

II-086 - AVALIAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS NO LODO DE ALGUMAS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, UTILIZANDO A TÉCNICA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR REFLEXÃO TOTAL COM RADIAÇÃO SÍNCROTRON

Silvana Turolla Broleze⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento pelo Centro de Educação Tecnológica (CESET/UNICAMP). Mestre em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC/UNICAMP).

Silvana Moreira⁽¹⁾

Física pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre em Agronomia pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/ESALQ), Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Universidade de São Paulo. Professora Titular na área de análise do ar, água e solo na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC/UNICAMP).

Endereço⁽¹⁾: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Saneamento e Ambiente. Av. Albert Einstein, 951 – Caixa Postal: 6021. CEP: 13083-852 - Campinas, SP - Brasil - Tel: (19) 3521-2419/2420 - e-mail: silvanabroleze@hotmail.com

RESUMO

O aumento da produção de lodo de esgoto é decorrente do crescimento do volume de esgoto tratado e do número de estações de tratamento de esgotos no Brasil e, tem exigido a busca de alternativas para a sua disposição final. Dentre as várias alternativas de disposição, a utilização agrícola e a compostagem são viáveis, uma vez que o lodo é rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes necessários à fertilidade dos solos. Porém, devido aos lançamentos clandestinos e despejos industriais nas redes públicas de coleta de esgoto, pode haver a presença de elementos que causam danos à saúde humana e ambiental, como Pb, Hg, Cd, As, Cr e Se. Este trabalho avaliou as substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas no lodo, previamente desaguado, das ETE Camanducaia em Jaguariúna; Vila Flora em Sumaré; Praia Azul e Carioba em Americana; Samambaia, Anhumas, Piçarrão e Barão Geraldo em Campinas, SP, por meio de SR-TXRF. Os lodos das estações de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de Campinas atendem a Legislação CONAMA 375/06. Porém, para que possa ser comercializado como fertilizante ou condicionador de solos, deve atender à IN 27/06, necessitando reduzir os teores de Ni e Cr. Uma das alternativas seria uma maior fiscalização nas fontes geradoras, de modo a melhorar a qualidade do afluente das estações, adequando o lodo de esgoto às legislações brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: Substâncias inorgânicas, lodo, radiação síncrotron, fluorescência de raios X.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento populacional, demográfico, econômico, industrial e comercial da sociedade, houve a necessidade de melhorar a qualidade de vida por meio de investimentos e ações de higiene e em saneamento básico, reduzindo a mortalidade infantil e a proliferação de doenças entéricas de veiculação hídrica. Porém, esta não é a realidade em muitos países e em algumas regiões do Brasil.

De acordo com o relatório da ONU, 40% da população mundial carecem de saneamento adequado, contribuindo para uma taxa de mortalidade infantil de 1,5 milhões de crianças mortas anualmente (PNUD, 2010).

No Brasil, 80,5% da população urbana tem acesso a saneamento, porém, apenas 45,7% do esgoto é coletado e deste total, apenas 34% é tratado (IBGE, 2012). Esta realidade mostra o quanto se precisa avançar para a universalização dos serviços de saneamento.

Na Região Metropolitana de Campinas (RMC), o nível de atendimento à coleta de esgoto sanitário aumentou de 85,72%, em 2007, para 87,67%, em 2012, sendo que o tratamento do total coletado teve um aumento significativo passando de 34%, para 66,68%, com projeção para 2013 de 72,58% de esgoto tratado. Em 2007, dos 19 municípios que integram a RMC, apenas 13 tinham estação de tratamento de esgoto sanitário, e, destes, somente Americana, Campinas, Jaguariúna e Sumaré, Valinhos e Vinhedo tinham geração e retirada de lodo constante. Nos municípios de Paulínia, Monte Mor, Hortolândia, Itatiba e Engenheiro Coelho as estações eram recentes, sem geração suficiente de lodo para retirada. Os demais municípios estavam com projetos de construção das estações de tratamento, porém em 2012, apenas Artur Nogueira e Cosmópolis permaneceram sem ETE. Sendo que este último tem projeto executivo da ETE para entrega em novembro de 2013, com capacidade de 100% de tratamento do esgoto municipal (BROLEZE, 2013).

A maioria dos esgotos no Brasil é lançada sem tratamento, que, dependendo da vazão do esgoto e da vazão do corpo receptor, geralmente prejudica a qualidade da água, causando danos ambientais e riscos à saúde dos seres vivos, devido à possibilidade de contaminação das águas, além de causar mal-estar, devido ao odor e ao aspecto desagradável da água. (NUVOLARI, 2003).

Com o objetivo de manter a qualidade das águas, a Legislação Brasileira exige um padrão de lançamento dos efluentes sanitários e industriais, de modo que não alterem a qualidade dos corpos receptores, permitindo os diversos usos dessas águas, em especial como manancial para abastecimento público, sem riscos à saúde da população e ao ambiente (CONAMA, 2005).

