

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Rachel Queiroz

00116188

*Pesquisa e Desenvolvimento do Potencial de Uso Agrícola de Lodos de Estações de
Tratamento de Água e Esgoto da CORSAN*

PORTO ALEGRE, abril de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

Pesquisa e Desenvolvimento do Potencial de Uso Agrícola de Lodos de Estações de Tratamento de Água e Esgoto da CORSAN

Rachel Queiroz

00116188

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Bióloga Carla de Lima Vasques.

Orientador Acadêmico do Estágio: Professor Claudimar Sidnei Fior.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof^a. Beatriz Maria Fedrizzi (Departamento de Horticultura e Silvicultura)

Prof. Pedro Alberto Selbach (Departamento de Solos)

Prof. Fábio Kessler Dal Soglio (Departamento de Fitossanidade)

Prof^a. Carine Simioni (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia)

Prof^a. Mari Lourdes Bernardi (Departamento de Zootecnia)

Prof^a. Renata Pereira da Cruz (Departamento de Plantas de Lavoura)

PORTO ALEGRE, abril de 2016.

AGRADECIMENTOS

A minha família!

Pelo amor, exemplo, companheirismo... meu respeito e eterna gratidão!

Minha filha, Luiza, que sábia e madura, aos seis anos, soube compreender minhas ausências. A grande responsável pelo melhor de mim! E a quem dedicarei esse melhor pela eternidade!

A minha mãe Margô, pela guerreira que é! E pelo exemplo de que não há vitória sem sacrifícios!

Meu pai Paulo Afonso, em quem me espelhei até defender minhas próprias convicções e de quem herdei a obstinação característica!

Meus irmãos, Eduardo com quem compartilhei a melhor e mais plena infância, que definitivamente, moldou o que sou – e Edson “bebedino” minha alma gêmea! Sobrevivente dos meus primeiros instintos maternos!

Meu marido Junior, grande companheiro e incentivador, que acompanhou parte desta caminhada com muito amor, extrema paciência e tolerância.

A eles, por eles e com eles, minhas vitórias tem um sentido!

Aos meus amigos irmãos!

Aos meus amigos, mestres e colegas da Faculdade de Agronomia, pelos aprendizados muito além dos saberes acadêmicos.

Aos amigos de trabalho pelo apoio e convívio!

Ao mundo que me aguarda!

RESUMO

O estágio foi realizado no Departamento de Licenciamento Ambiental da Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, em Porto Alegre, no período de maio a julho de 2015. E permitiu a vivência do cotidiano de uma empresa pública de Abastecimento e Saneamento, considerando os sistemas de tratamento de água e esgoto, em sua interface com a exigência por eficiência e sustentabilidade nos processos. A solução para os passivos ambientais gerados por décadas de descarte incorreto dos resíduos gerados no tratamento da água e do esgoto foi o desafio apresentado no estágio. Esta solução começou a ser delineada a partir do convênio CORSAN – EMBRAPA, que visa pesquisar o potencial agrônomo dos lodos gerados nos sistemas da companhia e seu uso como condicionador de solos e das culturas agrícolas. Mitigando impactos ambientais produzidos pelo saneamento básico e auxiliando na missão de produzir alimentos.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|-----------|
| Figura 1. | Sistema de Abastecimento de Água de Gravataí – Estação de Tratamento de Água: Bloco hidráulico – decantadores e filtros, UTR - unidade de tratamento dos resíduos (lodo) gerados no processo de tratamento da água bruta. - <i>Imagem do Google Earth</i> | 10 |
| Figura 2. | Sistema de Abastecimento de Água de Santa Maria – Estação de Tratamento de Água: Bloco hidráulico – decantadores e filtros, UTR - unidade de tratamento dos resíduos (lodo) gerados no processo de tratamento da água bruta. - <i>Imagem do Google Earth</i> | 11 |
| Figura 3. | Sistema de Abastecimento de Água de Rio Grande – Estação de Tratamento de Água: Bloco hidráulico – decantadores e filtros, UTR - unidade de tratamento dos resíduos (lodo) gerados no processo de tratamento da água bruta. - <i>Imagem do Google Earth</i> | 12 |
| Figura 4. | Sistema de Esgotamento Sanitário de Santa Maria com indicação dos componentes - <i>Imagem do Google Earth</i> | 13 |
| Figura 5. | Sistema de Esgotamento Sanitário de Rio Grande - ETE Navegantes - com indicação dos componentes - <i>Imagem do Google Earth</i> | 14 |
| Figura 6. | Sistema de Esgotamento Sanitário de Passo Fundo - ETE Miranda - com indicação dos componentes - <i>Imagem do Google Earth</i> | 15 |
| Figura 7. | Coleta de amostras nas ETA Rio Grande, Gravataí e Santa Maria - <i>Imagens de Rachel Queiroz</i> | 21 |
| Figura 8. | Coleta de amostras nas ETE Rio Grande, Gravataí e Santa Maria - <i>Imagens de Rachel Queiroz</i> | 22 |
| Figura 9. | Amostras no interior da estufa agrícola na sede da Embrapa Terras Baixas em Pelotas. <i>Imagens de Rachel Queiroz</i> | 23 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO | 8 |
| 3. CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO | 9 |
| 3.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – SAA | 9 |
| 3.2. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – SES..... | 12 |
| 4. REFERENCIAL TEÓRICO | |
| 4.1. HISTÓRICO | 16 |
| 4.2. LEI 12.305/2010 – POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS | 16 |
| 4.3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:..... | 17 |
| 4.4. RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA..... | 18 |
| 5. ATIVIDADES | 20 |
| 5.1. ATIVIDADES REALIZADAS | 20 |
| 5.2. ATIVIDADES OBSERVADAS | 22 |
| 6. DISCUSSÃO | 26 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 29 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| ANEXOS | 32 |

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental decorrente das ações humanas tornou muito frágil o equilíbrio dos sistemas, gerando um alerta mundial à necessidade de repensarmos nossa passagem pelo planeta.

A identificação dos impactos causados ao ambiente, decorrentes do descarte incorreto de resíduos – industrial, agrícola ou doméstico – configura muito bem esta preocupação. À luz dessa realidade, crescente, pelo aumento populacional nas áreas urbanas, que traduz aumento de consumo – de produtos e serviços – e volume de resíduos produzidos (IBGE, 2008), diversas alternativas tecnológicas foram propostas para o destino correto e ambientalmente seguro destes. Nesse viés, surgiram legislações que definiram critérios e procedimentos para o uso destes resíduos na agricultura, na construção civil, na produção animal etc. garantindo eficiência e sustentabilidade aos processos (Pelizer et al., 2007).

A questão do saneamento básico, traduzido pelo tratamento de água e esgoto, objeto de políticas públicas, produz resíduos que, semelhante a outras atividades industriais, requerem descarte apropriado – e licenciado – como forma de minimizar os impactos ao meio. Estes resíduos – lodos – tem sido alvo de atenção não só pelo potencial contaminante, mas por possibilidades de reaproveitamento e reciclagem, destinos muito mais nobres que o descarte em aterros. Dentre as várias opções de destinação final de lodos destaca-se o uso agrícola, atualmente considerada como a alternativa mais promissora em termos de sustentabilidade (Tsutiya et al., 2002).

A opção por uma empresa de saneamento público como a CORSAN para realização do estágio curricular obrigatório descortinou um cenário promissor, abrangendo um universo de prerrogativas profissionais que contemplam áreas como licenciamento, consultoria e desenvolvimento de projetos ambientais, nos mais diferentes sistemas de produção, quer agrícola, industrial ou de serviços, onde a problemática do descarte dos resíduos urbanos, se mostrou uma alternativa potencial ao desafio de produzir alimentos. Nesse viés, a construção e acompanhamento de um plano de trabalho, originado pelo convênio entre CORSAN e EMBRAPA, sobre o potencial agrônômico de resíduos gerados – lodos de Estações de Estações de Tratamento de Água e Esgoto (LETA/LETE) nos diferentes sistemas da CORSAN, com vistas a validação de técnicas e estratégias para a sustentabilidade ambiental, já difundidas e empregadas em sistemas de saneamento no Brasil e no mundo, foi o desafio apresentado no estágio curricular obrigatório.

