

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS**  
**PRÓ-RETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - POSGRAP**  
**NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - NPGQ**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQI**

**ADRIANO SOUSA MESSIAS**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LODO GERADO NAS  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO-ETE'S DA CIDADE  
DE ARACAJU-SE**

**São Cristovão-SE**  
**2010**

**ADRIANO SOUSA MESSIAS**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LODO GERADO NAS  
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO-ETE'S DA CIDADE  
DE ARACAJU-SE**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Sergipe como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

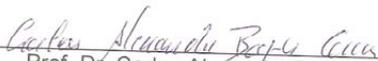
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia.

São Cristovão-SE  
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Comissão Julgadora da Dissertação  
de Mestrado de Adriano Sousa Messias  
apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em  
Química da Universidade Federal de Sergipe em  
29/10/2010.



Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia  
DQI, UFS



Profa. Dra. Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho Beatriz  
DQI, UFS



Prof. Dr. Pedro Roberto Almeida Viégas  
DEA, UFS

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

M585c      Messias, Adriano Sousa  
              Caracterização química do lodo gerado nas Estações de  
Tratamento de Esgoto-ETE's da cidade de Aracaju-SE / Adriano  
Sousa Messias. – São Cristóvão, 2010.  
88 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Química) – Núcleo de Pós-  
Graduação em Química, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia.

1. Química analítica. 2. Lodo residual. 3. Estação de  
Tratamento de Esgoto – ETE. I. Título.

CDU 543.39:628.336.1

Se pude enxergar mais longe foi por ter me erguido sobre os ombros de gigantes.

***(Isaac Newton)***

O único modo de evitar os erros é adquirindo experiência; mas a única maneira de adquirir experiência é cometendo erros.

***(Autor desconhecido)***

Aos meus pais e a minha família pela paciência, o apoio diante dos obstáculos superados, incentivo e compreensão durante as ausências. Aos mestres que deram grande contribuição para minha formação profissional ao longo de todo um processo “a vida nos ensina coisas que só o tempo faz com que aprendamos e só através da educação que conseguimos compreender tal fato”.MESSIAS. A.S. A vocês mestres desde a Educação Básica à Pós Graduação *scritu sensu*, dedico este trabalho. Obrigado.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar minha vida.

Aos meus pais (Antônio e Bernardete) que são pessoas que me ensinaram que para se conquistar algo só através dos estudos, quando adquirimos conhecimento para atingir tal meta.

Aos meus irmãos (Adriani e Alexandro), familiares e amigos que me apoiaram e incentivaram nesta conquista.

A minha mulher (Luana) pelo apoio e meu filho (Arthur) pelo carinho durante esta etapa.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia pela oportunidade, compreensão, confiança, dedicação e orientação.

A Prof. Dr<sup>a</sup> Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho Beatriz por quem tenho muito carinho e admiração profissional pelo incentivo neste trabalho e participação na banca do exame de qualificação e defesa.

A Prof. Dr<sup>a</sup> Elisângela de A. Passos pela colaboração e participação na banca do exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Pedro Roberto Viégas pela participação na banca examinadora de defesa.

A Companhia de Saneamento de Sergipe- DESO por ter cedido gentilmente as amostra para este trabalho.

Aos colegas que me ajudaram com informações, Wendel, Adilson, Amanda, Luciano, Rogério, Acácio Militão e Junior e Antonio.

Aos que fazem parte do LQA-DQI-UFS que incentivaram e apoiaram neste trabalho em especial a técnica de laboratório Ana Carla.

Aos professores do curso da pós-graduação do NPGQ pela competência e apoio que foi de grande importância para a conclusão deste trabalho.

Aos colegas de trabalho que me incentivaram nos estudos.

Aos colegas de curso do mestrado em Química pela união e agradável convivência. E a todos, muito obrigado.

# SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	iv
ANEXO.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1-Introdução .....	1
2- Fundamentação Teórica .....	3
2.1-Definição lodo de esgoto .....	3
2.2-Tipos de Esgoto .....	4
2.2.1-Tipos de sistema de esgoto .....	6
2.3-Legislação .....	6
2.4- Lodo e saúde .....	7
2.5-Formas de disposição final do lodo de esgoto .....	8
2.6-Lodo de esgoto e os metais pesados .....	11
2.7- Fitodisponibilidade.....	14
2.8- Tipos de tratamento de Esgoto.....	14
2.9-Etapas de tratamento das ETA .....	16
2.10-Etapas de tratamento das ETE's .....	17
2.11-Sistemas de Esgotos Sanitários de Aracaju.....	18
3- Objetivos.....	20
3.1-Objetivo Geral .....	20
3.2-Objetivos Específicos .....	20
4 - Área de Estudo .....	21
4.1-Aracaju .....	21
4.2-As bacias hidrográficas de Sergipe.....	22
4.3-Rio Poxim .....	25
4.4-ETE do Orlando e do D.I.A .....	26

5-Materiais e Métodos .....	31
5.1-Equipamentos .....	31
5.2-Reagentes e Soluções .....	33
5.3-Materiais .....	33
5.4-Coleta e preparo de amostras .....	34
5.5-Método Analítico para determinação de Metais .....	35
6-Resultados e discussões .....	42
7-Considerações finais .....	52
8-Referências bibliográficas .....	54
9-Anexos .....	66



## LISTA DE TABELAS

Tabela.1 Principais riscos à saúde associados aos esgotos “in natura” .....	8
Tabela.2 Umidade e pH das amostras de lodo obtidas em diferentes épocas nas ETE’s do bairro Orlando Dantas e do Distrito de Aracaju(D.I.A).....	43
Tabela.3 Concentração de cátions presente no lodo das ETE’s do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE.....	45
Tabela.4 Concentração de ânions presente no lodo das ETE’s do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE.....	46
Tabela.5 Concentração do $N_{Total}$ , carbono $Orgânico$ e $P_{Total}$ presente no lodo das ETE’s da cidade de Aracaju-SE.....	47
Tabela.6 Concentração dos metais pesados presente no lodo das ETE’s do bairro Orlando Dantas e do D.I.A na cidade de Aracaju-SE.....	49
Tabela.7 Análise dos valores dos metais pesados no lodo das ETE’s da cidade de Aracaju-SE e a legislação.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura1. Esquema de possíveis utilidades para águas de esgotos domésticos e industriais após tratamento nas ETE's.....	5
Figura 2 : Estação de Tratamento de Água-ETA.....	16
Figura 3 : Estação de Tratamento de Esgoto-ETE.....	17
Figura 4 : Bacia hidrográfica do rio Sergipe.....	25
Figura.5 Estação de tratamento de esgotos do Conjunto Habitacional jornalista Orlando Dantas na cidade de Aracaju-SE.....	27
Figura.6 Tratamento primário e secundário da ETE do bairro Orlando Dantas na cidade Aracaju-SE.....	28
Figura.7 Estação de tratamento de esgoto do D.I.A (Distrito Industrial de Aracaju) na cidade deAracaju-SE.....	29
Figura.8 Etapas do tratamento de esgoto da ETE do D.I.A na cidade de Aracaju-SE.....	30
Figura.9 Cromatógrafo de troca iônica utilizado na determinação dos íons catiônicos e aniônicos.....	39
Figura.10 Espectrômetro AA 240FS utilizado na determinação dos metais.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CAESB Companhia de Água e Esgoto de Brasília  
COMPESA Companhia Pernambucana de Saneamento  
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento  
CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CTC Capacidade de Troca de Cátions  
CMP Concentração máxima permitida  
CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente  
COT Carbono Orgânico Total  
DESO Companhia de Saneamento de Sergipe  
D.I.A Distrito Industrial de Aracaju  
ETA Estação de Tratamento de Água  
ETE Estação de Tratamento de Esgoto  
g.Kg<sup>-1</sup> gramas por quilograma  
LMA Laboratório de Microbiologia Aplicada  
LE Lodo de esgoto  
LQA Laboratório de Química Analítica Ambiental  
mg.Kg<sup>-1</sup> miligrama por quilograma  
MMA Ministério do Meio Ambiente  
ND Não Detectado  
NMP Número Mais Provável  
OD Orlando Dantas  
PROSAB Programa de Pesquisa e Saneamento Básico  
SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SANEAGO - Companhia de Saneamento de Goiás  
SANEPAR Companhia de Saneamento do Paraná  
% Teor percentual  
TOC Total Organic Carbon  
UFS Universidade Federal de Sergipe  
USEPA Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

## LISTA DE SIMBOLOS

Al alumínio

C carbono

Ca cálcio

Cd cádmio

Co cobalto

Cr cromo

Cu cobre

Fe ferro

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ácido sulfúrico

HCl ácido clorídrico

HF ácido fluorídrico

HNO<sub>3</sub> ácido nítrico

Li lítio

K potássio

Mg magnésio

Mn manganês

N nitrogênio

Na sódio

Ni níquel

P fósforo

Pb chumbo

Zn zinco

Br<sup>-</sup> brometo

F<sup>-</sup> fluoreto

Cl<sup>-</sup> cloreto

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nitrato

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> nitrito

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> sulfato

PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> fosfato

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> amônio

## ANEXO

Quadro. 1 Dados do cromatógrafo para amostras de lodo ETE do Orlando Dantas e do D.I.A analisadas.....	70
--	----

## RESUMO

### CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LODO GERADO NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO-ETE'S DA CIDADE DE ARACAJU-SE

**MESSIAS, Adriano Sousa.** Caracterização química do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto-ETE's da cidade de Aracaju-SE. São Cristovão-SE: UFS. 2010. (Dissertação, Mestrado em Química).

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente estima que cerca de 10% dos esgotos são tratados antes de serem lançados nos rios. Em Aracaju, capital do estado de Sergipe, 50% dos esgotos são tratados antes de serem lançados no corpo receptor e, o lodo das ETE's é utilizado como adubo (DESO, 2009). O lodo de esgoto é um subproduto do tratamento de águas residuárias das estações de tratamento de esgoto (ETE). Após a sua utilização nas indústrias ou nos centros domésticos, sua disposição final mais promissora é como adubo usado na agricultura por ser fonte de matéria orgânica e seu tratamento é feito para reduzir os organismos patogênicos e para diminuir a poluição dos recursos hídricos. O presente estudo visa caracterizar o lodo das ETE's da cidade de Aracaju-SE. Amostras do LE foram coletadas em duas estações de tratamento de esgoto respectivamente da ETE do Orlando Dantas e do Distrito Industrial de Aracaju D.I.A. Para a análise das amostras coletadas retirou-se alíquotas do lodo *in natura* e caleados das ETE's, e após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante passando pelo processo de higienização para determinar os seguintes parâmetros: pH, umidade e as concentrações dos macronutrientes cátions (Na,  $\text{NH}_4^+$ , K, Mg), ânions (F, Cl,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ) e os metais pesados (Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Ni, Cr, Pb e Cd). O pH do lodo caleado da ETE do Orlando Dantas teve um aumento devido a adição de cal para atuar como corretivo da acidez e higienizá-lo. As grandes concentrações dos macronutrientes ocorrem devido o lodo (LE) ser de origem de esgoto doméstico. A quantidade de agentes patogênicos no lodo depende de sua origem, da época do ano e do processo de tratamento ao qual foi submetido, sendo que uma das formas de disposição final é na agricultura pois, fornece nutrientes utilizados como fertilizantes cuja aplicação leva ao aumento da produtividade agrícola. Portanto, foi feita a caracterização da amostra das duas ETE's determinando os metais pesados e os íons em diferentes épocas de ano aplicando as técnicas respectivamente de Absorção Atômica e cromatografia iônica obtendo os resultados dentro da faixa permitida pela legislação, podendo ser o lodo uma alternativa aplicá-lo como fertilizante para diminuir os impactos ambientais no corpo receptor.

Palavras-chave: Lodo de esgoto, ETE, Caracterização.

## ABSTRACT

### CHEMICAL CHARACTERIZATION OF WASTE GENERATED IN STATIONS FOR TREATMENT OF SEWAGE-ETE'S THE CITY OF ARACAJU-SE<sub>1</sub>

**MESSIAS, Adriano Sousa.** Caracterização química do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto-ETE's da cidade de Aracaju-SE. São Cristovão-SE: UFS. 2010. (Dissertação, Mestrado em Química).

In Brazil, the Ministry of Environment estimates that about 10% of sewage is treated before being thrown into the River. Aracaju in Sergipe state capital of 50% of the city's sewers are treated before being released in the receiving body and the sludge of ETE's in this town is used as fertilizer (DESO, 2009). Sewage sludge is a byproduct of wastewater treatment of sewage treatment plants (ETE). After their use in industrial or domestic centers in its final disposition is more promising as a fertilizer used in agriculture to be a waste of organic matter and its treatment is done to reduce the pathogens and to reduce pollution of water resources. This study aims to characterize the sludge from ETE's in the city of Aracaju-SE. Sludge samples were collected from two sewage treatment plants respectively ETE Orlando Dantas and Industrial District Aracaju D.I.A. For the analysis of samples were aliquots of fresh sludge and caledados of ETE's that after the drying process in a forced air at 65 ° C until constant weight and going through the process of cleaning to determine the following parameters: pH, humidity and concentrations of macronutrient cations (Na, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K, Mg), anions (F, Cl, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) and heavy metals (Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Ni, Cr, Pb and Cd). The pH of limed sludge from the ETE Orlando Dantas has increased due to addition of lime to act as a corrective of the acidity and to brush it. Large concentrations of macronutrients of the ions, because the sludge (LE) being the source of domestic sewage. Sewage sludge from ETE's city Aracaju-SE and from domestic sewage. The amount of pathogens in sludge depends on its origin, the time of year and the process of treatment to which was referred to the mud. And one of the forms of final disposition is in agriculture, provides nutrients used as fertilizer for having large amounts of organic matter and its application leads to increased agricultural productivity. So was the sample characteristics of the two ETE's determining heavy metals and ions in different times of the year respectively by applying the techniques of atomic absorption and ion chromatography getting the results within the range permitted by law, the sludge may be a Alternatively apply it as fertilizer to reduce the environmental impacts in the receiving body.

Keywords: Sewage sludge, ETE, Characterization.

## 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, com a urbanização e o aumento da densidade demográfica houve, uma expansão dos sistemas de distribuição de água e esgoto sanitário, resultando em sérios problemas no tratamento e disposição final do lodo das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's).

Segundo Pegorini (2003), aproximadamente 40% da população brasileira dispõem de coleta de esgotos e, apenas cerca de 10% desse sofre algum processo de tratamento. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) estima que cerca de 10% dos esgotos urbanos no Brasil são tratados nas ETE's antes de serem lançados no rio (CAMARGO e BETTIOL et al.,2000; VIANA et al., 2006).

Pegorini e Andreoli (2006) apontam que a utilização do lodo de ETE deve ser analisada sob uma nova ótica pelos gerenciadores sanitaristas. Para (GALDOS et al.,2004; ANDREOLI et al.,2007), estima-se que grande parte do lodo gerado em áreas urbanas no Brasil é destruída em aterros sanitários e apenas cerca de 15% é utilizado na agricultura.

No estado de Sergipe a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), empresa de economia mista, tem como principal atribuição a prestação e administração de serviços públicos de água e esgoto sanitários em todo o Estado. Atua em 73 dos 75 municípios, beneficiando a 1.609.560 habitantes, que correspondem a 78,67% da população sergipana. Sendo apenas três municípios beneficiado pelos sistemas de esgoto sanitários: a capital Aracaju, que conta 31.391 ligações de esgoto e os municípios de Simão Dias e Lagarto, que juntos possuem, 1.035 ligações (DESO, 2009).