A composição média do esgoto é uma mistura de 99,9% de água e 0,1% de sólidos, sendo que, do total de sólidos, 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras, etc.) e 30% inorgânicos (areia, sais, metais, etc.), conferindo as características das águas residuárias (ALÉM SOBRINHO, 2002).

Durante as etapas de tratamento destas águas, há a geração de um subproduto denominado de lodo de esgoto (LE) que, equivale de 20 a 60% do custo operacional das ETE. As alternativas de disposição final podem ser: aterro sanitário, compostagem, incineração, landfarming, coprocessamento industrial, reciclagem agrícola, dentre outros.

O aumento da produção de lodo, decorrente do crescimento do volume de esgoto tratado e do número de estações de tratamento de esgotos no Brasil, tem exigido a busca de alternativas para a sua disposição final. A compostagem e a utilização agrícola são alternativas viáveis uma vez que o lodo é rico em matéria orgânica, macronutrientes (N, P, S, Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Co, Se, Ba, Na e Cl) necessários à fertilidade dos solos (ANDREOLI, 2006). Da mesma forma que alguns componentes orgânicos e minerais conferem características benéficas, outros podem ser indesejáveis do ponto de vista sanitário e ambiental, como patógenos, poluentes orgânicos e substâncias inorgânicas como Pb, Hg, Cd, As, Cr e Se.

Este trabalho teve como objetivo a avaliação das substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas no lodo previamente desaguado das ETE Camanducaia, em Jaguariúna, Vila Flora, em Sumaré, Praia Azul, Carioba, em Americana, Samambaia, Anhumas, Santa Mônica, Piçarrão e Barão Geraldo, em Campinas, SP, empregando a técnica da Fluorescência de Raios X por Reflexão Total com Radiação Síncrotron (SR-TXRF), e comparar os lodos amostrados com a Legislação CONAMA nº 375/06 e verificar a possibilidade da indicação para compostagem e/ou reciclagem agrícola do lodo de esgoto no solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa, escolheu-se a metodologia multielementar de Fluorescência de Raios X por Reflexão Total (TXRF), com excitação por Radiação Síncrotron, devido à alta intensidade do feixe de radiação primário possibilitando uma sensibilidade analítica adequada para a avaliação do nível de contaminação por substâncias inorgânicas potencialmente tóxicas nas amostras de lodo das ETE selecionadas.

ANÁLISE QUANTITATIVA POR TXRF

A equação básica para a análise quantitativa é a relação entre a intensidade fluorescente da linha característica e a concentração de um elemento de interesse. Na técnica multielementar de TXRF, a amostra normalmente é

ultrafina e os efeitos de matriz são considerados desprezíveis (SIMABUCO, 1993 e FARIA, 2011), considerando-se, portanto, unitário o valor do coeficiente de absorção (A_i).

$$I_i = S_i \cdot C_i \quad \dots(3.1)$$

Onde:

I_i = intensidade fluorescente do elemento i

C_i = concentração do elemento i na amostra

S_i = sensibilidade do elemento i

Adiciona-se um padrão interno às amostras, com a finalidade de corrigir as instabilidades do sistema, como flutuações no gerador de raios X, emissão de raios X pelo anodo, corrente do anel (radiação síncrotron), e erros operacionais, como pipetagem, posicionamento das amostras, etc. Os elementos Ge e Ga têm sido utilizados como padrões internos, pois se encontram isentos ou em diminutas concentrações nas amostras (SIMABUCO, 1999). Para o padrão interno (p) podemos escrever a relação:

$$I_p = S_p \cdot C_p \quad \dots(3.2)$$

Onde:

I_p = intensidade fluorescente do padrão interno p

C_p = concentração do padrão interno p

S_p = sensibilidade do padrão interno p

Com isto, pode-se calcular a concentração do elemento de interesse, utilizando-se a equação:

$$\frac{I_i}{I_p} = \frac{S_i \cdot C_i}{S_p \cdot C_p} \quad \text{desta equação, tem-se:} \quad C_i = \frac{I_i \cdot C_p}{I_p} \cdot \frac{S_p}{S_i} \quad \dots(3.3)$$

Considerando-se que:

$$R_i = \frac{I_i \cdot C_p}{I_p} \quad \text{e} \quad S_{R_i} = \frac{S_i}{S_p} \quad \dots(3.4)$$

Temos:

$$R_i = S_{R_i} \cdot C_i \quad \text{ou} \quad C_i = \frac{R_i}{S_{R_i}} \quad \dots(3.5)$$

Onde:

S_{R_i} = sensibilidade relativa (adimensional).

