

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE LODO DE ESGOTO ANAERÓBIO

Marcelo Mendes Pedroza¹, Matheus Gomes Arruda², Flavio Vinicio da Mota Silva², Ricardo Resplandes de Sousa Paz³, Aymara Gracielly Nogueira Colen⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Químico Industrial, MSc Engenharia Sanitária e Ambiental, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). Doutor em Engenharia Química. Email: mendes@ifto.edu.br

² Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Aluno do curso de Controle Ambiental E.M.I.

³ Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Aluno do curso de Engenharia Civil.

⁴ Universidade Federal do Tocantins-UFT, Engenharia Ambiental, Mestre em Recursos Energéticos Renováveis.

Resumo: Este trabalho teve como objetivo determinar as características químicas de lodos domésticos produzidos no Brasil. As amostras foram coletadas em leitos de secagem de estação de tratamento de esgoto. Os lodos LD-1 e LD-10 eram lodos tipicamente anaeróbios e a amostra LD-6 era um lodo misto, rico em cloreto férrico. LD-1 e LD-6 apresentaram teores de umidade de 12% e 11,5%, respectivamente. O maior teor de cinzas foi observado na amostra LD-6 (46,2%). A menor concentração de matéria orgânica foi detectada em LD-6 (40,6%), por ser esse lodo rico em cloreto férrico. As amostras LD-1 e LD-10 apresentaram o maior conteúdo de carbono (27,0%). Os principais metais detectados na amostra de lodo LD-1 foram o ferro, zinco, manganês, chumbo, cobre, níquel e cromo. O ferro total apresentou a maior concentração (28911 mg/kg) e o níquel a menor delas (24 mg/kg). Todos os metais determinados no lodo LD-1 apresentaram concentrações inferiores aos valores limites estabelecidos para uso agrícola pela resolução brasileira.

Palavras-chave: análise química, lodo de esgoto, metais pesados

1 INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo semi-sólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica. A destinação deste resíduo é um grande problema ambiental para as empresas de saneamento, públicas ou privadas (Metcalf e Eddy, 2002). A gestão dos resíduos sólidos provenientes de estações de tratamento de esgotos é uma atividade de grande complexidade e alto custo, que, se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (Luduvic, 2001, Vieira et al., 2011).

Alguns constituintes das águas residuárias tais como metais e ovos de helmintos, ao passarem pela estação de tratamento de esgoto, concentram-se no lodo. Vários componentes orgânicos (ácidos húmicos) e minerais (nitrogênio e fósforo) conferem características fertilizantes ao resíduo. Entretanto, outros constituintes são indesejáveis como os metais pesados, os poluentes orgânicos e os microrganismos patogênicos pelo seu risco sanitário e ambiental (Oliveira, 2000).

A presença desses constituintes no lodo é muito variável, e depende das características do esgoto bruto e do sistema de tratamento. O esgoto produzido por uma população saudável conterà menos agentes patogênicos que o produzido por uma população doente. Da mesma forma o esgoto doméstico possui baixos teores de metais pesados, o que diminui o risco sanitário e ambiental.

Teores altos de contaminantes químicos no esgoto são características, geralmente, de esgotos industriais. O recebimento de efluentes industriais juntamente com o doméstico pode comprometer a qualidade do lodo das estações de tratamento de despejos domiciliares, principalmente em relação à concentração de metais pesados (Andreoli et al., 2006).

Os métodos mais comuns para a disposição final de lodos residuais são: (a) eliminação em aterros sanitários, (b) aplicação na agricultura e (c) incineração. Nenhum desses métodos está isento de inconvenientes. Os metais pesados presentes na constituição química do lodo inviabilizam seu emprego no cultivo de certas culturas agrícolas. O processo de incineração é relativamente caro e gera emissões para ar, solo e água. A destinação em aterros sanitários é a forma mais comum para o lodo de esgoto das ETEs brasileiras (Pedroza et al, 2010), sendo que, o grande inconveniente dessa prática é a diminuição da vida útil dos aterros destinados à deposição dos outros resíduos sólidos urbanos.