2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O precursor do saneamento básico estatizado no Rio Grande do Sul iniciou em 1917, a partir de um consórcio entre o Governo do Estado – através da Secretaria de Obras Públicas – e 08 municípios gaúchos que formaram a Comissão de Saneamento. Cujas finalidades eram orientar, coordenar e fiscalizar a implantação de sistemas de água e esgotos pelos municípios. Pelo crescimento do Estado e aumento da demanda por serviços de Abastecimento de Água e Esgoto, subsidiados pelo Governo, anos mais tarde, em 21 de dezembro de 1965, a comissão originou a Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, a partir da lei 5.167, sancionada pelo então Governador Ildo Meneghetti, oficialmente instalada em 28 de março de 1966.

A CORSAN é uma sociedade de economia mista: 99% do capital é estatal e 1% de posse dos municípios de Lajeado, Quaraí, Rosário do Sul e São Marcos. É responsável pelo abastecimento de água tratada e saneamento básico no estado do Rio Grande do Sul.

São mais de 5.200 funcionários entre técnicos e administrativos, atuando em diversas frentes, de projetos à obras, pesquisa, operação e serviços, etc. A sede administrativa e técnica está localizada em Porto Alegre – são 7 diretorias – e outras 10, distribuídas em polos regionais, como Santa Maria, Passo Fundo, Bento Gonçalves, Osório, Rio Grande, Santo Ângelo, Rosário do Sul, Alegrete e Canoas, que sedia a Regional Metropolitana e a Regional do Sinos. Através desta estrutura, a CORSAN garante água tratada de qualidade a sete milhões de gaúchos em 315 municípios. No saneamento, a empresa investiu em obras de esgotamento sanitário, visando ampliar o atendimento de 13% para 40% em 2016.

A Companhia Riograndense de Saneamento tem por missão, promover o saneamento de forma sustentável, cumprindo o papel social da companhia aliado à busca pela excelência dos produtos e eficiência dos serviços, baseada na sustentabilidade dos processos.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Essa busca por sustentabilidade nos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto fomentou a criação de um convênio com a Embrapa Clima Temperado, visando destino correto aos resíduos gerados nestes sistemas. A pesquisa para Avaliação do Potencial Agrícola de LETA e LETE elegeu áreas potenciais para a implantação do plano de trabalho.

As Estações de Tratamento de Água e Esgoto – fonte da matéria prima deste estudo – estão localizadas em regiões representativas do estado, caracterizam grandes e consolidados sistemas de água e esgoto, tanto no sentido de volume de lodo produzido - inicial e continuamente, garantindo a oferta, a partir da demanda gerada pelos produtos resultantes deste estudo – quanto no montante de população atendida. Desta forma, quatro dos maiores sistemas da CORSAN – Santa Maria, Passo Fundo, Gravataí e Rio Grande – foram contemplados com a caracterização dos LETA/LETE.

3.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA

O Sistema de Abastecimento de Água – SAA – compreende as etapas de captação, adução, tratamento e distribuição. Atualmente a CORSAN opera 178 Estações de Tratamento de Água (ETA) e Poços ou Fontes.

A captação é feita em manancial superficial – rios, lagos, arroios, fontes – ou subterrâneo – poços. E o volume a ser explorado depende de Outorga por parte dos órgãos responsáveis. A adução é o processo de levar a água bruta, até a estação de tratamento de água – ETA, onde ocorrerão etapas físicas e químicas do tratamento. Na ETA, a água passa pelos processos de floculação, pela adição de sulfato de alumínio, que visa aumentar o tamanho e massa das partículas sólidas existentes para posterior decantação – segundo processo. Na decantação, a maior parte dos sólidos em suspensão vai para o fundo, formando o lodo de estação de tratamento de água – LETA (Botero, 2009).

Antes de ser distribuída à população, a água passa por filtros com diferentes granulometrias de leito, adição de flúor e cloro, para atender aos padrões de potabilidades exigidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

- **SAA Gravataí**

O SAA Gravataí atende uma população de 240.000 habitantes. Capta água bruta no Rio Gravataí. A ETA tem capacidade operacional de 700 L/s e pelo tratamento desta água, produz um volume médio de 80 m³/mês de lodo. Este resíduo é tratado em uma Unidade de Tratamento de Resíduos – UTR, pelo processo de centrifugação. Na Figura 1 é possível visualizar as estruturas que compõe o SAA.

Figura 1: Sistema de Abastecimento de Água de Gravataí – Estação de Tratamento de Água. 1) Bloco hidráulico – decantadores e filtros. 2) UTR - unidade de tratamento do resíduos (lodo) gerados no processo de tratamento da água bruta.

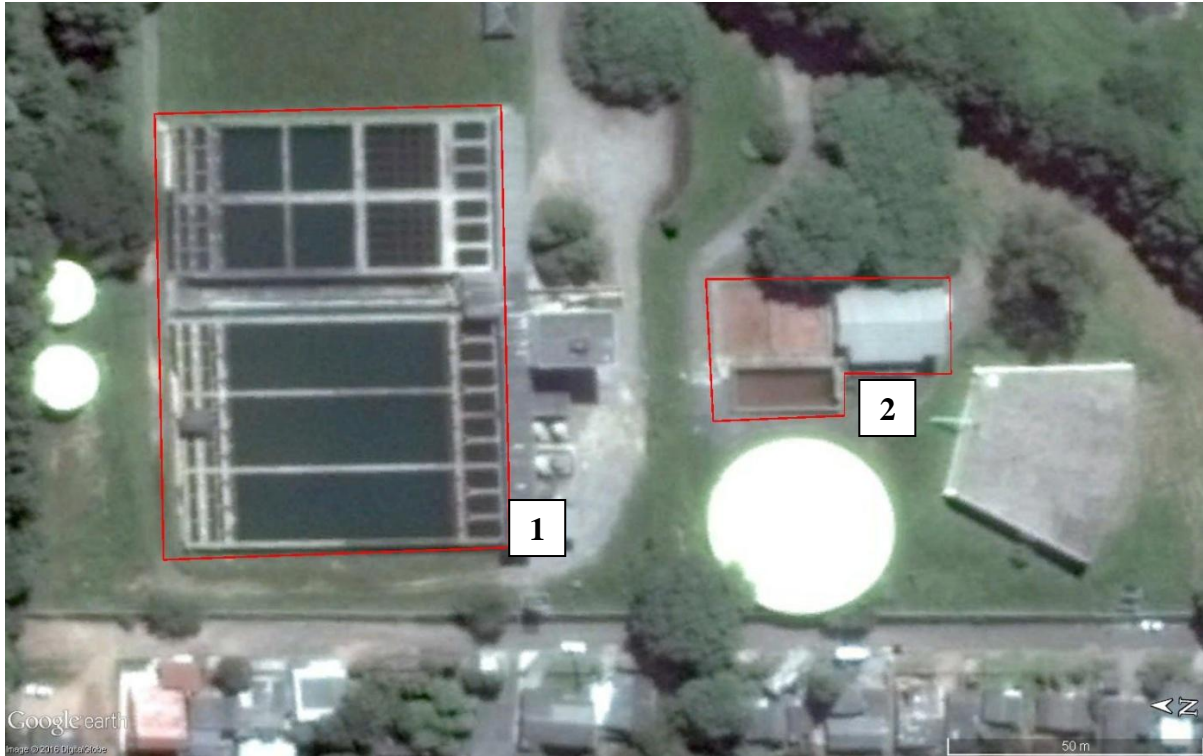


Fonte: Google Earth

- **SAA Santa Maria**

O SAA Santa Maria atende uma população de 300.000 habitantes. Capta água bruta no Rio Ibicuí-mirim. A ETA tem capacidade operacional de 700 L/s e pelo tratamento desta água, produz um volume médio de 25 m³/mês de lodo, que é desidratado por centrifugação em uma unidade de tratamento de resíduos (UTR), conforme visualizado na Figura 2.

