

**II-357 - CARACTERIZAÇÃO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA CIDADE DE CHAPECÓ/SC****Anderson Rodrigo Miranda<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Comunitária de Chapecó (UNOCHAPECÓ). Funcionário da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

**Rosiléa Garcia França**

Professora Adjunta da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Professora colaboradora do Mestrado em Ciências Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

**Paulo Fernando Rech de Medeiros**

Engenheiro Químico pela Universidade Comunitária de Chapecó (UNOCHAPECÓ).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Emílio Blum, 83 - Centro - Florianópolis - SC – CEP: 88.020-010 – Brasil – Tel: (48) 3221-5164 – e-mail: [armiranda@casan.com.br](mailto:armiranda@casan.com.br)

**RESUMO**

No presente trabalho realizou-se a caracterização do lodo gerado na estação de tratamento de esgotos (ETE) da cidade de Chapecó-SC. Os parâmetros utilizados nesta caracterização envolveram parâmetros físicos, químicos e biológicos, sendo estes: os metais pesados (cromo, cobre, cádmio, chumbo, alumínio, níquel, zinco e molibdênio), os microrganismos (a viabilidade dos ovos de helmintos bem como a identificação de suas famílias, salmonela e coliformes), e outros parâmetros de interesse agrônômico (cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio, relação C/N, pH, matéria orgânica, sólidos totais e umidade). O período total de amostragens foi de 12 meses para os metais pesados e os parâmetros de interesse agrônômico, com uma coleta a cada 15 dias. Para determinação e quantificação dos helmintos realizou-se 6 amostragens durante 3 meses.

Os resultados apresentaram níveis de metais pesados dentro dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 375/2006. Para os parâmetros NPK e matéria orgânica, os resultados ficaram dentro dos níveis esperados. Para os parâmetros microbiológicos, os valores ultrapassaram os limites máximos do lodo classe A (Resolução CONAMA N° 375/2006). Após análise dos resultados conclui-se que: há necessidade de se realizar a higienização do lodo da estação; os níveis dos elementos analisados não sofreram alteração significativa no que diz respeito à sazonalidade; e que o lodo em questão apresenta boas condições de ser empregado na agricultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de esgoto, caracterização, impacto ambiental.

**INTRODUÇÃO**

O destino dos lodos produzidos nas estações de tratamento de esgotos é atualmente um problema bastante sério observado em regiões metropolitanas e em cidades de porte médio que implantaram estes sistemas de tratamento devido principalmente ao volume gerado e às características deste resíduo. O lodo é um resíduo que se diferencia por possuir características físicas e químicas que o torna um excelente condicionador de solo, e pode ser um grande aliado a agricultura, devido a sua riqueza em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, além de considerável percentual de matéria orgânica e de outros elementos benéficos às plantações. Em busca de minimizar custos de disposição final do lodo, vários estudos vêm sendo realizados e os resultados mostram que em comparação entre os métodos conhecidos e aplicados, a reciclagem agrícola se destaca por seus reduzidos custos, apresentando adequação sanitária e ambiental.

Atualmente a ETE do município de Chapecó tem como disposição final o aterro sanitário. Visando buscar outras opções para disposição, entre elas a aplicação na agricultura, o presente trabalho teve o objetivo de realizar a caracterização física, química e biológica deste lodo. Os elementos analisados foram: metais pesados, helmintos, quanto à presença, e viabilidade dos ovos e outros parâmetros de interesse agrônômico, como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio etc. Os principais parâmetros foram monitorados por um período de um ano, a fim de verificar se há alguma relação entre os quantitativos dos elementos analisados com a sazonalidade.

Esta caracterização é essencial, pois possibilita o conhecimento dos elementos presentes no lodo, nos dando a idéia dos impactos ambientais e benefícios agrônômicos que poderá causar, servindo assim com ferramenta para definição e avaliação de possíveis alternativas para disposição do lodo desta ETE.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **FONTE DE AMOSTRAS DO LODO**

O lodo de esgoto utilizado como fonte de amostras foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto da cidade Chapecó/SC. A ETE é operada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN e utiliza como tratamento o processo biológico aeróbio do tipo lodos ativados, modalidade aeração prolongada. Neste sistema parte do lodo é recirculado ao reator aeróbio e parte é descartada do tratamento. O descarte é realizado após adensamento e desidratação do lodo por meio de uma centrífuga.

De acordo com o projeto da ETE Chapecó, a capacidade de tratamento é para uma população correspondente a 66.400 habitantes, ou uma vazão média de  $175 \text{ l.s}^{-1}$  (final da 1ª etapa). Duas etapas futuras estão previstas para atender uma população de 112.000 e 150.000 habitantes, respectivamente.

Quanto ao descarte de lodo da ETE, quando a vazão da primeira etapa for plena, serão necessários o descarte de  $2.856 \text{ kgSS.dia}^{-1}$ .

### **AMOSTRAGENS DE LODO**

A amostragem de lodo foi realizada diretamente na saída das centrífugas, ou seja, no ponto de descarte final do lodo. Neste processo de desidratação, nenhum tipo de coagulante (polímero) vem sendo utilizado.

Para a caracterização geral de metais pesados e parâmetros de interesse agrônômico (físico-químicas), as amostragens foram realizadas a cada 15 dias por um período de 12 meses, e para os indicadores bacteriológicos, a cada 15 dias durante três meses.

A fim de se conseguir maior confiabilidade dos resultados, as amostras foram realizadas em triplicata.

### **PARÂMETROS ANALISADOS**

Os parâmetros analisados foram: potencial agrônômico (Fósforo, Relação C/N, pH, Matéria Orgânica, Nitrogênio, Sólidos totais, Potássio, Umidade, Cálcio e Magnésio), caracterização química (Cromo, Alumínio, Chumbo, Manganês, Cobre, Cádmio, Níquel, Molibdênio), agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos (Coliformes totais, Coliformes fecais, Salmonela e Ovos de helmintos).

### **METODOLOGIA DAS ANÁLISES**

A metodologia adotada para a caracterização básica do lodo foi à mesma padronizada para os laboratórios que constituem a Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos dos estados do RS e SC, com base na proposição de métodos de análise de MIELNICZUK et al., 1969 apud TEDESCO, 1985. Todos os ensaios físicos e químicos foram baseados no Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (1995); os nutrientes (N, P e K) foram determinados através da metodologia descrita por KIEHL (1985).

A preparação das amostras e as digestões em meio ácido foram efetuadas no laboratório de pesquisa da Unochapecó. Já as análises (quantificações das concentrações) foram realizadas em laboratórios terceirizados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e da Universidade de Passo Fundo (UPF). A preparação das amostras e as leituras microbiológicas dos helmintos foram realizadas no laboratório da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Para a preparação das amostras de lodo para determinação de metais pesados adotou-se o método adaptado de Windom *et al.* (1989). Desta forma, a porção sólida do lodo foi digerida com ácidos fortes ( $\text{HNO}_3$  p.a., HF p.a. e  $\text{HClO}_4$  p.a.), em temperatura de aproximadamente  $105^\circ\text{C}$ .