Várias tecnologias estão sendo desenvolvidas e representam outras alternativas viáveis para o aproveitamento do lodo. Dentre essas alternativas, citam-se: a pirólise, a oxidação úmida e o processo de gaseificação. A pirólise tem muitas vantagens comparadas as outras alternativas. Os produtos gerados no processo pirolítico (óleos, gases e carvão) podem ser usados como fonte de combustíveis, bem como empregados à indústria petroquímica (Vieira et al., 2011). A espectroscopia no infravermelho é uma técnica que tem sido amplamente empregada na caracterização química da matéria orgânica de resíduos, permitindo analisar a natureza química, a reatividade e o arranjo estrutural de grupos funcionais constituintes desses materiais (Dias et al., 2009). O lodo de esgoto é constituído por uma grande variedade de grupos funcionais (ácido, álcool, amina, amida, nitrila, cetona, hidrocarbonetos). Essas estruturas orgânicas possuem potencial energético elevado e podem ser recuperadas em processos térmicos. Muitos autores recuperaram esses grupos funcionais no bio-óleo obtido da pirólise de lodo de esgotos (Leal, 2010; Fonts et al., 2009).

Este trabalho teve como objetivo determinar as características químicas do lodo doméstico produzido em reator UASB da ETE Vila União, no estado do Tocantins, Brasil, segundo as técnicas analíticas gravimétricas (Umidade, Cinzas e Material Volátil) e Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – OES).

2 METODOLOGIA

2.1 A Estação de Tratamento de Esgotos Vila União, Palmas-TO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) denominada Vila União, localizada no bairro Vila União, na cidade de Palmas (Tocantins), é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Tocantins (Saneatins). O sistema de esgotamento é composto por rede coletora, tratamento preliminar, estação elevatória, reator UASB e Lagoa Facultativa (Figura 1). Essa estação tem a capacidade de tratar 110,0 L/s, mas atualmente trata uma vazão média de 30 l/s de esgotos. A alimentação do sistema é feita através de esgotos tipicamente domésticos.

2.2 Coleta, preparo das amostras e procedimentos analíticos

As amostras foram coletadas em leitos de secagem da estação de tratamento de esgoto Vila União. Os lodos LD-1 e LD-10 são lodos tipicamente anaeróbios e a amostra LD-6 é um lodo misto, rico em cloreto férrico. Para a determinação de metais pesados, as amostras foram digeridas em água régia (HCl:HNO₃, 3:1, v/v), seguindo recomendações de Melo e Silva (2008). Os procedimentos analíticos usados na determinação das características químicas dos lodos residuais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Métodos analíticos aplicados na caracterização química do lodo de esgoto

Variável analítica	Método analítico
Umidade	ASTM D 3173-85
Cinzas	ASTM D 2415-66
Material volátil	ISO 5623-74
Fe, Zn, Mn, Co, Ni, Cr, Pb	ICP-OES
C, N, H, S	Análise elementar



(a) (b)

Figura 1 – ETE Vila União, estado do Tocantins, Brasil: (a) Reator UASB e (b) Lagoa Facultativa

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises Imediata e Elementar dos Lodos Residuais

Os Lodos LD-1 e LD-6 apresentaram teores de umidade de 12,0 e 11,5%, respectivamente. Na amostra de LD-10 foi detectada a menor umidade (Tabela 2). O maior teor de cinzas foi observado na amostra LD-6 (46,2%), possivelmente devido a uma elevada quantidade de ferro advindo do tratamento físico-químico do lodo com cloreto férrico (FeCl_3). A análise de material volátil mostrou que a amostra LD-10 apresentou a maior concentração de matéria orgânica (57,8%). A menor concentração foi detectada em LD-6 (40,6%), por ser esse lodo rico em material inorgânico. As características orgânicas e inorgânicas das amostras foram também verificadas através da análise elementar (CNH) dos lodos. Os lodos LD-1 e LD-10 apresentaram maior conteúdo de carbono, 27,0%. Na amostra LD-6, foi percebido o menor teor, 15,0% (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados das análises Gravimétricas e Elementar das amostras de lodos de esgotos

Método Analítico	Lodos		
	LD-1	LD-6	LD-10
Umidade (%)	12,0	11,5	6,7
Cinzas (%)	32,2	46,2	31,8
Material Volátil (%)	53,9	40,6	57,8
Carbono Fixo (%)	1,9	1,8	3,7
Carbono (%)	27,0	15,0	27,0
Hidrogênio (%)	4,4	3,6	3,7
Nitrogênio (%)	3,6	2,7	2,7
Enxofre (%)	2,7	5,3	3,1

