

### III-197 - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE PROCESSO E DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA: QUANDO A ATRATIVIDADE ECONOMICA E A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL CAMINHAM JUNTAS

**Ana Lúcia Silva<sup>(1)</sup>**

Gerente da Divisão de Controle Sanitário do Médio Tietê - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Engenheira química, mestre em Recursos Hídricos e Doutora em Saúde Pública.

**Sergio Henrique Monção**

Gerente do Departamento de Controladoria - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Economista.

**Ricardo Vianna**

Economista no Departamento de Controladoria - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

**Ilva Martins Nery**

Advogada no Departamento Jurídico Ambiental – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Mestra em Direitos Difusos e Coletivos na UNIMES.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Adolfo Pardini, 555, Jd. Paraíso, Botucatu – São Paulo – SP - CEP: 18610-250 - Brasil - Tel: +55 (14) 3811-8295 - e-mail: [anasilva@sabesp.com.br](mailto:anasilva@sabesp.com.br)

#### RESUMO

O presente artigo considerou nove alternativas técnicas de investimento para disposição final do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETE) considerando a atratividade econômica e riscos para o cumprimento das exigências das leis ambientais em vigor. Destas alternativas, três relacionam-se com o beneficiamento e disposição diretamente na agricultura e uma quarta alternativa é o envio para aterros sanitários. Embora o lodo classe B tenha sido banido nas empresas de saneamento, conforme previsto na Resolução CONAMA 375/06 a partir de 2011, os custos associados a essa classe de qualidade também foram analisados, em comparação ao lodo Classe A. Essa comparação pretendeu confirmar se de fato a produção de lodo Classe B é menos onerosa que a produção de lodo Classe A para cada uma das alternativas estudadas, uma vez que uma das tecnologias mais novas em uso permite a redução do volume, o que impacta diretamente na diminuição de custos de transporte desse material. O trabalho esmerou-se em detalhar toda a cadeia produtiva, incluindo os custos fixos e variáveis; custos de atendimento às exigências legais, que são mais impactantes conforme o tipo de disposição pretendida; e as barreiras de mercado. Adiciona ainda uma visão do potencial econômico dos dois tipos de lodo, Classe A e Classe B, quanto ao valor agregado, o que permite explorar a atratividade junto aos interessados em utilizá-lo no solo ou na agricultura. O objetivo principal foi comparar várias alternativas do ponto de vista econômico e ambiental, e estimular discussões futuras quanto às oportunidades e as barreiras mercadológicas, sem perder de vista os riscos jurídico-ambientais inerentes a cada uma das opções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viabilidade econômica, uso agrícola do lodo, bio sólido na agricultura.

#### INTRODUÇÃO

Em qualquer processo industrial ocorre a geração de resíduos que podem não apresentar utilidade direta no próprio processo, mas podem se tornar matéria-prima para outras atividades e com fins variados. No Brasil, após de 20 anos de discussão veio a ser aprovada em meados de 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), regulamentada pelo Decreto nº 7.404. A PNRS tem como objetivo que o cidadão, o setor privado, a sociedade civil e os governos tratem de uma forma mais responsável, cooperativa e ambientalmente correta os resíduos gerados. No setor saneamento a geração de lodo é inerente às suas atividades. Tanto o tratamento de água quanto o de esgotos produzem resíduos que demandam destinação adequada para aterros controlados. Este é um desafio a se enfrentar, não apenas porque a sociedade, acertadamente, assim o cobra; porque cuidar da preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente é indissociável das operações das empresas cuja principal matéria-prima é a água. O beneficiamento do lodo de esgotos para obtenção de um material utilizável no solo, para a agricultura ou para a silvicultura permite o atendimento a todas essas exigências. Associado a tudo isso se espera que nos próximos anos o Brasil amplie seus índices de tratamento de esgoto, o que irá indubitavelmente ocasionar a maior geração de resíduos

sólidos, especialmente o lodo do tratamento. Esse aumento, se não associado a um planejamento quanto as formas de destinação, poderá gerar outros impactos tão ou mais desastrosos quanto a ausência do tratamento desses esgotos. Em outros países como Austrália, Espanha e Estados Unidos, o uso no solo é bastante disseminado. Já no Brasil, é difícil até mesmo obter dados a respeito da disposição. HONORIO (2014) realizou levantamento aonde concluiu que na região da bacia hidrográfica do Piracicaba (Estado de São Paulo), a qual concentra 5,3 milhões de habitantes, todo o lodo gerado em ETEs é destinado para aterros sanitários da região. Não há qualquer prática de reciclo. Mas o que isso representa em termos práticos e sociais? Em um estudo realizado pela SABESP para uma das regiões em que atua e aonde o lodo Classe B teve amplo uso e aceitação com reais benefícios e sem registros de qualquer problema ambiental ou de saúde pública; e considerando que a geração diária de lixo “per capita” no Brasil varia de 0,4 kg a 0,7 kg, com média de 0,52 kg/dia/habitante (CETESB, 1992, citado por CEPEA-USP); e considerando ainda um município com 337.00 habitantes, a cada 6 anos de disposição de lodo no aterro equivaleriam a 1 ano de disposição de lixo. Em outras palavras, sendo a produção anual de resíduos estimada em 63.934 ton/ano e a de lodo equivalente a 10.613 ton/ano, com a disposição de lodo no aterro sanitário municipal, a cada 6 anos reduz-se em 1 ano o tempo de vida útil do aterro. Isto demanda que o poder público tenha que investir em novos aterros em um espaço de tempo muito menor do que o previsto no projeto original (SABESP, 2009). Ou seja, o custo para a sociedade e para o meio ambiente é, de fato, significativo quando a opção é somente uma: envio para o aterro sanitário.