Para a recuperação, quantificação e classificação dos ovos de helminto utilizou-se o método de Meyer (MEYER et al., 1978), apud Godinho (2003).

A viabilidade dos ovos de helmintos foi verificada mediante incubação dos mesmos em solução de ácido sulfúrico 0,1 N a 28°C por 28 dias.

Como critérios para identificação dos ovos de helmintos foram utilizados principalmente, o tamanho e as características morfológicas específicas dos ovos, tais como: forma, conteúdo dos ovos, espessura da membrana externa, além de protuberâncias, espículas, rolhas polares e opérculo (GODINHO, 2003).

## CONFIABILIDADE E TRATAMENTO DOS RESULTADOS

Para uma maior confiabilidade dos resultados, as digestões dos elementos para cada amostra de lodo foram realizadas em triplicata, utilizando-se também um branco como controle. Posteriormente, os resultados foram analisados e os pontos que apresentaram valores discrepantes entre a mesma amostra foram considerados anômalos, portanto descartados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### pH E RELAÇÃO C/N

Observando a Figura 1, verifica-se que a estimativa da média para a relação C/N ficou em 8,45, em comparação com outras caracterizações realizadas em lodos de esgotos de outras ETEs, o resultado ficou dentro do esperado, já que é sabido que no lodo de esgoto a relação C/N é baixa, geralmente ficando numa faixa entre 7 a 10/1, o que torna as variações ocorridas entre as amostragens não significativas.

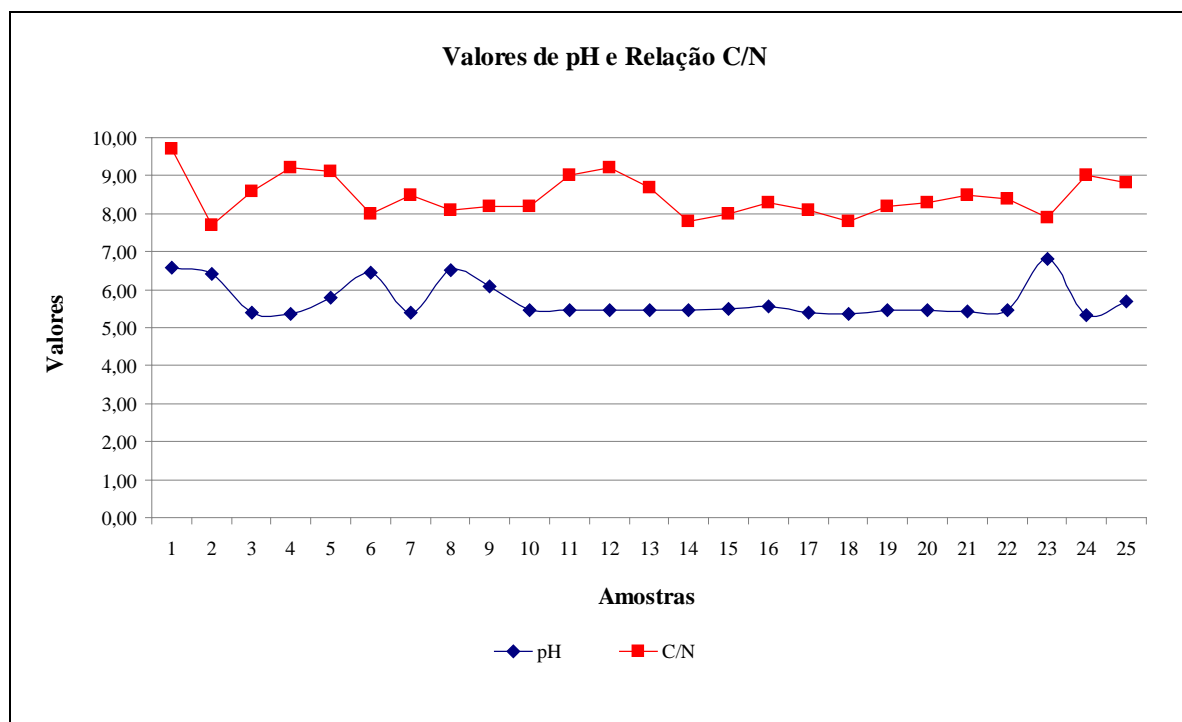


Figura 1 - Valores do pH e da relação C/N nas amostras de lodo

### CÁLCIO E MAGNÉSIO

Para os valores obtidos de cálcio (Figura 2), a média amostral ficou em 3,61 g.kg<sup>-1</sup>, que é considerado baixo quando em comparação com outros lodos que realizam tratamento a base de cal, onde os valores podem ser pelo menos cinco vezes maior. No caso do uso na agricultura, o lodo com teores de cálcio mais elevados, ajudam na correção do pH dos solos, que normalmente são ácidos.

Os teores de magnésio (Figura 2) apresentados tiveram média amostral em torno de 2 g.kg<sup>-1</sup>.