C_i = concentração do elemento i de interesse em $\mu\text{g.L}^{-1}$

C_p = concentração do padrão interno em $\mu\text{g.L}^{-1}$

I_i = intensidade fluorescente do elemento i (cps)

I_p = Intensidade fluorescente do padrão interno (cps)

R_i = intensidade relativa

LOCAIS DE COLETA E AMOSTRAGEM

Inicialmente, realizou-se um contato com as instituições gerenciadoras das estações de tratamento de esgoto dos 12 municípios que tratam seus esgotos na região metropolitana de Campinas. Porém, somente Americana, Campinas, Jaguariúna, Sumaré, Valinhos e Vinhedo tem geração e retirada de lodo constante. Destes municípios, obteve-se a permissão para a retirada do lodo dos municípios de Jaguariúna, Campinas, Sumaré e Americana.

Foram coletadas amostras de lodo de oito ETE, no mesmo dia, num intervalado entre as amostras de, aproximadamente, 15 dias. Os dias de coleta das semanas foram alternados, durante o período de julho a agosto de 2010. O volume coletado foi de aproximadamente 01 kg, onde após o quarteamento da amostra no local da

coleta, de acordo com a NBR 10007/04, retirou-se uma quantidade de 0,25 kg para análise da qualidade do lodo.

As amostras foram secas em estufa com temperatura de 50°C ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), com recirculação interna, por 5 dias. Após a secagem, as amostras foram moídas em um pulverizador com recipiente em ágata, e a seguir foram peneiradas, utilizando-se uma peneira de plástico com abertura de malha de 1,5 mm, efetuando-se o quarteamento para a separação de uma alíquota representativa para a digestão, a qual foi acondicionada em saco plástico para eventual repetição da digestão e análise da amostra caso necessário.

Para a digestão das amostras, foi utilizado o método USEPA 3050 B, o qual possibilita a transferência dos metais ambientalmente disponíveis para a fase líquida, conforme o fluxograma da Figura 4.11. Esta metodologia não permite a determinação de arsênio e mercúrio, devido às suas volatilidades (USEPA, 1996).

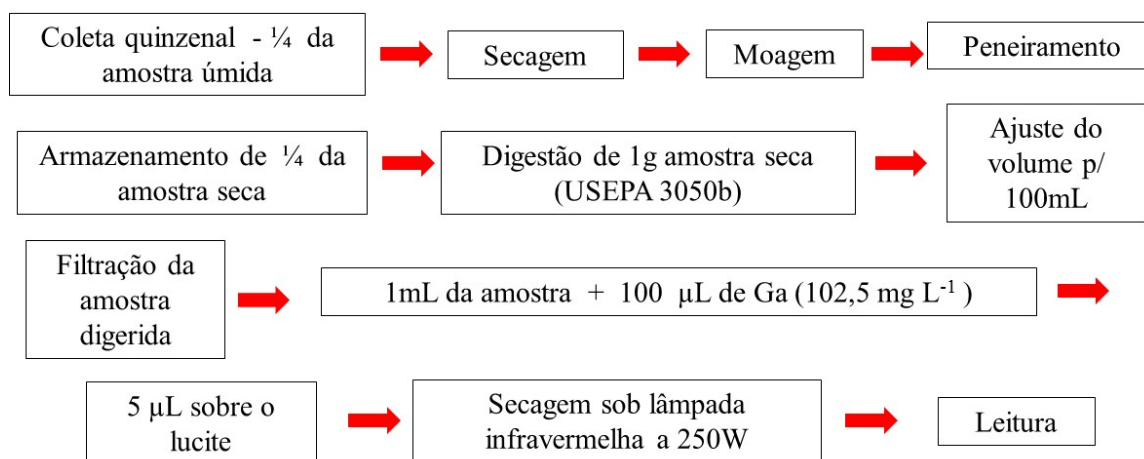


Figura 1. Fluxograma da metodologia de amostragem, preparação e leitura da amostra.

Para cada digestão foi preparado também um branco analítico, com a finalidade de se eliminar as contaminações provenientes dos reagentes empregados. Todas as amostras, padrões e amostras de referência foram preparados em triplicata.

Utilizou-se o software WinQXAS (Quantitative X-Ray Analysis System), desenvolvido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), para o ajuste dos espectros, onde os parâmetros de ajuste são referentes à área, posição e largura das funções, que descrevem os picos característicos e a função modelo do BG - background (SIMABUCO, 1993).

RESULTADOS

CALIBRAÇÃO DO SISTEMA

A calibração do sistema foi realizada pela determinação da sensibilidade experimental para cada elemento contido nas soluções padrão contendo elementos com concentrações conhecidas, para as séries K e L, respectivamente. Os padrões foram irradiados por 100 s, e os espectros obtidos foram ajustados com a utilização do programa WinQXAS, obtendo-se a área líquida dos picos dos raios X característicos dos elementos presentes nos padrões.

