

### III-175 - GERENCIAMENTO DE LODO INDUSTRIAL DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, EM UMA AGROINDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES

**Ticiane Larissa de Lima<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Campus de Videira (UNOESC/VDA).

**Marta Veronica Buss<sup>(2)</sup>**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental (UNOESC/VDA). Engenheira Sanitarista e Ambiental (UNOESC/VDA). Mestre em Ciência e Biotecnologia (UNOESC/VDA). Professora do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental na UNOESC/VDA.

**Andre Bolzon<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UNOESC/VDA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Anton Altenburger, Número 264 ap 201- Centro - Treze Tílias - Santa Catarina - CEP: 89650-000 - Brasil - Tel: +55 (49) 99232289- e-mail: ticianalarissa@hotmail.com

#### RESUMO

A disposição final do lodo, gerado durante o processo de tratamento as águas residuárias, caracteriza-se como uma problemática enfrentada pelas empresas. O presente trabalho, foi realizado em uma agroindústria, localizada no município de Salto Veloso, SC. Cujo, objetivo foi avaliar o gerenciamento do lodo industrial centrifugado, resíduo este, produzido e removido na Estação de Tratamento de Efluente (ETE). O trabalho avaliou a alternativa do aproveitamento do bio sólido na agricultura, uma prática ambientalmente adequada, que se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos. A metodologia empregada quantificou em toneladas/dia e, caracterizou o lodo através de análises físicas, químicas e microbiológicas. Portanto, são geradas em média 0,96 toneladas/dia, com 41,72% de umidade, 58,28% de sólidos totais (ST) e 55,70% de matéria orgânica volátil. Quanto à caracterização química, o lodo apresentou: pH (6,23); Arsênio (0,012mg.kg<sup>-1</sup>); Bário (0,012mg.kg<sup>-1</sup>); Cádmio (<0,001mg.kg<sup>-1</sup>); Chumbo (0,012mg.kg<sup>-1</sup>); Cobre (0,012mg.kg<sup>-1</sup>); Cromo (<0,01mg.kg<sup>-1</sup>); Mercúrio (<0,01mg.kg<sup>-1</sup>); Molibdênio (<0,01mg.kg<sup>-1</sup>); Níquel (<0,01mg.kg<sup>-1</sup>); Selênio (<0,01mg.kg<sup>-1</sup>) e Zinco (0,113mg.kg<sup>-1</sup>). Os níveis de patogenicidade foram: Coliformes Totais <181,68 X 10<sup>15</sup> NMP/g de ST, Coliformes Termotolerantes <19,2 X 10<sup>10</sup> NMP/g de ST, ausência de ovos de Helmintos e de *Salmonella* sp. em 10g de ST. Portanto, conforme CONAMA 375/06, o lodo centrifugado é classificado como classe B, necessitando de tratamento com higienização para a eliminação de microrganismos patogênicos, para ser utilizado na agricultura. Sugere-se a técnica de caleação, para conferir a higienização do bio sólido (devido ao seu bom desempenho e baixo custo). Contudo, estudos posteriores devem ser realizados com análises de monitoramento da qualidade do lodo estabilizado, bem como do solo em que o mesmo for aplicado, para garantir que as concentrações do insumo não afetem o meio ambiente, a saúde dos agricultores, e ainda a qualidade das culturas agrícolas produzidas neste solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, Reutilização de resíduos, Agricultura, Solo, Sustentabilidade.

#### INTRODUÇÃO

Como consequência do crescimento populacional, as indústrias alimentícias vêm ganhando cada vez mais destaque no mercado nacional e internacional, principalmente as indústrias de processamento de carnes (bovina, suína e aves). A produção de proteína animal desempenha um papel importante na economia da região do Meio Oeste Catarinense, gerando renda a toda cadeia produtiva, nomeadamente aos agricultores produtores de grãos, aos criadores de suínos, bovinos e aves, aos transportadores, e ainda aos colaboradores que diariamente realizam a mão de obra direta nos parques fabris instalados na região.

A água é um recurso natural e insumo básico utilizado no processamento de carnes, seu consumo em grandes quantidades ocorre no beneficiamento e fabricação do produto acabado, na lavagem dos pisos e máquinas.