No Brasil, a Resolução CONAMA 375/06 (BRASIL, 2006) e as normativas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) oferecem alternativas técnicas e legais para o tratamento e a disposição controlada desse material.

O presente artigo apresenta, portanto, três alternativas diferentes de beneficiamento, das quais duas foram testadas, monitoradas e apresentaram atendimento para os parâmetros de qualidade exigidos tanto pela Resolução CONAMA 375/06 (RC 375/06) quanto pelas normativas do MAPA. E também uma estimativa de custos para o mesmo lodo de esgoto, desta vez beneficiado pela calagem. Uma quarta alternativa de disposição avaliada é o envio para o aterro, para efeito de comparação econômica. Em todos os casos avalia-se ainda como uma das alternativas a pré-secagem para diminuição do volume de lodo, com vistas aos custos de transporte. Porém é importante mencionar que a diminuição do volume contribui para alguns impactos ambientais associados ao próprio transporte desse material para o aterro sanitário. Para o estudo de caso em questão, que correu na ETE Lageado, localizada no Município de Botucatu, SP, a redução do volume desse material em até 75% diminuiu as emissões de gases de efeito estufa em cerca de 80% uma vez que houve diminuição do número de caminhões exigidos para o transporte desse material, que percorriam até 150 km para chegar no aterro sanitário para resíduo industrial mais próximo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Detalhes técnicos**

O trabalho foi conduzido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na Fazenda Experimental Lageado, da SABESP, no município de Botucatu, com área do terreno de 133.000 m<sup>2</sup>, e 3.757m<sup>2</sup> de área construída. O processo de tratamento de esgotos atende a cerca de 91% dos esgotos gerados no município, população de aproximadamente 140.000 habitantes. A ETE trata em média 250 L/s, e gera em torno de 16 ton/dia de lodo a 25%. O processo de tratamento possui: tratamento primário, tanque de equalização, tratamento por UASB seguido de lodos ativados, tanques de sedimentação e centrifugação.

Após o processo do tratamento de esgoto, o resíduo final gerado, o lodo de esgoto, passa pela centrifuga de secagem para que o teor de umidade seja reduzido para entre 25% e 28%. Este seria então um lodo classificável como do tipo Classe B. O lodo fresco é transportado até a estufa de secagem e compostagem. A estufa de compostagem construída dentro da área da ETE Lageado entrou em operação em novembro de 2014. Possui estrutura em alvenaria e metal para cercamento e cobertura. Nesta estrutura também é feita a disposição das leiras, movimentação do equipamento e dispõe de esteira para retirada do composto final. O equipamento utilizado para a secagem e revolvimento do lodo é o K2026 da empresa Brako Ambiental. Não será possível, neste trabalho, detalhar os processos de secagem e compostagem.

A SABESP realizou inicialmente compostagem em escala real, a partir da introdução de material agregado seco obtido junto a empresas de papel e celulose na região. As cascas de eucalipto foram agregadas, e o processo foi acompanhado com amostragens e coleta de dados três vezes por dia, durante um período de aproximadamente 45 dias. Ao final, amostras foram coletadas e enviadas para análise para avaliação de atendimento para a RC 375/06 e normativas do MAPA. Em ambos os casos, houve o atendimento pleno, tanto físico-químico quanto microbiológico – exceto para o parâmetro vírus, que não foi analisado por falta de laboratórios com análise acreditada que atenda às exigências legais da RC 375/06. O laboratório de análises foi o do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, o qual tem credenciamento pelo MAPA.

Posteriormente seguiram-se estudos de cerca de um ano para aprimoramento do equipamento utilizado, uma vez que se constatou um aumento na eficiência do uso do carbono do próprio lodo e da eficiência bacteriológica em manter altas as temperaturas do material. Os acompanhamentos realizados tanto pela equipe da SABESP quanto da UNESP registraram temperaturas médias por mais de 15 dias acima dos 45 °C com picos de 75°C por mais de meia hora. Desde então, várias campanhas de monitoramento para análise microbiológica atestaram a ausência de coliformes termotolerantes, ovos de helminto e Salmonellas, nos lodos com umidade entre 85 e 95%. Já nos lodos com umidade próxima a 80%, registros de presença de coliformes termotolerantes e ovos de helminto permaneceram ainda muito abaixo dos valores máximos permitidos pelo arcabouço legal.

### Alternativas de disposição

As alternativas de produto final obtido (Classe A ou Classe B conforme RC 375/06; ou produto, conforme exigido pelo MAPA) assim como o tipo de disposição legal são apresentadas no Quadro 1 a seguir. Todos os estudos foram realizados usando como objeto de estudo o lodo gerado e beneficiado na ETE Lageado, Botucatu, SP.