Empregando a equação 3.4, foram obtidas as intensidades relativas de cada elemento em relação à intensidade do padrão interno gálio, para cada amostra padrão, das séries K e L, respectivamente. Em seguida, foram determinados os valores das sensibilidades experimentais para cada elemento i presente nos padrões utilizando a equação 3.5, permitindo o ajuste da curva da sensibilidade relativa em função do número atômico para os elementos na faixa de energia de interesse, incluindo aqueles para os quais não se têm padrões disponíveis. As curvas da sensibilidade relativa para as séries K e L estão apresentadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

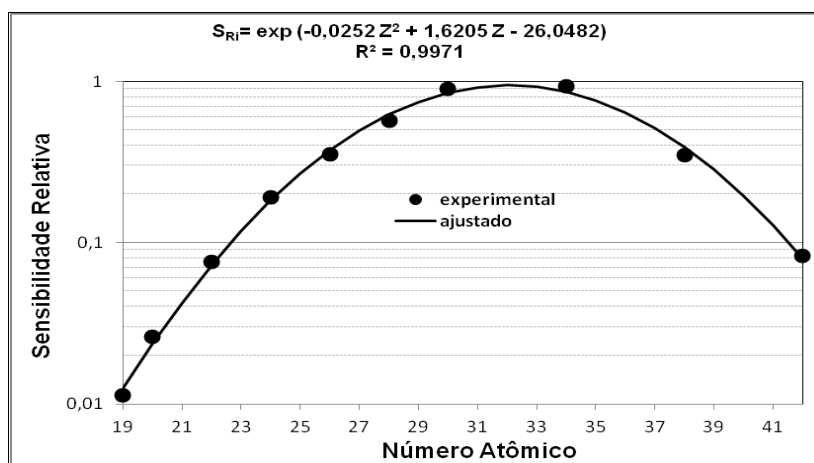


Figura 2. Sensibilidade relativa (S_{Ri}) experimental e ajustada para os elementos contidos na série K.

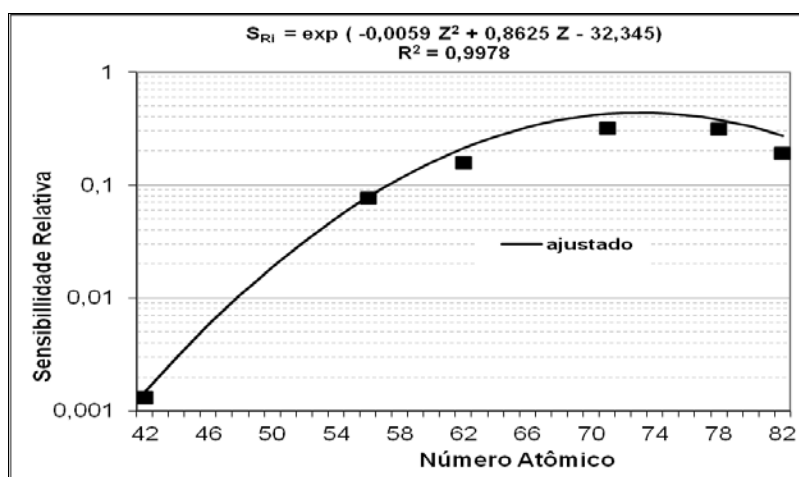


Figura 3. Sensibilidade relativa (S_{Ri}) experimental e ajustada para os elementos contidos na série L.

LIMITE MÍNIMO DE DETECÇÃO

Em um espectro de pulsos de raios X, pode-se observar uma linha aproximadamente contínua sob os picos característicos dos elementos que compõem a amostra. Esta linha decorre, principalmente, das interações das radiações espalhadas das amostras, e também das próprias radiações características emitidas pelos elementos (MOREIRA, 2005). O limite mínimo de detecção (LMDi) para cada elemento i está diretamente relacionado com a intensidade do BG (cps) sob o pico desse elemento de acordo com a equação:

$$LDM_i(cps) = \frac{3}{S_i} \cdot \sqrt{\frac{I_i(BG_i)}{t}} \quad \dots(3.6)$$

Considerando-se:

E substituindo, na equação do LMDi, obtém-se:

$$\frac{1}{S_i} = \frac{Ci}{Ii} = \frac{C_p}{I_p \cdot S_{Ri}} \quad \dots(3.7)$$

$$LDM_i = 3 \cdot \sqrt{\frac{I_i(BG_i)}{t}} \cdot \frac{C_p}{I_p \cdot S_{Ri}} \quad (3.8)$$

onde: t = tempo de contagem em segundos.

Utilizando a equação 3.8, foram calculados os limites mínimos de detecção para os elementos contidos nas amostras, para um tempo de contagem de 100 s (BAHUR, et al. 2001). Em seguida, foi realizado o ajuste dos valores experimentais, os quais são apresentados na Figura 4.