3.2 Determinação de Metais na amostra de Lodo LD-1

Do ponto de vista ambiental, o metal pesado pode ser entendido como aquele que, em determinados teores e tempo de exposição, oferece risco sanitário, comprometendo a atividade biológica dos seres vivos. Os metais pesados possuem efeito cumulativo no organismo e podem provocar, desta forma, intoxicações crônicas, cânceres, problemas cardíacos e respiratórios e alergias. Os principais metais pesados detectados na amostra de lodo LD-1 foram o Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Chumbo (Pb), Cobre (Co), Níquel (Ni) e Cromo (Cr). O ferro total apresentou a maior concentração (28911 mg/kg) e o níquel a menor delas (24 mg/kg), conforme

Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação Quantitativa de alguns metais de amostra de Lodo LD-1, de Reator UASB, usando Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – OES)

Parâmetro Analisado	Resultado (mg/kg)	Resolução CONAMA 375 (mg/kg) (Brasil, 2006)
Ferro total	28911	-
Zinco	892	2800
Manganês	82	-
Chumbo	47	300
Cobre	219	1500
Níquel	24	420
Cromo total	39	1000

Segundo Corrêa (2004), o lodo é uma importante fonte de matéria orgânica, micro e macronutrientes. A sua destinação no solo pode conferir maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, diminuição do uso de fertilizantes minerais, maior resistência da planta aos fitopatógenos e aumento da produtividade da cultura. Entretanto, a presença de metais pesados no biossólido pode comprometer a sua aplicação na agricultura.

A contaminação das plantas por metais pesados depende de sua mobilidade no solo e de sua biodisponibilidade. Esses elementos apresentam baixas solubilidade e mobilidade no solo, com baixo risco de contaminação (Muchovej e Obreza, 2004). Deve-se considerar que os metais pesados do biossólido encontram-se combinados a compostos orgânicos e que são menos absorvidos pelas plantas do que os que podem ser encontrados em fertilizantes químicos comerciais (Frosta e Ketchum Júnior, 2000). De acordo com Canellas *et al.*, (2000), uma fração da matéria orgânica do lodo, não-biodegradável, tem a capacidade de complexar metais e, isso reduz o conteúdo disponível desses elementos para o processo de absorção pelos vegetais.

A Resolução CONAMA 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” (Brasil, 2006). Segundo esse documento, os lotes de lodo de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar os limites máximos de concentração de alguns metais e de aspectos microbiológicos. Como observado na Tabela 3, todos os metais determinados no lodo LD-1 apresentaram concentrações inferiores aos valores limites estabelecidos pela resolução brasileira. No entanto, é importante verificar também a qualidade microbiológica do resíduo antes de sua aplicação no solo. Os parâmetros definidos por essa

resolução para biossólido do tipo classe A são: coliformes termotolerantes (< 1000 NMP / g de Sólidos Totais), ovos viáveis de helmintos ($< 0,25$ ovo / g de Sólidos Totais), *salmonella* (ausência em 10 g de Sólidos Totais) e vírus ($< 0,25$ UFF / g de Sólidos Totais).

De acordo com Chiba (2005), um aspecto importante que deve ser levado em consideração é a acumulação e biomagnificação de metais pesados na cadeia alimentar. Os seres humanos podem se contaminar por esses elementos químicos através da ingestão de partes comestíveis de plantas contaminadas, de consumo de animais previamente contaminados ou de subprodutos preparados com estes vegetais. Simonete e Kiehl (2002) avaliaram a aplicação de lodo de esgoto em cultivares de milho e o comportamento do ferro e cobre acumulado pelas plantas. Os pesquisadores verificaram, através da análise de regressão, que os dois metais apresentaram um comportamento linear crescente ($R^2 = 0,958$ e $R^2 = 0,976$, respectivamente) com as doses do resíduo. Os incrementos de ferro proporcionados pela adição do resíduo variaram, da menor para a maior dose aplicada, em relação ao cultivo sem aplicação de lodo, de 18% a 159%, respectivamente. Para o cobre a variação foi de 38% a 62%, respectivamente.