**Quadro 1 – Alternativas de material final e tipo de disposição legal.**

<b>Alternativa</b>	<b>Tipo de material e aplicação</b>
Alternativa (A)	Disposição em aterro sanitário controlado teor de sólidos (TS) = 25%
Alternativa (B)	Disposição em aterro sanitário controlado teor de sólidos (TS) = 85%
Alternativa (C)	Produção de lodo Classe B com atendimento as exigências da RC n° 375/06
Alternativa (D)	Produção de lodo Classe A após compostagem tradicional com atendimento ao MAPA
Alternativa (E)	Produção de lodo Classe A após beneficiamento por secagem com atendimento ao MAPA <sup>1</sup>
Alternativa (F)	Alternativa D com atendimento as exigências da RC n° 375/06
Alternativa (G)	Alternativa E com atendimento as exigências da RC n° 375/06
Alternativa (H)	Alternativa D considerando contratação de mão de obra terceirizada
Alternativa (I)	Produção de lodo Classe A por calagem com atendimento as exigências da RC n° 375/06

Para as alternativas A e B, a SABESP realizou análises de atendimento a Norma Brasileira NBR 10.004, aonde o resíduo foi classificado para envio para aterro sanitário. No Estado de São Paulo o licenciamento classifica o lodo de estações de tratamento de água e esgoto como sendo do tipo industrial, o que dificulta e encarece essa disposição, uma vez que são pouquíssimos os aterros que atendem a esse fim. Essa obrigatoriedade independe da qualidade do resíduo final, mesmo que ao final atenda, por exemplo, a toda a especificação da RC 375/06.

Para as alternativas C a H foram produzidos lotes com qualidade Classe A a partir da secagem, com e sem compostagem tradicional. Por compostagem tradicional entende-se que é aquela que requer o uso de material estruturante no processo.

### Estudo de viabilidade econômica

Para as três alternativas de processo avaliadas (compostagem, secagem com compostagem e calagem), todas permitem a obtenção de lodo Classe A. Porém, foi acrescentada análise econômico-financeira para a obtenção e disposição do lodo Classe B uma vez que essa classe de qualidade foi amplamente utilizada por décadas no Estado de São Paulo e teve seu uso banido a partir de meados de 2011 pela RC n° 375/06.

Para estudo econômico-financeiro, foram consideradas as seguintes variáveis:

1. Custos fixos e custos variáveis de cada alternativa;
2. Custo para atendimento às exigências legais, ou seja, RC 375/06 e normativas MAPA – custos de monitoramento analítico, projeto agrônômico, etc.;
3. Barreiras do mercado – matriz FOFA;
4. O valor agregado do lodo e a oportunidade de abatimento de custos na cadeia produtiva a partir de opções de beneficiamento.

O estudo de atratividade utilizou-se da comparação das alternativas através das fórmulas matemática-financeiras de valor presente líquido (VPL), *payback* e Taxa Interna de Retorno (TIR). Para as alternativas de disposição versus as exigências legais, consideraram-se as diretrizes previstas na Resolução CONAMA 375/06 (RC n° 375/06) e em normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Foi utilizado o seguinte cenário, que visa “uniformizar” e permitir a comparação entre as alternativas:

- Uma única aplicação em uma propriedade agrícola;
- Monitoramentos em um único lote;
- Os custos comuns a cada alternativa não foram contabilizados como, por exemplo, o processo para obtenção de lodo com 25% de teor de sólidos (TS) que exige uma centrífuga ou similar;
- O sistema de tratamento simulado possui processo anaeróbio do tipo UASB seguido de lodos ativados, capacidade de tratar até 350 L/s;
- Para todas as alternativas foi considerado o custo de deslocamento para distribuição do material ao cliente final e para uma mesma distância. Essa simulação é importante porque para determinadas alternativas haverá uma massa final diferente (quantidade de material sólido). Se os custos de envio do material forem absorvidos pela empresa de saneamento dentro da cadeia de produção e distribuição, quanto maior a geração de massa, maiores os custos de transporte;
- Os custos de aplicação incluem, para a alternativa que utiliza as diretrizes da RC n° 375/06, os custos de monitoramento previstos nos artigos 10, 21 (neste caso incluindo o §7), 23 e diretrizes dos anexos;
- Os custos de análise basearam-se em três orçamentos obtidos em laboratórios cujas análises são acreditadas pela ISO 17.025:05 (exigência do órgão ambiental), para atendimento à RC n° 375/06. Utilizou-se neste trabalho o menor preço. E em laboratório credenciado ao MAPA, conforme exigência desse órgão;
- Os cálculos para obtenção dos custos e processo de calagem basearam-se nos estudos de Canziani *et al* (1999);
- Não foram considerados: o impacto fiscal resultante do aumento de despesa; os custos de licenciamento.

Agrega-se a estes cálculos o custo de transporte, monitoramento e distribuição nas UGLs (RC 375/06) ou clientes (MAPA) que receberão e utilizarão o produto final. Foi orçado o custo de transporte na região de estudo, no caso, em Botucatu, SP. Para distâncias de 50 km, sem pedágios, o custo é de R\$ 13,33.ton<sup>-1</sup>.