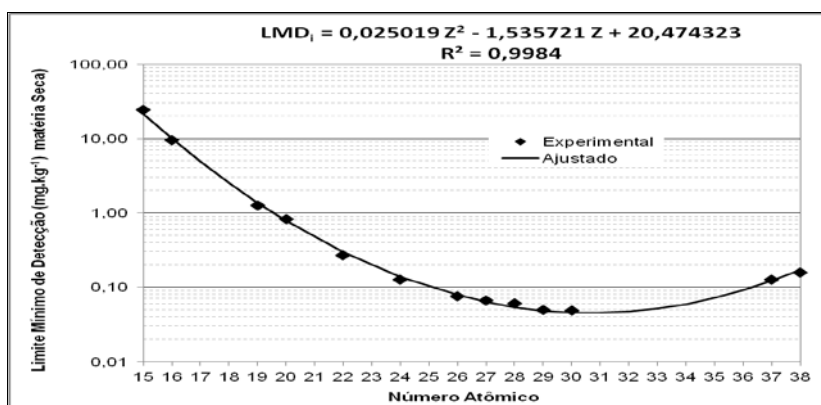


Figura 4. Limite Mínimo de Detecção para os elementos contidos nas amostras de lodo de esgoto da série K.

Para os elementos contidos nas amostras e pertencentes à série L, não foi possível elaborar uma curva do limite de detecção em função do número atômico, pois somente os elementos Ba e Pb foram detectados nas amostras analisadas, que estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Limite mínimo de detecção (mg kg^{-1}) para os elementos Ba e Pb.

Elemento	Limite de Detecção	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança	Coefficiente de Variação
Ba	0,0612	0,0037	0,0009	6,09
Pb	0,0873	0,0103	0,0026	11,80

$n=60$, $\alpha = 95\%$

VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Com a finalidade de verificar o ajuste das curvas de calibração das séries K e L, foi analisada uma amostra de referência certificada de lodo de esgoto doméstico fornecida pelo National Institute of Standards & Technology (NIST 2781), a qual foi submetida ao mesmo procedimento das amostras de lodo, com exceção da secagem, peneiramento e moagem, pois o padrão NIST é fornecido com uma granulometria de 200 mesh. Os dados foram calculados conforme a equação 3.5, e comparados com os valores certificados (FARIA, 2011).

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados para a amostra de referência certificada NIST 2781. Como pode ser visto os valores medidos concordam com os valores certificados, indicando que um bom ajuste das curvas de sensibilidade e a adequação da metodologia empregada para a análise de lodo doméstico.

Tabela 2. Comparação dos valores certificados e medidos (mg kg^{-1}), com os respectivos desvios padrão, da amostra certificada de referência NIST 2781 analisada por SR-TXRF.

Elemento	Valor Certificado (mg kg^{-1})	Valor Medido (mg kg^{-1})	Erro Relativo (%)
Cálcio	36440 \pm 1830	37579 \pm 54	3,03
Vanádio	82 \pm 4	79 \pm 7	-3,34
Cromo	143 \pm 14	157 \pm 3	8,74
Manganês	745 \pm 33	718 \pm 13	-3,74
Ferro	24300 \pm 2100	23841 \pm 177	-1,93
Níquel	72 \pm 6	70 \pm 2	-3,58
Cobre	601 \pm 16	616 \pm 2	2,43
Zinco	1120 \pm 34	1145 \pm 4	2,22
Bário	570 \pm 65	595 \pm 19	4,16
Chumbo	183 \pm 15	187 \pm 3	1,93

AMOSTRAS DE LODO DE ESGOTO

Os resultados obtidos foram comparados com as legislações ambientais vigentes (Figuras 5 a 10). Verifica-se que para os elementos chumbo, cromo, cobre, níquel, zinco e bário as amostras de lodo das estações de tratamento de esgoto (ETE) pesquisadas atendem a Resolução CONAMA 375 de 2006.

Com relação ao Chumbo (Pb) (Figura 5), todas as amostras de lodo atendem as legislações CONAMA 375/06 (300 mg kg^{-1}) e IN 27/06 (150 mg kg^{-1}). Para o Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Bário (Figura 6, 9 e 10), todas as amostras atendem a CONAMA 375/06 (1500 , 2800 e 1300 mg kg^{-1} respectivamente).

Com relação ao Cromo (Cr), todas as amostras de lodo das ETE atendem a Resolução CONAMA 375 de 2006, que estabelece o limite máximo permitido de 1000 mg kg^{-1} (Figura 7). Porém, os resultados das ETE Camanducaia e Piçarrão, ultrapassam a Instrução Normativa (IN) nº 27, de 2006, do Ministério Brasileiro da Agricultura e Agropecuária (MAPA) que limita o teor de Cr em 200 mg kg^{-1} .

Para o elemento Níquel (Ni), todas as amostras de lodo das ETE atendem a CONAMA 375/06 (420 mg kg^{-1}) (Figura 8). Porém nenhum lodo, de todas as ETE estudadas atende a IN 27/06, porque todos ultrapassam o limite de 70 mg kg^{-1} , em pelo menos uma amostra.