Figura 2: Sistema de Abastecimento de Água de Santa de Maria – Estação de Tratamento de Água. 1) Bloco hidráulico – decantadores e filtros. 2) UTR - unidade de tratamento dos resíduos (lodo) gerados no processo de tratamento da água bruta.



Fonte: Google Earth

- **SAA Rio Grande**

O SAA Rio Grande atende uma população de 220.000 habitantes. Capta água bruta no Canal São Gonçalo. A ETA tem capacidade operacional de 800 L/s e pelo tratamento desta água, produz um volume médio de 70 m³/mês de lodo. A desidratação se dá por deságue em bag's. A Figura 3 apresenta uma vista geral do SAA Rio Grande.

Figura 3: Sistema de Abastecimento de Água de Rio Grande – Estação de Tratamento de Água. 1) Bloco hidráulico – decantadores e filtros. 2) *Bag's* de deságue do lodo gerado pelo tratamento da água bruta. 3) Tanque pulmão para o reciclo da água extraída do lodo.



Fonte: Google Earth

3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário – SES

O Sistema de Esgotamento Sanitário – SES – compreende as etapas de tratamento: Primário – ou preliminar, que consiste na captação, gradeamento e desaneração, comuns a todos os SES – Tratamento Secundário e Tratamento Terciário ou Polimento.

A partir do Tratamento Secundário, cada SES apresenta suas particularidades de processo, relacionada à natureza das cargas – esgoto – produzidas, volumes e parâmetros definidos na CONSEMA 128/2006 e nas licenças de operação de cada sistema, emitido e fiscalizado pela FEPAM. O processo de tratamento de efluentes, em suas diferentes etapas, gera grande quantidade de resíduos. A porção líquida – efluente tratado – é devolvida ao corpo receptor (rio, arroio, lago) e a fração sólida – lodo de estação de tratamento de esgoto (LETE), após desidratação, normalmente é disposta em aterro sanitário.

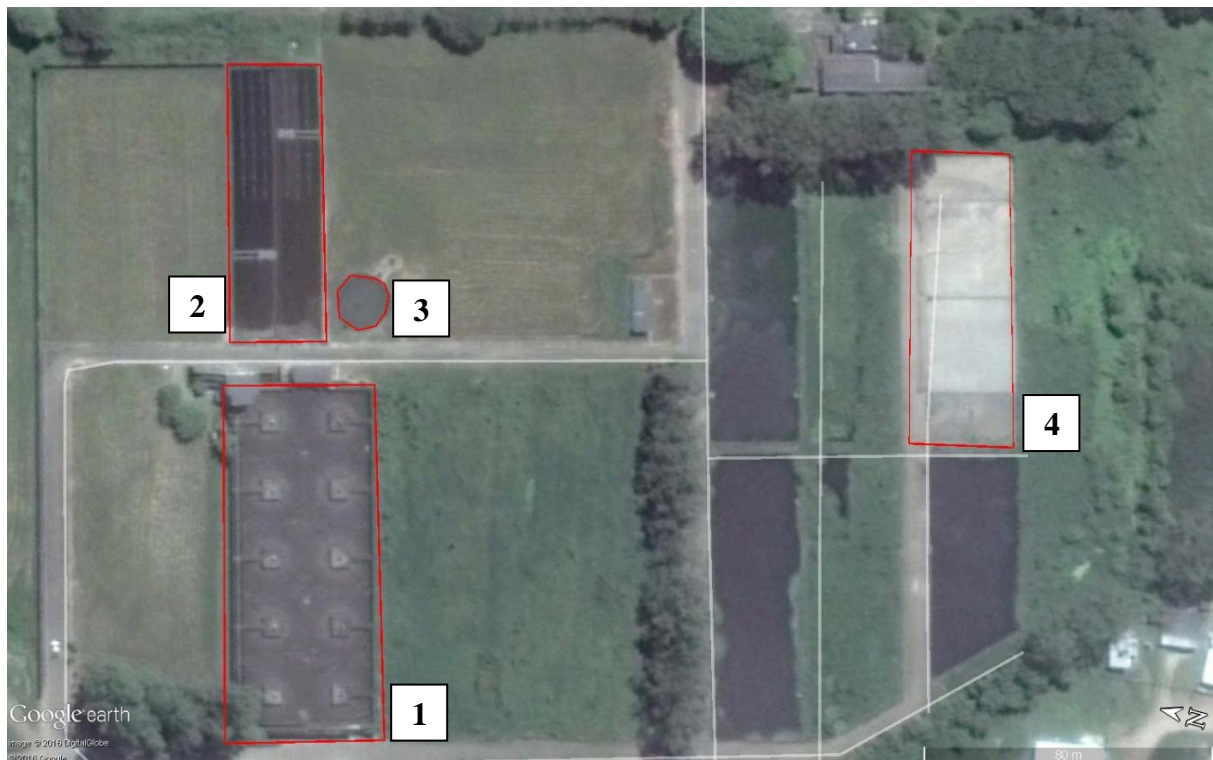
Em relação ao saneamento, o número de localidades atendidas por tratamento de esgotos vem crescendo, devido ao grande volume de investimentos. Atualmente somam 66 de

Estações de Tratamento de Esgoto em operação – além dos sistemas de fossa-filtro – e muitas outras em fase de licenciamento, que agregarão sanidade ambiental e qualidade de vida à população gaúcha.

- **SES Santa Maria**

O SES Santa Maria atende uma população de 136.000 habitantes. A capacidade operacional da ETE é de 260 L/s e o processo de tratamento é por Lodos Ativados – aeróbio – por Aeração Prolongada, com adição de cloreto férrico. Os sistemas aeróbios se caracterizam pela remoção eficiente de nutrientes, como nitrogênio e fósforo e outros indicadores como DQO. Porém o volume de matéria orgânica – lodo - no efluente é bastante elevada. Na Figura 4 estão identificadas as estruturas que compõe o SES: ETE, reator biológico, leitos de secagem e decantador secundário.

Figura 4: Sistema de Esgotamento Sanitário de Santa de Maria – Estação de Tratamento de Esgoto por lodos ativados. 1) Lagoas Aeradas. 2) Sistema de decantadores do efluente. 3) Tanque biológico. 4) Leitos de secagem do lodo produzido no tratamento do esgoto.