As ETE's de Aracaju recebem o tratamento diversificado para cada estação, na Grande Aracaju existem sete estações de tratamento de esgoto e tem 50% do esgoto tratado, sendo que, em duas dessas estações, produzem o lodo da capital, a do Orlando Dantas, e do Distrito Industrial de Aracaju, esse residuo é usado na agricultura como forma de adubação em plantas ornamentais e frutíferas (DESO, 2009).

De acordo com Andreoli (2007), Há poucos relatos e dados de referência na literatura sobre as ETE's existentes no Brasil, para quantificar a produção do lodo em unidade de tratamento de esgoto. Portanto, a caracterização química dos metais pesados é importante devido ao perigo ambiental causado pelo lodo contaminado, que nesta condições não poderá ser aplicado na agricultura. A aplicação do lodo no solo é uma das formas dos nutrientes retornarem para este ambiente. O lodo é utilizado como fertilizante por ser grande fonte de matéria orgânica, tal importância torna-se potencializada pelo fator econômico desta atividade, visto que seu reuso diminui os gastos com transporte e fertilização, conseqüentemente tornando-se uma prática sustentável.

A reciclagem agrícola do lodo é considerada hoje como a alternativa mais promissora de disposição final deste resíduo por ser sustentável, e seu efeito pode ser constatado quando o vimos na utilização agrícola, na recuperação de áreas degradadas e no uso em sistemas florestais. O tratamento adequado do lodo é uma medida para diminuir a poluição dos recursos hídricos e sua disposição final é uma maneira adequada de evitar a contaminação do solo e dos lençóis freáticos para minimizar os impactos ambientais (diminuir a poluição do solo, ar e água), isso, só é possível quando caracterizamos este lodo analisado-o para sabermos a melhor forma de sua disposição que por sua vez será realizada segundo as normas da legislação vigente.

Objetivou-se neste trabalho visa determinar as concentrações dos parâmetros presentes em amostras de lodo de duas estações de tratamento de esgoto ETE's de Aracaju-SE.

## 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 - Definição de lodo de esgoto (LE)

As águas servidas são produzidas em maior volume onde existem altas densidades demográficas e industriais que constituem o principal agente poluidor dos rios, se neles lançados (SILVA et al., 1997). Portanto, o tratamento é uma medida importante para diminuir a poluição dos recursos hídricos. Com o tratamento ocorre a produção de um resíduo sólido, o lodo ou lama. Este é um subproduto das estações de tratamento de esgoto, após a sua utilização nas indústrias ou nos centros urbanos. Em países desenvolvidos da Europa e América do Norte faz a utilização do lodo de esgoto como fertilizante é prática comum (DAROS et al., 1993; LUE-HUNG et al., 1994; FERRAZ et al., 2003), o lodo pode ser de efluentes domésticos, fluviais ou industriais e pode ter diferentes disposições finais, tais como aterros sanitários, incineração, disposição oceânica, construção civil e agrônômica.

Esse lodo é um adubo orgânico que contém três nutrientes essenciais o nitrogênio, fósforo e potássio, o qual pode ser usado no cultivo de frutíferas e plantas ornamentais;

Os principais constituintes dos esgotos domésticos são 99,9% de água e 0,1% sólidos (sólidos dissolvidos, matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes e organismos patogênicos) denominado de lodo de esgoto (LE). Segundo a SABESP (2010), a composição dos esgotos depende dos usos das águas de abastecimento e varia com o clima, os hábitos e as condições sócio-econômicas da população e da presença de efluentes industriais, infiltração de águas pluviais, idade das águas residuárias e etc.

De acordo com Silva (2003) apud Silva et al. (2005), a origem do lodo é extremamente difusa, principalmente, quando se refere aos lodos gerados em

estações de tratamento de esgoto que tratam os industriais, podendo vir a conter inúmeras substâncias prejudiciais tanto ao meio ambiente, quanto aos animais e ao próprio homem. A quantidade de agentes patogênicos no lodo depende de sua origem, da época do ano e do processo de tratamento ao qual foi submetido.

Lodo é um termo vulgar para designar o sedimento próprio das terras inundadas, como o fundo dos mares, rios, lagos ou pântanos, é uma mistura de substâncias que geralmente se caracteriza por apresentar minerais, colóides e partículas provenientes de matéria orgânica decomposta em suspensão no meio aquoso. Muitas vezes, o lodo serve de suporte ao desenvolvimento de seres vivos, que se beneficiam da eventual existência de nutrientes no meio lodoso.

O lodo de esgoto é gerado pelo tratamento biológico do esgoto doméstico e industrial que ocasiona sério problema de espaço e, quando descartado em aterros sanitários, tem alto custo. Entre as opções disponíveis como a incineração, disposição oceânica e florestal, recuperação de terrenos de mineração e a disposição agrícola como fertilizante que tem sido considerada promissora, pois propõe uma maneira de transformar este resíduo em um produto comercial por apresentar diversos benefícios como o aumento da fertilidade e teor de matéria orgânica no solo, contribuindo para o aumento da produtividade (GALDOS et al.,2004).

## 2.2 - Tipos de esgotos

Os esgotos podem ser classificados de diversas formas: doméstico, fluvial e industrial.

Esgotos domésticos são produzidos nas residências quando a água potável é utilizada por uma pessoa, no banho, lavando louça ou acionando a descarga de vasos sanitários. Esgotos pluviais são as águas das chuvas, após passarem pelos telhados, ruas e jardins e o Esgoto industrial é água utilizada

nos processos de produção industrial (SABESP, 2010). Cada tipo é constituído de diferentes substâncias, materiais e organismos.

O esquema da figura.1 sobre a origem dos esgotos domésticos, industriais e a possibilidade de reuso do mesmo.

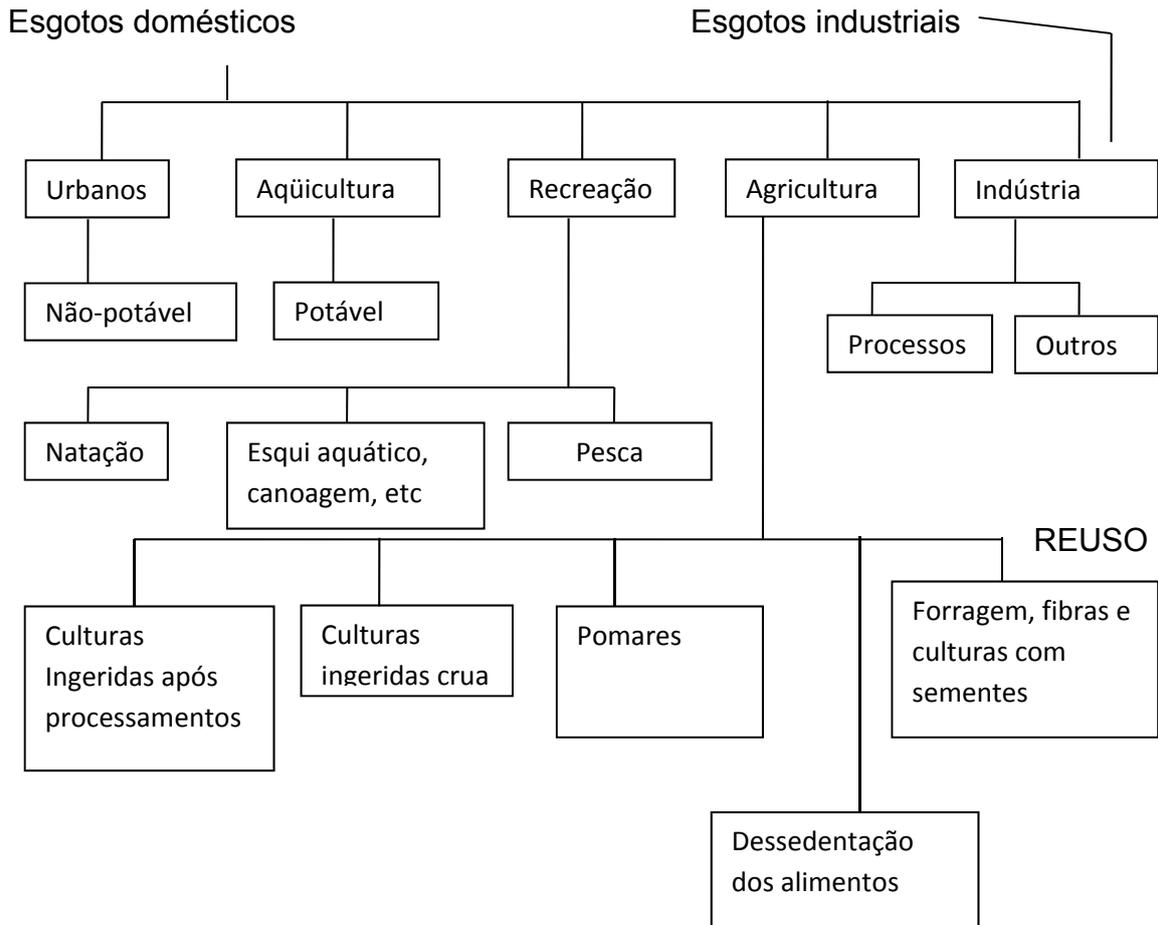


Figura 1. Esquema de possíveis utilidades para águas de esgotos domésticos e industriais após tratamento nas ETE's (adaptado de BRANCO et al.2006; ROCHA et al., 2004 e REBOUÇAS et al., 2006).

### 2.2.1 - TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTO

Os tipos de sistemas de esgoto segundo a Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP, 2010) são: Sistema unitário, separador e misto.

Sistema unitário: é a coleta dos esgotos pluviais, domésticos e industriais em um único coletor. Tem custo de implantação elevado, assim como o tratamento também é caro.

Sistema separador: os esgotos domésticos e industriais ficam separados do esgoto pluvial. É o usado no Brasil. O custo de implantação é menor, pois as águas pluviais não são tão prejudiciais quanto o esgoto doméstico, que tem prioridade por necessitar tratamento. Assim como o esgoto industrial, nem sempre pode se juntar ao esgoto sanitário sem tratamento especial prévio.

Sistema misto: a rede recebe o esgoto sanitário e uma parte de águas pluviais.

### 2.3 - Legislação

Segundo CONAMA (2005), na resolução nº 357 de 17 de março de 2005 estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes e no Art. 29 cita que “A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas”.

O lodo de esgoto proveniente de tratamento de esgotos domésticos, com predominância sobre as indústrias tem teores de Cl, Cu, Na, Ni, Pb, Mn, Cr e Hg entre outros elementos, dentro de faixas permitidas para uso agrônômico (FULLER & WARRICK et al., 1985; SILVA et al., 1997).

As leis sobre a disposição final do lodo de esgoto têm sofrido alterações nos critérios para seu uso na agricultura buscando uma melhor qualidade de

solo e minimizando os riscos à saúde humana e ambiental. O CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente através da resolução 375 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece, as condições e padrões de lançamento de efluentes como também define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitários e seus produtos e derivados. O CONAMA através da resolução nº375/2006 regulamenta as quantidades a serem aplicadas e devem estar de acordo com as necessidades da cultura explorada e apresenta teores baixos de patógenos, metais pesados e de compostos orgânicos persistentes.

O uso do lodo tem suas restrições no que se referem a metais pesados, organismos patogênicos e redução da atração de vetores e os limites máximos cumulativos, devido a estes fatores a legislação americana norma EPA Título 40 part. 503, estabelece parâmetros para sua aplicação na agricultura (USEPA,1993).

No Brasil, as leis vigentes para uso do lodo são baseadas nas normas do CONAMA, mas a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) e a ex-CAESB Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal baseia-se na legislação americana da Agência de Proteção Ambiental (USEPA,1992) e a (SANEPAR,1998) Companhia de Saneamento do Paraná também baseia-se na legislação espanhola considerada uma das mais rigorosas do mundo (ANDREOLI et al., 2000; PIRES et al.,2006).

#### 2.4 - Lodo e a saúde

No início do séc. XIX percebeu-se a importância do adubo para o crescimento das plantas como também a preocupação com a saúde. Em 1840 Justus Van Lieberg (1803-1873) observou a relação entre o crescimento de plantas e a utilização de fezes de animais com o adubo, a proximidade de

fossas cavadas e a coleta de efluentes domésticos de poços da água para abastecimento (ROCHA et al., 2004). Portanto, os cientistas no séc. XIX observaram que por falta de saneamento básico as doenças eram causadas por diversos fatores e que os microorganismos, principalmente bactérias e vírus, eram causadores das doenças. Em países subdesenvolvidos, como o Brasil, o lançamento indiscriminado de esgotos domésticos costuma ser um dos maiores problemas ambientais e de saúde pública (SABESP, 2010).

Na tabela 1. observa-se as doenças causadas pelos esgotos e a suas características.

Tabela 1 - Principais riscos à saúde associados aos esgotos “in natura”

<b>Doenças</b>	<b>Características</b>
Vírus	Hepatite infecciosa, gastroenterite, poliomelite, febre amarela, etc
Bactérias	Disenteria bacilar, cólera, leptospirose, salmonelose, etc
Protozoários	Disenteria amebiana, glandiose, etc.
Helmintos	Ascarirose, esquistossomose, teníase, ancilostomose, filariose, etc.

Com o tratamento dos esgotos reduz-se o risco à saúde por meio desses vetores de doenças. Esses esgotos devem ser tratados minimizando os impactos ambientais, diminuindo-se a poluição das águas e a quantidade dos organismos patogênicos para poder ser utilizados em culturas selecionadas e restrita.

## 2.5 - Formas de disposição final do lodo de esgoto

A disposição final do lodo da estação de tratamento de esgoto é uma preocupação mundial, em razão do crescente volume produzido (ANDREOLI et al.,1999; GALDOS et al.,2004 e LOPES et al., 2005). Existem várias formas de disposição deste lodo no ambiente, como incineração, disposição oceânica,

reuso industrial e disposição em aterros sanitários; por outro lado, os lodos, em geral, são ricos em matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes podendo exercer efeitos significativos nas propriedades físicas, químicas e biológicas, melhorando a capacidade produtiva dos solos (SILVA et al., 2003 e FAUSTINO et al., 2005). Do ponto de vista microbiológico, o lodo pode reequilibrar os microorganismos do solo e tornar as plantas mais resistentes aos fitopatógenos, o que pode reduzir o consumo de pesticidas (SILVA et al., 2003, 2005).

Por estas características, a utilização do lodo de esgoto com fins agrícolas passou a ser uma alternativa bastante viável e que já ocorre atualmente em muitos países da Europa e da América do Norte. No entanto, a aplicação de lodos na agricultura deve ser feita com controle em virtude de algumas restrições segundo (CONAMA, 2005) ao seu uso relacionado à presença de patógenos, compostos orgânicos fitotóxicos, sais solúveis, metais pesados, odores e contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Além disso, o lodo de esgoto pode apresentar efeito residual para as culturas subseqüentes, quando empregado em doses elevadas.

#### 2.5.1 - Disposição na Indústria Cerâmica

O uso do lodo de esgoto das ETE's como matéria-prima vem sendo adotada em vários países (Alemanha, Espanha, Japão dentre outros), na produção de tijolos e telhas, na indústria cerâmica apresenta uma série de vantagens: menos gastos de energia, transporte e fabricação, menor utilização dos recursos naturais com destinação ambientalmente segura para resíduos perigosos, sendo uma solução que minimiza os custos. Outra vantagem são as operações inerentes à Indústria Cerâmica (fornos com altas temperaturas) fazem com que o resíduos sanitários se reduzam ao mínimo. O uso de lodo na indústria cerâmica pode ser uma solução economicamente viável para aqueles lodos que não apresentem tratamento sanitário adequado para outros tipos de uso (PROSAB, 2009).

Na indústria, o lodo de esgoto industrial é aplicado na fabricação de cimento para a construção civil (GALDOS et al. 2004).