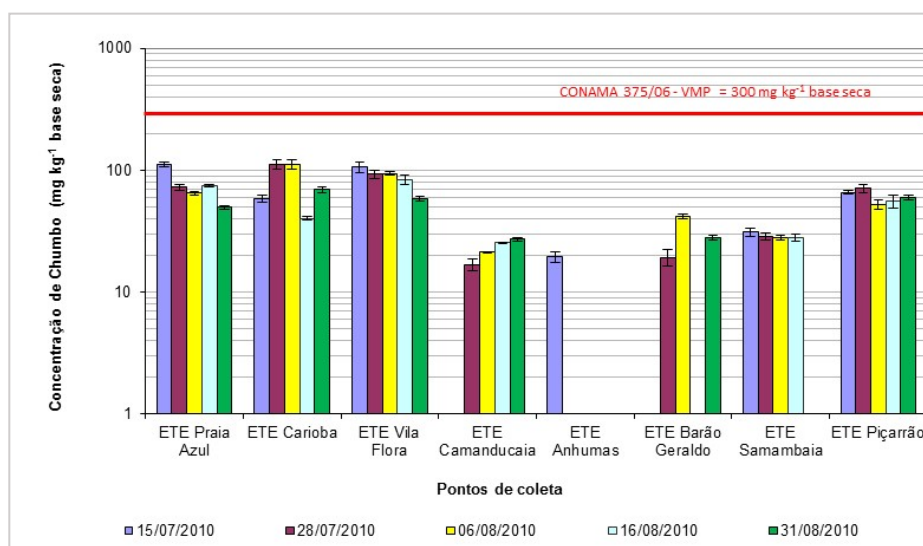


Figura 5. Concentração de chumbo (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETE da RMC.

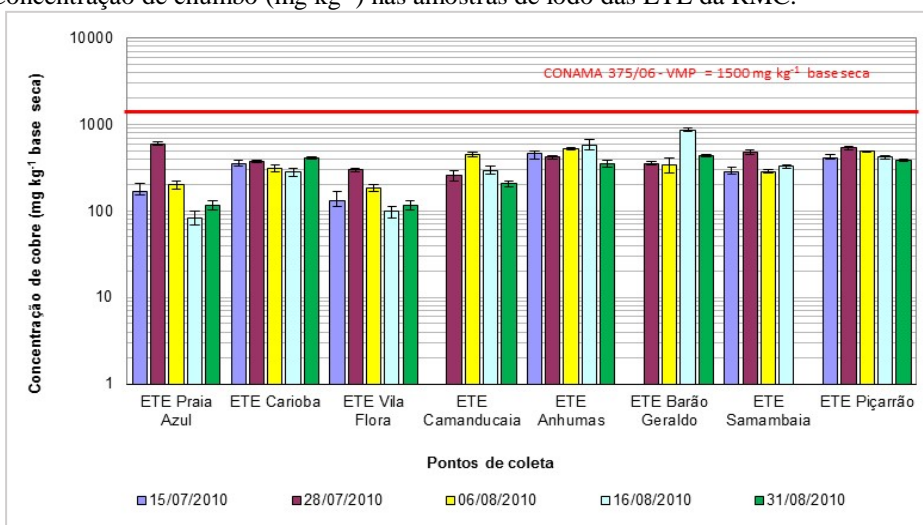


Figura 6. Concentração de cobre (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETEs da RMC.

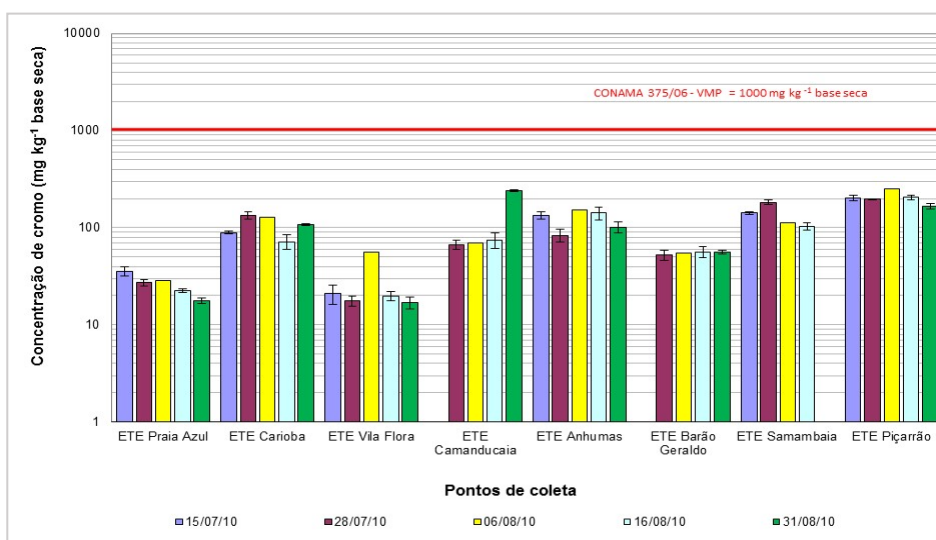


Figura 7. Concentração de cromo (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETEs da RMC.