A partir dos dados de densidade do material, incluindo aí a cal no caso da técnica de calagem, e do material estruturante – casca de eucalipto - foram obtidas diferentes quantidades de massa final a ser transportada, o que permitiu obter os custos de transporte para a distribuição. Para a alternativa de envio para aterro, foi considerado o custo de transporte, pedágio e o custo de recebimento pelo aterro controlado, tudo conforme exigência legal. No caso, o aterro de Paulínia foi contratado pela concessionária de saneamento SABESP para recebimento dos seus resíduos com no mínimo 25% de TS.

**Quadro 2 – Metodologias de cálculo econômico**

Análise	Metodologia
Avaliação de custos	Custos fixos: dados de investimentos para área, aquisição de instalações e maquinário; Método de depreciação linear; Custos variáveis: energia elétrica, mão de obra, material estruturante de compostagem; Outros: análises de qualidade, projeto agrônômico.
Valoração econômica	Preços médios obtidos na base de dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA)
Preços e custos	Atualizados para nov/16 corrigidos pelo IGP-M ou obtidos em banco de preços SABESP
Análise estratégica	Método SWOT ou Matriz FOFA

As variáveis consideradas encontram-se no Quadro 3:

**Quadro 3 – Alternativas e respectivos resultados econômico-financeiros**

<b>Alternativa</b>	<b>Tipo de material e aplicação</b>
Alternativa (A)	Custo de transporte
Alternativa (B)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (C)	Custo de transporte + monitoramento para atendimento RC 375/06 sem galpão logístico + projeto agrônômico + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (D)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + material agregante + monitoramento para atendimento ao MAPA + galpão logístico + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (E)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + monitoramento para atendimento ao MAPA + galpão logístico + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (F)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + material agregante + monitoramento para atendimento ao RC 375/06 + galpão logístico + projeto agrônômico + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (G)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + monitoramento para atendimento ao RC 375/06 + galpão logístico + projeto agrônômico + energia elétrica + conservação manutenção
Alternativa (H)	Custo de transporte + implantação de equipamento de secagem e estufa + monitoramento para atendimento ao MAPA + galpão logístico + Contrato de terceirização + energia elétrica
Alternativa (I)	Custo de transporte + leito de secagem ou galpão + monitoramento para atendimento RC nº 375/06 + material para calagem + energia elétrica + conservação manutenção

Ao final deste estudo são feitas considerações sobre barreiras de mercado e oportunidades para as empresas de saneamento na disposição agrícola do lodo de esgoto e considerações sobre as vantagens ambientais de cada solução sem perder de vista a atratividade econômico-financeira e a interação das leis de disposição perante as diretrizes da PNRS (BRASIL, 2010).

## RESULTADOS OBTIDOS

No Quadro 4 a seguir, as alternativas A e C não preveem investimento porque, conforme já informado, a tecnologia para obtenção de 25% de TS é considerada condição obrigatória para todas as disposições estudadas, e é comum a todas as alternativas – portanto, seus custos não foram considerados pois deduz-se fazerem parte obrigatória da planta da ETE. Para as alternativas com obtenção de TS de 85% considerou-se o investimento em equipamento de secagem utilizado atualmente pela SABESP, do tipo automatizado e mecanizado. A compostagem também é viável de ser realizada por esse tipo de equipamento, associando-a com o revolvimento que esse equipamento permite.

**Quadro 4 – Alternativas e respectivos resultados econômico-financeiros**

<b>Processo</b>	<b>Investimento* nov.16 - R\$</b>	<b>VPL</b>	<b>Economia: alternativa A</b>	<b>TIR</b>	<b>Payback simples (anos)</b>	<b>Payback descontado (em anos)</b>
<b>A</b>	0,00	-15.574.004	-	-	-	-
<b>B</b>	1.464.591,15	3.330.410	18.904.415	31%	3,24	3,91
<b>C</b>	0,00	8.890.960	24.464.964	-	-	-
<b>D</b>	1.464.591,15	6.749.867	22.323.871	53%	1,89	2,14
<b>E</b>	1.464.591,15	7.780.648	23.354.652	59%	1,68	1,88
<b>F</b>	1.464.591,15	1.289.975	16.863.979	17%	5,65	7,84
<b>G</b>	1.464.591,15	2.904.180	17.668.184	23%	4,37	5,61
<b>H</b>	1.464.591,15	-1.856.749	13.717.255	Sem retorno	-	-
<b>I</b>	431.519,83	-956.556	14.617.448	Sem retorno	-	-

\* Investimento em estrutura e equipamentos



## Matriz FOFA

A matriz F.O.F.A. é um instrumento de análise de negócio relativamente simples, mas que requer a interação de vários especialistas na empresa. Sua metodologia permite um estudo prévio o que acaba gerando a necessidade de um plano de ação. Tem por finalidade detectar pontos fortes e fracos e tornar o projeto empresarial mais eficiente e competitivo. O nome é um acrônimo para Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças. A matriz FOFA a seguir foi analisada com foco técnico e também no risco jurídico ambiental. Para o primeiro, realizou-se análise a partir das experiências técnicas da empresa. Para o segundo, uma análise do arcabouço legal federal, e no detalhe com foco no Estado de São Paulo.