#### 2.5.2 - Áreas florestais

O lodo pode ser usado em áreas florestais (TELES et al., 1999), no restabelecimento de áreas degradadas e na preparação de substrato para mudas.

As disposições finais para o lodo são muitas dentre elas tem-se a disposição em aterro sanitário, reuso industrial (fabricação de tijolos, cerâmica e cimento), incineração, óleo combustível, disposição oceânica, recuperação de solos degradados, áreas florestais e uso agrícola.

#### 2.5.3 - Disposição final - Incineração

A incineração de lixo, a combustão fóssil, produtos químicos tem contribuído para a disposição atmosférica de que depende dos fatores climáticos, da direção do vento, da intensidade da luminosidade, das chuvas e ações antrópicas, pois esta forma de disposição pode poluir o ar.

#### 2.5.4 - Disposição Oceânica

Disposição Oceânica é uma alternativa de despejo do lodo nos oceanos em países subdesenvolvidos, enquanto que a prática é proibida em todos os países desenvolvidos, por causa dos sérios danos ao meio ambiente.

#### 2.5.5 - Aterros Sanitários

A maior parte da disposição final do lodo no Brasil é feita em aterros sanitários. Segundo Andreoli (2007), os aterros sanitários são utilizados para recebimento de resíduos de saneamento, podendo ser alternativas efetivas

quando a aplicação do lodo no solo não é adequada, como em situações de contaminação por metais pesados ou restrições de caráter ambiental.

#### 2.5.6 - Disposição na Agricultura

A aplicação agrícola do lodo é considerada hoje como, alternativa mais promissora de disposição final deste resíduo por ser sustentável (FERRAZ et al., 2003; ROCHA et al., 2004; SAMUEL et al., 2008). Segundo (ANDREOLI & PEGORINI et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2005) uma alternativa considerada bastante viável para a destinação do lodo de esgoto tem sido a reciclagem agrícola.

Portanto, a preocupação do uso do lodo na agricultura faz-se algumas comparações relevantes entre o Lodo X Agricultura.

Lodo de Esgoto: porque usar?

1. São ricos em matéria orgânica e nutrientes;
2. Pode melhorar a capacidade produtiva dos solos;
3. Tornar as plantas mais resistentes aos fitopatógenos.

Lodo de Esgoto: porque não usar?

1. Apresentam patógenos, metais pesados e odores;
2. Pode apresentar efeito residual para as culturas subseqüentes, quando aplicado em doses elevadas.

Outra forma de disposição é o reuso através de diversas maneiras após o tratamento nas ETE's.

#### 2.6 - Lodo de esgoto e os metais pesados

Os metais pesados atingem o homem através da água, do ar e do sedimento, tendendo a se acumular na biota aquática. Alguns metais são acumulados ao longo da cadeia alimentar, de tal forma que os predadores apresentam as maiores concentrações.

Metais pesados são elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22. Também podem ser definidos por sua singular propriedade de serem precipitados por sulfetos. Entretanto, a definição mais difundida é aquela relacionada com a saúde pública: metais pesados são aqueles que apresentam efeitos adversos à saúde humana.

Metais pesados são metais altamente reativos e bioacumuláveis, ou seja, os organismos não são capazes de eliminá-los.

O controle dos metais pesados constitui contaminantes químicos nas águas, pois, em pequenas concentrações, trazem efeitos adversos à saúde. Podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros. Os metais pesados constituem-se em padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469 do Ministério da Saúde. Devido aos prejuízos que, na qualidade de tóxicos, podem causar aos ecossistemas aquáticos naturais ou de sistemas de tratamento biológico de esgotos, são também padrões de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos, tanto na legislação federal quanto na do Estado de São Paulo. Nesta última, são definidos limites para as concentrações de metais pesados em efluentes descarregados na rede pública de esgotos seguidos de estação de tratamento de forma diferenciada dos limites impostos para os efluentes lançados diretamente nos corpos receptores, que são mais rígidos.

Os metais pesados surgem nas águas naturais devido aos lançamentos de efluentes industriais, tais como, os gerados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias, que se espalham em grande número nas periferias das grandes cidades. Além destas, os metais pesados podem ainda estar presentes em efluentes de indústrias químicas, como as de formulação de compostos orgânicos e de elementos e compostos inorgânicos, indústrias de couros, peles e produtos similares, indústrias do ferro e do aço, lavanderias e indústria de petróleo.

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio, e zinco, para a realização de funções vitais no organismo. Porém, níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças, sobretudo nos mamíferos.

Quando lançados como resíduos industriais, na água, no solo ou no ar, esses elementos podem ser absorvidos pelos vegetais e animais das proximidades, provocando graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar.

Para (ALLOWAY et al., 1995; MIYAZAWA et al., 1997 e SALLES et al., 1998) são considerados metais pesados aqueles elementos que possuem massa específica maior que  $6 \text{ g.cm}^{-3}$  embora esta classificação seja pouco utilizada. Atualmente o termo “metal pesado” é utilizado para elementos químicos que contaminam o meio ambiente provocando diferentes níveis de dano à biota.

Para (SIMONETE et al., 2001; MARQUES et al., 2002 e VIANA et al., 2006) o termo “metal pesado” tem sido atribuído de forma mais abrangente a qualquer elemento, seja este metálico, semi-metálico ou não metálico quando associado aos problemas de poluição, contaminação e toxicidade.

Os metais pesados são considerados a espécies de metais, semi-metais e ametais cujos limites de tolerância a toxicidade no organismo se dão por baixas concentrações molares. São metais de alto peso molecular, de particular efeito danoso aos seres vivos por não serem biodegradáveis e se acumularem no organismo e em diversas cadeias alimentares, incluindo as cadeias dos quais os homens fazem parte, podendo provocar sérias doenças como câncer, por exemplo. Este termo tem sido também aplicado a elementos que, embora possuam estas características, não são rigorosamente metais. Os

metais pesados constituem restrições para seu uso na agricultura, perante a legislação vigente, pois a presença destes metais causam impactos ambientais.

## 2.7 - Fitodisponibilidade dos metais

Os metais são encontrados no ambiente em baixas concentrações, são elementos tóxicos que apresentam bioacumulação no solo e plantas. A presença destes metais no solo pode provocar impactos e preocupações, mas pode-se avaliar possibilidade de entrada destes na cadeia alimentar de redução devido aos efeitos fitotóxicos, pelo acúmulo no solo, de alterações da atividade microbiana e de contaminação dos recursos hídricos (PIRES et al., 2005). O acúmulo depende da biodisponibilidade dos metais da substância influenciada por várias formas físico-químicas em que elas podem ocorrer (íons livres, formas orgânicos e inorgânicos complexados e particulados). As formas fitodisponíveis, bem como os processos em solos tratados com lodo de esgoto, são muito importantes sua avaliação de risco (USEPA, 1993).

## 2.8 - Tipos de Tratamento de Esgoto

As formas de tratamento são diversas e seus nomes técnicos são: digestor de fluxo ascendente, sumidouro, por lodo ativado, por lagoas de estabilização e por fossa séptica ou fossa *Imhoff*. As comparações são baseadas em eficiência de remoção de carga orgânica, remoção de patogênicos, possível odor, custo de instalação, área necessária, complexidade de operação e manutenção nos subprodutos resultantes (SABESP, 2010).

### 2.8.1 - Tipos usuais de tratamento de esgotos sanitários

As formas usuais de tratamento do esgoto sanitário são diversas: fossas sépticas, sumidouros, tanque *Imhoff*, filtros biológicos, lagoas de estabilização, reatores anaeróbicos e tratamento por lodo ativado (SANEAGO, 2010; et al CASAN, 2010).

#### **A) Tratamento por Lodos Ativados**

O processo dos lodos ativados é biológico. Nele o esgoto e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados em unidades chamadas tanques de aeração, para logo após se separarem em decantadores. O lodo ativado separado retorna para o processo ou é retirado para tratamento específico ou destino final, enquanto o esgoto já tratado passa para o vertedor do decantador no qual ocorreu a separação.

As estações elevatórias de esgotos são instalações que fazem o bombeamento dos efluentes em alguns pontos mais baixos para conduzir os esgotos às tubulações.

Uma estação de tratamento de esgotos por lodos ativados convencional é constituída das seguintes unidades para um tratamento adequado:

- a) Decantador primário: sedimentação de sólidos orgânicos e inorgânicos.
- b) Tanque de aeração: introdução de oxigênio e mistura esgoto e lodo.
- c) Decantador secundário: sedimentação e retirada do lodo para recirculação.
- d) Elevatória de recirculação de lodo: recalque do lodo para o tanque de aeração.
- e) Digestor de lodo: digestão do lodo excedente retirado do decantador secundário.

f) Dispositivo para desidratação do lodo: mecanizada ou em leitos de secagem.

## 2.9 - Etapas de tratamento das Estações de Tratamento de Água-ETA

No esquema da figura 2. Observa-se as etapas em uma Estação de Tratamento de Água-ETA.

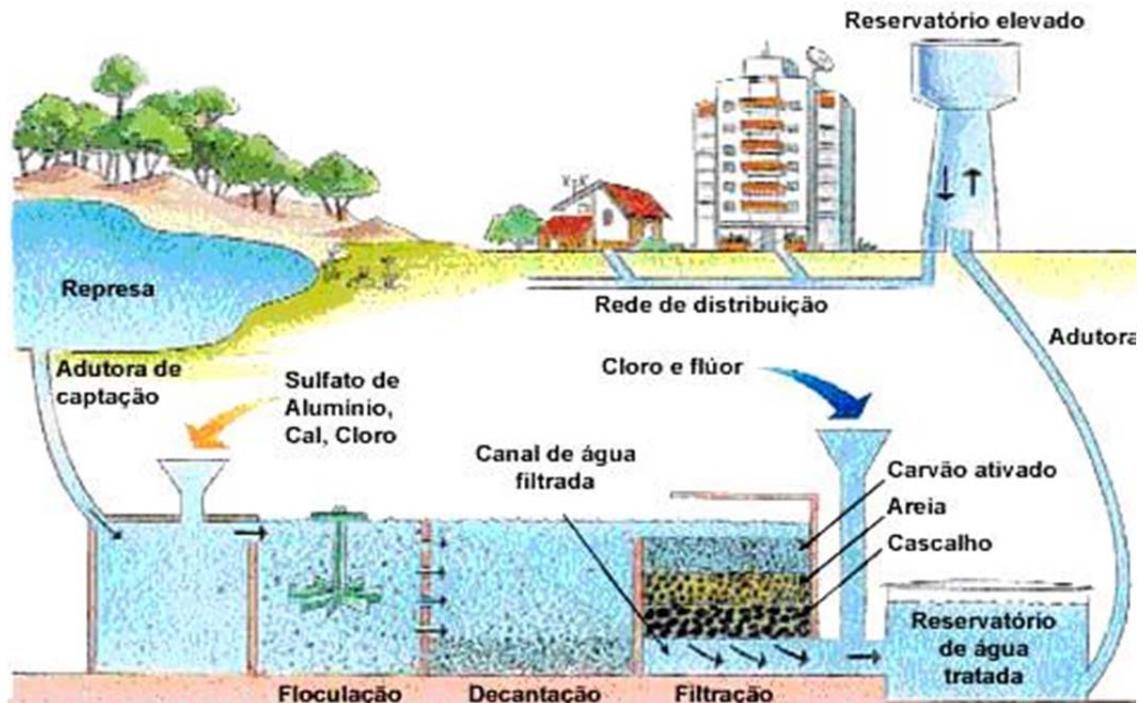


Figura 2 - Estação de Tratamento de Água (fonte: Disponível em imagens de ETA em [WWW.google.com.br](http://WWW.google.com.br))

O tratamento de água é iniciado após a captação nos rios e segue as etapas na estação de tratamento: Floculação é o processo no qual a água recebe substâncias químicas para que as impurezas da água reajam com a substância química, formando compostos mais pesados, flocos, na qual será facilmente removidos no processo seguinte. Na decantação, como os flocos de sujeira são mais densos do que a água, caem e se depositam no fundo do decantador. Na filtração a água passa por várias camadas filtrantes, compostas por areias de granulometria variada, onde ocorre a retenção dos flocos menores que não ficaram na decantação. A água então fica livre das

impurezas. Estas três etapas: floculação, decantação e filtração recebem o nome de clarificação. A cloração consiste na adição de cloro na água clarificada. Este produto é usado para destruição de microorganismos presentes na água. A fluoretação é uma etapa adicional. O produto aplicado tem a função de colaborar para redução da incidência da cárie dentária. Concluído o tratamento, a água é armazenada em reservatórios e segue até as residências e indústrias através de canalizações.

## 2.10 - Etapas de tratamento das Estações de Tratamento de Esgotos-ETE

Na figura 3. Observa-se as etapas em uma Estação de Tratamento de Esgoto-ETE.

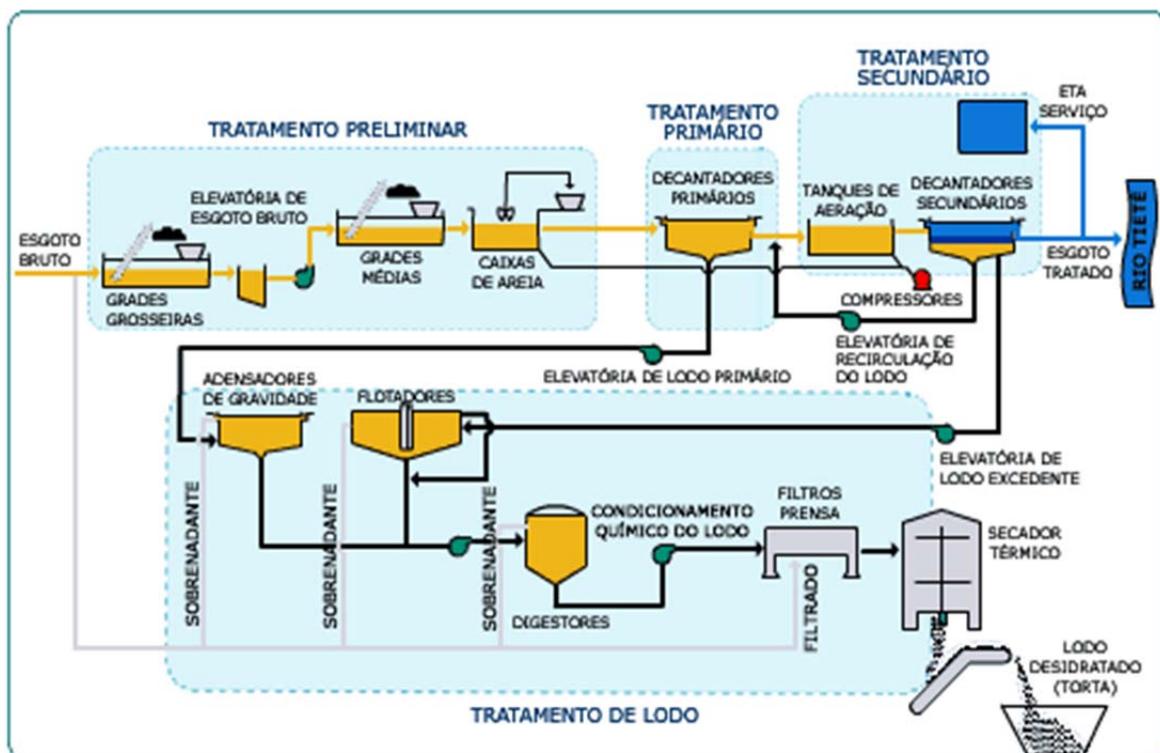


Figura 3 - Estação de Tratamento de Esgoto (fonte: Disponível em imagens de ETE, [WWW.google.com.br](http://WWW.google.com.br))

Em uma estação de tratamento de esgotos domésticos e industriais há vários processos de tratamentos no qual depende da natureza e das características de disposição final. Nas ETE's segue as seguintes etapas: floculação, sedimentação e tratamento biológico (aeróbico e/ou anaeróbico)

são controlados e otimizados e as ETE's apresentam o pré-tratamento e os níveis primários, secundários e terciários, e o número de estágios depende do tipo de processos físicos, biológicos e químicos que influenciaram na qualidade do efluente da entrada e da qualidade desejada para efluente final (ROCHA et al., 2004; CETESB et al., 2009; DESO et al., 2009 e CASAN et al., 2010).