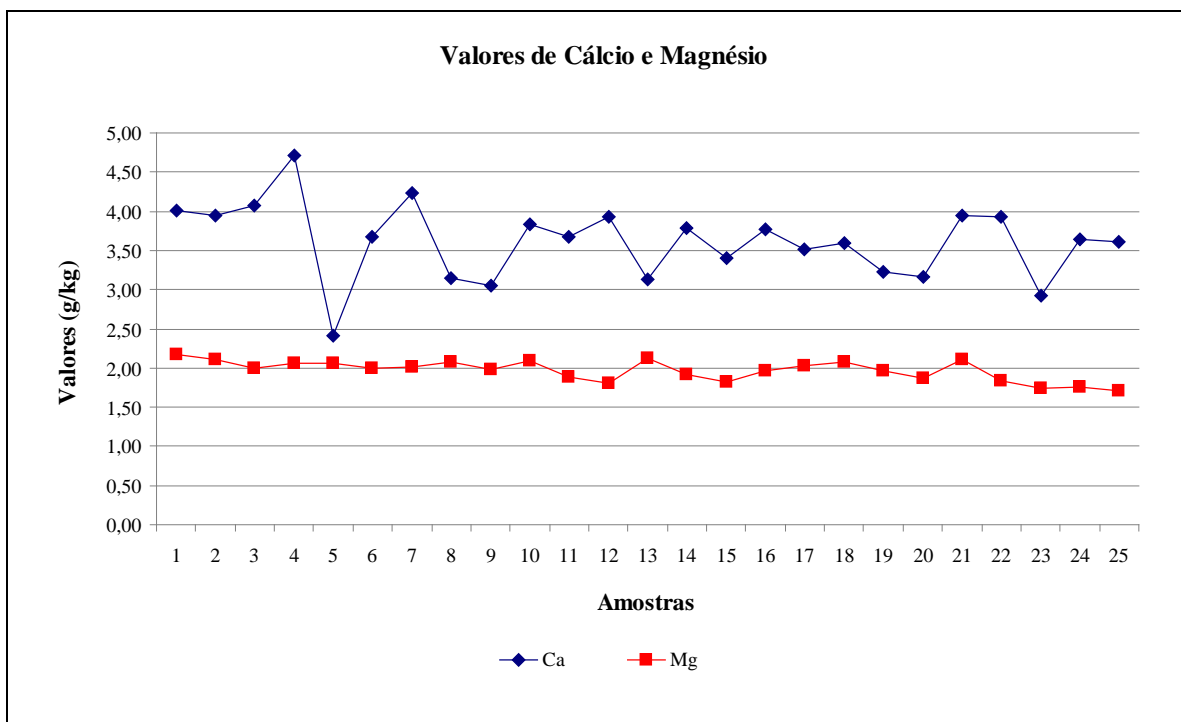


Figura 2 – Teores de cálcio e magnésio nas amostras de lodo

## SÓLIDOS TOTAIS

A média amostral dos sólidos totais (Figura 3) foi de 245,58 g.l<sup>-1</sup> (24,55% de ST), com desvio padrão amostral de 146 g.l<sup>-1</sup>. Na segunda amostragem houve um pico no resultado, ultrapassando o valor médio em 48%, provavelmente devido à maior concentração de lodo no tanque adensador, provocado por espaçamento maior entre os descartes de lodo.

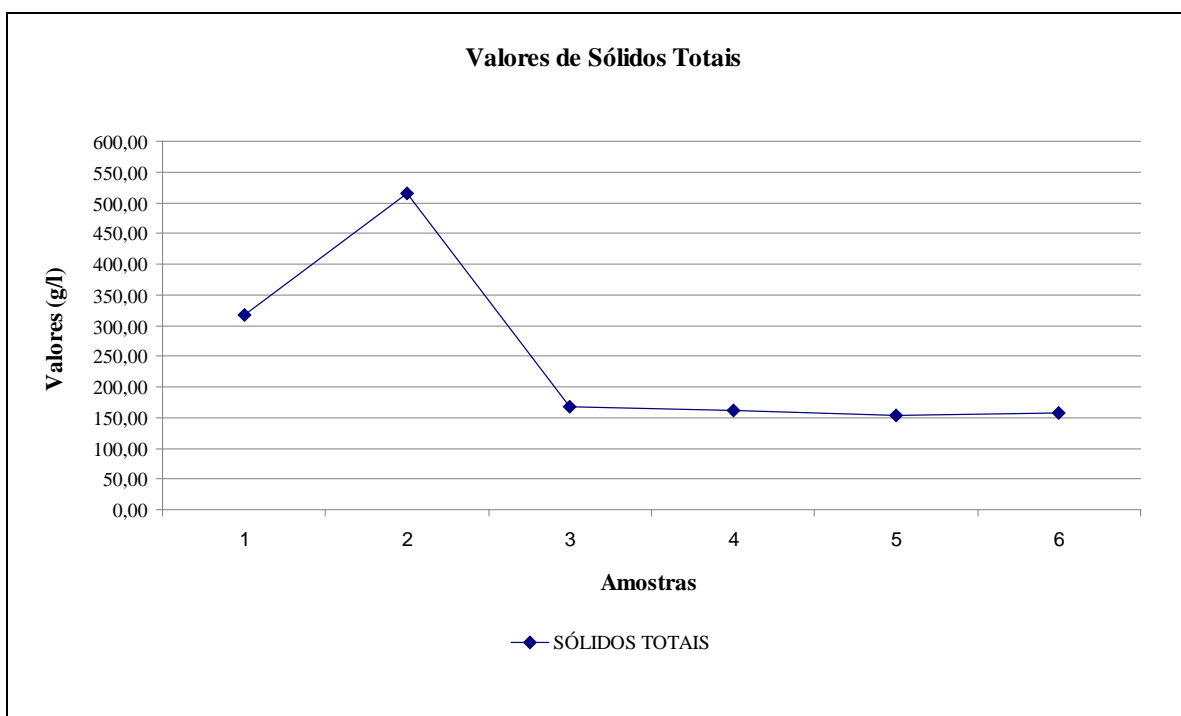


Figura 3 - Valores de sólidos totais nas amostras de lodo

## NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

Os valores de nitrogênio obtidos neste trabalho (Figura 4) tiveram como média de  $31 \text{ g.kg}^{-1}$  (3,1% dos ST) e não apresentaram variação significativa no decorrer dos períodos das amostragens.

No caso da aplicação do lodo na agricultura, de acordo com a Resolução CONAMA N° 375/2006, a taxa de aplicação máxima é limitada pela relação entre o nitrogênio recomendado (recomendação agrônômica oficial do estado) e o nitrogênio disponível para cada cultura.

Com relação ao fósforo, os biossólidos, de um modo geral, contêm quantidades deste elemento bem menores do que o nitrogênio.

O valor médio obtido nas análises do lodo deste trabalho ficou em torno de  $11 \text{ g.kg}^{-1}$ , ao verificar-se o comportamento do fósforo durante o período do experimento (Figura 4), tem-se que 68% dos valores ficaram abaixo desta média e que somente em três amostras o valor ficou pouco mais expressivo próximo ao valor de  $16 \text{ g.kg}^{-1}$  (1,6 % de ST).

Verificando os níveis de potássio obtidos no estudo (Figura 4), os valores ficaram bem abaixo das outras estimativas apresentadas, na média de  $2,33 \text{ g.kg}^{-1}$ . Estes valores já eram esperados devido à solubilidade deste elemento. Em comparação com outras ETEs os valores apresentaram-se com semelhança de resultados.