**Quadro 8 – Matriz FOFA – produção de biossólido**

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMEAÇAS</b>
<b>Fatores externos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interesse de mercado por uso agrícola do lodo – região de Botucatu até Bauru.</li> <li>- MAPA mais interessante do ponto de vista técnico do que RC 375/06.</li> <li>- Decisão de Diretoria da CETESB nº 388/2010/P.</li> <li>- Revisão da RC 375/06 requisitada pela ABES.</li> <li>- Oportunidade para registro do produto final.</li> <li>- Amplos estudos na comunidade científica.</li> <li>- Apoio/pareceria SABESP/UNESP/FAPESP.</li> <li>- O produto do MAPA representa o menor risco empresarial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependência do mercado externo.</li> <li>- Manutenção de exigências inviáveis e falhas da RC 375/06.</li> <li>- Revogação da DD 388/2010/P.</li> <li>- Alterações nas normativas do MAPA.</li> <li>- Não atendimento e conflitos entre PNRS e demais leis.</li> <li>- Resoluções de áreas contaminadas nacionais e estaduais.</li> <li>- Aterros sanitários industriais exauridos ou de altíssimo custo.</li> <li>- Riscos inerentes de co-responsabilidade legal.</li> <li>- Dificuldade da empresa em se colocar no mercado com um produto de altíssima qualidade, necessidade de maior profissionalização para esse fim.</li> <li>- Maior experiência no arcabouço jurídico-ambiental.</li> <li>- Um lodo Classe B apresenta maior risco jurídico-ambiental do que um produto do MAPA.</li> <li>- Impedimento legal para aplicação do lodo Classe B no solo, desde 2010.</li> </ul>
<b>Fatores internos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtenção de produto com ótima qualidade, baixo custo operacional e alto payback.</li> <li>- Corpo técnico SABESP se capacitou para trabalhar com as alternativas.</li> <li>- Novos negócios, parceria público-privada.</li> <li>- Know how para produção de lodo Classe A com qualidade superior às exigências legais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessária equipe técnica específica voltada para a gestão, produção e controle do produto – mão-de-obra especializada.</li> <li>- Dificuldades para manter mercado cativo e expansão do negócio.</li> </ul>
	<b>POSITIVOS</b>	<b>NEGATIVOS</b>

## Valoração dos nutrientes

Os quadros a seguir apresentam estudos específicos com o biossólido gerado na ETE Lageado (Quadros 5 a 7) realizados por Martins (2016) aonde apresenta o valor financeiro do lodo em relação aos custos do mercado. Reami e Bertoncini (2014) valoraram o lodo gerado na ETE de Franca, numa condição Classe B, quanto aos macro e micro-nutrientes presentes e matéria orgânica, em aproximadamente R\$ 38,27/tonelada. No caso do lodo Classe B, vários nutrientes importantes são conservados, uma vez que deixam de passar por processos que propiciam reações químicas, biológicas e de volatilização, por exemplo. Tais considerações visam alertar que, tão logo esse material seja beneficiado com determinadas tecnologias, ocorre ao mesmo depreciação pela perda de alguns importantes nutrientes e pela eliminação de microrganismos que interagem de forma benéfica com o solo. Citamos como exemplo a eficiência desse tipo de material (lodo Classe B) para recuperação de áreas altamente degradadas.

**Quadro 5 - Resultado da análise laboratorial de amostras para obtenção de lodo Classe A**

Nutriente	Unidade	Compostagem tradicional	Após secagem
Nitrogênio Amoniacal	mg N/kg	7.457	8.169
Potássio	mg K/kg	4.720	1.824
Fósforo	mg P/kg	31,1	24,8

Fonte: SABESP

**Quadro 6 – Valores médios pagos pela agricultura entre 2010 e 2015, IEA.**

Nutriente	Nutriente	Preços médios pagos (R\$.t <sup>-1</sup> )
Uréia	N	1.685,76
Superfosfato	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	985,55
Cloreto de Potássio	K <sub>2</sub> O	1.695,66

Fonte: Martins (2016)

**Quadro 7 - Estimativa do volume total dos nutrientes e valor econômico dos lotes produzidos.**

Nutriente	t.ano <sup>-1</sup>		R\$.ano <sup>-1</sup>	
	Material composto	Material seco	Material composto	Material seco
Uréia	39,37	7,84	66.373,36	13.220,13
Superfosfato	164,20	23,81	161.835,19	23.463,97
Cloreto de potássio	24,92	1,75	42.258,56	2.969,17

Fonte: Martins (2016)

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O trabalho foi desenvolvido com algumas premissas que são a seguir mais esclarecidas para maior entendimento da proposta:

- A alternativa A é a mais simples de ser implantada em uma planta de tratamento de esgotos, quanto aos equipamentos exigidos e que são hoje, perante a legislação ambiental vigente, requisitos básicos de projeto em ETEs que gerem lodo de forma contínua ou semi-contínua. Deduz-se que uma planta devidamente regularizada junto ao órgão ambiental, com essas características, minimamente irá gerar um lodo que pode eventualmente atender aos requisitos de um lodo Classe B – dependendo de alguns fatores. Como esse lodo não será destinado para uso no solo, considerando o impedimento legal atual, seu fim será inevitavelmente um aterro sanitário. Partindo dessas premissas lógicas, essa alternativa foi utilizada para comparação com as demais alternativas deste estudo. A diminuição da umidade para até 75%, ou a obtenção de até 25% de TS é exigência comum dos aterros, pois quanto mais úmido, maior a dificuldade de disposição nas leiras do aterro. Quando o lodo é encaminhado ao aterro sanitário após diminuição da umidade e obtenção de até 25% de TS, boa parte da massa total é composta por água, o que influencia diretamente no volume e massa final. Essa situação impacta diretamente no custo de transporte e disposição final, uma vez que paga-se por quilômetros rodados (inclusos pedágios, quando existem) e pela massa total.