## 2.11 - Sistemas de Esgotos Sanitários de Aracaju

A estação de tratamento de esgotos domésticos construídas em 1847 na Inglaterra, no período da reforma sanitária, que tinha os resíduos lançados diretamente nos mananciais não existindo a preocupação com o tratamento e disposição do esgotamento sanitário (REBOUÇAS et al.,2006). Em 1868 foi criado o 1º sistema de tratamento de esgoto preocupado com o aumento da matéria orgânica nos corpos d'água e a poluição causada por estes resíduos para melhorar a qualidade de vida e diminuir os riscos à saúde.

Os primeiros esgotos de Aracaju, obra pioneira de Gracho Cardoso na década de vinte, eram despejados, sem nenhum tratamento, nas águas do rio Sergipe (COSTA, 2006). Até 1986, Aracaju contava com apenas 20 km de rede de esgotos sanitários. Esse sistema, construído no início do século, atendia somente a região mais central da cidade. No final de 1986, foi inaugurada a 1ª etapa do Sistema de Esgotos Sanitários de Aracaju, englobando as seguintes unidades: 110 km de rede coletora, localizada nos bairros centrais da cidade, 7 estações elevatórias, 9 km de emissários por recalque, Estação de Tratamento ERQ-Norte, tipo lagoas de estabilização facultativas e de maturação, em série, dispostos em 2 módulos com capacidade para 270 L/s por módulo (vazão média). No ano de 1987 a 1990, foi implantada parte das obras da 2ª etapa, compreendendo: 60 km de rede coletora, 4 estações elevatórias; 6,6 km de emissários para recalque e 4.000 ligações prediais. De 1991 a 1996, 55 km de rede coletora nos bairros Palestina, Cidade Nova, América e São Conrado com

3.683 ligações prediais na 2ª etapa do Sistema em julho de 1998, 5 km de rede coletora e coletores tronco nos bairros Grageru, Industrial, América e José Conrado de Araújo com 4 estações elevatórias, 5.4 km de emissários e 6.250 ligações prediais enquanto que no Bairro Atalaia em novembro de 1998 tem-se: 57 km de redes coletoras e coletores troncos, 3 estações elevatórias; 6,5 km de emissários e 1 módulo de tratamento com digestor anaeróbico de fluxo ascendente com lagoas de maturação com capacidade para 78 L/s de vazão média. Atualmente, apenas 3 localidades são beneficiadas pelo Sistema de Esgotos Sanitários quais sejam: Aracaju, que conta com 31.391 ligações de esgoto, e os municípios de Simão Dias e Lagarto que, juntos, possuem 1.035 ligações, beneficiando em todo o estado 162.551 habitantes (DESO, 2009).

## 3 - OBJETIVO

### 3.1 Objetivo Geral

- O presente trabalho teve como objetivo a caracterização química do lodo gerado em duas das principais ETE's da cidade de Aracaju-SE.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar quimicamente o lodo das Estações de Tratamento de Esgoto do Orlando Dantas e do D.I.A;
- Comparar e determinar os íons das ETE's do Orlando Dantas (OD) e Distrito Industrial de Aracaju (D.I.A.), aplicando a técnica da cromatografia de íons;
- Comparar e determinar os metais pesados das duas ETE's, aplicando a técnica de Espectroscopia de Absorção Atômica (AA);
- Comparar e determinar os metais pesados das duas ETE's nos lodos coletados em diferentes períodos do ano;
- Interpretar os resultados com base nos dados da CETESB.

## 4 - ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 - Aracaju

Na região onde hoje é município de Aracaju, no início do séc. XIX havia um engenho de açúcar chamado “Aracaju de Cotinguiba”, que se transformou num pequeno povoado de pescadores no alto da Colina de Santo Antônio (CINFORM, 2002).

Sua fundação, tornando-a cidade e capital da província de Sergipe, data de 17 de março de 1855, quando foi criada pela Assembléia Legislativa provincial de resolução nº 413, e elevou o povoamento de Santo Antônio do Aracaju. A palavra é de origem indígena Ara (Arara ou papagaio) e Caju (cajueiro), que significa, portanto “Cajueiro dos Papagaios”. Nessa mesma data é transferida para este local a capital antes sediada em São Cristovão.

Aracaju é a capital regional do estado de Sergipe. Cidade de relevante destaque no conjunto urbano do estado, situado a margem direita do rio Sergipe, próximo a foz, numa baixada pantanosa que foi aterrada para sua construção.

A transferência feita pelo governo de Inácio Joaquim Barbosa deveu-se a necessidade de dotar o novo local de melhores condições geográficas pela sua localização e também portuárias que facilitava assim seu crescimento, o escoamento dos produtos existentes principalmente, como o açúcar, produto de exportação. Sua posição geográfica facilitava a vida econômica da região do Cotinguiba. A construção foi baseada num projeto do engenheiro Sebastião José Basílio Pirro, um quadrado cortado por duas ruas perpendiculares entre si (Laranjeiras e Itabaiana). A cidade então foi projetada formando quarteirões simétricos semelhantes a um tabuleiro de xadrez. Com a mudança da capital foi estimulado o povoamento no litoral, várias estradas foram construídas, aumentou a integração entres os estados e esta se tornou centro de atividades econômicas.

A cidade de Aracaju surgiu de uma colônia de pescadores que pertencia juridicamente a São Cristovão (CINFORM,2002). Segundo (IBGE,2007) em Aracaju com o grande crescimento populacional passa a 503.902 habitantes.

Aracaju é uma área de elevada densidade demográfica que ocorre por causa de sua proximidade dos municípios de Barra dos Coqueiros, Nossa Senhora do Socorro e São Cristovão, a cidade de Aracaju que se encontra numa região litorânea cujas, principais atividades são o comércio, indústria e turismo.

#### 4.2 - As Bacias Hidrográficas de Sergipe

O estado de Sergipe, apesar de possuir uma pequena área territorial, é muito rico em bacias hidrográficas possui seis: Rio São Francisco, Rio Japaratuba, Rio Sergipe, Rio Vaza Barris, Rio Piauí, e Rio Real (SEMARH, 2009) e destas três são estaduais e três são federais.

O Rio São Francisco cuja nascente localiza-se na Serra da Canastra em Minas Gerais, passando pelas terras dos estados da Bahia e Pernambuco, chegando ao Oceano Atlântico na divisa entre Alagoas e Sergipe. Esta é a maior bacia hidrográfica do território sergipano. Em nosso estado seu curso alcança uma extensão de 236 km e serve de divisa com o estado de Alagoas.

Os rios Japaratuba e Sergipe são genuinamente sergipanos e deságuam no oceano Atlântico.

O Rio Japaratuba é a menor bacia do estado, possui 92 Km de extensão. Nasce nas proximidades do município de Graccho Cardoso e deságua no Oceano Atlântico, entre os municípios de Pirambu e Barra dos Coqueiros.

A bacia do rio Sergipe com extensão de 3.673,0 km<sup>2</sup> é a mais importante do estado uma vez que engloba o centro-norte, Cotinguiba o rio Sergipe nasce no município de Poço Redondo nas proximidades da Serra Negra, ponto culminante do estado, localizada na divisa com o estado da Bahia e deságua no oceano atlântico entre Aracaju e Barra dos Coqueiros, possuem importantes afluentes na margem esquerda os rios Ganhamoroba, Salgado e na margem direita os rios contiguiba, Jacarecica, Poxim este suas águas são utilizadas para alimentação, irrigação, na indústria, na economia de subsistência, pesca e

abastecimento de água, neste mesmo afluente é despejadas águas residuárias servindo o rio de corpo receptor sendo impactado antropicamente causando no rio poluição das águas, ao longo do tempo, em sua extensão ocorre desmatamento, assoreamento, despejos de esgotos e outros impactos ambientais, (COSTA et al., 2006 e SEMARH et al., 2009).

Devido ao crescimento desordenado em Aracaju os rios são atingidos por agentes destrutivos (poluição, aterros) em situação crítica o rio Sergipe e seus afluentes o rio Poxim e o rio do Sal (CORRÊA et al., 2004). Aracaju foi se expandindo, tornando-se uma cidade verticalizada, e o sistema de esgotos mesmo tendo sido ampliado, entrou em colapso (COSTA et al., 2006).

A população residente no território da bacia hidrográfica do rio Sergipe compreende 1.010.523 habitantes, equivalendo a 56,6% do total do estado. A maioria expressiva da população, 86,6%, reside em áreas urbanas, ao passo que 13,2% situam-se na zona rural, fato que comprova o acelerado processo de urbanização em curso na bacia hidrográfica nas últimas décadas, responsável pelo grande passivo ambiental da região e uma significativa transposição de águas provenientes do rio São Francisco (SEMARH, 2009).

Na bacia do Rio Sergipe está localizado um de seus principais afluentes, o Rio Poxim que está inserido no objeto de estudo deste trabalho por abastecer habitantes da grande Aracaju e ser o corpo receptor do esgoto das ETE's por isso uma preocupação em caracterizar o lodo dessas estações para minimizar a impactos ao meio ambiente.

Os outros rios Vaza-Barris, Piauí e Real nascem no estado da Bahia, passa por diversos municípios e desembocam no oceano atlântico.

O Rio Vaza Barris, embora tenha parte de seu curso em Sergipe, nasce na área de Canudos sertão norte-nordeste da Bahia. Sua entrada no território Sergipano ocorre no município de Simão Dias e a foz encontra-se no povoado Mosqueiro entre Aracaju e São Cristovão.

O Rio Piauí é a segunda bacia hidrográfica do estado, possui 132 km de extensão, nasce no município de Riachão do Dantas, banha importantes áreas do centro sul (município de Lagarto, Boquim, Estância e Arauá).

O Rio Real nasce na divisa de Sergipe com a Bahia, na altura de Poço Verde e representa um marco natural de delimitação do território desses dois estados na área sul e sudoeste, deságua no oceano atlântico, formando grande estuário em confluência com o rio Piauí.

Na figura 4. Observa-se em destaque a bacia hidrográfica do Rio Sergipe, na qual ficam localizadas as ETE's pesquisadas no Estado de Sergipe.

A bacia do rio Sergipe abrange uma área de 16,7%, está constituída por 26 municípios, entre os quais, oito (Laranjeiras, Malhador, Moita Bonita, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Santa Rosa de Lima e São Miguel do Aleixo) possuem uma totalidade de suas terras inseridas na bacia enquanto que os outros dezoito municípios parcialmente (Aracaju, Areia Branca, Barra dos Coqueiros, Carira, Divina Pastora, Feira nova, Frei Paulo, Graccho Cardoso, Itabaiana, Itaporanga D`Ajuda, Maruim, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora das Dores, Ribeirópolis, Rosário do catete, Santo Amaro das Brotas, São Cristovão e Siriri) (COSTA et al., 2006).



(DESO,2009). A falta de tratamento pode contaminar ar, solo, água, sedimento e biomassa por enxurradas, disposição atmosféricas, práticas agrícolas domésticos tratados e não-tratados, chuva ácida, lixiviação, descargas de água irrigação ou drenagem e criadores dentro e fora de mananciais pode causar a poluição destes ambientes.

O Rio Poxim, localizado às margens direita da bacia hidrográfica do Rio Sergipe passa por diversos municípios até desaguar em Aracaju, este rio é responsável por 30% do abastecimento de água da grande Aracaju, beneficiando principalmente os Bairros Inácio Barbosa, São Conrado, os mais atingidos com impactos ambientais através dos esgotos domésticos, entulhos de construção civil, dejetos lançado na rua, lixo, erosão e desmatamento. A expansão urbana nestes bairros vem ocorrendo de forma desordenada e dispersa, causando a degradação das matas ciliares, e o assoreamento dos rios devido à extração ilegal de areia ao longo de seu percurso, como consequência deste processo, percebe-se uma redução do volume da água provocando racionamento e rodízio na distribuição de água da capital, já que a região do rio Poxim é uma das principais fontes de abastecimento do Estado (FREITAS et al., 2000). Desde 1958, este rio ao mesmo tempo em que é realizada a coleta de suas águas para o consumo da população, em outros pontos do rio atua como corpo receptor das ETE's da cidade com intensos impactos ambientais.

#### 4.4 - Estações de tratamento (ETE) do D.I.A e do Orlando Dantas

##### 4.4.1 - ETE e o Lodo de esgoto

O lodo de esgoto utilizado neste trabalho foi da estação de tratamento de esgoto do Conjunto Habitacional Jornalista Orlando Dantas e do D.I.A (Distrito Industrial de Aracaju), as quais localizam-se nos bairros que tem o mesmo nome das ETE's na cidade Aracaju-SE, pertencente à Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO.

#### 4.4.2 - ETE do Orlando Dantas

Na figura 5. Observa-se uma visão da ETE do conjunto Orlando Dantas em Aracaju.



Figura 5 - Estação de tratamento de esgotos do Conjunto Habitacional jornalista Orlando Dantas na cidade de Aracaju-SE.

Na Figura 6. estão as etapas descritas pelo tratamento primário e secundário da ETE do Orlando Dantas. Este sistema de tratamento de esgotos é constituído do pré-tratamento com gradeamento, no qual o esgoto é submetido aos processos de separação dos sólidos mais grosseiros, este é composto por grades de diferentes espessuras e desareamento nas caixas de areia, valo de oxidação, quatro decantadores, que têm como processo a decantação dos sólidos mais grosseiros e dezoito leitos de secagem. A produção mensal desta ETE é de aproximadamente 30m<sup>3</sup> de lodo que abrange o Orlando Dantas e algumas localidades adjacentes.



Figura 6 - Tratamento primário e secundário da ETE do bairro Orlando Dantas na cidade de Aracaju-SE.

#### 4.4.3 - ETE do D.I.A.

Na figura 7. Observa-se uma visão geral da ETE a estação de tratamento de esgoto do D.I.A que atende à população do Orlando Dantas, São Conrado, Santa Luzia e a região vizinha.



Figura 7 - Estação de tratamento de esgoto do D.I.A (Distrito Industrial de Aracaju) na cidade de Aracaju-SE.

Na figura 8. Observa-se o sistema de tratamento de esgotos do D.I.A, todo o processo é feito por automação o qual é constituído de sistema bomba elevatória que recebe o esgoto bruto sendo adicionado cloro para eliminar os organismos patógenos, bombeado através da tubulação por gravidade é submetido ao tratamento que é composto pelo filtro, em seguida gradeamento que retém as sujeiras grosseiras (resíduos sólidos), passando para os decantadores em um total de seis sendo decantados na parte inicial separando-se a sujeira grossa da sujeira fina seguindo para aeradores em um total de seis sendo que só funciona três em forma de revezamento e o resíduo aerado faz movimentos de vai e vem (recirculação), passando pelo dosador sendo o lodo transferido para os leitos e distribuído por bombeamento entre os dez leitos de secagem, divididos em duas partes cinco e cinco leitos, em ambas as ETE's o tratamento é semelhante. O processo de secagem natural exige que o lodo esteja bem estabilizado, vale dizer bem digerido, porque o lançamento do lodo bruto (não-digerido) nos leitos de secagem provocaria

apenas a desidratação da película superficial da massa. (CRESPO, 1997). Depois de ter feito o tratamento na ETE, a água despejada no Rio Poxim que fica próximo as ETE's e atua com corpo receptor.