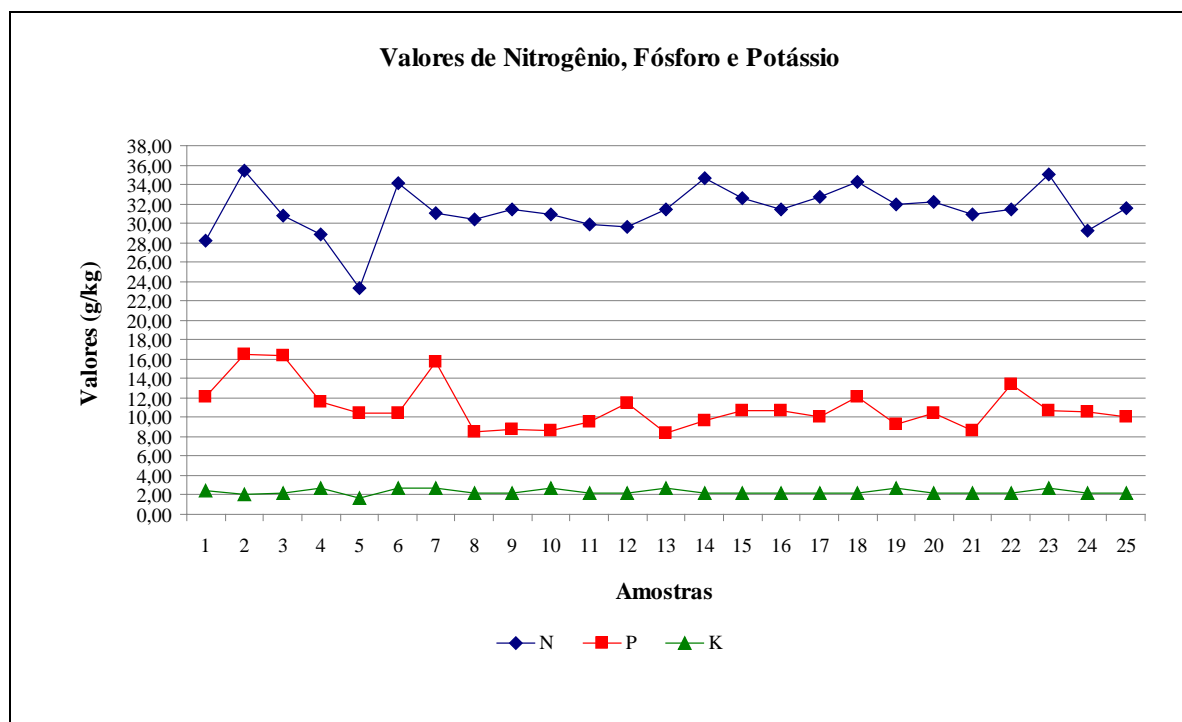


Figura 4 - Teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas amostras de lodo

## MATÉRIA ORGÂNICA

Neste estudo a média amostral de matéria orgânica foi de  $483,78 \text{ g.kg}^{-1}$  ou 48,3% (Figura 5). Em apenas uma amostra o valor de matéria orgânica ficou abaixo de 40%, provavelmente devido à baixa concentração de lodo no adensador.

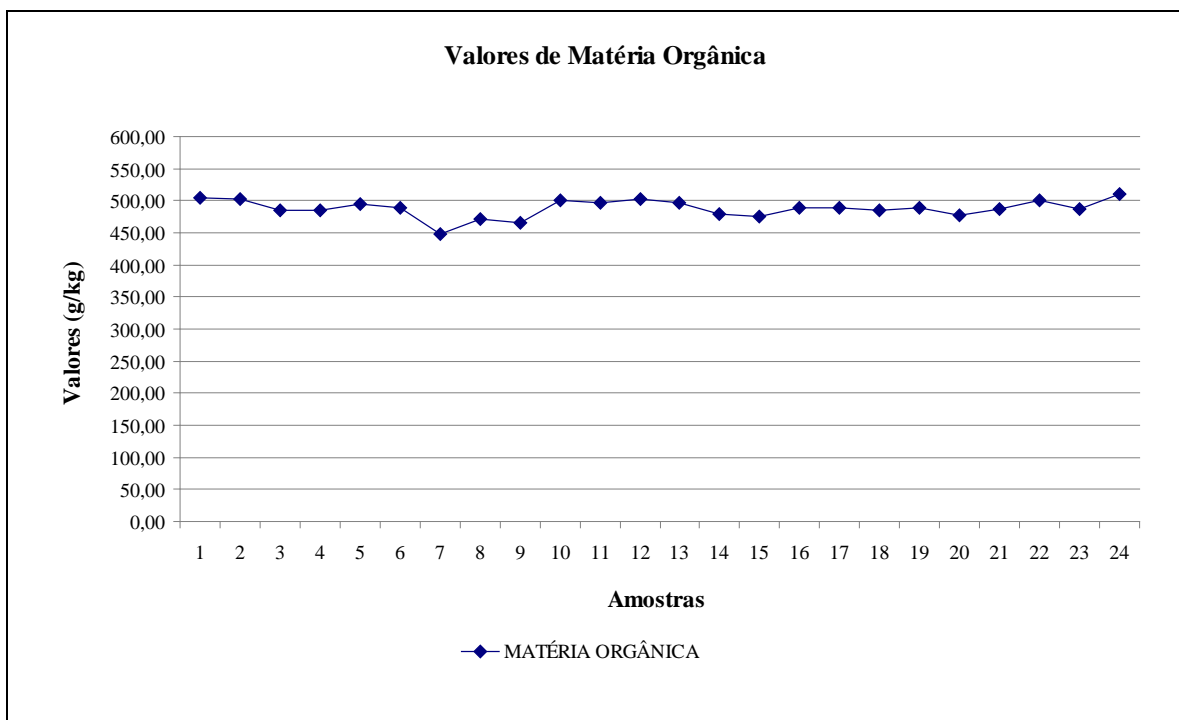


Figura 5 - Teores de matéria orgânica nas amostras de lodo

## UMIDADE

O valor de umidade média do lodo em estudo foi de 79,55% (Figura 6). Vale ressaltar que no processo de desidratação do lodo em estudo, não são aplicados quaisquer tipo de coagulantes (polímeros).