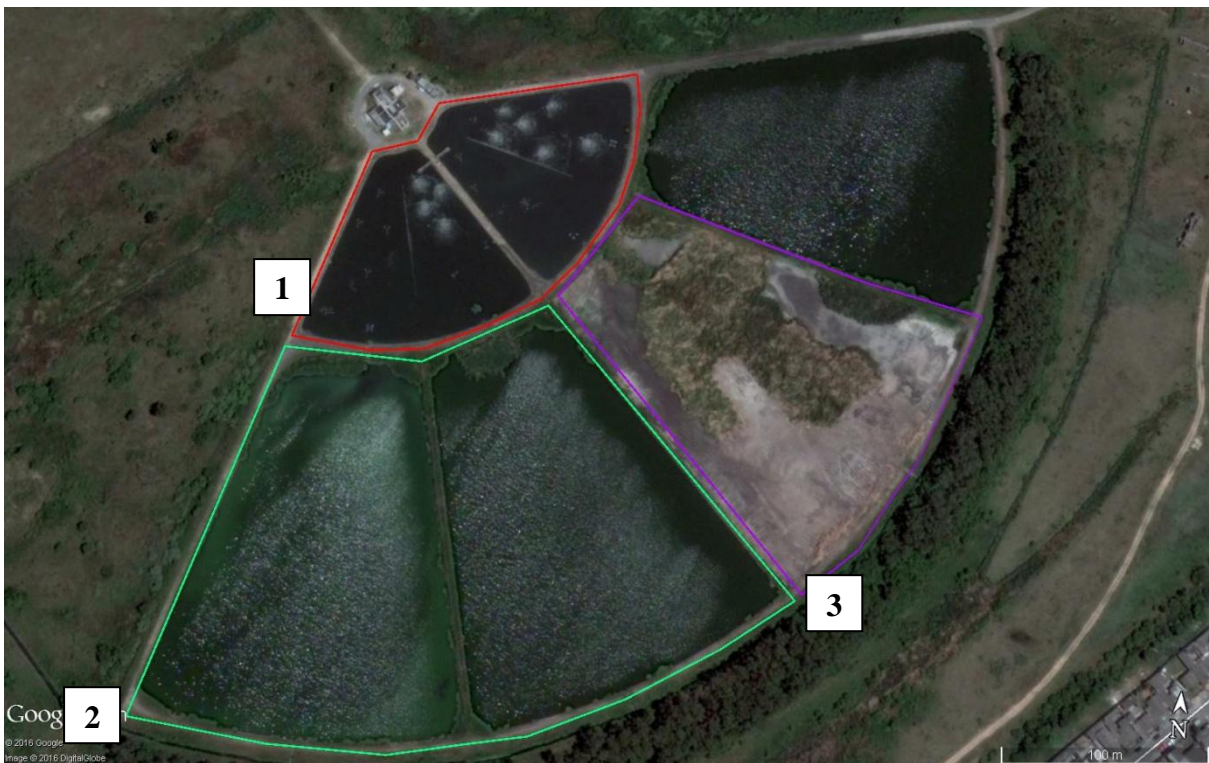


Fonte: Google Earth

- **SES Rio Grande**

O SES Rio Grande atende uma população de 48.300 habitantes. A capacidade operacional da ETE é de 151 L/s e o processo de tratamento secundário é aeróbio, por Lagoas de Estabilização com reator aerado, que garante oxigenação do esgoto, reduzindo a formação de odores. Como mencionado, os sistemas aeróbios produzem muito material sólido – lodo – que precisa ser continuamente retirado do reator, sendo disposto em leitos de secagem. O efluente que sai do reator passa para lagoas de maturação, onde serão reduzidos os valores de E. coli e decantação de sólidos suspensos. Na Figura 5 estão indicados os componentes do SES Rio Grande.

Figura 5: Sistema de Esgotamento Sanitário de Rio Grande – Estação de Tratamento de Esgoto por lodos ativados. 1) Lagoas Aeradas. 2) Lagoas de maturação. 3) Leitos de secagem do lodo produzido no tratamento do esgoto.



Fonte: Google Earth

- **SES Passo Fundo**

O SES atende uma população de 13.450 habitantes. A capacidade operacional da ETE é de 55 L/s e o processo de tratamento é por Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB) seguido por Filtro Biológico. Os sistemas anaeróbicos se caracterizam pela alta eficiência na

remoção da matéria orgânica, porém, baixa eficiência na remoção de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e organismos termotolerantes. A existência de filtros biológicos em série ao UASB aporta oxigênio ao efluente, ampliando parcialmente a remoção da carga mineral. Para que haja enquadramento do efluente tratado à legislação, ocorre o tratamento terciário, um sistema de canais alagados, conhecido como de *wetlands* onde há percolação do efluente já tratado nas etapas anteriores, e com isso a depuração do material ao longo do canal. Na Figura 6 é possível visualizar os componentes do SES Passo Fundo: reator anaeróbico (UASB), filtro biológico, leitos de secagem e sistema de *Wetlands*.

Figura 6: Sistema de Esgotamento Sanitário de Passo Fundo – Estação de Tratamento Anaeróbico de Esgoto: 1) Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente UASB. 2) Filtro biológico. 3) *Wetlands* 4) Leitos de secagem do lodo produzido no tratamento do esgoto.



Fonte: Google Earth

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa para avaliação do potencial agrônômico dos LETA/LETE produzidos nas estações de água e esgoto da CORSAN tem por objetivo central reduzir os passivos ambientais gerados pela companhia e, dar destinação adequada aos resíduos.

4.1. Histórico

A legislação ambiental brasileira é uma das mais abrangentes e restritivas do mundo. Tendo fragmentos referenciados desde 1446, em decretos portugueses como Ordenações Afonsinas, Manuelinas e Filipinas, editadas que davam conta da exploração de recursos, caça e poluição das águas. Mais de 400 anos depois, o Decreto 4.771/65 - Código Florestal redefiniu a flora brasileira como bens de interesse comum, acima do direito de propriedade. Porém, o cunho de proteção ambiental *latu senso*, só foi introduzida no país através da lei 6.938/81, que estabeleceu a PNMA-Política Nacional do Meio Ambiente, corroborada pelo Artigo 225 da Constituição Federal (Milaré, 2011).

4.2. Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e sua regulamentação, configuram a busca pela sustentabilidade, amplamente praticada nos países desenvolvidos mas negligenciada por décadas pela sociedade civil. A quebra de paradigmas sociais que consideravam os resíduos como algo a ser afastado, em detrimento da atenção pelos impactos provocados pela sua geração ao ambiente e às pessoas, foi o objetivo da lei 12.305, que configurou o marco regulatório na preservação ambiental, no que tange a gestão integrada, o gerenciamento adequado, a logística reversa, a responsabilidade compartilhada e os acordos setoriais são alguns dos instrumentos essenciais e inovadores dessa nova proposta de comportamento coletivo rumo à sustentabilidade.

Por conceito da Lei 12.305 e para este trabalho, entende-se Resíduos Sólidos como material, substância, resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se torna inviável ao lançamento no meio ambiente, no tocante à saúde pública e à sanidade do meio. (Lei 12.305 – Art. 3º, alíneas VII; VII e XVI).

Os princípios básicos como da prevenção/precaução, poluidor-pagado / protetor-recebedor e a valoração do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, preconizados no Art. 6º, corroboram a importância da gestão integrada destes resíduos, por parte de seus geradores, como compromisso com a saúde pública e a qualidade ambiental (Art. 7º).

Para uma gestão efetiva dos resíduos e conforme o Art. 13º (incisos I e II) os resíduos de que trata esta pesquisa são classificados quanto à origem – item e: resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades. E quanto à periculosidade – item b: resíduos não perigosos. Esta classificação é detalhada e melhor especificada nas Normas Brasileiras – ABNT NBR: 10.004/2004; 10.005/2004; 10.006/2004 e 10.007/2004.

4.3. Associação Brasileira de Normas Técnicas:

Norma Brasileira – ABNT NBR

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores, universidades, laboratórios e outros (Fonte: ABNT).

- **ABNT NBR 10.004/2004 – Classificação.**

A ABNT NBR 10.004 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos (ABNT/CEET-00:001.34). A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT, 2004).

Esta Norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Como complementares a esta classificação, a ABNT NBR 10.005 quanto à inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade E ABNT NBR 10.006 quanto à capacidade de se manterem estáveis.

- **ABNT NBR 10.005/2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado.**

Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10.004 como classe I – perigosos - e classe II – não perigosos. A lixiviação é um processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator. Na prática, inferirá sobre o potencial de periculosidade do resíduo sólido em contato com o solo. No caso dos LETA/LETE, são classificados como não perigosos, tipo II.

- **ABNT NBR 10.006/2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado.**

Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados na ABNT NBR 10.004/2004 como classe II A - não inertes – e classe II B – inertes. São os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes, podendo ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Os LETA/LETE são classificados como não inertes – tipo A.

- **ABNT NBR 10.007/2004 - Amostragem.**

Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos. O objetivo da amostragem é a coleta de uma quantidade representativa de resíduo, visando determinar suas características quanto à classificação, métodos de tratamento etc. Desta forma, e conforme esta normativa, para amostragem de LETA/LETE, deve-se obter uma amostra composta, representativa e homogênea, em volume suficiente para efetuar todas as análises.