Figura 8 - Etapas do tratamento de esgoto da ETE do D.I.A na cidade de Aracaju-SE.

## 5 - MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos abordados neste trabalho estão listados abaixo:

### 5.1 - Equipamentos:

- Estufa com circulação forçada de ar marca Marconi, modelo MAQ 35;
- Balança analítica digital marca Mettler, modelo AB 204-5;
- Ultra-purificador de água marca Millipore, modelo Mili-Q plus;
- Cromatógrafo de troca iônica de marca DIONEX, modelo ICS-3000;
- pHmetro de marca Digimed, modelo DM- 21;
- Bloco digestor (com controle de temperatura) marca techal, modelo TE0007A;
- Fracos de politetrafluoretileno (PTFE).
- Espectrômetro de Absorção Atômica (EAA) marca Shimadzu, modelo AA 6800, equipado com atomizador por chama e forno de grafite e corretor de *background* BGC-D2;
- Espectrômetro de Absorção Atômica (EAA) marca VARIAN, modelo AA 240FS, equipado com atomizador por chama;
- Espectrofotômetro de marca Biochrom Libra S12;
- Carbono total no analisador elementar CHNS-O da Thermo Finnigan, modelo FLASH EA 1112 Series;
- Análise de carbono orgânico total TOC 5000A total Organic Carbon Analyser Shimadzu.

## 5.2 - Reagentes e Soluções

- Ácido Clorídrico concentrado, HCl 37% marca Merck;
- Ácido Nítrico concentrado, HNO<sub>3</sub> 65% marca Merck;
- Ácido Perclórico, HClO<sub>4</sub> concentrado;
- Solução de ácido clorídrico (1:5), diluindo 100 mL do ácido em água ultra-pura e completando-se o volume a 500 mL;
- Solução de ácido nítrico (1:1), diluindo 250 mL do ácido em água ultra-pura e completando-se o volume a 500 mL;
- Soluções padrão para EAA, da marca Tritisol-Merck com 1.000 ± 0,002 g do metal, de 1.000 mg.L<sup>-1</sup> (100mg/L) para todos os metais;
- As soluções diluídas usadas na preparação da curva analítica foram preparadas no momento da análise a partir da solução estoque 1.000 mg.L<sup>-1</sup>, nas concentrações de 0,1; 0,5 e 1,0 ppm (mg.L<sup>-1</sup>).

## 5.3 - Materiais:

- Pesa-filtros de 25 mL;
- Frascos de polietileno de 100mL;
- Almofarizes e pistilos de porcelana;
- Balões volumétricos de 50, 500 e 1.000 mL;
- Bandejas e pinças de 2 mesh;
- Béqueres de 50, 250 e 500 mL;
- Cadinhos;
- Cápsulas;
- Erlenmeyer de 125 e 250 mL;
- Funis de vidro;
- Micropipetas automáticas de 50, 100, 250 e 1.000mL;
- Papel de filtro quantitativo;
- Pipetas volumétricas de vidro de 10 mL;
- Pesa-filtros de 25 mL;
- Frascos de polietileno de 100mL;

## 5.4 - Coleta e preparação de amostras

### 5.4-1 Metodologia

As amostras foram coletadas em duas ETE's que ficam localizadas no bairro Orlando Dantas e Distrito Industrial de Aracaju-SE sendo retiradas da base, meio e topo de quatro pilhas de lodo após passar pelo leito de secagem, formando uma amostra composta de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1985, et al VIANA, 2006).

As análises foram feitas no laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Após a homogeneização da amostra, foram retiradas alíquotas do lodo *in natura* e caleado (com adição de cal) na própria ETE que após a secagem em estufa de circulação forçada de ar 65°C por 48 horas até atingir massa constante. A redução de patógenos do lodo se deu através do processo de pasteurização 70°C por no mínimo 30 minutos em estufa com circulação forçada de ar Carvalho e Carvalho (2002).

Após os processos de higienização, as amostras do lodo foram trituradas usando almofariz e pistilo de porcelana e passados em peneiras de aberturas 2mm e, em seguida, foram retiradas alíquotas para determinação do pH, umidade e análise dos metais pesados (SANEPAR et al., 1998) e caracterização química.

As vidrarias, recipientes e frascos utilizados no procedimento foram imersos em solução de  $\text{HNO}_3$  1,0 mol  $\text{L}^{-1}$  por 24h e enxaguados com água ultra-pura, obtida do sistema de purificação Milipore MilliQ (Resistividade 18,2  $\text{M}\Omega\text{cm}^{-1}$ ). A escolha do material e do sistema de limpeza é fundamental para a confiabilidade da amostragem. (LEITE et al., 2005).

## 5.5 - Método Analítico para Determinação de Metais

### 5.5.1 - Determinação dos parâmetros

Após a coleta e preparação das amostras foram determinados os seguintes parâmetros: pH, Umidade, íons catiônicos sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), lítio (Li), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), e dos íons aniônicos fluoreto ( $\text{F}^-$ ), brometo ( $\text{Br}^-$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) N-Kjeldahl, N-amoniacal e N-nitrito, sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), carbono (C), nitrogênio (N), fsforo (P) e os metais pesados ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), alumínio (Al), magnésio (Mg), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni) e cádmio (Cd).

O pH foi determinado seguindo o procedimento proposto para análise de solo utilizando-se 10g da amostra adicionando-se 25mL de água destilada, agitando a solução e ,depois, deixou em repouso por uma (01) hora, em seguida utilizando-se o pHmetro de marca Digimed modelo DM 21 mergulhando-se o eletrodo para fazer a medida de pH em água.

Para determinar a umidade a  $65^\circ\text{C}$  em % fez-se o cálculo da massa da amostra analisada (SANEPAR et al.,1998).

Na determinação dos cátions sódio, potássio, lítio, magnésio, cálcio, amônia e dos ânions fluoreto, brometo, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, fosfato foi realizada a coleta e preparação das amostras e em seguida utilizando-se o procedimento analítico, transferiu-se 20g das amostras adicionando-o 100mL da solução de 0,05N de ácido sulfúrico, após decantação e reação, foi pipetado o volume necessário para análise dos cátions e ânions, posteriormente foi diluída a amostra de acordo com a condutância para ser injetada alíquota no cromatógrafo de troca iônica de marca DIONEX modelo ICS 3000 Series, coluna ânion IonPac AS18 de 2mm, e a coluna de guarda Ion Pac AG 18 de 2mm e de cátion IonPac CS16 de 3mm e coluna de guarda IonPac CG 16 3mm, fluxo para cátions de 0,5mL/min e para ânions de 0,3 mL/min, sendo feita

a leitura, obtendo os picos em um determinado tempo de retenção mostrado nos cromatogramas.

A determinação da composição elementar (CNHS) é o método mais usado para a determinação da composição elementar das substâncias húmicas, que se baseiam na detecção de quatro componentes (nitrogênio, carbono, hidrogênio e enxofre) de uma mistura eluída e separada por uma coluna cromatográfica e detectada por um detector na seqüência N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>. (SANTOS et al., 2006).

As concentrações de carbono e N-total foram determinadas no Laboratório de Química Analítica (LQA) no analisador Elementar CHNS-0 da Thermo Finnigan, modelo Flash EA 1112 Series com combustão a 900°C. O carbono orgânico foi calculado pela diferença do carbono medido antes e após a calcinação das amostras a 550°C (MARLUCIA et al., 2007).

Na determinação de Carbono por via seca Carbono Orgânico Total (TOC) O Carbono total é determinado pela oxidação do carbono orgânico e inorgânico à CO<sub>2</sub> devido ao aumento da temperatura a 900°C. A determinação do carbono inorgânico é realizada através da acidificação (ácido fosfórico) e posterior aquecimento a 200°C. Por diferença do carbono total e inorgânico é calculada o valor do carbono orgânico das amostras.

O teor de fósforo (P) foi determinado no espectrofotômetro de marca Biochrom Libra S12 usando um comprimento de onda de 885nm.

Após a coleta e preparação da amostra a caracterização química dos metais pesados ferro, manganês, zinco, alumínio, magnésio, chumbo, cromo, cobre, níquel e cádmio. Ocorreu à digestão total de aproximadamente 0,5g da amostra em mistura ácida em um Bloco digestor (com controle de temperatura) foi ajustada de modo que garantiu uma temperatura de aproximadamente 85°C no interior dos frascos de politetrafluoretileno (PTFE). marca Techal, modelo

TE0007A do laboratório de Química Analítica Ambiental, conforme método proposto para amostras ambientais (MILESTONE et al., 1996; USEPA et al., 1999 e FERREIRA et al., 2009), as quais foram transferidas para os frascos de PTFE e adicionaram-se 2mL de solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) (1:1) 65% (V/V) concentrado e 1mL de ácido clorídrico (HCl)(1:5) 32% (V/V) concentrado e 4ml de ácido fluorídrico (HF) o sistema foi aquecido a 60°C por 15 minutos. Em seguida, com frascos ainda fechados, o sistema foi resfriado por 30 minutos com banho de água fria. Após o resfriamento, os frascos foram abertos e adicionou-se 1mL de ácido perclórico e foi aquecido a 210°C até que o sedimento estivesse completamente seco e adicionou-se 10mL de ácido clorídrico 0,5mol/L transferindo para um balão volumétrico de 50mL e o volume foi completado com água ultra-pura, obtida do sistema de purificação Milipore Milli-Q (resistividade 18MΩcm<sup>-1</sup>). Os extratos foram transferidos e mantidos em frascos de polietileno, previamente descontaminados e guardados até o momento da análise da determinação dos metais.

Após a digestão total, foram determinados a concentração dos elementos Fe, Mn, Zn, Al, Mg, Pb, Ni e Cr em espectrômetro de Absorção Atômica, no módulo chama, marca Shimadzu e modelo AA 6800. Na primeira coleta as demais foram analisadas no espectrômetro de Absorção Atômica (EAA) marca VARIAN, modelo AA 240FS, equipado com atomizador por chama no módulo forno de grafite os elementos Cd e Pb.

A determinação dos metais pesados nas amostras do lodo foi realizada no espectrômetro de absorção atômica AA, pertencente ao Laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

#### 5.5.2 - Método analítico para determinação dos parâmetros analisados

Na determinação dos metais outras técnicas analíticas instrumentais podem ser aplicadas, porém as técnicas utilizadas neste trabalho, são técnicas que determinam metais a nível de traços (0,01 a 100mg.L<sup>-1</sup>).

As técnicas analíticas instrumentais aplicadas na determinação dos parâmetros foram cromatografia de troca iônica e a espectrometria de absorção atômica.

A cromatografia é uma técnica aplicada na química analítica para caracterização e quantificação da amostra.

Dentre várias técnicas analíticas existentes, no séc. XX, a cromatografia se desenvolve ao longo do séc. XX e devido ao bom desempenho do método para determinação dos parâmetros tais como a sensibilidade, velocidade, exatidão e simplicidade esta técnica tem sido bastante utilizada nos trabalhos analíticos.

A cromatografia é um tipo de análise quantitativa de concentração em macro-ultra traço. Para LEITE (2002), a cromatografia é uma técnica com um método físico de separação dos componentes de uma mistura, consistindo em duas fases em contato íntimo uma fase permanece estacionária durante todo o processo e a outra se move através dela, enquanto que segundo (NETO et al., 2003; LANÇAS et al.2004). A cromatografia está baseada na repartição dos analitos entre duas fases uma estacionária e outra móvel.

Existem diversas classificações para os processos cromatográficos. E a cromatografia iônica é uma técnica relativamente nova criada em 1975 e empregam alguns princípios estabelecidos da troca iônica, a condutância elétrica é utilizada para a detecção e determinação quantitativa dos íons em solução.

Cromatografia por troca iônica é a técnica de extração de íons metálicos de soluções aquosas utilizando resinas de troca iônica. Assim a fase estacionária é altamente carregada, sendo que os componentes com cargas de sinais contrários a estas são seletivamente adsorvidos da fase móvel HARRIS (2001).

A cromatografia iônica serve para análise de íons cátions e ânions dentre outros que permitem a análise de poucas amostras ou uma rotina pesada e de aplicações simples e complexas. As vantagens da técnica de cromatografia de íons para a análise são: diminuição no tempo, aumento da produtividade e

reprodutividade de análise de íons, diminuição no trabalho e custos operacionais, resultados mais precisos, minimização dos erros, sensibilidade e estabilidade (LANÇAS et al.,2004; DIONEX et al.,2009).

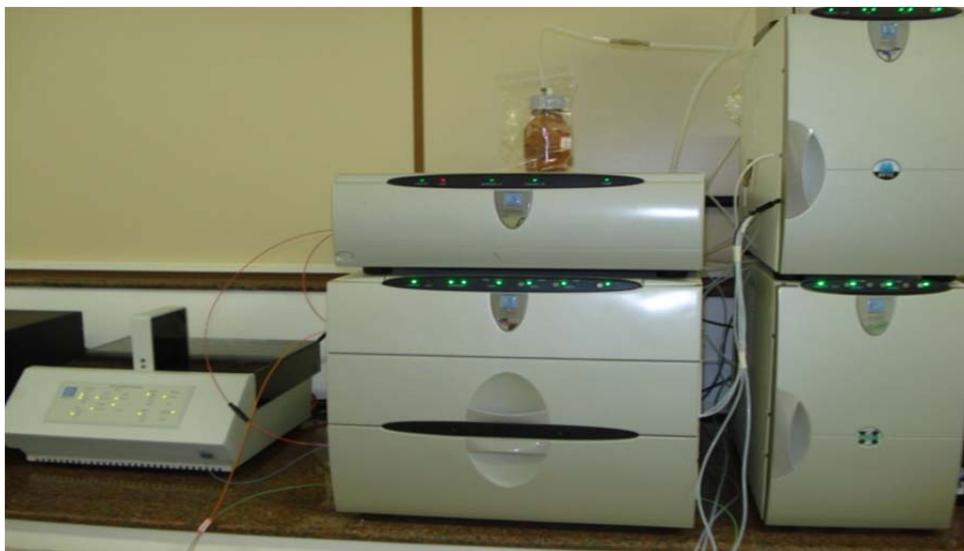


Figura 9 - Cromatógrafo de troca iônica utilizado na determinação dos íons catiônicos e aniônicos.

Neste trabalho foi utilizada a técnica de cromatografia de troca iônica para que os objetivos sejam alcançados através do cromatógrafo de íons de marca DIONEX modelo ICS-3000 do Laboratório de Química Analítica-LQA na Universidade Federal de Sergipe-UFS como mostra a figura.9, este atende a várias regulamentações exigidas nas análises de água e efluentes domésticos e indústrias dentre EPA, MS 518 e o CONAMA 357, (DIONEX,2009). Enquanto que para os metais utilizou-se a Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) que é uma técnica analítica instrumental para determinar metais-traço. Dentre suas especificações tem-se a espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS, Flame Atomic Absorption Spectrometry) e com forno de grafite (GFAAS, Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry) e as Espectrometria de Emissão Óptica (ICP-OES) e de massas ICP-MS), ambas com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP, Inductively Coupled Plasma).

Na espectrometria de Absorção Atômica, o constituinte é atomizado numa chama (FAAS), num forno aquecido eletricamente (GFAAS) ou num plasma (ICP-OES ou MS) (Harris, 2001; et al FERREIRA, 2009).

Para determinar os parâmetros na qual foi feita a digestão com das amostras que deve estar com o aspecto de homogeneidade LEITE (2008).