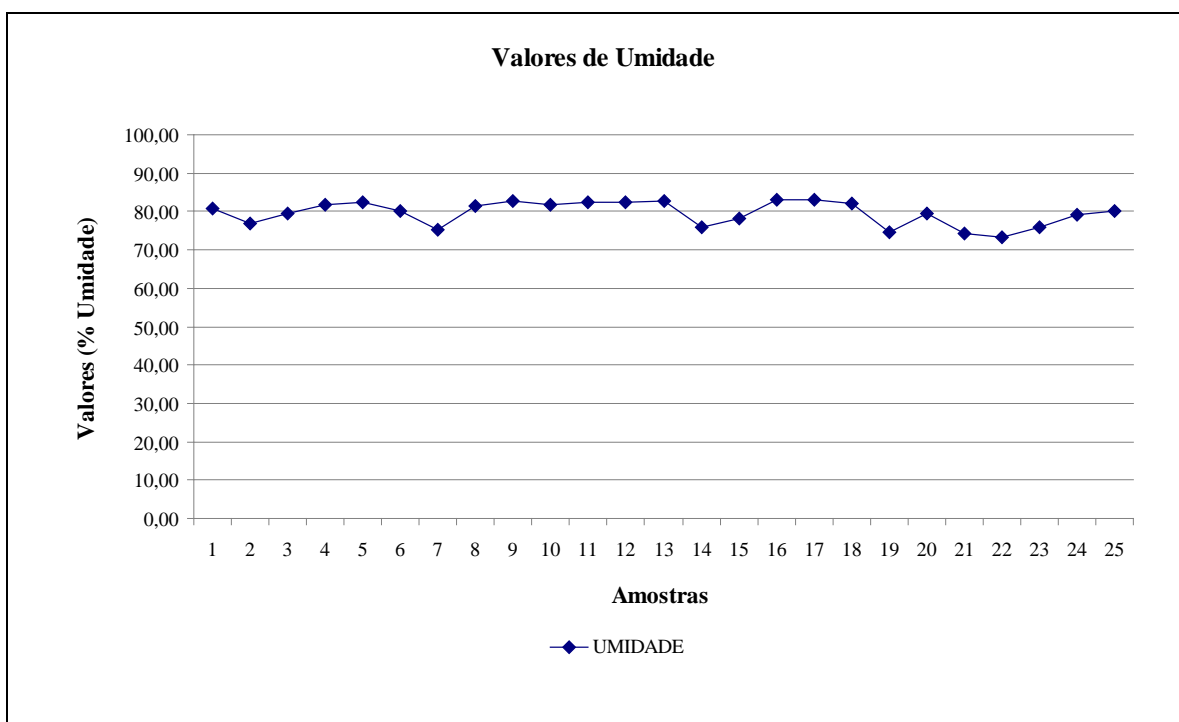


Figura 6 - Valores de umidade nas amostras de lodo

## ALUMÍNIO

Os resultados das análises do alumínio são apresentados na Figura 7. O valor médio amostral de alumínio durante o período de acompanhamento foi de  $17.110 \text{ mg.kg}^{-1}$ , sendo que ocorreu uma variação entre alguns períodos, como por exemplo, entre as amostras 3 e 4, e também 4 e 5 que houve uma variação de  $4.479 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $6.967 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectivamente.

Com relação às variações nos resultados, buscou-se relacioná-las com os valores obtidos com o pH, pois a solubilização do alumínio pode estar ligada à variação deste parâmetro. Verificou-se que nas 6 amostras em que o pH ficou acima de 6,0 (Figura 8), os quantitativos de alumínio destas mesmas amostras não apresentaram variação significativa, permitindo-se dizer que o nível de pH apresentado não interfere no alumínio.