Estas águas residuárias são captadas e direcionadas à estação de tratamento de efluentes (ETE), onde através de operações unitárias o efluente é tratado com objetivo de devolver aos cursos d'água, uma água limpa, livre de matéria orgânica e de contaminantes e assim atingir os padrões de lançamento de efluentes impostos pela legislação ambiental vigente.

Porém, um resíduo sólido é gerado no tratamento desses efluentes, denominado lodo. A geração de lodo depende das características do efluente, como: carga orgânica; vazões das águas residuárias a tratar e do sistema de tratamento empregado, sendo que as quantidades de lodo aumentam em decorrência da expansão da produtividade da indústria, e do grau de eficiência da ETE.

O tratamento de efluente implantado na agroindústria em que será realizado o presente estudo é constituído de sistemas combinados por processos físico-químicos e biológicos, tendo como principal subproduto residual o lodo, que necessita de uma disposição final adequada sem agredir o meio ambiente e com custo acessível.

Conforme a ABNT NBR 10004 (2004), o lodo desta ETE após passar pela centrifugação é classificado como resíduo no estado físico sólido, classe IIA não inerte, e possui propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água, portanto necessita ainda de tratamento e destinação final. O método de desidratação por centrifugação tem sido empregado para realizar o condicionamento do lodo com disposição em aterro sanitário. Para isso uma empresa terceirizada foi contratada para realizar a coleta, transporte e disposição em aterro sanitário. Esta logística de gerenciamento deste resíduo industrial tem custos expressivos.

Frente à problemática apresentada o presente estudo tem por objetivo diagnosticar o gerenciamento de lodo atualmente empregado na agroindústria de processamento de carnes e estudar como alternativa a disposição do lodo na agricultura, pois de acordo com a resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006, o uso agrícola do lodo é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparada a outras práticas de destinação, além de que, a aplicação do lodo na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente segura e adequada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### LOCAL DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado na Empresa de Industrializados Derivados da Carne, localizada no município de Salto Veloso, SC.

### QUANTIFICAÇÃO DA GERAÇÃO DE LODO

A quantificação do lodo gerado na ETE foi realizada através dos relatórios de entrada e saída das cargas de lodo que foram retiradas e destinadas, no período de um ano para ter maior representatividade, sendo o período amostrado correspondente aos meses de julho de 2013 à julho de 2014.

### CARACTERIZAÇÃO DO LODO

**Caracterização Física:** Os ensaios físicos para caracterização do lodo centrifugado foram realizados no Laboratório de Análises de Efluentes da JBS. Foram analisados os parâmetros de Sólidos Totais (mg.L<sup>-1</sup>); Sólidos Voláteis (mg.L<sup>-1</sup>); Sólidos Fixos (mg.L<sup>-1</sup>); Sólidos (%); Umidade (%); Matéria Volátil (%); Cinzas (%) e Temperatura (°C), conforme metodologias descritas por APHA (2012).

A execução das coletas e ensaios foi realizada com periodicidade semanal entre os meses de setembro e outubro de 2014, em dias distintos da semana (segunda-feira, terça-feira, quarta-feira, quinta-feira e sexta-feira) de forma sistemática e esporádica para verificar a possível variação no teor de umidade provocado pelo fator de comando operacional da centrífuga realizado pelos operadores da ETE. Portanto, totalizaram 5 coletas seguidas de análise realizadas nos dias respectivos: 15/set, 23/set, 01/out, 09/out e 17/out.

As amostras do lodo foram coletadas em um único ponto, na calha da saída de lodo da centrífuga. Para cada ensaio analítico uma amostra de lodo centrifugado de aproximadamente 1kg foi coletada com auxílio de uma pá, acondicionada em um balde e levada ao Laboratório, onde foi homogeneizada para início imediato das análises dos sólidos.

**Caracterização Química:** foi realizada por Laboratório terceirizado, onde foram analisados os seguintes parâmetros: pH; Arsênio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Bário ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Cádmio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Chumbo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Cromo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Mercúrio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Molibdênio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Níquel ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Selênio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) e Zinco ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ).

