 g de ST (Negativo)**


Responsável Técnica  
Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
26/10/2016

Siglas:

NMP Salmonella  
Ex. Parasito Esp.NMP Salmonella  
Exame Parasitológico Especial

Restreabilidade:

Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.

Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s). Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra.

Página 1/1 do protocolo 2.16101705

FML3026B 03 - Rev08

Rua Cons. Xavier da Costa, 2190 - Ipanema  
Fone/Fax (51) 32467134 - CEP. 91760-030 - Porto Alegre-RS  
portobelo@labportobelo.com.br

# Porto Belo

LABORATÓRIO

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16101706**Identificação do material: **Amostras A2T, A230 e A250**Responsável pela coleta: **Saide Abibe Mahadal**Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**

Endereço: Avenida Universitária, 71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330

Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 17/10/2016

Data coleta: 17/10/2016

CRMV: Não Consta

Lacre: Não Consta

Fone: (51) 8318 9725

Tipo e Nº de Am. Proc.: Lodo - 03.

<b>Análise Solicitada:</b> Pesquisa de Salmonella, NMP Coliformes Totais e NMP Coliformes Termotolerantes.
--

## Resultados:

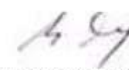
### Identificação: A2T

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **40 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **40 NMP/g de MS (Positivo)**

### Identificação: A230

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **2,4 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **2,4 NMP/g de MS (Positivo)**

### Identificação: A250

Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**NMP Coliformes Totais: **2,5 NMP/g de MS (Positivo)**NMP Coliformes Termotolerantes: **< 0,3 NMP/g de MS (Negativo)**


Responsável Técnica  
Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
26/10/2016

Siglas:

NMP CT/CT

PESQ. SALM.

CT/CT = Coliformes Totais/Termotolerantes

Salm = Salmonella

Restreabilidade:

Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.

Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s). Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra.

Norma(s) de Referência - Métodos:

NMP CT = Instrução Normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003 - MAPA - Capítulo IX. Método Utilizado = ME 4012 04

Pesc. Salm. = Portaria 128, de 02 de novembro de 1965, ANEXO I - MAPA - P/NSA - 2002. Método Utilizado = ME 4010 03

Página 1/1 do protocolo 2.16101706

FML3026B 03 - Rev08

Rua Cons. Xavier da Costa, 2190 - Ipanema  
Fone/Fax (51) 32467134 - CEP. 91760-030 - Porto Alegre-RS  
portobelo@labportobelo.com.br

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16110104 - Revisão 01 / Complemento**  
 Identificação do material: **A3 (30, 50, 100 e T)**  
 Responsável pela coleta: **Saide Abibe Mahadal**  
 Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**  
 Endereço: Av. Universitária, 71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330  
 Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 01/11/2016  
 Data coleta: 01/11/2016  
 CRMV: Não Consta  
 Lacre: Não Consta  
 Fone: Não Consta  
 Tipo e Nº de Am. Proc.: Lodo - 04.

**Análise Solicitada:** \*NMP Coliformes Totais/Termotolerantes e Pesquisa de Salmonella.

**Resultados:**

**Identificação: A3 - 30**

NMP Coliformes Totais: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**

**Identificação: A3 - 50**

NMP Coliformes Totais: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**

**Identificação: A3 - 100**

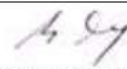
NMP Coliformes Totais: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: **<0,3 NMP/g de MS (Negativo)**

**Identificação: A3 - Testemunha**

NMP Coliformes Totais: **>1.100 NMP/g de MS (Positivo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: **>1.100 NMP/g de MS (Positivo)**  
 Pesquisa de Salmonella: **Ausência de Salmonella spp. em 10 g de MS**

**Revisão 01:** Conforme item 5.10.9 da ISO/IEC 17025:2005, registramos que este relatório de ensaio já foi emitido, com o mesmo nº de protocolo (2.16110104), com data de 07/11/2016, com dados baseados na identificação das amostras. A emissão desta via, com alteração nos resultados da amostra **A3 - 100** de **NMP Coliformes Totais de "1,63 NMP/g de MS (Positivo)" para "<0,3 NMP/g de MS (Negativo)"** e de **NMP Coliformes Termotolerantes de "0,39 NMP/g de MS (Positivo)" para "<0,3 NMP/g de MS (Negativo)"** vem a corrigir resultados de testes de ensaio após contra-prova. Os dados brutos encontram-se arquivados junto ao relatório de ensaio.

**Complemento:** Conforme item 5.10.9 da ISO/IEC 17025:2005, registramos que este relatório de ensaio já foi emitido, com o mesmo nº de protocolo (2.16110104), com data de 07/11/2016. A emissão desta via visa complementar este relatório de ensaio com o resultado de Pesquisa de Salmonella.