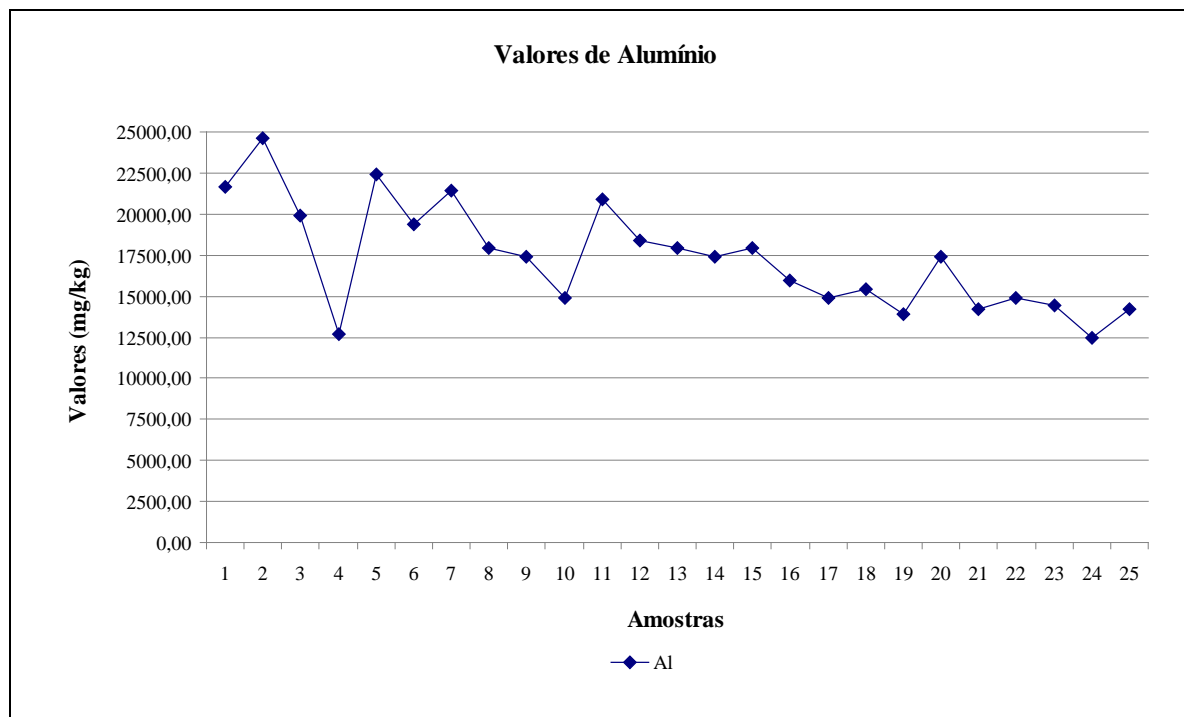


Figura 7 - Teores de alumínio nas amostras de lodo

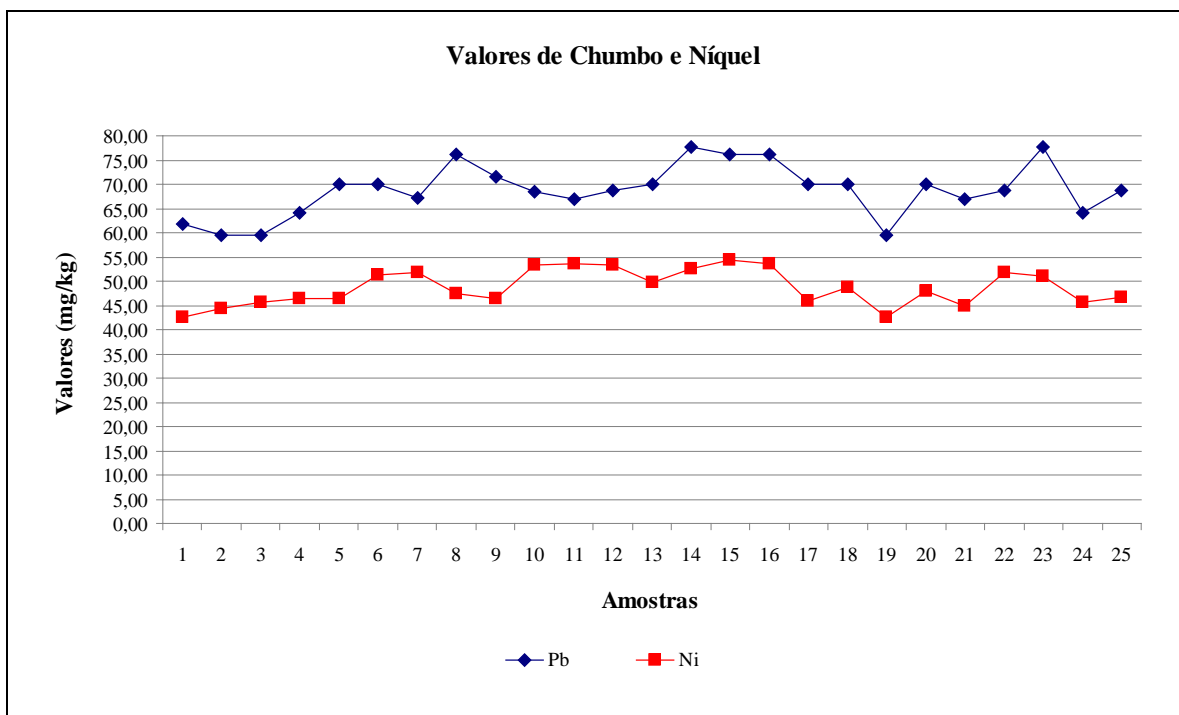
## CHUMBO E NÍQUEL

Na Figura 8, podem-se verificar os resultados das análises do chumbo e níquel

Baseado neste resultados, verifica-se que a disposição do lodo de esgoto no solo, segundo a resolução CONAMA 375/2006, o teor máximo de chumbo presente no lodo é de  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$ , nos resultados destas análises o valor médio foi de  $68,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Em comparação com o limite imposto pelo CONAMA, pode-se verificar que a quantidade deste metal no lodo é baixa e que os níveis de chumbo presente neste lodo apresentam níveis normais e esperados. Da mesma forma, comparando-se os resultados com os apresentados em outras ETEs (Tabela 1), verifica-se que os resultados das análises do lodo da ETE Chapecó ficaram bem abaixo destes valores.

Quanto ao níquel, o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA N° 375/2006 para este elemento é de  $420 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Verificou-se nas amostras que os níveis de níquel permaneceram abaixo de  $55 \text{ mg.kg}^{-1}$  durante todo período de caracterização, tendo como média o valor de  $48,67 \text{ mg.kg}^{-1}$ .



**Figura 8 - Teores de chumbo e níquel nas amostras de lodo**

## COBRE E CROMO

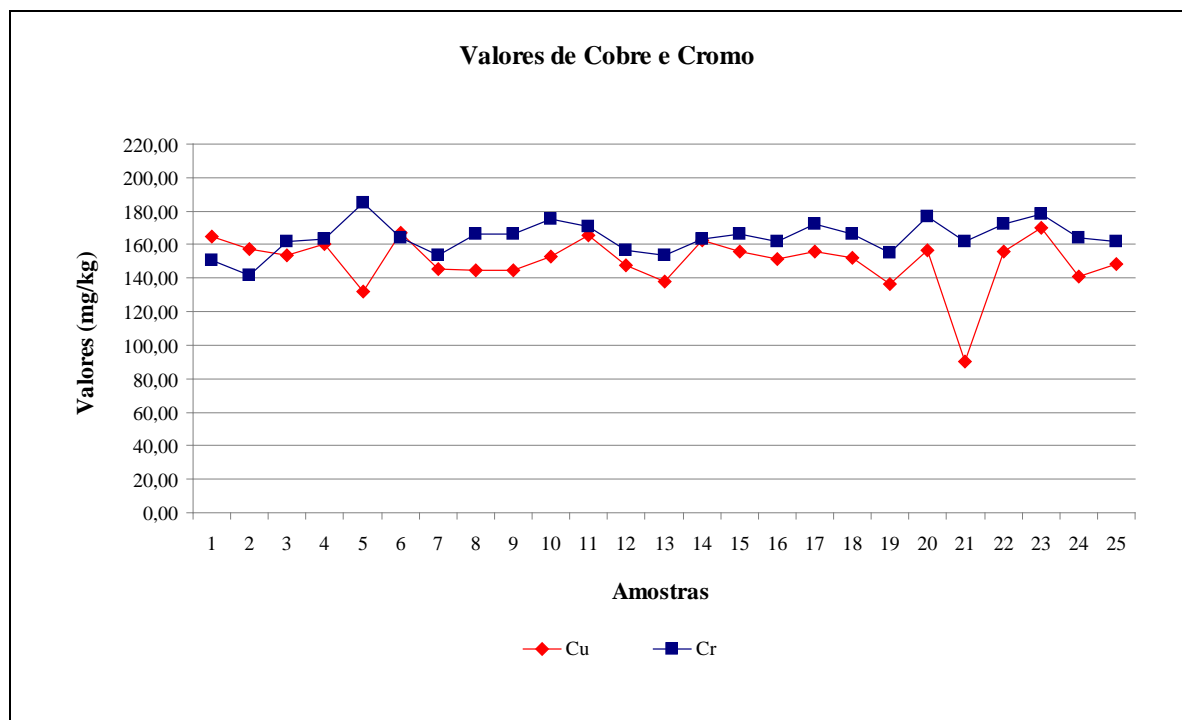
Quanto ao cromo, de acordo com a Resolução CONAMA N° 375/2006, o teor máximo deste elemento no lodo a disposto no solo é de  $1.000 \text{ mg.kg}^{-1}$  e o resultado das análises para este elemento foi de no máximo  $180 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Figura 9), estando bem abaixo desta regulamentação. A média geral durante o período de análise foi de  $163 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

A presença de cromo em lodos de outras estações verifica-se grandes variações de concentrações, como apresentado na Tabela 1.

Em relação aos resultados das análises do cobre (Figura 9), estes apresentaram valores menores que  $180 \text{ mg.kg}^{-1}$ , atendendo a Resolução CONAMA N° 375/2006, cujo valor limite para o cobre é de  $1.500 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

A média geral do nível de cobre para o período de análises foi de  $151 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Em outras ETEs o nível de cobre é semelhante (Tabela 1).