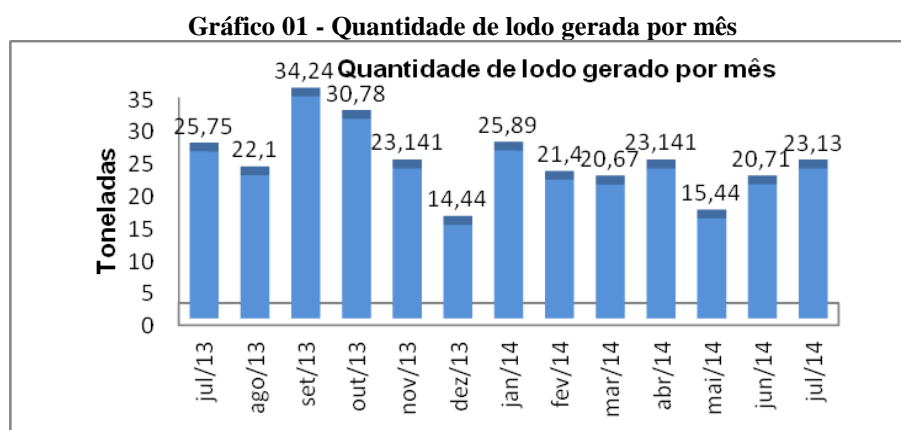
Para tanto, uma amostra simples do lodo centrifugado foi coletada no dia 09/10/2014, a mesma foi condicionada devidamente em um recipiente plástico previamente esterilizado, o recipiente foi identificado e enviado para a realização dos ensaios analíticos, para determinação dos constituintes químicos de relevância para propor a disposição deste lodo na agricultura.

**Caracterização Patogênica:** Os níveis de patogenicidade do lodo centrifugado foram determinados através dos indicadores de: Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes, Ovos de Helminthos e *Salmonella* sp. Para realização destas análises microbiológicas, foi coletada uma amostra simples do lodo centrifugado no dia 20/10/2014, a mesma foi condicionada em um recipiente plástico esterilizado e identificado, após a mesma foi colocada em caixa de isopor com gelo para manutenção da temperatura na faixa de  $2^{\circ}$  -  $8^{\circ}\text{C}$ , e transportada para Laboratórios da Universidade do Oeste de Santa Catarina no Campus de Videira, onde imediatamente após a sua chegada iniciaram-se os ensaios analíticos.

## RESULTADOS

### QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO E REMOVIDO NA ETE

Os resultados obtidos na quantificação do lodo gerado no período respectivo de julho de 2013 à julho de 2014 estão apresentados no Gráfico 01. A quantidade média mensal foi de 23,14 ton (tonelada), com geração média diária de 0,96 ton.



### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA LODO CENTRIFUGADO

As análises dos teores de sólidos: Sólidos Totais; Voláteis e Fixos permitiram verificar o teor de matéria orgânica presente no resíduo representado pelos SV, bem como os elementos que não se volatilizam a temperatura de  $550^{\circ}\text{C}$ . A Tabela 01 apresenta os valores dos teores de sólidos obtidos nos ensaios analíticos.

**Tabela 01 - Resultados obtidos na caracterização física dos teores de sólidos lodo centrifugado**

Data	ST (g.Kg <sup>-1</sup> ) Média ± Desvio Padrão	SV (g.Kg <sup>-1</sup> ) Média ± Desvio Padrão	SF (g.Kg <sup>-1</sup> ) Média ± Desvio Padrão
15/set	695,59 ± 16,52	668,44 ± 4,69	27,15 ± 12,00
23/set	559,31 ± 22,32	534,24 ± 22,76	25,07 ± 0,44
01/out	636,13 ± 5,38	607,74 ± 5,20	28,39 ± 1,93
09/out	604,37 ± 12,83	587,09 ± 11,60	17,28 ± 1,40
17/out	418,44 ± 16,99	387,71 ± 14,91	30,73 ± 2,08

### CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA LODO CENTRIFUGADO

O potencial tóxico do lodo depende principalmente do teor de metais pesados presentes nele, podendo apresentar riscos a população, e também ao ecossistema, pois cada metal tem um efeito adverso quando em altas concentrações, no organismo. Na Tabela 02 são apresentadas as concentrações máximas permitidas das substâncias inorgânicas presentes no lodo baseada na Resolução CONAMA 375/06, e os valores obtidos através das análises de caracterização química do lodo.