Após a digestão total, foram determinados os metais em um espectrômetro de Absorção Atômica de marca Shimadzu, modelo AA 6800 ar/acetileno que produz uma chama com temperatura de 2.400 a 2.700°C (Harris, 2001), e o Al, um elemento refratário na chama o qual apresenta alta temperatura 3.000°C elementos medido pela chama com acetileno/óxido nitroso com maior temperatura e no módulo forno de grafite os elemento Cd e Pb (NETO et al., 1996 e HARRIS et al., 2001).



Figura 10 - Espectrômetro AA 240FS utilizado na determinação dos metais

Na figura10. o espectrômetro AA 240FS (AA Spectrometer 240FS Varian AA 240FS Fast Sequential AAS). Para obter o máximo de produtividade. O espectrômetro de absorção atômica seqüencial é rápido, traz a produtividade e rapidez de análise de ICP-OES para AA. Assim como um ICP-OES, o AA 240FS faz medidas de todos os elementos em cada amostra, antes de avançar para as amostras subseqüentes. AA sistemas convencionais para determinar

um elemento de cada vez, repetindo todas as amostras para cada elemento. O espectrômetro fornece resultados completos para cada amostra em questão de minutos economizando tempo e também reduz os custos de funcionamento, como mais amostras podem ser determinadas em menor tempo. Estes AA foram utilizados para determinar os metais ferro, manganês, zinco, alumínio, cobalto, magnésio, chumbo, cromo, cobre, níquel e cádmio das amostras coletadas em diferentes pontos e épocas do ano para análise espectrométrica.

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lodo de esgoto analisado tem como características básicas ser de área residencial urbana que contém aspecto de esgoto doméstico, pois a estação de tratamento localiza-se no conjunto habitacional jornalista Orlando Dantas, caracterizada por ter diversas residências e pequenos comércios, enquanto que, a ETE do D.I.A, atende à demanda, também, de residências mesmo com indústrias em suas proximidades, mas, em ambas os valores obtidos para os metais pesados são inferiores aos encontrados na legislação utilizada como referência a CETESB, valores observados na tabela 7. sendo assim sua aplicação na agricultura é uma das formas viáveis e possível para a disposição final do lodo.

A caracterização físico-química do lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas (OD) e Distrito de Aracaju D.I.A., da cidade de Aracaju-SE, foi realizada e analisado os parâmetros, que são descritos nas tabelas de 2 a 7, as amostras são representadas por LE (Lodo de Esgoto-LE1, LE2, LE3, LE4, LE5, LE6)1ª a 6ª coleta em diferentes época sendo três coletas no primeiro semestre e as outras três no segundo semestre no ano de 2009 para assegurar uma maior precisão nos resultados das análises e (LEM) média dos valores do lodo de esgoto.

Na tabela 2. Observa-se que a baixa umidade das amostras com valores de 1,97% o mínimo e o máximo de 4,54%, esta é relacionada a amostra ser coletada no leito de secagem das ETE's em diferentes épocas do ano, mas, o período seco predominou devido às condições climáticas em grande parte do ano. O pH teve valor mínimo de 4,92 e máximo 6,95 do lodo caleado da ETE do Orlando Dantas teve um aumento devido adição de cal para atuar como corretivo da acidez e para higienizá-lo. O valor médio para o pH 5,70 onde foi obtido por pH 5,3 (VIANA, 2006) e pH 5,1 (COMPESA, 2010) e CONAMA pela RESOLUÇÃO *Qualidade da água nº 397 de 2008*, o pH entre 5 a 9 então o valores estão dentro da faixa adequada.

Tabela 2 - Umidade e pH das amostras de lodo obtidas em diferentes épocas nas ETE's do bairro Orlando Dantas e do Distrito de Aracaju(D.I.A).

<b>Amostras</b>	<b>Umidade 65°C (%)</b>	<b>pH em água</b>
LE1	4,54	5,72
LE2	2,26	5,83
LE3	3,25	6,95
LE4	2,74	4,92
LE5	2,40	5,61
LE6	1,97	5,20
LEM	2,86	5,70
COMPESA	----	5,10
VIANA	7,30	5,30

A redução de patógenos e higienização do lodo foi realizada através da estabilização química, com a adição de cal extinta (calagem), conforme as recomendações da USEPA (1992) com o objetivo de elevar o pH para inativação dos patógenos. Mas, os efluentes ácidos causa a dissolução de carbonatos e hidróxidos, modificando a dessorção de cátions metálicos complexados pela matéria orgânica, devido a competição desses cátions com íons H<sup>+</sup>. Estima-se que o teor fitodisponível de metais presentes em solos tratados com lodo de esgoto é fundamental na avaliação do risco de entrada desses elementos, potencialmente tóxicos, na cadeia alimentar PIRES (2005). Parâmetros como dureza, salinidade e pH têm grande influência na especiação de metais em geral.

Por meio da cromatografia de troca iônica detectou-se grandes concentrações dos macronutrientes catiônicos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ) e aniônicos ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ), devido a origem ser doméstica. Os resultados são satisfatórios, pois determina íons multivariados com redução de tempo, sensibilidade e seletividade (MELO et al., 2001).

Na tabela. 3, verifica-se a de concentração de íons catiônicos do lodo da cidade de Aracaju-SE. Os macronutrientes apresentaram concentrações de lítio e amônia que estão em  $\text{mg kg}^{-1}$  e o sódio, potássio, magnésio, cálcio em  $\text{g kg}^{-1}$ .

O sódio apresentou uma concentração mínima de  $0,25\text{g Kg}^{-1}$  e concentração máxima de  $0,63\text{g kg}^{-1}$  dentre as amostras LE1 tem um valor mais elevado enquanto que os demais apresentam valores próximos, porém os valores estão abaixo do permitido pela legislação CONAMA.

O potássio apresentou uma concentração mínima de  $0,53\text{ g kg}^{-1}$  e concentração máxima de  $0,84\text{g kg}^{-1}$ , o baixo valor era esperado, o potássio é bastante solúvel em água e, durante o tratamento dos esgotos nas ETE's, o mesmo tende a ficar em solução no esgoto e não no lodo. Apesar do baixo valor, é um nutriente totalmente assimilável pelas plantas (TSUTIYA, 2002), o potássio, pode ser utilizado na agricultura como complemento de fertilizante. O magnésio apresentou concentração mínima de  $13,50\text{ g kg}^{-1}$  e concentração máxima de  $17,93\text{g kg}^{-1}$ . O cálcio apresentou uma concentração mínima de  $33,76\text{ g kg}^{-1}$  e concentração máxima de  $84,35\text{g kg}^{-1}$ . O lítio foi detectado somente na amostra LE1 com valor de  $4,76\text{g kg}^{-1}$  nas demais amostras não foi detectado. A amônia apresentou uma concentração mínima de  $77,63\text{ g kg}^{-1}$  e concentração máxima de  $530,69\text{g kg}^{-1}$ . Segundo ROCHA (2004) a amônia apresenta vasta aplicação e pode ser usada como fonte de nitrogênio na fabricação de fertilizante. Dentre os íons a menor quantidade determinada foi do sódio. A adição do lodo no solo favorece o cultivo das plantas, pois há uma disponibilidade influenciada pelos cátions trocáveis ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ), este lodo enriquece o solo, principalmente, com o cálcio e magnésio devido ao fato de ser usado na agricultura. O aumento de retenção de cátions pela carga

orgânica proveniente do lodo é considerado extremamente importante para os solos de baixa CTC e pobres em matéria orgânica, o que naturalmente acontece em regiões de clima tropical e nos solos da região nordeste, principalmente nos tabuleiros costeiros (NASCIMENTO et al., 2004; VIANA et al., 2006).

Tabela 3 – Concentração de cátions presente no lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE.

Amostras	Lítio (g kg <sup>-1</sup> )	Amônia (g kg <sup>-1</sup> )	Sódio (g kg <sup>-1</sup> )	Potássio (g kg <sup>-1</sup> )	Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )	Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )
LE1	4,76	77,63	0,63	0,75	17,02	84,35
LE2	ND	154,61	0,28	0,53	14,94	61,55
LE3	ND	530,69	0,26	0,84	17,93	33,76
LE4	ND	224,67	0,32	0,81	14,63	46,90
LE5	ND	261,30	0,26	0,63	16,76	63,55
LE6	ND	223,98	0,25	0,57	13,50	43,57
LEM	ND	245,48	0,33	0,68	15,79	55,61
COMPESA	---	---	0,30	2,10	1,20	9,4
VIANA	---	0,25	0,19	0,53	28,16	81,70

Na tabela 4. Verifica-se as concentrações dos macronutrientes aniônicos nas amostras e apresentam valores com concentração máxima para nitrato e nitrito, respectivamente, 8,78mg kg<sup>-1</sup> e 3,54mg kg<sup>-1</sup> e uma concentração mínima 1,04mg Kg<sup>-1</sup> e 2,31mg kg<sup>-1</sup>, porém em uma das amostras não foi detectado a presença de nitrito, estes nutrientes auxiliam no desenvolvimento da planta

quando utilizado na agricultura. Dentre as amostras analisadas não foi detectada em nenhum dos pontos a presença de brometo. O fluoreto detectou-se em três pontos onde estes valores são toleráveis. A análise é importante, pois, estes íons poderão ser fontes de nutrientes e atuaram diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas quando aplicado na agricultura (GUERINI, 2004).

O cloreto apresentou concentração mínima na amostra LE2 29,01mg kg<sup>-1</sup> e a concentração máxima LE1 83,09mg kg<sup>-1</sup>. Para PEREIRA, (2006) a técnica da cromatografia de íons para determinar o cloreto em baixas concentrações obtem-se resultados satisfatórios enquanto que em outras técnicas os resultados não são adequados para a análise.

Detectou-se nas amostras analisadas nutrientes esse encontrado no lodo que também está presente na composição do fertilizante aplicadas na adubação com concentração mínima, respectivamente, de sulfato e fosfato, 2.4870,50mg kg<sup>-1</sup> e 28,51mg kg<sup>-1</sup> e a concentração máxima 3.939,85mg kg<sup>-1</sup> e 422,51mg kg<sup>-1</sup>.

Tabela4 - Concentração de ânions presente no lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE.

Amostras	Fluoreto (mg kg <sup>-1</sup> )	Cloreto (mg kg <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg kg <sup>-1</sup> )	Brometo (mg kg <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg kg <sup>-1</sup> )	Sulfato (mg kg <sup>-1</sup> )	Fosfato (mg kg <sup>-1</sup> )
LE1	5,67	83,09	8,78	ND	2,31	2.487,50	422,51
LE2	1,10	29,01	1,67	ND	3,51	2.420,86	213,30
LE3	ND	47,70	ND	ND	2,82	2.939,85	28,51
LE4	ND	54,63	1,04	ND	3,49	3.929,00	302,17
LE5	0,58	52,20	1,99	ND	3,54	3.272,09	286,26
LE6	ND	39,04	1,35	ND	2,67	2.507,96	179,63
LEM	1,22	50,94	2,45	ND	3,05	2.926,21	238,73
COMPESA	---	---	---	---	0,01	---	---
VIANA	---	---	0,11	---	---	---	---

Na tabela 5. Observou-se a concentração do N-total, C<sub>Orgânico</sub> e P-total presentes no lodo das ETE's estudadas C<sub>Orgânico</sub>. Detectou-se a concentração mínima 135,23g kg<sup>-1</sup> e concentração máxima 187,50g kg<sup>-1</sup>. A presença de matéria orgânica no lodo de esgoto faz com que se tenha um aumento na concentração de carbono orgânico (MELO et al., 1994). A razão C/N pode ser utilizada para definir o grau de estabilização da matéria orgânica. O uso de lodo de esgoto na agricultura é uma prática de manejo vantajosa por este se tratar de material rico e alguns nutrientes (GALDOS et al.,2004; SANTOS et al., 2006). A presença de nitrogênio contribui para ter aumento da matéria orgânica, portanto, pouco oxigênio tem-se um ambiente mau cheiroso sendo o lodo proveniente de um meio eutrofizado. Segundo Rocha (2004) o nitrogênio é essencial para agricultura sendo um dos principais componentes do adubo (NPK). O lodo de esgoto contém matéria orgânica, macronutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e micronutrientes (Zinco, cobre, ferro, manganês e molibidênio) que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo (TSUTYA et al., 2000; CAMARGO e BETTIOL et al., 2000; SANTOS et al., 2006). Os valores de P-total a concentração mínima 3,48g kg<sup>-1</sup> e concentração máxima 5,80g kg<sup>-1</sup> quando comparado com o da literatura e da COMPESA estão abaixo dos valores permitidos pela legislação.

Tabela 5 Concentração do N<sub>Total</sub>, carbono<sub>Orgânico</sub> e P<sub>Total</sub> presente no lodo das ETE's da cidade deAracaju-SE.

Amostras	N <sub>Total</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	C <sub>Orgânico</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>Total</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
LE1	12,30	158,70	5,12
LE2	11,07	151,17	5,20
LE3	12,30	166,57	5,80
LE4	10,56	187,50	4,35
LE5	10,43	160,92	3,48
LE6	9,09	135,23	3,85
LEM	10,95	160,01	4,63
COMPESA	22,50	285,90	45
VIANA	11,44	145,41	3,61

A concentração dos metais pode ser influenciada por atributos do solo, como por exemplo: o pH, porém, a presença de metais pesados no lodo de esgoto é motivo de grande preocupação ambiental e vem tornando-se um entrave na regulamentação do uso agrícola deste resíduo (SANTOS et al., 2006).

Na tabela 6, observa-se a concentração dos metais pesados presente no lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE, nas amostras analisadas, há certa regularidade nos valores e na média do lodo das ETE's (LEM) segue os dados na tabela seguinte.

Tabela. 6 Concentração dos metais pesados presente no lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas e do D.I.A da cidade de Aracaju-SE

Amostras	Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	Alumínio (mg kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg kg <sup>-1</sup> )	Cádmio (mg kg <sup>-1</sup> )
LE1	47,50	129,30	524,10	2.401	4.007,50	2,12	3,45	10,23	0,56
LE2	53,33	129,40	551,27	3.314	4.063,37	2,48	4,69	11,48	0,65
LE3	66,63	148,63	713,73	3.639	4.836,50	3,17	6,44	11,78	0,55
LE4	55,82	135,33	627,79	3.983	4.449,30	4,40	5,87	10,76	0,68
LE5	61,03	150,35	467,07	3.487	4.284,79	3,22	7,98	10,36	0,51
LE6	47,51	113,74	475,22	2.859	3.559,69	2,62	4,95	8,99	0,48
LEM	47,38	134,45	559,86	3.280	4.200,19	3,00	5,56	10,60	0,57

Na tabela. 7 verifica-se os valores referentes aos metais pesados no lodo das ETE's do bairro Orlando Dantas e do D.I.A na cidade de Aracaju-SE e a legislação vigente, analisando-se os parâmetros e comparando-os com a literatura utilizando os dados da CETESB para o Cd, Cu, Pb e Zn os valores obtidos são inferiores e, Mn e Fe comparados com os dados obtidos pela COMPESA os níveis ficaram abaixo. O alumínio não se encontram em concentrações elevadas, sendo esse fato decorrente da sua baixa solubilidade, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato. A calagem foi feita visando atingir o pH 6,0 com base nos teores trocáveis. Com o aumento do pH, diminuiriam as concentrações de alumínio e manganês pela possível complexação com radicais orgânicos deste resíduo.