4.4. Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA

- **Resolução CONAMA 375/2006**

A Resolução 375 do Conselho Nacional do meio ambiente – CONAMA, define os critérios para utilização de lodos de ETE no sistema agrícola, no que tange a caracterização físico-química e biológica e a concentração de substâncias e/ou patógenos permitidos no lodo quando para disposição no solo ou para compor misturas fertilizantes em culturas comerciais. Dispõe ainda sobre a origem e o sistema de tratamento aplicado ao afluente. Estabelece ainda, a necessidade de se obter um material estabilizado – relação de sólidos voláteis e sólidos

totais, inferior a 0,70 – ou seja, que não sofrerá alterações tais, que possam liberar substâncias indesejáveis ou perigosas à saúde humana e/ou ambiental.

A Resolução 375 do CONAMA, aplica também o princípio da precaução, quando restringe o uso do lodo, ainda que em condições de estabilidade e sanidade, sobre pastagens, cultivos olerícolas, tubérculos, raízes e grãos. Definindo períodos de carência pós-aplicação e a periodicidade do monitoramento do lodo e do solo, pré e pós sua utilização. Considerando o lote individual de lodo e a aproximação aos valores limite (80% da concentração) para redução do período entre análises.

- **Resolução CONAMA 420/2009**

A Resolução 420 do Conselho Nacional do meio ambiente – CONAMA, dispõe sobre valores orientadores, indicativos da qualidade do solo – VRQ: Valor Referência de Qualidade; VP: Valor de Prevenção; VI: Valor de Investigação – quanto à presença e/ou teores de elementos, com vistas ao gerenciamento de áreas contaminadas. Os valores de referência, conforme determinação desta resolução, são determinados pelos órgãos ambientais competentes. No Rio Grande do Sul, a determinação dos elementos e suas concentrações nos solos foi determinada pelo Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, sob a coordenação da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM na Portaria 85/2004.

Os valores referência visam balizar a ocorrência de elementos nos solos, de forma a inferir grau de qualidade de solos, garantindo suas funções básicas de servir como meio básico para a sustentação da vida, para a produção de alimentos, filtro natural, fonte de recursos minerais, manter o ciclo da água e nutrientes, etc. Esta resolução vem orientar sobre a disposição de resíduos de forma a não tornar contaminado um solo viável. Ou, ainda, não considerar degradada uma área, pela simples presença de elementos que podem ocorrer naturalmente no solo. Apresenta valores referência para o enquadramento do solo em classes, segundo a concentração de substâncias químicas consideradas tóxicas em maior ou menor grau. Sendo caracterizados de Classe 1 – os solos com concentrações de substâncias menores que o valor referência de qualidade (VRQ); à Classe 4 – solos que apresentem concentração maior que o valor de investigação (VI), de ao menos uma substância. Estabelece ainda, a necessidade de monitoramento, avaliação da ocorrência de substâncias e suas concentrações e, a necessidade de ações com vistas a recuperar, o solo, suas funções básicas.

5. ATIVIDADES

5.1. Atividades Realizadas

Como forma ambientalmente segura de destinar resíduos, reciclar nutrientes e aliviar a pressão sobre as escassas fontes naturais de insumos, buscou-se determinar o potencial agrônomo dos lodos. Para tanto, foi necessário avaliar e caracterizar estes resíduos conforme exigência legal, definindo a variabilidade na constituição e teores de nutrientes, compostos orgânicos e inorgânicos potencialmente tóxicos e agentes patogênicos, afetados por variáveis locais e temporais, relacionadas à região produtora.

As atividades realizadas consistiram na participação para elaboração de um plano de trabalho que originou a pesquisa para avaliação do potencial agrônomo de lodos de ETA e ETE e as coletas de material para caracterização destes lodos, nas diferentes estações da companhia.

Foram diversas reuniões técnicas com as equipes da CORSAN e EMBRAPA. Nestas reuniões foram definidas as diretrizes de cada entidade e alinhadas as expectativas da CORSAN com as estratégias de ação apresentadas pela EMBRAPA. Nestas reuniões também foram definidas as localidades contempladas com um projeto piloto de caracterização dos lodos que, posteriormente poderá ser expandido para os demais sistemas da companhia. Os possíveis enquadramentos de usos dos resíduos também foram pesquisados e confrontados com a legislação vigente.

O cronograma de trabalho compreendido no período de estágio contemplou a coleta de amostras para caracterização: a amostragem temporal, realizada em dois momentos distintos – outono e inverno – e a tabulação dos resultados parciais, confrontados com a legislação vigente, específica para cada um dos resíduos – LETA e LETE – de cada estação de tratamento escolhidas: ETA Gravataí, ETE Passo Fundo, ETA e ETE Santa Maria, ETA e ETE Rio Grande.

As etapas de preparo das amostras para composição de experimentos, a estimativa da dose crítica e a identificação/mapeamento de fontes alternativas para composição de misturas com LETA e LETE foram atividades apenas acompanhadas e observadas no período compreendido pelo estágio, tendo execução da equipe da Embrapa Clima Temperado.

5.1.1: Amostragem temporal, caracterização, classificação e definição do potencial de uso agrícola.

A amostragem temporal – compreendendo os períodos de outono e inverno de 2015 – foi executada com objetivo de determinar possíveis diferenças sazonais à composição do resíduo. Os lodos foram amostrados – seguindo metodologia recomendada na NBR 10.007/2004, que requer amostras compostas e homogêneas do material de análise.

- **Coleta**

As coletas ocorreram nas três ETA's e três ETE's escolhidas, em duas datas diferentes, correspondentes ao outono e inverno de 2015.

A ETA de Rio Grande foi a primeira estação amostrada, em 25/03/2015. A coleta foi realizada diretamente no *bag* que armazena o LETA, em diferentes pontos de entrada de lodo (Figura 7 – A). Na ETA de Gravataí a coleta ocorreu em 16/04/2015. Nesse sistema, a desidratação do lodo ocorre em centrífugas, sendo a porção sólida acondicionada em caçambas. O material de análise resultou de uma amostra composta, por 10 subamostras coletadas no topo, meio e base da caçamba, acondicionada em baldes plásticos de 20 litros (Figura 7 – B). O mesmo se deu na ETA Santa Maria, amostrada em 08/05/15 (Figura 7-C).

Figura 7: (A) – Imagem do *Bag* vazio na coleta de lodo em *Bag* na ETA de Rio Grande, realizada em 26/06/15. (B) – acondicionamento de lodo coletado em 16/07/15 na ETA de Gravataí em baldes de 20 L para envio ao laboratório; (C) – Coleta de lodo em caçamba na saída da centrífuga na ETA de Santa Maria, amostragem realizada em 08/05/15.



Imagens de Rachel Queiroz

Além das amostras para caracterização dos lodos – realizada por laboratório credenciado ao MAPA – também foi coletado material para compor experimentos com cultivos, composição de misturas, etc. na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa. Estas coletas exigiram maiores volumes, sendo um complicador, pois exigiram muito trabalho

manual. Esta dificuldade fez com que a segunda etapa de coletas nas ETA's de Gravataí e Santa Maria coincidissem com o período de descarte das centrífugas, de forma que a descarga ocorreu diretamente no caminhão. A amostragem correspondente ao inverno ocorreu em 26/06/2015 na ETA Rio Grande e 16/07/2015 na ETA Gravataí.

Nas ETES, a desidratação do lodo ocorre em leitos de secagem. Para coleta deste material, a área dos leitos foi dividida em quadrículas imaginárias e, retirada subamostras que compreendiam toda a altura do leito, com pá-de-corte, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8: (A) – Coleta de Lodo realizada em 26/06/15, em leitos de secagem na ETE Rio Grande; (B) – Coleta de lodo realizada em 07/05/15, em leitos de secagem na ETE Passo Fundo; (C) – Coleta de lodo realizada em 08/05/15 na ETE de Santa Maria.