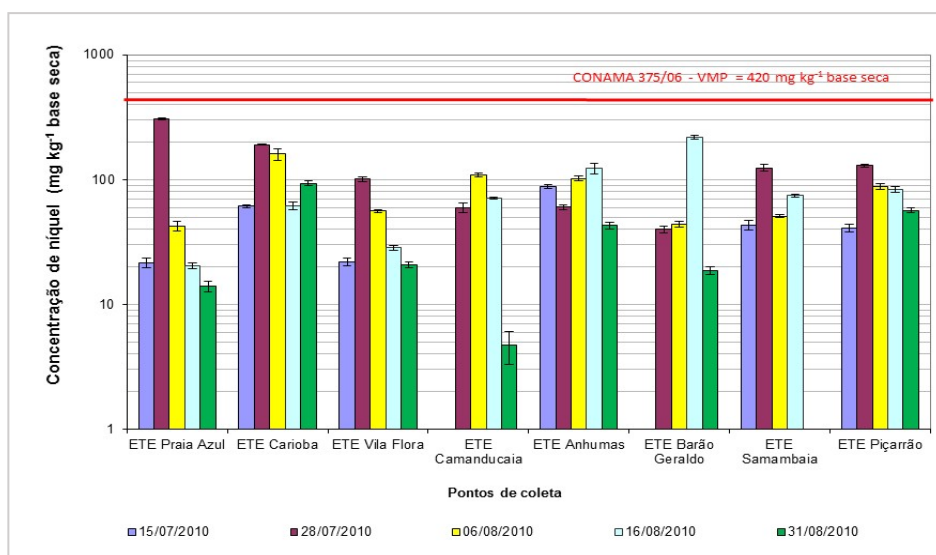


Figura 8. Concentração de níquel (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETEs da RMC.

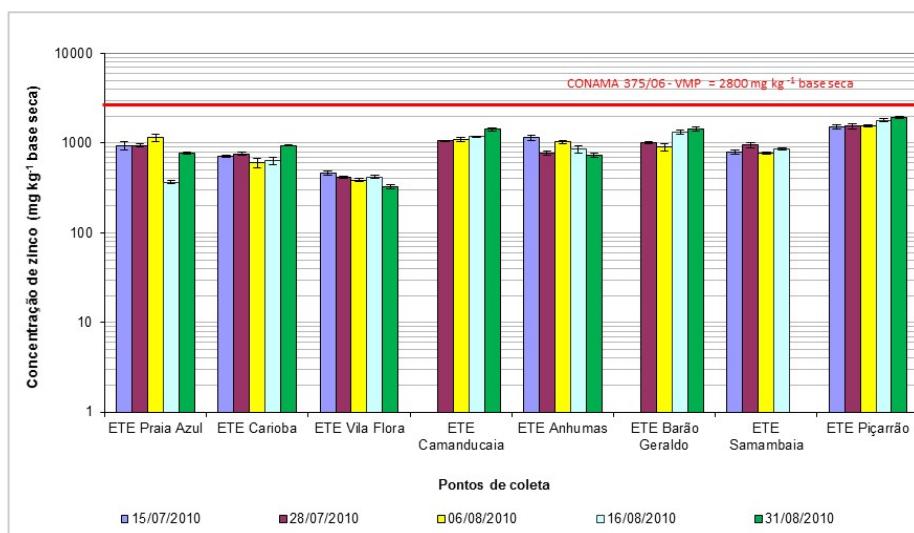


Figura 9. Concentração de zinco (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETEs da RMC.

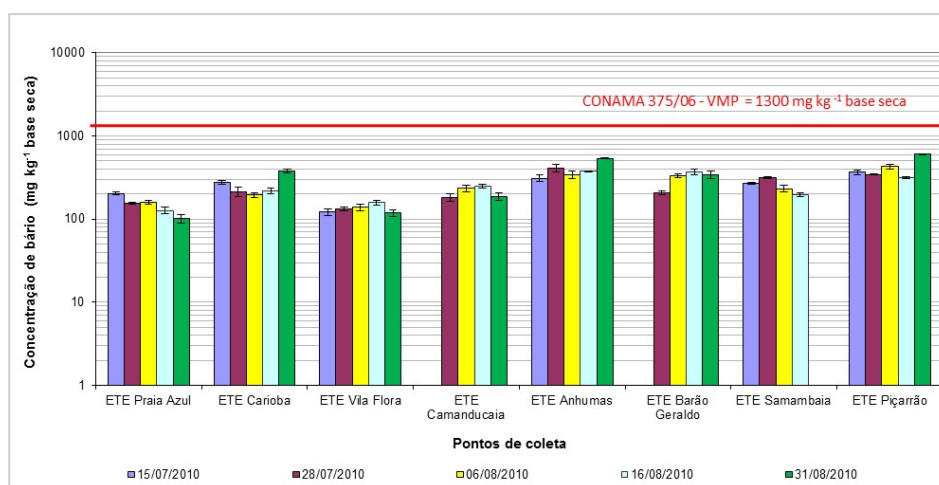


Figura 10. Concentração de bário (mg kg^{-1}) nas amostras de lodo das ETEs da RMC.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, verifica-se que os lodos das ETE estudadas da RMC atendem a CONAMA 375/06. Porém, para que o lodo de parte da RMC possa ser transformado em um produto de uso seguro na agricultura, com certificado e registro, é necessário atender a outra legislação, a Instrução Normativa (IN) nº 27/06 do MAPA. A qual é mais restritiva para limite de substâncias inorgânicas em produtos contendo lodo de esgoto, sendo necessário uma redução do Ni e Cr. Uma das alternativas seria uma maior fiscalização nas fontes geradoras, de modo a melhorar a qualidade do afluente das estações (ANDREOLLI et al., 2006). Esta alternativa vem ao encontro da sustentabilidade.

