

O VALOR DO LODO DE ESGOTO

Luciano Reami⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Doutor pela FEC - Unicamp, Gerente de Setor de Tratamento de Esgoto da Sabesp de Franca.

Edna Ivani Bertoncini

Engenheira Agrônoma, Doutora pela ESALQ - USP, Pesquisadora Científica do Polo Centro Sul da APTA – Agência Paulista de Tecnologia em Agronegócios.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia Cândido Portinari, km 394,4 - CEP: 14406-000 – Franca SP, Brasil -
Tel:/Fax +55 (16) 3721 5199 - e-mail: lreami@sabesp.com.br.

RESUMO

A Resolução CONAMA 375/2006 estabeleceu que cinco anos após sua publicação, se estudos não fossem realizados a fim de comprovar que o mesmo não traz impactos negativos, só poderia ser aplicado em solos agrícolas o lodo de esgoto classe A. Passados quase 8 anos de sua publicação, o lodo classe B ainda está proibido de ser aplicado em áreas agrícolas. Com base nos dados do lodo da ETE Franca, que teve o lodo classe B aplicado em áreas agrícolas desde 1998 até a sua proibição, foi realizada uma estimativa do valor do lodo de esgoto no que concerne aos nutrientes presentes no material, com base no custo dos insumos agrícolas disponíveis no mercado.. Concluiu-se que, com base em dados de 2010 e 2011 e para uma produção de 50 Mg d⁻¹, são enterrados no aterro sanitário o equivalente a R\$ 537.462,35.ano⁻¹ em insumos agrícolas via lodo de esgoto, que poderiam ser utilizados para fertilização agrícola caso ainda se pudesse utilizar o lodo classe B.

PALAVRAS-CHAVE

Lodo de esgoto, esgoto sanitário, custos, disposição, uso agrícola

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos agentes públicos que fazem a gestão dos sistemas de tratamento de esgoto é dar a destinação ambientalmente adequada aos seus resíduos, principalmente o denominado lodo de esgoto. O tratamento de esgotos consiste basicamente na remoção de seus constituintes sólidos da água, principalmente matéria orgânica e elementos químicos como nitrogênio, fósforo, e destes fazer a disposição adequada. Com a crescente realização de obras de saneamento, principalmente das estações de tratamento de esgotos, cada vez maior é a produção de lodo de esgotos.

A Resolução CONAMA 375/2006 classifica o lodo de esgoto basicamente em dois tipos, o classe A e o classe B. O lodo classe A tem por característica principal o limite para o número de coliformes em 10³ NMP/g ST. Já o classe B tolera até 10⁶ NMP/g ST, e os processos de tratamento de esgoto convencionais em sua grande maioria, ou por dizer em totalidade, produzem lodo que se enquadram como classe B.

A mesma resolução CONAMA 375/2006 estabeleceu que cinco anos após sua publicação, se estudos não fossem realizados a fim de comprovar que o mesmo não traria impactos negativos ao ambiente, só poderia ser aplicado em solos agrícolas o lodo classe A. Passados cinco anos

esta resolução não foi alterada, de forma que o lodo classe B está proibido de ser aplicado na agricultura.

Para a adequação do lodo de classe B para classe A é necessária a implantação de processos de tratamento posteriores ao desaguamento, que implicam em elevados investimentos e soluções em muitos casos tecnicamente inviáveis de serem implementadas.

Desta forma, a solução para a destinação do lodo da ETE Franca tem sido a disposição em aterro sanitário, como ocorre atualmente para muitos outros sistemas em operação de outras cidades.

DESENVOLVIMENTO

A Estação de tratamento de esgoto de Franca – ETE Franca

A ETE Franca é a principal estação de tratamento do município de Franca. O processo de tratamento é por “lodos ativados convencional”, com tratamento anaeróbio de lodo. No lodo de esgoto os principais componentes de interesse agrícola são a matéria orgânica, o nitrogênio e em menor quantidade o fósforo, além de outros macro e micro nutrientes de plantas. Estes componentes, que em parte podem ser supridos pelo lodo de esgoto, são encontrados no mercado e utilizados pelos agricultores no cultivo agrícola.

Com base nas análises químicas do lodo da ETE Franca de 2010, as quantidades disponíveis no lodo de esgoto de cada componente são descritas na sequência. Foi considerada a produção média diária de 50 Mg dia^{-1} , base úmida, com teor de água médio de 73,9 %, resultando na produção anual de $4763,25 \text{ Mg ano}^{-1}$, base seca.