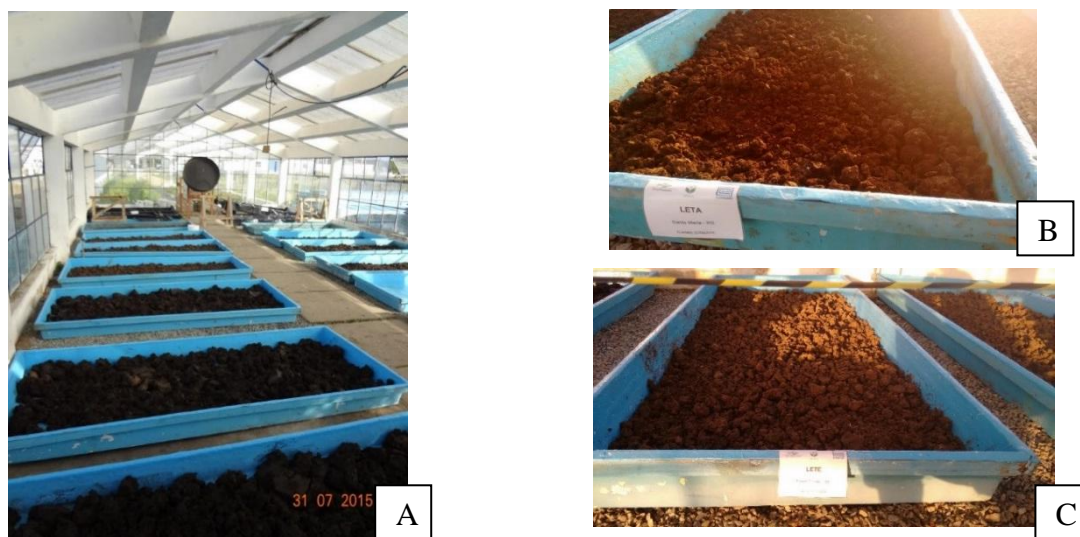
Imagens de Rachel Queiroz

5.2. Atividades Observadas

5.2.1: Preparo das Amostras

Como o material que se busca obter – puro ou em misturas – prevê a forma sólida para posterior incorporação ao solo e, tendo os lodos umidade superior a 70%, o preparo destas compreendeu a secagem em estufa agrícola – na Estação Experimental Terras Baixas, localizada em Capão do Leão – por aproximadamente 30 dias. As temperaturas – média de três meses – atingidas no interior da estufa foram 17°C no outono e 15,7°C no inverno, segundo dados obtidos no site da Embrapa Pelotas. Essas temperaturas aliadas à solarização, permitiram reduzir a umidade das amostras para os seguintes teores: LETA Rio Grande, 6,8%; LETA Gravataí, 14,8%; LETA Santa Maria, 23,3%; LETE Rio Grande, 6,9%; LETE Passo Fundo, 22,2%; LETE Santa Maria, 14,8%, ideais para o processamento. Na Figura 9, verifica-se a disposição do material no interior da estufa, referente às coletas realizadas no outono e inverno.

Figura 9: (A) – Amostras de lodos de ETA e ETE em desidratação: estufa agrícola na Estação Experimental Terras Baixas – Embrapa Clima Temperado. (B) – Data: 23/06/15 – LETA de Santa Maria coletado em 08/05/15; (C) – Data: 09/07/15 – LETE de Passo Fundo coletado em 07/05/15.



Imagens de Rachel Queiroz

Após a secagem as amostras foram trituradas até que 100% das partículas apresentassem granulometria inferior a 9,0mm, conforme descrito na NBR 10.005/2004.

5.2.2: Estimativa da dose crítica de LETA e LETE para destinação no solo e uso agrícola

A partir da caracterização temporal correspondente à primeira fase da pesquisa, foi possível identificar as doses ambientalmente seguras e agronomicamente eficientes para aplicação em diferentes solos e considerando diferentes culturas, assim como a necessidade, ou não, de misturas com outras fontes de nutrientes, conforme o requerimento nutricional das culturas a serem testadas.

Para tanto, a determinação dos teores de substâncias inorgânicas e metais pesados (Anexos 1 e 4), agentes patogênicos (Anexos 2 e 5) e substâncias orgânicas, elementos potencialmente tóxicos, dioxinas / furanos e a caracterização / classificação dos resíduos conforme as NBR's 10.004, 10.005 e 10.006 de 2006 (Anexos 3 e 6) foi executada pela equipe da Embrapa.

Para o LETA, como este não possui uso agrícola normatizado, os resultados obtidos serão referenciados à Instrução Normativa 27/2006 do MAPA – Substratos e Condicionadores

de Solos e CONAMA 420/2009, sobre os limites de substâncias presentes no solo e água subterrânea.

Para o LETE, se buscou o enquadramento tanto CONAMA 375/2006, que normatiza a disposição direta no solo, quanto na IN 27/2006, por seu potencial uso como matéria-prima na produção de fertilizantes e/ou substratos e condicionadores de solo, pela concentração de nutrientes, teor de carbono, etc. Além disso, a CONAMA 375/2006 determina a observância aos limites de carga total acumulada teórica destes elementos no solo, dependente das doses aplicadas anualmente e não somente da concentração dos elementos. Desta forma está prevista, ao longo deste estudo, o monitoramento da carga acumulada, bem como, o número de aplicações para atingir o nível de alerta (NANA).

5.2.3. Identificação e mapeamento de fontes alternativas de nutrientes para a elaboração de misturas com LETA's e LETE's

Esta atividade visou identificar e avaliar coprodutos de processos agrícolas, industriais e de mineração no RS que apresentem potencial para compor misturas com os LETA e LETE. Priorizando coprodutos gerados nas proximidades às ETAS e ETES contempladas pela pesquisa. Foram consideradas a cadeia produtiva do arroz, produção de mineral, madeireira e animal. Ela foi desenvolvida em conjunto com o Departamento de Geoprocessamento e os escritórios locais da CORSAN, e os técnicos da EMBRAPA, a partir de bibliografia. O levantamento não foi finalizado no período de realização do estágio. Tendo sido apenas observado a fase de identificação das cadeias produtivas.

- **Cadeia produtiva do arroz**

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Em 2012, 67,5% do arroz brasileiro, foi produzido no Rio Grande Sul foram produzidas 11.746.600 toneladas de arroz no Brasil (CONAB, 2013).

A casca de arroz gerada pelo beneficiamento corresponde a cerca de 20% do peso de grãos, além da cinza – pela incineração da casca para geração de calor empregado no próprio beneficiamento – e do efluente do processo de parbolização (Vieira et al., 2011).

Tanto a casca carbonizada quanto as cinzas, por suas propriedades físicas, tem potencial de utilização na agricultura como substrato, sozinho ou agregado a outros materiais (Medeiros et. Al, 2008).

Considerando os LETA e LETE, a agregação com o resíduo de arroz pode apresentar características complementares interessantes como aumento da macroporosidade. De acordo com ISLABÃO (2013), no caso das cinzas, o aumento de pH e a consequente disponibilização de nutrientes – além de atributos físicos – permite inferir os benefícios agregados aos substratos compostos por LETA/LETE. Além da redução destes resíduos no ambiente.

- **Produção Mineral, madeireira e animal**

Outras cadeias produtivas, como a mineração, a indústria madeireira e a produção animal, foram avaliadas e poderiam facilmente compor misturas de interesse agrícola com LETA/LETE. A estimativa dos volumes de resíduos/rejeitos produzidos por estas atividades não é de fácil execução, porém, sabe-se que são atividades geradoras de resíduos, com espectro de atuação em diversas regiões do Estado. Um aspecto complicador, se deve à utilização destes materiais em outros processos ou como coprodutos com uso consolidado, como é o caso dos rejeitos de mineração que compõe a restauração da própria mina, após a lavra, ou os descartes da indústria madeireira, cascas, aparas, serragem utilizados na produção de compensados, briquetes, etc. ou, na adubação orgânica já amplamente utilizada no Rio Grande do Sul, baseada na incorporação de esterco animal diretamente no solo.

Apesar disso, experimentos agregando coprodutos destas cadeias produtivas ao LETA/LETE, foram montados nas dependências da EMBRAPA, para avaliação em cultivos olerícolas, de grãos e silvicultura.