A compostagem poderia ser outra forma de redução do Ni, Cr e Cu. Pois ao incorporar a fonte de carbono ao lodo de esgoto, para balancear a relação C/N, estaria “diluindo” o lodo, reduzindo as concentrações excedentes, adequando o produto final à IN 27/06, transformando em um produto de uso seguro na agricultura.

Recomenda-se a continuidade desta pesquisa para verificar se ocorrem alterações significativas quanto à qualidade do lodo devido à sazonalidade; a realização de um estudo agrônomo e microbiológico do lodo da RMC visando a destinação na agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e produção de lodo. In: TSUTIYA, M. T. M, et al. **Biossólidos na agricultura**. – 2ª ed. - São Paulo: ABES, 2002. p. 7 - 40
2. ANDREOLI, C. V. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, Editora ABES, 2006. 417 p.
3. ANDREOLI, C. V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484 p.
4. BAUR, K., BRENNAN, S., BURROW, B., WERHO, D., PIANETTA P. **Laboratory and synchrotron radiation total-reflection X-ray fluorescence: new perspectives in detection limits and data analysis**. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, v. 56, p. 2049 – 2056, 2001.
5. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004**. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. p. 2, 15 jan. 2004. Seção 1.
6. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 27 de 05 de junho de 2006**. Estabelece nos Anexos I, II, III, IV e V os limites no que se refere às concentrações

- máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Diário Oficial da União, Brasília, DF. p. 15, 9 jun. 2006. Seção 2.
7. BROLEZE, S. T. **Avaliação da qualidade do lodo das estações de tratamento de esgoto de parte da região metropolitana de Campinas empregando a fluorescência de raios x por reflexão total com radiação síncrotron.** Campinas: UNICAMP, 2013. 118 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2013.
 8. CONAMA. **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006.** Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Diário Oficial da União, Brasília, DF. p. 141 - 146, 30 ago. 2006. Seção 1.
 9. CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Diário Oficial da União, Brasília, DF p. 58-63, 18 mar. 2005. Seção 1.
 10. CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 92, p. 89, 16 mai. 2011. Seção 1.
 11. COSCIONE, A. R., NOGUEIRA, T. A. R., PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução no 375 do CONAMA.** Botucatu: FEPAF, 2010. 407 p.
 12. FARIA, B. F., MOREIRA, S. **Evaluation of Heavy Metals in Solid Waste Disposal Sites in Campinas City, Brazil Using Synchrotron Radiation Total Reflection X Ray Fluorescence.** Applications of Nuclear Techniques / AIP Conf. Proc. 1412, 286, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1063/1.3665326>. Acesso em: 23/12/2011.
 13. METCALF & EDDY, INC., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., **Wastewater Engineering: treatment and reuse.** New York: Ed. McGraw-Hill, 2003, 4 edição., 1878 p.
 14. MOREIRA, S.; VIEIRA, C. B.; CORAUCCI FILHO, B.; STEFANUTTI, R.; JESUS, E. F. O. **Study of the metals absorption in culture corn irrigated with domestic sewage by SR-TXRF.** Instrumentation Science and Technology, 33(1), 73-85, 2005.
 15. NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo, Ed. Blucher, 2003. 520 p.
 16. PINHEIRO, C. R. R., SÍGOLO, J. B. **Metais pesados e elementos associados do lodo de esgoto da ETE Barueri - Região Metropolitana de São Paulo diante do fator sazonalidade.** Geochimica Brasiliensis, Brasil, v. 21, n.2, p. 151 - 166, 2007.
 17. PNUD – **Notícias: Em saneamento, Brasil rural é pior que Sudão e Afeganistão.** Disponível em: <http://www.pnud.org.br>. 3 p. Acesso em 08/03/2011.
 18. SIMABUCO, S. M. **Emprego da fluorescência de raios-x por dispersão de energia no estudo da dinâmica da vinhaça no solo.** São Paulo: USP, 1993, 150 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
 19. TSUTIYA, M. T., COMPARINI, J. B., ALÉM SOBRINHO, P., HESPANHOL, I., CARVALHO, P. C. T., MELFI, A. J., MELO, W. J., MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura.** 2ª ed. - São Paulo: ABES/SP, 2002. 468 p.