  
 Responsável Técnica  
 Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
 14/11/2016

\* Serviços reconhecidos pela Rede Metrológica RS - Conforme a ISO 17025:2005

Siglas:	
NMP, CT, CT	CT/CT = Coliformes Totais/Coliformes Termotolerantes
M/S	M/S = Matéria Sólida
PESQ. SALM.	Salm. = Salmonella
Rastreabilidade:	
Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.	
Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s). Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra.	
Norma(s) de Referência - Métodos:	
NMP CT = Instrução Normativa Nº 62, de 28 de agosto de 2003 - MAPA - Capítulo IX - Método Utilizado = ME 4312 04	

Página 1/1 do protocolo 2.16110104 - Revisão 01 / Complemento

# Porto Belo

LABORATÓRIO

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16110103**Identificação do material: **Lodo Bruto Aeróbio, Anaeróbio 1 e Anaeróbio 2**Responsável pela coleta: **Saide**Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**

Endereço: Av. Universitária,71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330

Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 01/11/2016

Data coleta: 01/11/2016

CRMV: Não Consta

Lacre: Não Consta

Fone: Não Consta

Tipo e Nº de Am. Proc.: Lodo - 03.

**Análise Solicitada:** NMP Salmonella e Pesquisa de Ovos Viáveis de Helmintos.

## Resultados:

### Lodo Bruto Aeróbio

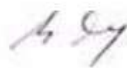
NMP de Salmonella: **32 NMP/g de MS (Positivo)**Pesquisa de Ovos Viáveis de Helmintos: **< 1,0 ovo/4 g de ST (Negativo)**

### Lodo Bruto Anaeróbio 1

NMP de Salmonella: **107 NMP/g de MS (Positivo)**Pesquisa de Ovos Viáveis de Helmintos: **< 1,0 ovo/4 g de ST (Negativo)**

### Lodo Bruto Anaeróbio 2

NMP de Salmonella: **70 NMP/g de MS (Positivo)**Pesquisa de Ovos Viáveis de Helmintos: **< 1,0 ovo/4 g de ST (Negativo)**

  
Responsável Técnica  
Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
14/11/2016

Siglas:

NMP Salmonella	NMP= Número Mais Provável
M/S	MS= Matéria Seca
ST	ST= Sólidos Totais

Rastreabilidade:

Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.

Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s). Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra.

Norma(s) de Referência - Métodos:

Peso. Salm. = Portaria 128, de 03 de novembro de 1995, ANEXO I - MAPA - PNSA - 2002. Método Utilizado = ME 4010.03

Página 1/1 do protocolo 2.16110103



# Porto Belo

LABORATÓRIO

CÓDIGO: FML 3026B 03 EMIÇÃO: 03/11/2003	<b>FORMULÁRIO</b>	NUM DA REVISÃO 08
	<b>Relatório de Ensaio</b>	DATA DA REVISÃO 25/09/2014

Protocolo: **2.16120501 Revisão 01 / Complemento**  
 Identificação do material: **A4 (T, 30, 50 e 100)**  
 Responsável pela coleta: **Não Consta**  
 Empresa remetente: **Saide Abibe Mahadal**  
 Endereço: Av. Universitária, 71 - Viamão - RS - CEP: 94500-330  
 Tipo Exploração: Controle de Qualidade

Data entrada: 05/12/2016  
 Data coleta: 05/12/2016  
 CRMV: Não Consta  
 Lacre: Não Consta  
 Fone: Não Consta  
 Tipo e N° de Am. Proc.: Lodo - 04.

**Análise Solicitada:** NMP Coliformes Totais, NMP Coliformes Termotolerantes e Pesquisa de Salmonella.

## Resultados:

### Identificação: A4 T

NMP Coliformes Totais: > **1100 NMP/g de MS (Positivo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: **117 NMP/g de MS (Positivo)**  
 Pesquisa de Salmonella (Lodo): **Ausência de Salmonella spp.**

### Identificação: A4 30

NMP Coliformes Totais: > **110 NMP/g de MS (Positivo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: > **110 NMP/g de MS (Positivo)**  
 Pesquisa de Salmonella (Lodo): **Ausência de Salmonella spp.**

### Identificação: A4 50

NMP Coliformes Totais: < **0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: < **0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 Pesquisa de Salmonella (Lodo): **Ausência de Salmonella spp.**

### Identificação: A4 100

NMP Coliformes Totais: < **0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 NMP Coliformes Termotolerantes: < **0,3 NMP/g de MS (Negativo)**  
 Pesquisa de Salmonella (Lodo): **Ausência de Salmonella spp.**

**Complemento:** Conforme item 5.10.9 da ISO/IEC 17025:2005, registramos que este relatório de ensaio já foi emitido, com o mesmo nº de protocolo (2.16120501), com data de 09/12/2016. A emissão desta via visa complementar, este relatório de ensaio, com o resultado de NMP Coliformes Totais.

Responsável Técnica  
 Ana Maria Paiva Oliveira - CRMV RS 3384  
 12/12/2016

Siglas:

PESQ. SALM.  
NMP CT/CT  
M/SSalm = Salmonella  
CT/CT = Coliformes Totais/Coliformes Termotolerantes  
MS = Matéria Seca

Reastreabilidade:

Disponível no laboratório por 5 (cinco) anos.

Os resultados contidos neste relatório tem significado restrito e aplicam-se exclusivamente ao(s) item(ns) ensaiado(s) Este documento somente poderá ser reproduzido na íntegra

Norma(s) de Referência - Métodos:

Pesq. Salm. = Portaria 126, de 03 de novembro de 1995. ANEXO I - MAPA - PNSA - 2002. Método Utilizado = ME 4010 03  
NMP CT = Instrução Normativa Nº 82, de 28 de agosto de 2003 - MAPA - Capítulo IX. Método Utilizado = ME 4012 04

Página 1/1 do protocolo 2.16120501 Revisão 01 / Complemento