6. DISCUSSÃO

O uso agrícola de resíduos industriais mostra-se como potencial para aportar ao solo e às culturas comerciais, nutrientes essenciais à busca por produtividade na produção de alimentos, aliviando a pressão por produtos de origem mineral, oriundas de fontes não renováveis, como petróleo por exemplo.

Segundo Pelizer et al. (2007), nos últimos anos, uma série de pesquisas e, para normatizá-las, diversas legislações foram definidas, objetivando o uso ambientalmente seguro dos resíduos industriais e humanos. Sendo a utilização agrícola uma das mais promissoras, conforme Tsutiya et al. (2002).

Tanto o LETA quanto o LETE, por suas características e constituição se enquadram como Resíduo do tipo IIA – não perigoso e não-inerte, ou seja, aqueles resíduos que não apresentam periculosidade, definida por risco à saúde pública ou risco ao meio ambiente, nem inflamabilidade ou corrosividade ou reatividade ou toxicidade ou patogenicidade ou constem nos anexos A ou B. Apresentando propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Passíveis, portanto, de reutilização, reciclagem e reaproveitamento. Desta forma, sua aplicação ao solo – ressalvadas as determinações definidas pelas resoluções CONAMAS 375/2006 e 420/2009, é potencialmente viável e ambientalmente seguro.

O lodo gerado pelos processos de tratamento de água – LETA – não possui uso agrícola normatizado por não ser um resíduo que, inicialmente, pudesse converter ao solo, características fertilizantes e, muito antes, pelo emprego de substâncias como o sulfato de alumínio (coagulante) que tendo destinação inadequada, passa a ser um potencial contaminante ambiental. Tomando-se a CONAMA 375/2006, ainda que não se aplique diretamente aos LETAS, os parâmetros e concentrações limites estabelecidos, balizaram a caracterização deste resíduo.

Tendo os solos gaúchos altos teores de alumínio tóxico, por exemplo, parece controverso o emprego desse resíduo para incorporação ao solo. Porém, com base na Instrução Normativa IN 27/2006 do MAPA, em seu Anexo IV, as concentrações de elementos como arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, níquel, selênio e chumbo, e dos indicadores bacteriológicos (Anexos: 1 e 2) estão abaixo dos limites estabelecidos pela referida Instrução, não caracterizando impeditivo ao seu uso como matéria-prima de substratos e condicionantes do solo, embora o que se espere dos LETAS é conferir melhoria nos atributos físicos do solo. No caso dos contaminantes orgânicos (Anexo 3), todas as substâncias avaliadas encontram-se

em valores inferiores ao limite de quantificação do método utilizado e, portanto, atendem ao disposto na CONAMA 420/2009.

O LETE, apesar de ter seu uso normatizado através da CONAMA 375/2006, para o presente estudo, tal qual o LETA, buscou-se amparo na Instrução Normativa Nº 27/2006 – MAPA, nos Anexos II – ‘Fertilizantes Minerais com Nitrogênio, Potássio, Macronutrientes Secundários e os com até 5% de P_2O_5 ’ – e IV – ‘Substratos para Plantas e Condicionares de Solo’. As concentrações de elementos inorgânicos (Anexo 4), indicadores bacteriológicos (Anexo 5) e substâncias orgânicas (Anexo 6), são inferiores aos limites determinados pela CONAMA 375/2006, exceto pelo Fenol Clorado 2,4-D cujo limite de detecção do método é superior ao determinado pela normativa. Caso os teores de Fenol Clorado 2,4-D sejam superiores aos $31,0 \mu.kg^{-1}$ determinados na resolução 375/2006 do CONAMA, preconiza-se o monitoramento do solo de aplicação. Podendo ou não, constituir impeditivo para os usos determinados pela referida resolução.

Ainda considerando a Instrução Normativa Nº 27/2006 do MAPA em seu Anexo II, as concentrações de elementos inorgânicos (Anexo 4), indicadores bacteriológicos (Anexo 5) e substâncias orgânicas (Anexo 6) estão abaixo dos limites estabelecidos. Exceto para o teor de mercúrio detectado no LETE Rio Grande – $0,3 mg.kg^{-1}$ – quando o limite máximo permitido para o uso como fertilizante é de $0,2 mg.kg^{-1}$. O mercúrio está presente na produção de cloro-soda, fabricação de lâmpadas, instrumentos não-eletrônicos e utensílios para uso médico, cirúrgico, odontológico e de laboratórios, amalgamação de ouro, etc (CETESB, 2014). E sua remoção é difícil e onerosa, gerando grande quantidade de resíduos. Caso seja confirmado os teores encontrados no LETE Rio Grande, em avaliações posteriores e no decorrer do estudo, pode significar a inviabilidade deste para os fins estabelecidos na IN 27/2006 – MAPA / Anexo II– ‘Fertilizantes Minerais com Nitrogênio, Potássio, Macronutrientes Secundários e os com até 5% de P_2O_5 ’.

A resolução nº 375/2006 do CONAMA, prevê as condições para a disposição e incorporação dos LETE ao solo. Porém esta normativa não considera os valores de referência para as concentrações de substâncias orgânicas, inorgânicas e bacteriológicas definidas na CONAMA 420/2009. Desconsidera, portanto, os teores já encontrados no solo, das substâncias mencionadas o que pode gerar graves problemas de contaminação ambiental.

O uso de resíduos – LETA e LETE – deve ser a mesma regra. Para que seu uso seja ambientalmente seguro, a aplicação no solo deve ser precedida de análises e, confrontados com os limites de referência para solos.

Apesar de aplicável, a Resolução do CONAMA 420/2009 é muito difusa, pois não considera as especificidades locais, tampouco os tipos de solo para atribuição das concentrações de substâncias potencialmente tóxicas. A falta de correlação entre as duas resoluções pode ser danosa ao ambiente. Se considerada a crescente salinização dos solos gaúchos, por exemplo, decorrente da adubação – mineral ou orgânica – sem critérios técnicos, percebe-se que, um resíduo mesmo dentro dos limites estabelecido na Resolução do CONAMA 375/2006. Pode alterar a classe de um solo, pois a mesma não exige que se caracterize o solo que receberá o resíduo. Da mesma forma, um resíduo pode ser vetado de aplicação por exceder concentrações de determinada substância, mesmo que, ao ser disposto no solo, o mesmo se mantenha dentro do Valor de Referência de Qualidade – VRQ. A falta de uma análise sob uma perspectiva local, pode inviabilizar o uso do solo como fonte de depuração e reciclagem.

Os dados apresentados neste trabalho, ainda que preliminares, apontam para uma aplicação segura dos lodos avaliados. Não tendo sido verificado nenhum contaminante com concentração superior à legislação vigente, sob a perspectiva de disposição no solo (CONAMA 375) ou utilização na composição de substratos de plantas e condicionadores de solo (Anexo IV – IN 27/06/MAPA). Contudo, as interpretações devem ser analisadas com cautela, por tratar-se de resultados de uma única amostragem.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O destino do lodo de ETA e ETE tem preocupado tanto as empresas geradoras quanto a sociedade civil. Pela composição destes resíduos, a utilização na agricultura torna-se promissora. Quer pelo aporte nutricional que pode ser oferecido por estes resíduos, aliviando a dependência por insumos não renováveis, ou pelo correto e ambientalmente seguro, destino dado aos LETA/LETE, evitando a contaminação de solo e água por estes resíduos.

No entanto, estes recursos naturais – solo e água – devem ser preservados, mantendo-se livres de contaminação. De forma que, a aplicação de qualquer resíduo em áreas agrícolas, deve ser rigorosamente avaliado e monitorado, conforme preconizado pela ampla e restritiva legislação brasileira vigente.

Porém, não só o enquadramento e atendimento às disposições previstas na legislação são o suficiente, para reduzirmos os impactos e degradação ambiental. Pois, conforme mencionado, nenhuma das legislações atuais atinge a complexidade dos sistemas existentes na natureza. Não abrangendo, na integralidade, todos os aspectos da segurança ambiental, que envolve o descarte, e aproveitamento de resíduos e a ciclagem de elementos, nutricionais ou não, no complexo do ambiente, solo, água, ar, etc.