Os dados deste trabalho foram comparados com VIANA (2006), pois, a estação de tratamento de esgoto analisada foi a mesma, porém em uma outra época em 2006. Para o cobre houve uma redução de 55,07 mg kg<sup>-1</sup> VIANA (2006) para 47,38 mg kg<sup>-1</sup>, houve uma diminuição no teor de ferro 5.467 mg kg<sup>-1</sup> para 3.280 mg kg<sup>-1</sup> e, o chumbo de 11,51 mg kg<sup>-1</sup> para 10,60 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto que o valores em VIANA (2006) foram menores do que do lodo analisado, respectivamente, para o manganês de 96,03 mg kg<sup>-1</sup> para 134,45 mg kg<sup>-1</sup>, o cádmio 0,34 mg kg<sup>-1</sup> para 0,57 mg kg<sup>-1</sup> e o zinco de 209,15 mg kg<sup>-1</sup> para 559,86 mg kg<sup>-1</sup>. Na agricultura, uma fonte direta de contaminação pelo cádmio é há utilização de fertilizantes fosfatados. Sabe-se que a absorção de cádmio pelas plantas é maior quanto menor o pH do solo. Nesse aspecto, as chuvas ácidas representam um fator determinante no aumento da concentração do metal na agricultura. Quando se compara os dados analisados aos da CETESB (1999), EPA 40 CFR Part. 503, COMPESA (2004) e VIANA(2006). Pois, existem poucos trabalhos no estado de Sergipe este trabalho é mais uma referência para estudo em nosso estado.

O lodo de esgoto das ETE's analisadas com base nos resultados obtidos é provenientes de esgotos domésticos. Este lodo pode ser aplicado no solo para contribuir no desenvolvimento das plantas, valores estes que se encontra dentro de faixas permitidas para uso agrônômico.

Tabela 7 Análise dos valores dos metais pesados no lodo das ETE's da cidade de Aracaju-SE e a legislação.

Amostras	Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	Alumínio (mg kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg kg <sup>-1</sup> )	Cádmio (mg kg <sup>-1</sup> )
LEM	47,38	134,45	559,86	3.280	4.200,19	3,00	5,56	10,60	0,57
COMPESA	155	207	548	16.909	---	---	---	120	---
VIANA	55,07	96,03	209,15	5.467	---	---	---	11,51	0,34
EPA 40 CFR part 503	1500	---	2800	---	---	420	---	300	39
CETESB	4300	---	7500	---	---	---	3000	840	85

## 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização química dos parâmetros analisados neste trabalho atingiu os objetivos, obteve-se resultado satisfatório com valores abaixo do permitido pela legislação nas normas brasileira e da CETESB podendo o lodo ser utilizado como fonte de matéria orgânica adubo (fertilizante) uma das formas viável de disposição no solo. Mas, devem ser avaliadas segundo critérios de viabilidade técnica e econômica, além de adequação às características topográficas e ambientais da região porque existem outras formas de disposição.

A determinação dos metais pesados Fe, Mg, Mn, Zn, Mg, Pb, Cr, Cu, Ni e Cd das ETE's, quando analisados em diferentes períodos analisados observou-se que os valores não diferenciavam já que a origem do lodo de esgoto é a mesma em sua maioria residencial e abaixo dos valores da CETESB e para o Alumínio (Al) também não se encontra concentrações elevadas, sendo esse fato decorrente da sua baixa solubilidade, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato.

O lodo de esgoto (LE) tem ação corretiva de acidez do solo por ter sido adicionado cal para higienização, aumentando o pH, fornecendo nutrientes P, S, Ca e sua aplicação no solo aumenta a retenção de líquidos .

O lodo de esgoto é um resíduo produzido nas ETE's composto essencialmente por matéria orgânica, macro e micronutrientes e alguns agentes de poluição, metais pesados e microorganismo patogênicos (SIMONETE, 2001, et al; VIANA, 2006). GALDOS,2004

Portanto, o lodo de esgoto das ETE's da cidade de Aracaju-SE e proveniente de esgotos domésticos sendo uma das formas de disposição é na agricultura. Detectou-se a presença de íons fornecendo grandes concentrações dos macronutrientes cátions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ) e ânions ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,

$\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), e sua aplicação leva ao aumento da produtividade agrícola e a diminuição dos impactos ambientais principalmente dos recursos hídricos.

Os esgotos Sanitário de Aracaju vêm poluindo aceleradamente o rio Sergipe já há várias décadas, conforme aumenta a concentração populacional, maior é o volume de esgotos canalizados para o leito já poluído dos rios, (CORRÊA et al., 2004).

De acordo com Andreoli (2007), Há poucos relatos de pesquisas realizadas no Brasil para quantificar a produção em unidade de tratamento de esgoto em Sergipe não é diferente. Portanto, este trabalho contribuirá com dados do lodo referentes às estações de tratamento de esgoto do estado de Sergipe e com a caracterização possibilita indicar e orientar formas mais viáveis de disposição final.

## 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLOWAY, B. J., **Heavy metals in soils**. 2 ed. Glasgow, Blackie A & P, 1995, 368p.

ANDREOLI, C. V. & PEGORINI, E. S. **Plano de reciclagem agrícola do lodo de esgoto do município de Maringá**. Curitiba, SANEPAR, 1999, 100p.

ANDREOLI, C. V. I., PEGORINI, E. S.; GONÇALVES, D. F. **Processo de implementação da reciclagem agrícola de bio sólidos em Curitiba**, Paraná In anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES/AIDIS. Porto Alegre-RS/ 3 a 8 de dezembro de 2000.

ANDREOLI, C. V.; GARBOSSA, L. H. P.; LUPATINI, G.; PEGORINI, E., S., R.; BILOTTA, P. **Gerenciamento do lodo de estação de tratamento de esgoto no Brasil**, Curitiba-PR, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Amostragem de resíduos sólidos**. Projeto 1. 6302-004. São Paulo, 1985.

BRAGA, B. TUNOSI. J. G. (Ed), **Águas doces no Brasil, capital ecológico uso e conservação**. São Paulo. Escrituras. 1999 p227-248

BRANCO, S. M. **Água, meio ambiente e saúde** In Rebouças, A. V.;2006.

CAMARGO, O. A. De; BETTIOL, W. Agricultura: opção animadora para utilização do lodo. **O Agrônomo**. Campinas, SP, v. 52, 2000.

CARVALHO, P. C. T.; CARVALHO, F. J. P. C. **Legislação sobre biossólidos**. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI; J. B; ALEM SOBRINHO, P.; CARVALHO, P. de C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.), Biossólidos na agricultura. 2ª ed., São Paulo, SP: ABES/SP, 2002, Cap. 7, 209-226.

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, disponível em ([www.arq.ufsc.br](http://www.arq.ufsc.br)) acesso em 02/04/2010.

CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental acesso em 28/10/2009.

CINFORM MUNICÍPIOS, **História dos Municípios**, Editora Histórica, p.20-22, junho de 2002, Aracaju-SE.

CONAMA **Resolução n° 357/2005** de 17/03/2005. [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br) acesso em 07/04/2009.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente (2006). Resolução 375**.

CORRÊA, L. F. de M. dos; CORRÊA, A.W. M.; ANJOS, M. V. M., **Sergipe Nossa Geografia Ensino Fundamental**, Info Graphics/UFS, Aracaju, 2005.

CORRÊA, A.W. M.; CORRÊA, L. F. de M. dos; ANJOS, M. V. M. dos; **História de Sergipe para Vestibulares e outros Concursos**, Info Graphics/UFS, Aracaju, 2004.

COSTA, L. E.; **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**, org. José do Patrocínio Hora Alves, Òs Editora, 2006.

CRESPO, P. G. **Sistema de Esgotos**, Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Ed. UFMG, 1997. P. 115.

DANTAS, J. D. de M.; **Uso de lodo de esgoto como fonte de matéria orgânica do solo e nitrogênio para tomateiro cereja (*Lycopersicum esculentum* sp.)**, São Cristóvão-SE: UFS, 2010, (Dissertação, Mestrado em Agroecossistemas).

DAROS, C. O.; AITA, C.; CERITA, C. A.; FRIES, M. R. **Lodo de Esgoto: Efeito imediato no milho e residual na associação aveia e ervilhaca**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas V. 17, M. 2, p. 257-261, 1993;

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe – **Esgotos Sanitários** (<http://www.deso-se.com.br>) Acesso em 20 de março de 2009.

DIONEX- (<http://www.dionex.com.br>) acesso em 17 de julho de 2009.

FAUSTINO, R *et al.* **Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea Lam.*** Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, 2005.

FERRAZ A. S. L.; SOUZA, S. R. de; CASTRO, S. R. P. de; PEREIRA, R. B. **Adubação de Alface com lodo de esgoto de cervejaria.** Horticultura Brasileira, V. 21, n. 1, Brasília jan-mar 2003.

FERRAZ JUNIOR., A. S. L. *et al.* **Adubação de alface com lodo de esgoto de cervejaria.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, nº 1, 2003.

FERREIRA, W. M.; **Distribuição de metais-traço em sedimentos superficiais da sub-bacia hidrográfica do rio Vaza Barris-SE.** 2009. Dissertação de mestrado apresentado ao núcleo de química (NPGQ) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) São Cristovão-SE.

FREITAS, S. de F.; FILHA, M. M. S.; Carvalho, J. de ; DQI CCET-UFS, 23º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), **Determinação de Nutrientes da Coluna d'água ao estuário do Rio Poxim-SE,** 2000.

FULLER, W. H.; WARRICK, A. W. **Soil inwaste treatmente and utilization Boca Raton:** CRC Press, 1985. V.1, 268p.

GALDOS, M.V.; MARIA, I.C. de; CAMARGO, O.A.; Atribuição e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto, R. Bras. C. Solo, 28; p. 569-577, 2004.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, Atribuições físicas e químicas de substratos compostos por biossólidos em casca de arroz carbonizada, UNESP, R. Bras. C. Solo, 28; p. 1069-1076, 2004.

**IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2004);**

HARRIS, D.C. **Análise Química Quantitativa**. Rio de Janeiro; LTC, Livro Técnicos Científicos, 2001. 5ª Edição.

LANÇAS, F. M.; **Extração em fase sólida (SPE), Métodos Cromatográficos de Análise, 2004.**

LEITE, F.; **Amostragem fora e dentro do laboratório**, Campinas-SP: Átomo, 2005, 1ª Edição;

LEITE, F.; **Práticas de Química Analítica**, Campinas-SP: Átomo, 2008, 3ª Edição;

LEITE, F.; **Validação em análise química**, Campinas-SP, Átomo, 2002, 4ª Edição.

LUE-HUNG, C.; Pietz, R. I.; PIETZ, R. I.; GRANATO, T. C. G.; SCHWIND, J. ZENZ. D. R. **Sewage Sludge: Lond utilization and the environment. Overviewn of the past 36 years: operator's perspective.** IN: clapp, C. E.; Larson, W. E.; Dawdy, R H.; Eds. Sewage Sludge: Lan utilization and environment. St. Paul: Soil Science Society of America, Inc.; 1994. P. 7-14;

LOPES, J. C. *et al.* **Produção de alface com doses de lodo de esgoto.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, nº 1, 2005.

MARLUCIA, S. B.; ALVES, J. do P. H.; PASSOS E. de A.; GARCIA, C. A. B; LQA-DQI, UFS, 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ); Resumo, **Relação C:N, Identificação da origem da matéria Orgânica em Sedimentos**, 2007.

MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. **Metais pesados e uso de bio sólidos na agricultura** In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; CARVALHO, P. de C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed) Biossólido na Agricultura, 2ª Ed.; São Paulo, Sp: ABES/SP, Cap. 12, 365-403. 2002.

MELO, A. C. de.: SOUZA, G. de S. **Desenvolvimento de metodologias de análises de amostras aquosas ambientais por cromatografia iônica**, II Jornada de Iniciação Científica (meio ambiente)UFRGS,julho de 2009, Rio Grande do Sul.

MILESTONE, **Application notes for microwave digeston**, 1996.

MIYAZAWA, M., **Metais pesados no solo e na planta**, Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina-PR, 20p, 1997.

NASCIMENTO, C. W. A., BARROS, D. A. S., E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.28:p. 385-392, 2004.

NETO, E. O.; **Espectrofotometria de absorção atômica**, UFMG, Belo Horizonte-MG, 1996, 1ª Edição.

NETO, F, R. de A.; Nunes , D. da S. e S. **Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins**, Interciência, 2003, 1ª edição.

OLIVEIRA, C. de, **Efeitos da Aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e Zinco na cultura de Arroz** R. Braz. CI Solo, 29. 109-116-2005 Rio de Janeiro.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, M. L. de P.; FERREIRA, A. **Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – PR – 1º Simpósio latino americano de biossólidos**. Anais, São Paulo. Jun, 2003.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C.V.:(2006). **Alternativas de uso de resíduos do Saneamento** Abem, Rio de Janeiro, PP. 417.

PEREIRA, J. S. F.;BIZZI, C. A.: DIEHL, L. de O.: MELLO, P. de A.: SANTOS, M. de F. dos S.: GUIMARÃES, R. C. L. DRESSLER. V. L., FLORES, E. M. M.: **Determinação de cloreto por cromatografia de íons após combustão iniciada por microondas.** 29° Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2006.

PEREZ. M. M. D. *et al.* **Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli.** Bioresource Technology, 2006.

PIRES, A. M. M.: MATIAZ mmm,mmm

M nmnb b

ZO, M.E.: BERTON, R. S.: GUILHERME, L. R. G.: **Extração v Metais Pesados em Solos Tratados com Lodo de Esgoto: Uso de Ácidos Orgânicos**, Jaguariuna-SP, 2005.

PIRES, A. M.M.; **Uso Agrícola do lodo de esgoto: Aspectos Legais**, EMBRAPA, Jaguariuna-SP, 2006.

PROSAB, **Programa de pesquisas em saneamento básico**, UFRN, 2009. [www.finep.gov.br/prosab/4\\_lodo\\_ufrn.html](http://www.finep.gov.br/prosab/4_lodo_ufrn.html) acesso em 07/04/09;

REBOUÇAS, A.C.; BRAGAB.; TUNDISI, J. G. (cd), **Água doces no Brasil, capital ecológico uso e conservação**. São Paulo: Escrituras 2006 p292.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M; MOURA, I. M. **Mudanças da fertilidade dos solos e crescimento de um povoamento de Eucalyptus Grandes fertilizado com bio sólido**: Revista Brasileira de Ciência do Solo; 28.623.639, 2004;

ROCHA, J.C; Rosa, A. H. I. Cardoso, A. A; **Introdução à Química Ambiental**, Porto Alegre: Bookman, 2004, 1ª Edição;

SALLES, R. F. DE M.; **Concentração de Nutrientes nas folhas e metais pesados nos frutos de macieira (Malus domestica Borkh) em função da aplicação de lodo de esgoto**. 1998. Dissertação de mestrado apresentado ao núcleo de agronomia da Universidade Federal do Paraná (UFPA) Curitiba-PR.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - (<http://www.sabesp.com.br>) acesso em 02 de abril de 2010.

SAMUEL, R. dos S. (Bolsista SAE/UNICAMP) e Prof. Dr. Cristiano de Mello Gollep (Orientador) Centro Superior de Educação Tecnológica – CESET; UNICAMP, XIV Congresso Interno de Iniciação Científica Unicamp, 2008. **Avaliação da toxicidade do lodo de ETE através de respostas biofotômicas**;

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual de Métodos para análise microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto.** ANDREOLI, C. V. (coord.), B. R. P. (coord. Curitiba, PR, 80p. 1998).

SANEAGO - Companhia de Saneamento de Goiás, disponível em (<http://www.saneago.com.br/wwwsan/quali/trataesgoto.htm>), acesso em 02/04/2010.

SANTOS, L. M. dos, Dissertação de mestrado de 2006, **Dinâmica da matéria orgânica e destino de metais pesados em dois solos submetidos de lodo de esgoto.** Acesso em 01/10/2009, [www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br).

SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). **Comitê de Bacias Hidrográficas.** [www.semarh-se.gov.br](http://www.semarh-se.gov.br) Acesso em 13 de julho de 2009.

SILVA, C. J. C. *et al.* **Efeito do lodo de estação de tratamento de despejos de curtume na fase de crescimento do milho.** *Biologia e Ciências da Terra*, v. 5, nº 2, 2005.

SILVA, E. P. *et al.* **Potencial de utilização de lodo de esgoto de indústria têxtil como fertilizante agrícola.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, nº 2, 2003.

SILVA, F. C. da; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; MENDONÇA, E. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto, Nutrientes, metais pesados e produtividade**, 1997.

SIMONETE, M. A. **Alterações nas propriedades químicas de um argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho**, 2001. 89p. Tese de doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

TELES R. C.; COSTA, A. N.; Gonçalves, R. F. **Produção de lodo em lagoas de estabilização e o seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudeste do Brasil**, Samare, Vitória, VIZ, jul/dez de 1999.

TSUTIYA, M. T. **Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos** CARVALHO, P. C. T.; CARVALHO, F. J. P. C. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; CARVALHO, P. de C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. (Ed.), Biossólidos na agricultura. 2ª ed., São Paulo, SP: ABES/SP, 2002, Cap. 4, p. 89-131.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Central of pathogens in vector attraction in sewage sludge**. Under 40 CFR Part 503 USEPA, 1992.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 40 CFR Parts 257, 403 and 503, **Final rules: Standards for the use for the use of sewage sludge**. **Federal Register**, v. 58, n.32, p.9248-9415, 1993.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Method 2008 revision 5.5; Determination of trace Elements in water and wastes by inductively coupled plasma-mass spectrometry**. EPA-821-R-017, 1999.

VIANA, C. L. B.; **Potencialidade do Uso Agrícola do lodo de esgoto de sistema de valo de oxidação em Sergipe. 2006**. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em agroecossistemas (NEREN) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristovão-SE.

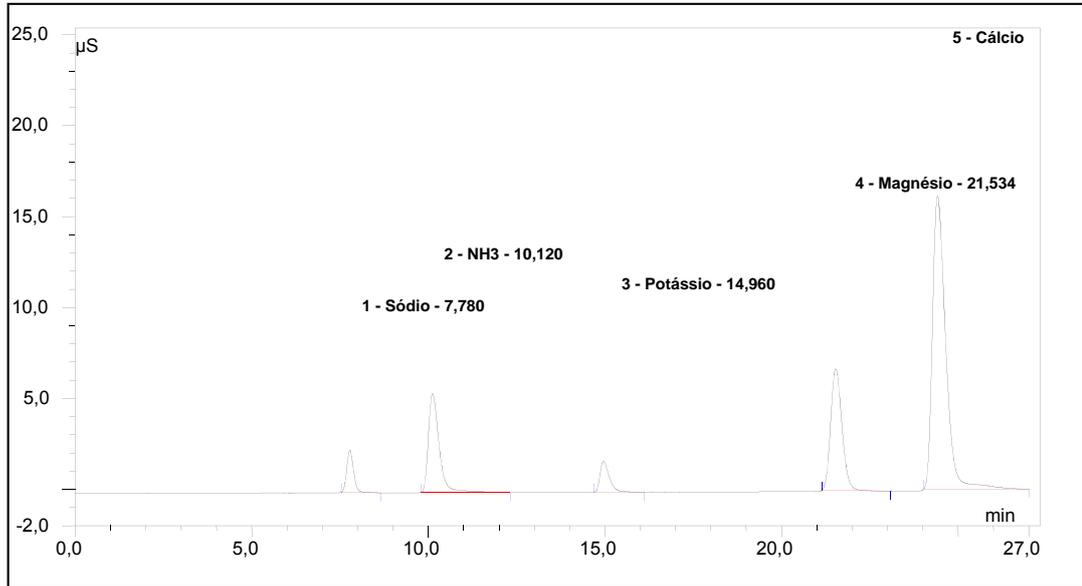
## 9-ANEXOS

### 9.1-Tempo de Retenção nos cromatogramas

Nos cromatogramas de 1,3,5(cátions) e (2,4,6) ânions observou-se mostrando os tempos de retenção dos íons analisados por um cromatógrafo de troca iônica na qual amostra de lodo foi diluída com a condutância para ser injetada alíquota de  $25\mu L$  com o tempo de corrida de 27 minutos com coluna ânion IonPac AS18 de 2mm, e a coluna de guarda Ion Pac AG 18 de 2mm e de cátion IonPac CS16 de 3mm e coluna de guarda IonPac CG 16 3mm, fluxo para cátions e de 0,5mL/min e para ânions é de 0,3 mL/min, sendo feita a leitura, obtendo os picos em um determinado tempo de retenção, observado nos cromatogramas que é notório que esta técnica mostra os picos finos ocorrendo um aumento na resolução, no qual que cada soluto é caracterizado pelo seu tempo de retenção  $T_R$  é o tempo ocorrido entre o momento da injeção até aparição do máximo do pico. Estes servem para separar os diferentes solutos presentes e observou-se que os cátions apresentaram os picos mais altos do que os ânions, portanto os ânions têm um menor tempo de retenção do que os cátions e que através desta técnica pode ser detectado os íons presente no lodo que foram os cátions sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), magnésio (Mg), cálcio (Ca), amônia ( $NH_3$ ), e os ânions fluoreto ( $F^-$ ), brometo ( $Br^-$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) e fosfato ( $PO_4^{3-}$ ).

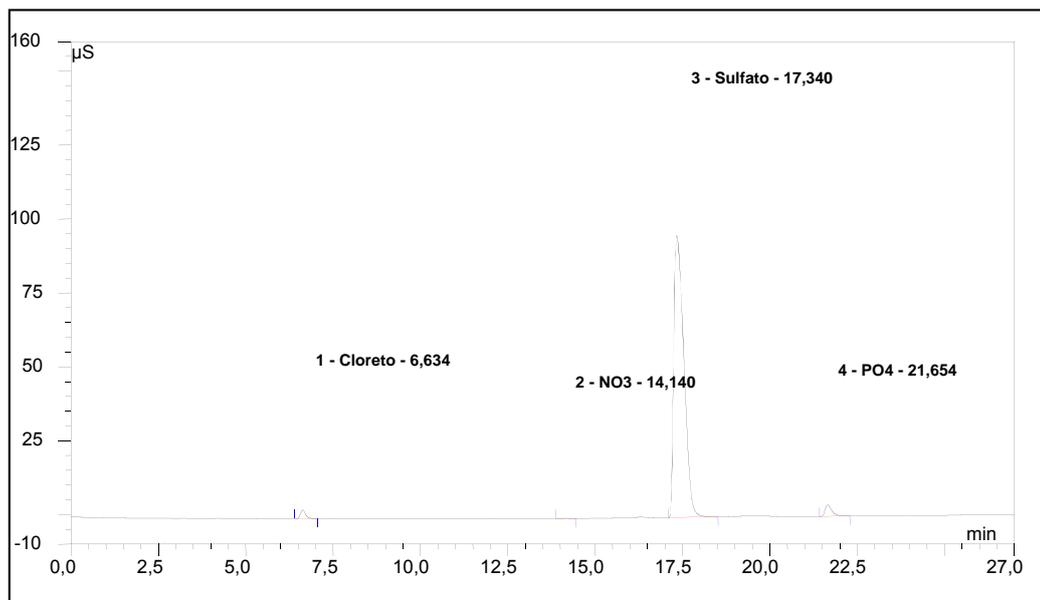
## Lodo Caleado na ETE do OD

### Cátions



Cromatograma 1

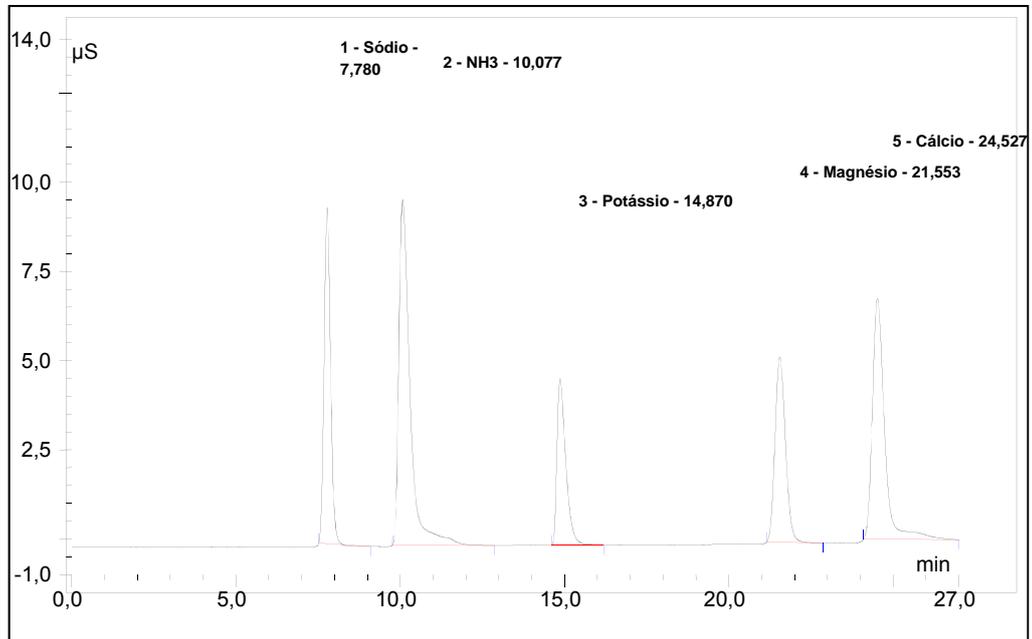
### Ânions



Cromatograma 2

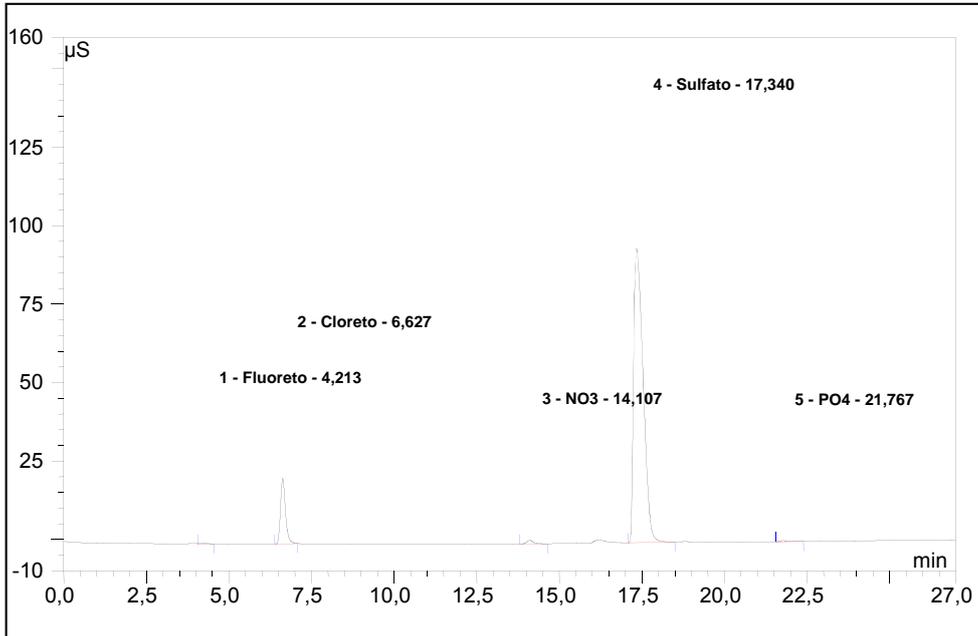
Lodo da ETE in natura do OD

Cátions



Cromatograma 3

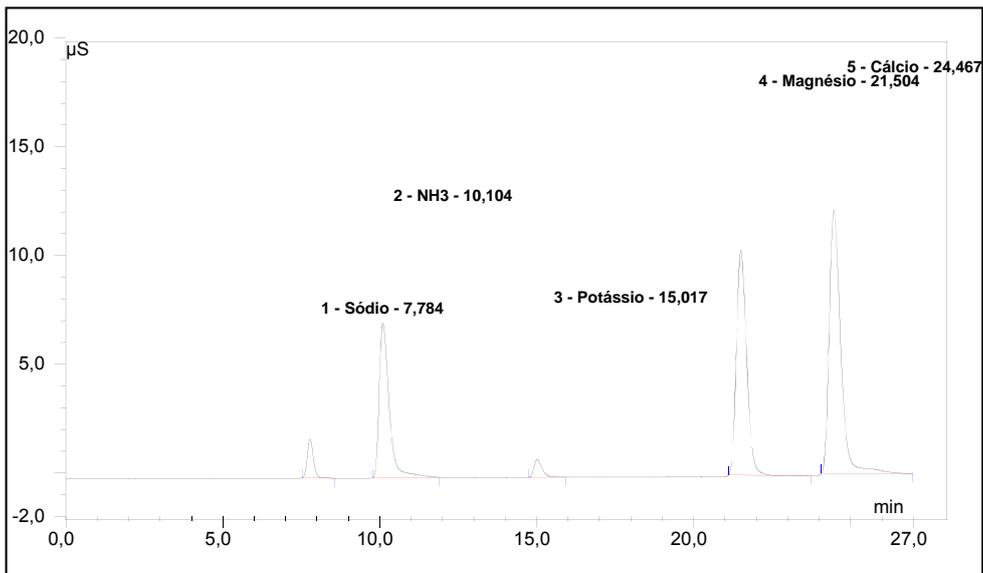
## Ânions



Cromatograma 4

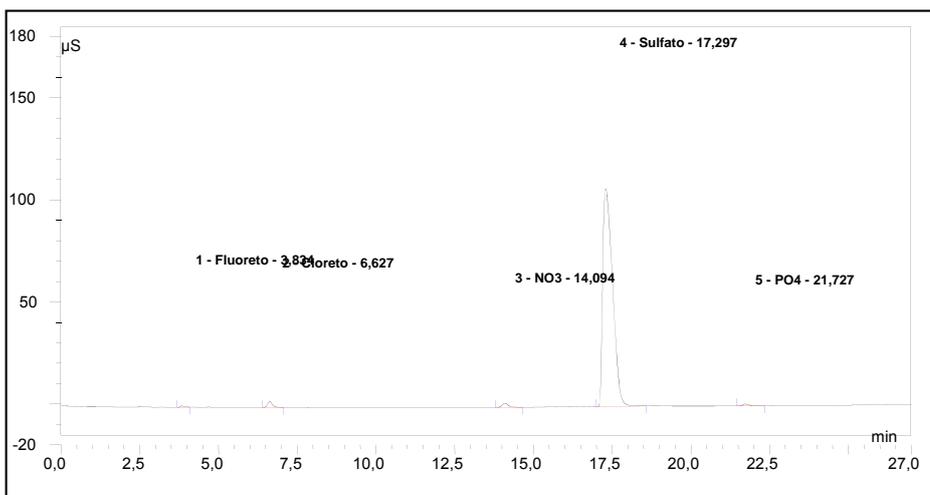
## Lodo da ETE in natura do D.I.A

### Cátions



Cromatograma 5

## Ânions



Cromatograma 6

Quadro 1 Dados do cromatógrafo iônico para amostras de lodo ETE do Orlando Dantas e do D.I.A analisadas.

Amostra	LODO ETE
<i>Volume (uL)</i>	25,00
<i>Tempo de Corrida</i>	27,00
<i>Fator de Diluição</i>	100,0000
<i>Fator de Massa</i>	1,0000