Com relação ao tratamento térmico de lodo residual, alguns pesquisadores observaram que o conteúdo de metais pode atuar nas reações catalíticas durante o processo de pirólise, facilitando a degradação térmica do resíduo. Fonts *et al.*, (2009) determinaram que o teor de metais da biomassa favoreceu um aumento do rendimento da fração gasosa e a diminuição do percentual da fração líquida. Domínguez, Menéndez e Pis (2006) observaram que a produção de H_2 era maior quando foi empregado um lodo com maior teor de metais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O lodo de esgoto estritamente doméstico possui geralmente baixas concentrações de metais tóxicos, mas quando esgotos industriais entram em contato com rede coletora de esgoto doméstico, este pode ter sua concentração de metais aumentada significativamente. Altas concentrações de metais em lodos resultam em ações mais restritivas quanto ao uso desse material para fins agrícolas. Dentre os processos mais comuns de disposição de lodo de esgoto citam-se: landfilling, reuso agrícola, aterro sanitário e incineração. Todavia, esses processos convencionais de disposição apresentam certas limitações. Landfilling ocupa uma extensa área e talvez seja a grande desvantagem desse sistema. A reciclagem agrícola de biossólidos pode resultar no acúmulo de compostos nocivos, tais como metais pesados, no solo. O tratamento térmico por pirólise é uma alternativa ambientalmente correta a ser empregada no reaproveitamento de lodo de esgoto. As frações, líquida e gasosa, obtidas durante o processo apresentam elevados poderes caloríficos que

podem ser reaproveitados no próprio processo pirolítico. O resíduo sólido gerado durante o processo também pode ser reaproveitado na construção civil.

REFERÊNCIAS

Andreoli, C. V., Tamanin, C. R., Holsbach, B., Pegorini, E. S., Neves, P. S. (2006) Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal, In: **Biossólidos - Alternativas de uso de resíduos do saneamento**, Editora ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Rio de Janeiro, 398 p.

Brasil (2006) Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: set. 2011.

Canellas, L. P., Santos, G. A., Moraes, A. A., Rumjanek, V. M., Olivares, F. L. (2000) Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: Métodos espectroscópicos (UV-VIS, IV, RMN) e microscopia eletrônica de varredura, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24, 741-750.

Chiba, M. K. (2005) **Uso de lodo de esgoto na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: Parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 142p.

Corrêa, R.S. (2004) Efficiency of five biosolids to supply nitrogen and phosphorus to ryegrass, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 39, 1133 – 1139.

Dias, B. O., Silva, C. A., Soares, E. M. B., Bettiol, W., Guerreiro, M. C., Belizário, M. H. (2009) Infravermelho na caracterização de ácidos húmicos de latossolo sob efeito de uso contínuo de lodo de esgoto, **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 33, 885-894.

Domínguez, A., Menéndez, J. A., Pis, P.P. (2006) Hydrogen rich fuel gas production from the pyrolysis of wet sewage sludge at high temperature, **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 77, 127-132.

Fonts, I., Azuara, M., Gea, G., Murillo, M. B. (2009) Study of the pyrolysis liquids obtained from different sewage sludge, **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 85, 184 – 191.

Frosta, A. L., Ketchum Júnior, L. H. (2000) Trace metal concentration in durum wheat from application of sewage sludge and commercial fertilizer, **Advances in Environmental Research**, 4, 347 – 355.

Leal, E. R. M. (2010) **Aplicação do processo de pirólise lenta ao lodo de esgoto adicionado de óxido de cálcio e ferro para obtenção de bio-óleo combustível**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Tocantins, 110p.

Luduvicé, M. (2001) **Processos de estabilização de lodos. In: Lodos de Esgotos – Tratamento e Disposição Final**. ABES, Rio de Janeiro, 484p.

Metcalf & Eddy, INC. (2002) **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**, Ed. McGraw-Hill, New York, 1334 p.

Muchovej, R.M., Obreza, T. A. (2004) **Biosolids: Are these residuals all the same?**, SS-AGR-167. Series of the Agronomy Department. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 3p.

Oliveira, F. C. (2000) **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 247p.

Pedroza, M. M., Vieira, G. E. G., Sousa, J. F., Pickler, A. C., Leal, E. R. M., Milhomen, C. C. (2010) Produção e Tratamento de Lodo de Esgoto – Uma Revisão, **Liberato**, 11, 147-157.

Simonete, M. A., Kiehl, J. C. (2002) Extraction and bioavailability of heavy metals in response to the addition of sewage sludge to the soil, **Scientia Agricola**, 59, 555-563.

Vieira, G. E. G., Pedroza, M. M., Sousa, J. F., Pedroza, C. M. (2011) O Processo de Pirólise como Alternativa para o Aproveitamento do Potencial Energético de Lodo de Esgoto – Uma Revisão, **Revista Liberato**, 12, 81-95.