**Figura 9 - Teores de cobre e cromo nas amostras de lodo**

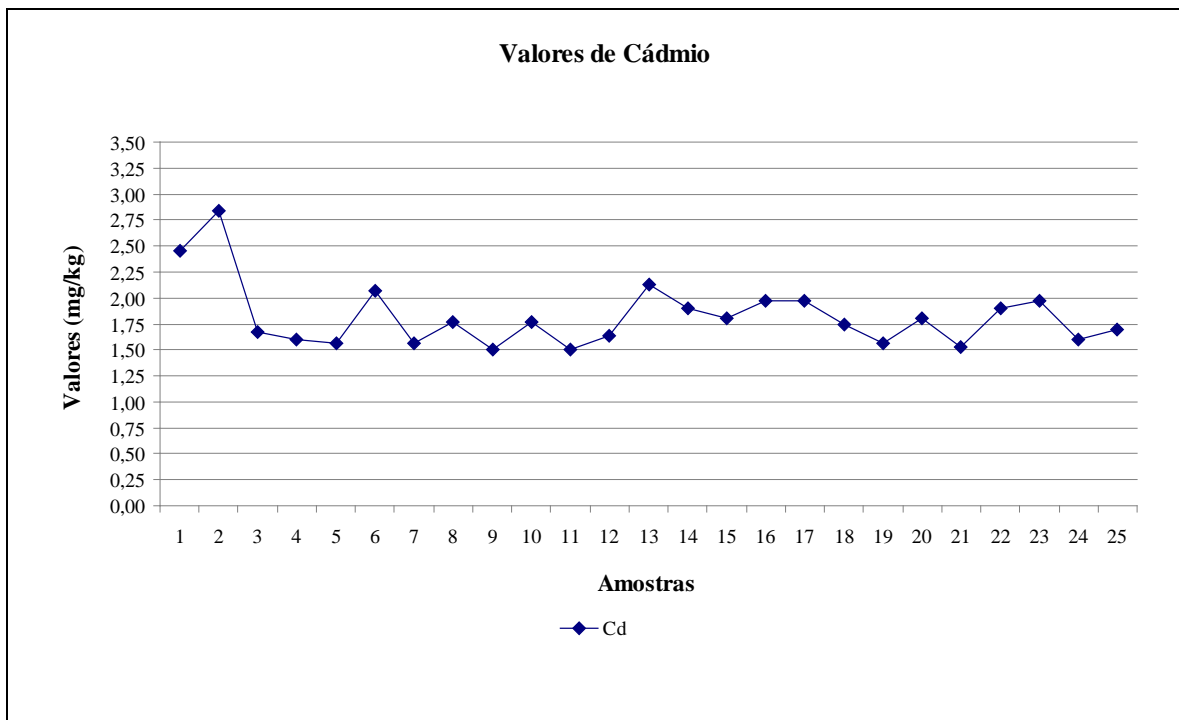
## CÁDMIO

O cádmio é um metal de grande interesse toxicológico na época atual. É encontrado na natureza, acompanhando o zinco e o chumbo, de modo que a extração e o processamento desses metais levam, muitas vezes, à contaminação do meio ambiente pelo cádmio. O cádmio é altamente tóxico às plantas e animais. É um metal pesado de particular interesse, pois pode se acumular na cadeia alimentar. Nos seres humanos, a ingestão de cádmio na dieta também determina o acúmulo do elemento nos rins, onde pode causar doença crônica com incremento de proteínas na urina (proteinúria).

De acordo com a agência USEPA, o teor de cádmio presente no lodo é considerado como um fator limitante para aplicação de esgoto no solo.

Para a Resolução CONAMA N° 375/2006, o nível de cádmio presente no lodo de esgoto para disposição no solo é de 39 mg.kg<sup>-1</sup>.

Os valores encontrados para o cádmio podem ser verificados na Figura 10, podendo observar que a média do período de estudo foi de 1,8 mg.kg<sup>-1</sup>.



**Figura 10 - Valores do cádmio nas amostragens de lodo**

Em comparação com outros lodos (Tabela 1) e também com o limite máximo estabelecido pelo CONAMA, pode-se verificar que o lodo em estudo apresenta teores bem abaixo para este elemento.

## MOLIBDÊNIO

Nos resultados das análises deste lodo, não foi constatada a presença deste elemento, segundo Resolução CONAMA N° 375/2006, o nível deste metal no lodo restritivo a no máximo 50 mg.kg<sup>-1</sup>.

A ausência deste elemento é um indicativo que efluentes industriais não estão chegando à estação de tratamento de esgoto.

Esta ausência também pode ser explicada pelo fato do teor de molibdênio ser tão baixo, que não foi detectado pelo aparelho utilizado na pesquisa.

## COMPARAÇÃO DE METAIS PESADOS COM OUTRAS ETES

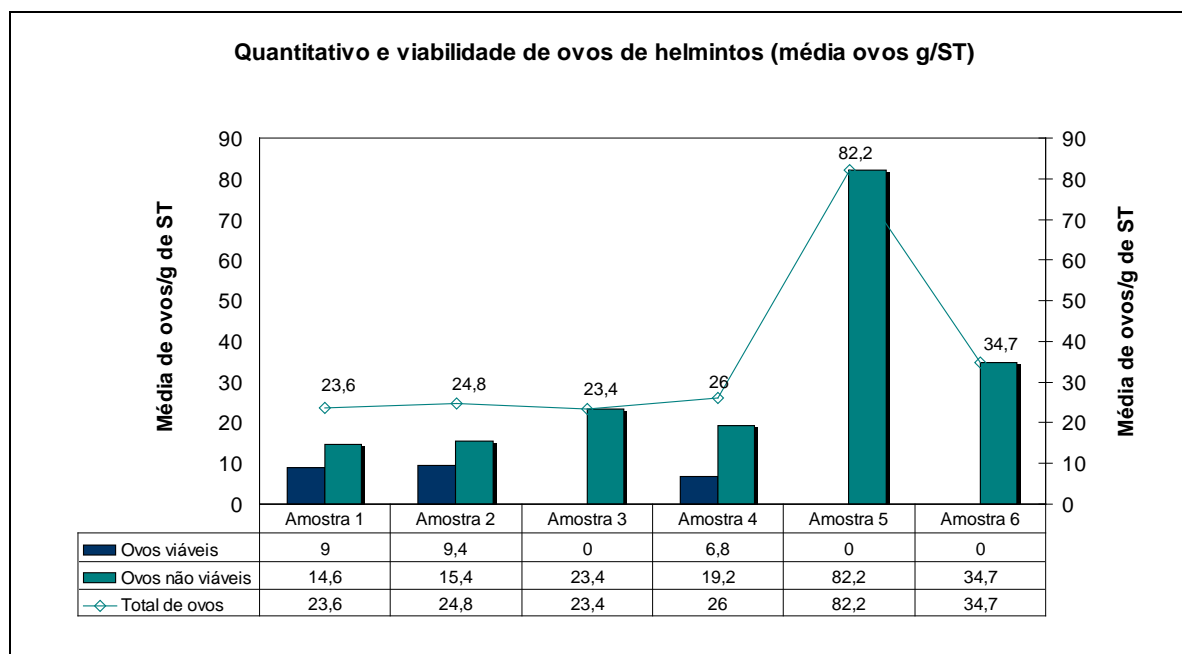
**Tabela 1 - Média dos valores dos elementos em ETES (mg.kg-1)**

Item	ETE Chapecó	ETE Lavapés <sup>1</sup>	ETE Barueri <sup>2</sup>	ETE Pavuna <sup>3</sup>	ETE Belém <sup>2</sup>	ETE Insular <sup>4</sup>	ETE Franca <sup>2</sup>
Cromo	163,83	132,00	1064,93	26,00	-	35,10 <sup>3</sup>	-
Cobre	151,49	204,00	850,00	256,00	439,00 <sup>2</sup>	221,30 <sup>3</sup>	160,00
Cádmio	1,83	2,10	12,68	3,10	ND <sup>2</sup>	2,70 <sup>3</sup>	7,00
Chumbo	68,40	98,70	181,83	126,00	123,00 <sup>2</sup>	37,50	31,00
Alumínio	17.110,46	-	-	32.966,0	-	-	-
Níquel	48,67	32,00	386,10	30,00	73,00 <sup>2</sup>	32,15	34,00
Molibdênio	ND	10,90	12,00	ND	ND <sup>2</sup>	ND	5,5

Fontes: <sup>1</sup> Oliveira, 2008; <sup>2</sup> Tsutiya, 2001; <sup>3</sup> Ramos *et al.*, 2007; <sup>4</sup> Turmina, 2007.