A análise econômico-financeira demonstra que na Alternativa A apresenta o maior custo entre todas as outras. Nos demais estudos, os resultados apresentam o quanto a empresa de saneamento deixaria de pagar comparando-se ao envio desse resíduo para o aterro sanitário. Como não se espera receber nenhum valor financeiro em troca desse material, não é possível considerar a possibilidade de lucros.

- A abordagem de comparação entre a RC 375/06 e as normativas do MAPA para cada tipo de processo e material obtido visa discutir as barreiras criadas pela RC 375/06, em especial no que diz respeito a ter banido o uso do lodo Classe B sem existir, entretanto, discussão técnica que fundamente essa decisão. Uma vez que embora tenha sido previsto no artigo 11 § 1º que a continuidade de aplicação do lodo de esgoto Classe B dependia de novos critérios baseados em estudos de avaliação de risco e dados epidemiológicos nacionais que demonstrassem a segurança desse material, nada foi feito para que o atendimento a exigência fosse atendida. Uma vez que esse material foi utilizado por várias décadas em propriedades agrícolas no Estado de São Paulo, seu impedimento de uso pelas empresas de saneamento de deu sem qualquer motivação técnica que fundamentasse que de fato há riscos.

- Para o processo de secagem, com significativa redução do volume final e que irá impactar substancialmente nos custos finais, será necessário um investimento de R\$ 1.464.591,15 com *payback* descontado de 1,68 anos.

Após todos esses considerandos, conclui-se pelo Quadro 4 que a alternativa menos onerosa é a alternativa C (VPL de R\$ 8.890.960,25), na qual o lodo Classe B é destinado para uso em solo em conformidade com a RC 375/06 e apresenta a maior economia entre todas as demais opções e em relação a Alternativa A.

Em segundo lugar vem a Alternativa E (VPL de R\$ 7.780.647,71), onde o lodo após centrifugação e secagem sem material estruturante mas com atendimento pleno as exigências de qualidade, é destinado, por exemplo, à silvicultura em conformidade com o MAPA.

Porém, do ponto de vista jurídico ambiental, a aplicação da alternativa C encontra-se impedida. No entanto, a realidade prática e estudos científicos vêm questionando os motivos técnicos desse impedimento, em atual discussão pelas empresas de saneamento nacionais.

Portanto, considerando o impedimento imposto pela RC 375/06, a alternativa E torna-se não apenas a mais atrativa economicamente entre as demais alternativas, como viável do ponto de vista legal, pois atende tantos as diretrizes de qualidade exigidas pela RC 375/06 para lodo Classe A quanto pelo MAPA, sendo este último mais rigoroso que a RC 375/06 em termos de atendimento a concentração de determinadas substâncias.

No que diz respeito aos custos, outro ponto fundamental que se buscou demonstrar neste trabalho foi o “peso” do transporte nos custos finais fixos, para distribuição do material. Nesse caso, há um incentivo para que as empresas avaliem a oportunidade de obter mecanismos de secagem para redução da massa final, a depender da distância a ser percorrida e se esse custo recair sobre a empresa de saneamento. E aqui recai ponto de discussão importante dentro das empresas de saneamento.

Praticamente sem exceções, as poucas empresas que se aventuraram na produção de material com uso no solo foram obrigadas a providenciar o transporte para as áreas de uso. Em muitos casos, o “cliente” alega que a empresa de saneamento tem por obrigação absorver esse custo, pois já estaria deixando de gastar ao não enviar o lodo para o aterro.

Embora essa visão não esteja errada, é importante que se quebre a falácia de que o receptor desses materiais estaria fazendo um favor para a empresa de saneamento. Na verdade, existe uma distância entre a qualidade real e comprovada desse produto por artigos técnicos e científicos no Brasil e no exterior, e a imagem que se faz da sua eficiência quando utilizado para fins agrícolas ou de recuperação do solo. Essa é uma das problemáticas, fraquezas, identificadas na Matriz FOFA, Quadro 8 - a introdução desse material como produto no mercado agrícola ou de recuperação de solos requer uma profissionalização dentro das empresas de saneamento para fins de articulação com instituições específicas e o cliente final. Seja para apoio na decisão de como utilizá-lo, seja para prospecção do mercado, marketing ou outros fins. O estudo de valoração apresentados nos Quadros 5 a 7, para os macro e micronutrientes presentes naturalmente nesse material, teve o objetivo de mudar a visão de que existem apenas contaminantes e a relação pobre em N-P-K no lodo de esgoto. Na verdade, uma gama de substâncias benéficas pode ser encontrada, e o cliente final irá usufruir desses benefícios, obviamente. Para empresas de saneamento com baixa capacidade de investimento, é possível negociar com o cliente final para apoio nesse transporte, sem que com isso exista algum tipo de benefício injusto entre as partes.