Nitrogênio

O lodo de esgoto possui concentrações de nitrogênio em suas alternadas formas, porém apenas uma determinada parcela está disponível para a planta. Esta parcela disponível para a planta pode ser determinada conforme a equação 1. O teor de N disponível do lodo de esgoto é calculado pela expressão abaixo, considerando a aplicação subsuperficial, que tem sido a forma de aplicação aceita.

$$N_{\text{disp}} = (FM/100) \times (NKj - NNH_3) + (NNO_3 + NNO_2) \quad (\text{equação 1}),$$

Sendo:

FM = Fração de mineralização do nitrogênio em %;

NKj = Nitrogênio Kjeldahl (nitrogênio Kjeldahl = nitrogênio orgânico total + nitrogênio amoniacal) em mg/kg;

NNH₃ = Nitrogênio amoniacal em mg/kg;

NNO₃ + NNO₂ = Nitrogênio Nitrato e Nitrito em mg/kg.

De acordo com o Anexo III da Resolução CONAMA 375/2006, a taxa de mineralização FM para lodo digerido anaerobiamente é de 20%.

Tabela 1: Determinação do nitrogênio disponível no lodo, com valores analíticos médios do lodo da ETE Franca (base seca, 2010)

PARÂMETROS	VALOR	UNIDADE
Nitrogênio amoniacal (N NH ₃)	8.418	mg/kg
Nitrogenio Total Kjeldahl (NKj)	34.050	mg/kg
Nitratos (N NO ₃ ⁻) + Nitritos (N NO ₂ ⁻)	122,52	mg/kg
Taxa de mineralização	20	%
Nitrogênio disponível	5248,89	mg/kg
Nitrogênio disponível	5,25	kg/Mg seca
Nitrogênio disponível	25,00	Mg/ano

Conforme o cálculo apresentado, o lodo de esgoto da ETE Franca possui 5,25 kg de nitrogênio disponível por tonelada de lodo em base seca, que equivalem a 25,00 toneladas anuais de nitrogênio disponível.

Para suprir este nitrogênio, o produto mais utilizado pelo agricultor é a Uréia, que possui 45 % de nitrogênio disponível ao custo de R\$ 1.300,00 por tonelada, que na equivalência às 25,00 toneladas de nitrogênio anuais do lodo correspondem a R\$ 72.227,35 anuais.

Fósforo

O teor médio de fósforo total presente no lodo de 2011 foi 19,44 g kg⁻¹ base seca. Significa que ao ano, se deposita no aterro sanitário o equivalente a 92,6 toneladas de fósforo total, equivalente a 212,1 Mg de P₂O₅.

É importante salientar que, grande parte do fósforo presente no lodo está na forma inorgânica, destas mais de 40%, aproximadamente, são ortofosfatos. Atribui-se a baixa concentração de formas orgânicas de fósforo no resíduo ao processo de decomposição da matéria orgânica realizado pelos microrganismos durante o tratamento do efluente (HEDLEY & McLAUGHLIN, 2005). No decorrer desse processo, a matéria orgânica é degradada, ressintetizada e estabilizada de modo que o P mineralizado e orgânico permaneça concentrado no lodo. MUNHOZ & BERTON (2006), por exemplo, observaram que a eficiência de lodos de diferentes características químicas em Latossolo argiloso variou de 16 a 64% em relação ao fertilizante mineral. Assim, consideramos que apenas 30% do P presente no solo esteja sob forma disponível às plantas.

Assim, consideramos que a produção de lodo da ETE-Franca geraria em torno de 63,3 Mg de P₂O₅ disponível às plantas.

Para suprir este fósforo, o agricultor pode adquirir pelo menos um destes dois produtos comerciais, que são o Superfosfato triplo - ST (41 % de P₂O₅), ou o Super Simples – SS (7% de S e 18 % de P₂O₅).

Em correspondência ao “Superfosfato triplo – ST”, cada 1 Mg de ST possui 0,410 Mg P₂O₅, e, 63,63 Mg P₂O₅ do lodo equivalem a 154,12 Mg de ST. O ST custa em média R\$ 1.400,00 / Mg (ref. 10/2012), e correspondem a R\$ 216.146,34 anuais.