## VIABILIDADE DOS OVOS DE HELMINTOS

Na Figuras 11 encontra-se o quantitativo dos ovos de helmintos encontrados nas amostras.



**Figura 11 - Quantitativo dos ovos de helmintos**

Quanto à viabilidade dos ovos de helmintos, verifica-se que em três amostragens houve a presença de ovos viáveis de helmintos, sendo a primeira amostra com número maior de ovos chegando ter 38,1% de viabilidade dos ovos presentes.

Na média geral a porcentagem de ovos viáveis de helmintos foi de 11,7%, sendo a presença média por amostra de 4,2 ovos.g<sup>-1</sup> de ST.

Sobre à identificação das famílias foram encontradas as seguintes: *Ancylostomidae*, *Ascarididae*, *Hymenolepididae*, *Oxyuridae*, *Taeniidae* e *Trichuridae*

Os helmintos da família *Oxyuridae* foi a mais expressiva em número de ovos.g<sup>-1</sup> de ST, sendo encontrados ovos em todas as amostragens com um aumento significativo na quinta amostragem. Como a amostragem foi realizada durante o inverno, provavelmente deve-se a este fato a grande ocorrência de ovos deste helminto, pois a enterobiose é mais comum nos climas frios.

## SALMONELA E COLIFORMES E ESCHERICHIA COLI

Os parâmetros de Salmonela, Coliformes totais e Escherichia coli, foram analisados tomando-se uma amostra apenas. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Valores dos microrganismos presentes no lodo**

Item	Valor obtido (média geral)	Valor limite
Salmonela	Ausência em 25 mL	Ausência em 10g de ST (Classe A)*
Coliformes totais	9,2x10 <sup>4</sup> NMP.100 mL <sup>-1</sup>	<10 <sup>3</sup> NMP.g <sup>-1</sup> de ST (Classe A)* <10 <sup>6</sup> NMP.g <sup>-1</sup> de ST (Classe B)*
E. coli	9,4x10 <sup>4</sup> NMP.100 mL <sup>-1</sup>	-

\* Fonte: Resolução CONAMA N° 375/2006.

## COMPOSIÇÃO BÁSICA DO LODO EM ESTUDO

Em resumo, os resultados médios obtidos na caracterização, bem como o valor máximo estabelecido pela Resolução do CONAMA 375/06, podem ser verificados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Composição básica do lodo em estudo (média geral)**

Item	Valor obtido (média geral)	Valor limite
Cálcio ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	3,61	-
Nitrogênio ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	31,33	-
Fósforo ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	10,99	-
Potássio ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	2,33	-
Magnésio ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	1,97	-
Relação C/N	8,45	-
Cromo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	163,83	1000*
Cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	151,49	1500*
Cádmio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	1,83	39*
Chumbo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	68,40	300*
Alumínio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	17.110,46	-
Níquel ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	48,67	420*
Molibdênio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,00	50*
pH	5,71	-
Matéria orgânica ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	483,78	-
Umidade (%)	79,55	-
Sólidos Totais ( $\text{g.l}^{-1}$ )	245,58	-
Salmonela	Ausência em 25 mL	Ausência em 10g de ST*
Coliformes totais	$9,2 \times 10^4$ NMP.100 mL <sup>-1</sup>	$<10^3$ NMP.g <sup>-1</sup> de ST (Classe A)* $<10^6$ NMP.g <sup>-1</sup> de ST (Classe B)*
E. coli	$9,4 \times 10^4$ NMP.100 mL <sup>-1</sup>	-
Viabilidade dos ovos de helmintos	4,2 ovos.g <sup>-1</sup> de ST	$< 0,25$ ovo.g <sup>-1</sup> de ST (Classe A)* $< 10,0$ ovos.g <sup>-1</sup> de ST (Classe B)*

\* Fonte: Resolução CONAMA N° 375/2006.

## CONCLUSÕES

Ao término desta pesquisa conclui-se que o lodo em questão apresenta boas condições de ser empregado na agricultura, pois apresentou bons níveis de macronutrientes, principalmente matéria orgânica. Em relação aos teores de metais pesados os níveis foram aceitáveis e dentro dos limites máximos segundo a Resolução CONAMA 375/2006. Entretanto, deve-se realizar um tratamento deste lodo antes de sua utilização, a fim de garantir sua completa higienização, haja vista que o número médio de ovos viáveis de helmintos, bem como o de coliformes apresentados, torna este lodo como classe B (Resolução CONAMA N° 375/2006), e a partir do ano de 2011 somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado Classe A.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução 375. Critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Brasília, agosto de 2006.
2. DAMASCENO, S.; CAMPOS, J. R. Caracterização de lodo de estação de tratamento de esgotos sanitários para uso agrícola. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98). Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; AIDIS. Gestión ambiental en el siglo XXI. Lima, APIS, 1998. p.1-8, Tab.
3. GODINHO, V. M. Estudo sobre a ocorrência de ovos de helmintos e viabilidade de Ascaris sp em lodos anaeróbios in natura e submetidos a higienização por caleação e tratamento térmico. 2003. 139 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2003.
4. KIEHL, E. J. (1985). Análise de fertilizantes orgânicos. cap. 11. In: Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, SP.

5. OLIVEIRA, F. C. Central de compostagem de lodo de esgoto da ETE Lavapés. In: 11ª Audiência de Sustentabilidade - Compostagem de Resíduos Orgânicos. São José dos Campos-SP. SABESP, 2008.
6. RAMOS, R; SILVA, A. P. R. da; OLIVEIRA, D. P; SANTOS, L. S. dos; ALBUQUERQUE, P. R. de. Estudo de otimização do sistema de tratamento de lodos de esgotos estabilizados química e termicamente visando a reciclagem agrícola. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG: ABES, 2007.
7. TEDESCO, M. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS/ Faculdade de Agronomia, 1985. 188p.
8. TSUTIYA, M. T. Qualidade de biossólidos produzidos em estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa-PB: ABES, 2001.
9. TURMINA, A. S. C. Caracterização do Lodo da Estação de Tratamento de Esgoto Insular da CASAN em Florianópolis/SC e seu possível Uso Agrícola como Fertilizante. II Jornada Unisul de Iniciação Científica (JUNIC) e II Seminário de Pesquisa. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2007.
10. WINDOW, H. L.; SCHROPP, S. J.; CALDER, F. D.; RYAN, J.D.; SMITH, R; BURNEY, L. C.; LEWIS, F. G.; RAWLINSON. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the Southeastern United States. Environmental Science Technology. v.23, p.314, 1989.