No estudo de valoração apresentado quanto aos nutrientes e a matéria orgânica, não foram considerados e comparados os custos do fabricante de um material similar, inorgânico, incluindo o frete para entrega. A transformação desse subproduto gerado em ETEs em um negócio de varejo não seria novidade, sendo muito facilmente encontrado no exterior. Como exemplo citamos a empresa americana Milorganite<sup>1</sup> que apresenta seus produtos à venda em sites da internet por aproximadamente US\$ 0,81/kg. Sua composição é 5-2-0, e para um fertilizante químico parecido temos o preço de US\$ 3,05/kg<sup>2</sup>. Comparando com um produto inorgânico similar no mercado constata-se que o lodo de esgoto americano é vendido a um valor, em média, 3,7 vezes menor. A possibilidade de empresas de saneamento adentrarem esse mercado abre a oportunidade de que os valores obtidos na venda desse material financiem melhores tecnologias de processamento, produção, monitoramento e controle do mesmo.

<sup>1</sup> <http://www.milorganite.com/>

<sup>2</sup> <http://www.homedepot.com/p/Espoma-8-lb-Citrus-Tone-Plant-Food-100047221/202258534>



A análise da Matriz FOFA deixa explícito que atualmente o maior risco para a empresa é ainda o lodo Classe B, caso fosse viável seu uso do ponto de vista jurídico. Isto porque ele possui limitações de qualidade menos restritivas, e se não for adequadamente manipulado pode resultar em problemas para a empresa de saneamento, como co-responsável. O lodo de classe superior ou o lodo Classe A possuem uma maior confiabilidade perante eventuais más práticas, o que diminui o risco de a empresa sofrer sanções por clientes que vierem a fazer mal uso do material. Porém, requer investimento pontual em equipamentos ou produtos que podem não ser viáveis para algumas empresas de saneamento diante do atual cenário e sem a possibilidade de reverter o produto final em produto rentável. Entretanto, o lodo Classe B encontra-se banido, o que irá requerer que essas empresas tenham condições de financiar o tratamento, ou recairão na opção menos vantajosa do ponto de vista econômico e ambiental que é o envio para aterros sanitários.

Portanto, conclui-se que há, para alguns casos, interesse e necessidade em se investir em tecnologias de secagem, com vistas ao atendimento legal e também em conciliar ganhos econômicos. Embora essa tecnologia em questão possua uma atratividade significativa, com um *payback* interessante, os custos não necessariamente são compatíveis com a realidade e capacidade de investimento de todas as empresas de saneamento, públicas e privadas, estaduais ou municipais. Em sistemas de menor porte, o investimento mínimo em um equipamento de secagem pode comprometer, ou exercer pressão contábil sobre outras necessidades prioritárias. Porém, vislumbram-se alternativas para compatibilizar custos e investimentos, talvez a partir de uma profissionalização do corpo técnico da empresa, uma terceirização dos serviços, de forma que ao final um produto com características comerciais possa ser obtido. A comercialização, a custos que minimamente financiem a solução proposta para esse biofertilizante, pode ser uma solução para retirar a pressão ambiental e financeira-econômica em pequenos sistemas de tratamento de esgotos, unindo duas variáveis de um mesmo processo que nem sempre são consideradas compatíveis.

É importante frisar que o investimento para um sistema de secagem em sistemas menores pode não ser factível – no caso em questão, o município aonde esse sistema encontra-se instalado possui 140.000 habitantes.

## CONCLUSÃO

Devido à complexidade do assunto, o mesmo não se esgota neste trabalho. Porém, pretende-se que o artigo provoque novas discussões e com maior profundidade em cada temática, contribuindo para avaliar quanto à pressão de custo sobre as empresas de saneamento para o atendimento as exigências ambientais brasileiras que podem acabar por inibir boas práticas e soluções ambientalmente benéficas associadas a um retorno econômico. O trabalho pretendeu ainda demonstrar que a empresa de saneamento precisa considerar outros cenários, que não apenas os custos pontuais, mas também os custos operacionais. Além disso, há que se considerar também o cenário externo quanto aos riscos ambientais perante o que rege a legislação brasileira.

A falta de alternativas economicamente viáveis para pequenos sistemas tem imposto que as poucas empresas que coletam, tratam seus esgotos e destinam seus lodos para algum fim ambientalmente correto, tivesse como única alternativa o aterro sanitário. No Estado de São Paulo, por ser considerado em qualquer qualidade, um resíduo industrial, sua destinação é feita sempre para aterros industriais – mais raros e mais onerosos. Porém, é importante salientar que como até meados de 2010 o lodo Classe B foi corretamente utilizado por décadas e sem qualquer impacto negativo registrado. Pelo contrário, vários trabalhos técnicos e científicos com foco no cenário nacional demonstram a viabilidade e segurança de uso desse lodo, ao qual devem tão somente ser utilizados mecanismos de controle e exposição – como para qualquer produto agroquímico, por exemplo. Todas essas dificuldades, e o impedimento do uso de lodo Classe B fizeram com que a prática referente ao lodo de esgoto estivesse na contramão da PNRS, uma vez que não temos notícias de que apenas o Estado do Paraná manteve a produção e aplicação do lodo calado Classe A para fins agrícolas. Interessante é que essa alternativa é uma das mais onerosas, entre todas as opções estudadas. Nas demais empresas, provavelmente pela falta de condições de investimento, o que se presenciou foi um envio desse material, na melhor das hipóteses, para aterros sanitários controlados. Em um estudo realizado pela SABESP, o lodo de esgoto anualmente produzido em uma cidade com cerca de 300.000 habitantes é capaz de abreviar por ano 1/6 de sua capacidade total – ou seja, a vida útil do aterro foi abreviada significativamente. Isto demanda que o poder público tenha que investir em novos aterros em um menor espaço de tempo que o previsto inicialmente em projeto; o investimento em aterros implica em altos custos e potenciais riscos ao meio ambiente, e esses custos