Para o “Super Simples - SS” (7% de S e 18% de P₂O₅), 1 Mg de SS possui 0,18 Mg P₂O₅, e 212,1 Mg P₂O₅ do lodo equivalem a 353,5Mg de SS. O SS custa em média R\$ 870,00 / Mg (ref. 10/2012), correspondem a R\$ 307.545,00 anuais.

Tendo um custo superior ao “Superfosfato triplo”, a vantagem do “Super simples” é que este supriria ao mesmo tempo a quantidade de enxofre presente no lodo. Uma tonelada de SS contém 70 kg de enxofre - S. Desta forma, a quantidade de 1178,3 Mg de SS possui 82,5 Mg de S, e o lodo fornece 43 Mg.ano⁻¹, suprimindo a demanda.

Por esta razão, em termos de custos finais será considerada a substituição pelo “Super Simples”.

Matéria orgânica

O teor de matéria orgânica do lodo equivale à concentração de sólidos totais voláteis presentes nas amostras de lodo. Em 2011, o teor de sólidos totais médio foi de 261100 mg L⁻¹, e o de sólidos voláteis correspondeu a 135276 mg L⁻¹. Isto indica que o teor de matéria orgânica equivale a 51,81 % da quantidade total de lodo em base seca. Desta forma, baseado na produção anual, são 2467,8 toneladas de matéria orgânica (base seca), produzidas anualmente.

Para suprir esta quantidade de matéria orgânica, o agricultor precisa adquirir um composto ao custo de R\$ 150,00 a 180,00 / Mg⁻¹, porém a matéria orgânica do lodo possui qualidade inferior a de um composto. Desta forma, para efeito de cálculo, considera-se R\$ 50,00 Mg⁻¹, e em termos de matéria orgânica, o valor anual correspondente da matéria orgânica do lodo equivale a R\$ 123.392,00.

Apesar da citação do teor de matéria orgânica, para o custo final não será contabilizado, pois o valor é baixo, e também, considerando o enxofre fornecido pelo SS e o Mg fornecido pelo calcário dolomítico cujos valores são mais altos no fertilizante que aquele fornecido pelo lodo (os elementos vêm embutidos na fórmula), e quando se vende composto, se vende embutido o preço dos macro e micronutrientes.

Micro e macro nutrientes

Os principais micro e macro nutrientes presentes no lodo de esgoto, com exceção do nitrogênio e do fósforo já tratados, estão representados na tabela a seguir. Embora em menor quantidade, são representativos e possuem valor econômico.

Tabela 2: Macronutrientes primários e secundários e micronutrientes de plantas presentes no lodo da ETE Franca.

MACRO/MICRO NUTRIENTE	CONC. (kg/Mg de lodo – base seca)	QTDE – (Mg/ano base seca)
Zinco	0,83516	3,98
Molibdênio	0,0017	0,01
Cobre	0,21216	1,01
Enxofre total	8,96	42,68
Cálcio total	11,54	54,97
Magnésio total	2,42	11,53
Boro	0,00906	0,04

Para suprir os elementos citados na tabela 2, na sequência estão relacionados cada um ao produto comercial correspondente em fertilizantes químicos.

Zinco

Cada 0,1% de Zinco presentes em fertilizantes químicos custa em média R\$ 12,00. Assim, 1 Mg Zn custa R\$ 12.000,00, e para a produção anual de $3,98 \text{ Mg Zn.ano}^{-1}$, a aquisição desta mesma quantidade no mercado custaria R\$ 47.760,00 por ano.

Molibidênio

No mercado, o molibidênio pode ser suprido pelo produto denominado “Molitrac”, que tem concentração de 250 g L^{-1} , e custa R\$ 125,00/litro. Se 250 g custa R\$ 125,00, o equivalente a $0,01 \text{ Mg ano}^{-1}$ equivalem a R\$ 5.000,00 ao ano.

Cálcio e magnésio

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) podem ser supridos via calcário dolomítico. O calcário dolomítico custa atualmente cerca de R\$ 65,00 a tonelada, sendo que possui 38% CaO e 12% MgO e na proporção 38:12, equivale a 3.

Considerando a relação do calcário dolomítico de 3, para o cálcio que tem maior teor no lodo correspondente a $55 \text{ Mg Ca.ano}^{-1}$, o teor de CaO.ano^{-1} equivale a 192,5 Mg. Se 1 Mg de calcário dolomítico contém 380 Kg CaO e custa R\$ 65,00 . M^{-1} , 192,5 Mg correspondem a R\$ 32.930,00 anuais.