**Tabela 02 - Comparação das concentrações dos parâmetros químicos, com os padrões da Resolução do CONAMA 375/06**

Substâncias Inorgânicas	Concentração Máxima permitida no lodo de esgoto ou produto derivado (mg/kg, base seca)	Concentrações presentes no lodo produzido (mg/kg, base seca)
Arsênio	41	0,012
Bário	1300	0,012
Cádmio	39	<0,001
Chumbo	300	0,012
Cobre	1500	<0,005
Cromo	1000	<0,01
Mercúrio	17	<0,01
Molibdênio	50	<0,01
Níquel	420	<0,01
Selênio	100	<0,01
Zinco	2800	0,113

### CARACTERIZAÇÃO PATOGENICA DO LODO CENTRIFUGADO

Os níveis de patogenicidade do lodo centrifugado foram determinados através dos indicadores de: Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes, Ovos de Helminths e *Salmonella* sp. Portanto a presença de coliformes foi confirmada, cujos resultados obtidos foram: Coliformes Totais <181,68 X 10<sup>15</sup> NMP/g de ST; Coliformes Termotolerantes <19,2 X 10<sup>10</sup> NMP/g de ST. As contagens de ovos de helmintos pelos dois métodos realizados deram negativas.

O resultado para análise de *Salmonella* sp. atendem os padrões para disposição de lodo na agricultura da Resolução CONAMA 375/06 com ausência de *Salmonella* sp, em 10g de ST. A Tabela 03 apresenta os resultados obtidos correlacionados com a Resolução CONAMA 375/2006.

**Tabela 03 - Classes de lodo conforme presença de microrganismos patogênicos**

Tipo de patógeno	Concentração de lodo classe B	Concentração presente no Lodo Centrifugado
Coliformes Termotolerantes	<106 NMP <sup>a</sup> / g de ST <sup>b</sup>	<19,2 X 10 <sup>10</sup> NMP <sup>a</sup> /g de ST <sup>b</sup>
Helmintos	Ovos viáveis < 10 ovos / g de ST <sup>b</sup>	Ovos viáveis 0 ovos / g de ST <sup>b</sup>

Lenda: <sup>a</sup> Número Mais Provável; <sup>b</sup> Sólidos Totais

## CONCLUSÃO

Atualmente vivencia-se um momento em que a agroindústria de processamento de carnes está em ascensão, o mercado é favorável devido ao aumento no consumo de proteína animal, entretanto uma maior produtividade culmina em maior geração de águas residuárias, e quanto maior a eficiência no tratamento destas, maior a geração de lodo industrial.

Devido a essa grande geração de lodo e ao custo na destinação do mesmo em aterro sanitário, surgiu à ideia de verificar o seu aproveitamento como insumo agrícola, para tanto no decorrer do presente trabalho o planejamento das etapas a serem seguidas facilitou a execução do mesmo. Ao término do presente estudo pode-se concluir:

- Geração média de 0,96 toneladas de lodo centrifugado por dia;
- O lodo centrifugado possui: teor umidade médio de 41,72%, teor de sólidos totais médio de 58,28% e matéria orgânica volátil média de 55,70%;
- Os níveis de patogenicidade do lodo foram: Coliformes Totais <181,68 X 10<sup>15</sup> NMP/g de ST, Coliformes Thermotolerantes <19,2 X 10<sup>10</sup> NMP/g de ST, ausência de ovos de Helmintos e presença de *Salmonella* sp em 10g de ST, sendo assim conforme CONAMA 375/06 o lodo centrifugado é classificado como classe B, necessitando de tratamento com higienização para a eliminação de microrganismos patogênicos, para ser utilizado na agricultura.

A técnica sugerida e projetada para conferir higienização foi a caleação devido ao seu bom desempenho e baixo custo (R\$ 97,37/ton de lodo), o que resultará uma economia mensal de R\$ 4.758,30. Considerando o investimento de R\$ 15.220,00 na construção de um barracão para realizar a higienização do lodo, o investimento inicial terá retorno em aproximadamente 3 meses de destinação total do lodo gerado na ETE da agroindústria na agricultura.

Contudo, estudos posteriores devem ser realizados com análises de monitoramento da qualidade do lodo estabilizado, bem como do solo em que o mesmo foi aplicado, para garantir que as concentrações do insumo não afetem o meio ambiente, a saúde dos agricultores, e ainda a qualidade das culturas agrícolas produzidas neste solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto**. São Paulo: Cendotec, n.4, jul./set.,1995.
2. ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V. ; FERNANDES, F., Eds. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFMG; Sanepar, v6, 2001.
3. APHA - **American Public Health Association Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2012
4. BRASIL, 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, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 agosto de 2006. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2014.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.