serão pagos pelo poder público (sociedade). Isso tudo sem contar o pequeno produtor agrícola, que passa a deixar de se beneficiar.

Portanto, buscou-se estudar alternativas de beneficiamento e disposição quanto aos seus custos e riscos de atendimento às leis vigentes. Devido a sua qualidade, o presente trabalho acrescentou um estudo de viabilidade contemplando também a produção do lodo Classe B, nas condições delineadas. Porém, diferenças de distância e/ou custo para transporte, por exemplo, podem alterar completamente esses resultados. Dos resultados temos que o lodo Classe B seria a alternativa mais simples e financeiramente acessível para diversos sistemas de tratamento de esgoto, sendo viável para pequenos municípios aonde há maiores dificuldades de investimento na área de saneamento. A seguir temos em segundo lugar como melhor opção econômico-financeira a secagem e compostagem em uso na SABESP na ETE Lageado, com obtenção de lodo Classe A.

O que se percebe é que a legislação atual atribui a um material com altíssimo valor agregado (conforme apresentado também neste trabalho), capaz de recuperar áreas degradadas, o mesmo valor de um lixo tóxico industrial. O envio desse material para aterros volta-se completamente contra a PNRs, e deveria como tal ser considerada uma contravenção legal – exceto para casos aonde o lodo de fato, após beneficiamento, não atende aos requisitos mínimos de qualidade. Riscos, políticas de prevenção e princípios precaucionistas não implicam diretamente em banimento – mas sim, na criação de barreiras que podem ser as mesmas atualmente utilizadas para agroquímicos, alguns com comprovado potencial danoso a saúde ocupacional, de interferência endócrina e até com alto potencial poluidor ambiental. E nem por isso, menos utilizados ou totalmente proibidos. Barreiras físicas, controles de aplicação, monitoramentos, imposição de proteção coletiva e individual com equipamentos de segurança, a definição de culturas permitidas – tudo conforme já se é utilizado para produtos químicos com alta frequência de uso agrícola – são aplicáveis a situações de uso do lodo Classe B ou Classe A, sem que com isso incorra na total inviabilidade ou banimento. Além disso, discute-se um banimento fundamentado em falta de informações e dados da época e que, posteriormente, nunca foram discutidos - em detrimento de tudo o que se conhece em nível mundial e do desenvolvimento de pesquisas nacionais para o assunto. A condição de restrição legal para a disposição agrícola de lodo nos faz questionar o custo social e ambiental - estes de difícil valoração, mas com alto impacto negativo - pago pela sociedade.

Apesar disso, conclui-se do estudo apresentado que há opções economicamente interessantes para obtenção de lodo Classe A, desde que a empresa de saneamento tenha condições de investimentos iniciais significativos. Alterações ou revisões na lei para torna-la factível e com viabilidade de aplicação permitiriam alterar essa situação. Comparar a situação internacional aonde o biossólido tem valor agregado e é aceito como produto, controlado por leis rigorosas, mas viáveis de serem cumpridas demonstra que esse produto pode evoluir inclusive para um modelo de negócio, com rendimentos, e o mais importante: seria possível retirar/minimizar a pressão desses custos sobre as empresas de saneamento para que estas (especialmente as que estão em municípios menores) possam usar seus recursos para fins de aprimoramento do saneamento básico de maneira global.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos, nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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. Brasília, 2006.
3. CANZIANI, JRF; OSAKI, M.; MASSARDO, M.; PEGORINI, E.S. *Análise Econômica para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto da ETE-Belém*. SANARE, Curitiba, janeiro a junho de 1999, v. 11, p. 51-58.
4. GAGLIARDI, N.R.Q, BUENO, O. C., MELO, J. *Custo de transporte do lodo de esgoto para viabilidade no uso agrícola*. Energ. Agric., Botucatu, vol. 27, n.3, julho-setembro, 2012, p.90-96. ISSN 1808-8759
5. HONORIO, D. H. *Gestão do lodo de esgoto sanitário: análise da região hidrográfica das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Estado de São Paulo)*. Universidade Estadual de Campinas, dissertação de mestrado – UNICAMP, 2014.

6. MARTINS, S. F. Análise econômica da produção de lodo de esgoto compostado para uso na agricultura. Botucatu, 2016. Dissertação de mestrado – Faculdade de Ciências Agronomicas – UNESP, 2016.
7. REAMI, L. BERTONCINI, E. *O valor do lodo de esgoto*. 25º Encontro Técnico Aesabesp - Congresso Nacional de saneamento e Meio Ambiente, 2014. Anais.