Com o calcário fornecido, vem embutido 120 kg de MgO/Mg de calcário. Para os mesmos 192.000 Kg CaO, sendo que cada Mg de calcário possui 380 kg de CaO, são necessários 506,7 Mg de calcário. Se 1 Mg de calcário contém 120 kg MgO, em 506,7 Mg de calcário temos 60.804 kg de MgO/ano ou 60 Mg de MgO via calcário.

No lodo, $11,5 \text{ Mg.ano}^{-1}$ equivalem a $19,2 \text{ Mg de MgO.ano}^{-1}$. O calcário forneceria aproximadamente 40 Mg a mais por ano, portando já incluso nos R\$ 32.930,00 anuais.

Boro

No mercado, um dos produtos comercialmente usado para suprir o elemento boro é o Bortrac, fabricado pela Yara Fertilizantes. Este produto possui 15 % de boro e custa da ordem de R\$ 27,00 o litro. Sendo assim, cada 150 g de boro custa R\$ 270,00, e para suprir a produção anual de boro presente no lodo de esgoto de $0,04 \text{ Mg ano}^{-1}$ custaria R\$ 72.000,00 anuais.

Cobre e enxofre total

Apesar do lodo possuir uma quantidade significativa, não será considerado neste trabalho o valor correspondente a estes elementos por haver dificuldade em aferir preços em produtos comerciais, que possuem apenas partes destes elementos em suas fórmulas.

CONCLUSÃO

Em resumo, os custos apurados em produtos comerciais que substituem os elementos fornecidos pelo lodo de esgoto estão descritos na tabela 3.

Tabela 3: Resumo dos valores anuais dos principais componentes de interesse agrícola equivalente à quantidade gerada via lodo de esgoto.

Elementos	Produto comercial	Custo anual equivalente à quantidade fornecida via lodo de esgoto – R\$.ano-1
Nitrogênio disponível	Uréia	72.227,35
Fósforo	Super Simples	307.545,00
Zinco	0,1 % de Zn	47.760,00
Molibdênio	Molitrac	5.000,00
Cálcio e magnésio	Calcário dolomítico	32.930,00
Boro	Bortrac	72.000,00

Considerando que atualmente o lodo é destinado ao aterro sanitário, em termos econômicos, apenas com os elementos levantados, e para a produção de 50 Mg d⁻¹, são enterrados o equivalente a R\$ 537.462,35 anualmente em insumos agrícolas.

Em base úmida, para a produção de 50 Mg d⁻¹, o valor agrônomo unitário da tonelada do lodo equivale a R\$ 29,45 em base úmida ou R\$ 112,84 em base seca.

Na prática, considerando todos os elementos citados na tabela 1, e a taxa de aplicação de 250 kg.ha⁻¹ para a cultura de café conforme RAIJ et.al. (1996), a quantidade de lodo a ser aplicado é de aproximadamente 45 Mg ha⁻¹ em base úmida, e se o agricultor fosse adquirir no mercado, este custo seria equivalente a R\$ 1.325,45 .ha⁻¹

Conclusões

Para a produção diária de 50 Mg d⁻¹, considerando o lodo classe B e aplicando-se toda a produção anual em áreas agrícolas considerando – se todos os elementos de interesse agrícola presente no lodo haveria um ganho de R\$ 537.462,35 em insumos agrícolas para os agricultores. Ressalta-se que este valor apurado refere-se às características do lodo da ETE Franca, o que pode ser diferente em relação aos lodos de outras ETEs.

Além disso, a disposição em aterro sanitário reduz o tempo de vida útil do aterro, ocupando espaço com produtos orgânicos que possuem valor econômico.

Bibliografia

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama no 375. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. 2006.

HEDLEY, M.; McLAUGHLIN, M. Reactions of Phosphate Fertilizers and By-Products in Soils. In: Sims, J.T.; Sharpley, A.N.; Pierzynski, G.M; Westermann, D.T.; Cabrera, M.L.; Powell, J.M.; Daniel, T.C. Phosphorus. Agriculture and the Environment. American Society of Agronomy. p.181-254. 2005.

MUNHOZ, R. O.; BERTON, R. S. Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto. In: Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. p. 91-124. 2006.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).