Para que se avance nessa esfera e, o uso de resíduos deixe de ser uma problemática às empresas geradoras e ao ambiente em si, deverá ocorrer uma mudança de padrões de pensamento e ação. Controles efetivos, monitoramento constante e assistência técnica competente, para que as tecnologias não deixem de ser benéficas por não considerarem todo o sistema e suas infinitas variáveis e componentes.

A participação na elaboração e desenvolvimento de uma pesquisa visando avaliar o potencial agrônomo destes resíduos, foi uma experiência rica pois exigiu apropriação de conceitos acadêmicos e permitiu aplicação destes *in loco*, trabalhando não só a temática dos resíduos, mas do reuso, da reciclagem e, a da insustentável e crescente demanda por insumos na agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Fórum Nacional de Normatização: **NBR-10.004 – Resíduos Sólidos - Classificação**. Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 71p. ;

NBR-10.005 – Procedimento para Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos. Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 16p.;

NBR-10.006 – Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos. Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 3p.;

NBR-10.007 – Amostragem de Resíduos Sólidos. Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 21p.

BOTERO, W. G. **Caracterização de Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água: Perspectivas de Aplicação Agrícola**. Quim. Nova, Vol. 32, Nº. 8, 2018-2022, 2009.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 2007**. Lei do Saneamento Básico. Publicação DOU 08/01/2007. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br/> >. Acessado em: 06/03/2016

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Publicação DOU 03/08/2010. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/> >. Acessado em: 06/03/2016

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.27**, de 05 de junho de 2006. (...) **Fertilizantes e Corretivos destinados à agricultura**. Diário Oficial da União, Brasília, n.110, 09. jun. 2006, Seção 1, p.15.

CETESB – **Contaminação por mercúrio no estado de São Paulo** Equipe técnica Maria Helena Roquetti... [et al.]. -São Paulo: CETESB, 2014. (39 p) Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicações-e-Relatorios/1-publicações-/-relatorios>> SBN 978-85-61405-75-5. Acessado em 12/03/2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. – v. 1 – Brasília: CONAB, 2013. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_12_38_56_boletim_portugues_outubro_2013.pdf >. Acessado em 06/03/2016

COSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resoluções vigentes publicadas entre agosto de 2006 e dezembro de 2009.** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acessado em: 06/03/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008** – Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro/ 2010.

ISLABÃO, G.O. **Uso de cinza de casca de arroz como corretivo e condicionador do solo.** Tese (Doutorado em agronomia), Faculdade de Agronomia, UFPEL, Pelotas, 2013, 86f.

MEDEIROS, C.A.B.; RODRIGUES, L.T.; TERRA, S. **Casca de Arroz e sua Carbonização para Utilização em Substratos.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 2008.

MILARE, E. **Direito do Ambiente - a Gestão Ambiental em Foco** - 7ª Ed. Editora Revista dos Tribunais. São Paulo, 2011

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. **Utilização de Resíduos Agroindustriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental:** J. Technol. Manag. Innov. 2007, Volume 2, Issue 1. ISSN: 0718-2724. Disponível em: < <http://www.jotmi.org> >. Acessado em: 05/03/2016.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J.B.; ALÉM SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

VIEIRA, G. D'A.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V. **Atributos do Solo e Crescimento do Milho Decorrentes da Adição de Lodo Anaeróbio da Estação de Tratamento de Efluentes da Parbolização do Arroz.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 535-542, 2011.

ANEXOS

Anexo 1. Teores de substâncias inorgânicas encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Água – LETA – de Rio Grande, Gravataí e Santa Maria, operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação* para uso como substratos de plantas e condicionadores de solo.

| Parâmetros | Lodo de ETA (mg.kg ⁻¹) | | | Limites (mg.kg ⁻¹) |
|------------|------------------------------------|----------|-------------|--------------------------------|
| | Rio Grande | Gravataí | Santa Maria | |
| As | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 20,0 |
| Cd | < 0,03 | 0,13 | 0,43 | 8,0 |
| Cr | 3,7 | 7,51 | 5,35 | 500,0 |
| Hg | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | 2,5 |
| Ni | < 1 | < 1 | 4,57 | 175,0 |
| Se | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | 80,0 |
| Pb | 1,93 | 1,41 | 9,0 | 300,0 |

*Instrução Normativa do MAPA Nº 27/2006

Anexo 2. Indicadores biológicos encontrados em lodos (LETA) das Estações de Tratamento de Água – LETA – de Rio Grande, Gravataí e Santa Maria, operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação para uso como substratos de plantas e condicionadores de solo.

| Parâmetros / Unidades | Lodo de ETA | | | Limites MAPA IN 27/06 |
|---------------------------------------|---------------|----------|----------------|-----------------------------|
| | Rio Grande | Gravataí | Santa Maria | |
| Coliformes termotolerantes (NMP/g ST) | 48 | 23 | 52 | 1000 |
| Ovos viáveis de helmintos (ovos/g ST) | < 0,25 | < 0,25 | < 0,25 | 0,25 |
| Salmonella (NMP/10g) | ausente | ausente | ausente | ausência |

NMP: Número Mais Provável; ST: Sólidos Totais;

Anexo 3. Teores de substâncias orgânicas encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Água – LETA – operadas pela CORSAN no Estado do Rio Grande do Sul nos sistemas de Rio Grande, Gravataí e Santa Maria.

| Parâmetros | Lodo de ETA ($\mu\text{.kg}^{-1}$) | | |
|--|--------------------------------------|----------|-------------|
| | Rio Grande | Gravataí | Santa Maria |
| Benzenos Clorados | < 5 | < 5 | < 5 |
| Etanos Clorados | < 5 | < 5 | < 5 |
| Etenos Clorados | < 5 | < 5 | < 5 |
| Metanos Clorados | < 5 | < 5 | < 5 |
| Fenóis Clorados | | | |
| 2,4-Diclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 |
| 2,4,6-Triclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 |
| Pentaclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 |
| 2,4,5-Triclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 |
| 3,4-Diclorofenol | < 42 | < 42 | < 42 |
| 2-Clorofenol | < 100 | < 100 | < 100 |
| 2,3,4,5-Tetraclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 |
| Fenóis Não-clorados | | | |
| Cresóis totais | < 10 | < 10 | < 10 |
| Fenóis totais | < 100 | < 100 | < 100 |
| Esteres Ftálicos | | | |
| Dimetil ftalato | < 100 | < 100 | < 100 |
| Dietilexil ftalato | < 50 | < 50 | < 50 |
| Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos | < 5 | < 5 | < 5 |
| Pesticidas | | | |
| Aldrin | < 10 | < 10 | < 10 |
| Dieldrin | < 50 | < 50 | < 50 |
| DDD | < 10 | < 10 | < 10 |
| DDE | < 10 | < 10 | < 10 |
| DDT | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lindano (γ -BHC) | < 10 | < 10 | < 10 |
| Lindano (γ -HCH) | < 10 | < 10 | < 10 |
| PCB's | < 100 | < 100 | < 100 |
| Atrazina | < 10 | < 10 | < 10 |
| Glifosato | < 50 | < 50 | < 50 |

Anexo 4. Teores de substâncias inorgânicas encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Esgoto – LETE – de Rio Grande, Passo Fundo e Santa Maria, operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação.

| Parâmetros | Lodo de ETE (mg.kg ⁻¹) | | | Limites (mg.kg ⁻¹) | | |
|------------|------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Rio Grande | Passo Fundo | Santa Maria | CONAMA 375/2006 | MAPA IN 27/06 Anexo II* | MAPA IN 27/06 Anexo IV** |
| As | 1,2 | <0,5 | <0,5 | 41 | 10,0 | 20,0 |
| Ba | 60,1 | 61,7 | 183,1 | 1300 | . | . |
| Cd | 0,4 | <0,03 | 0,35 | 39 | 20,0 | 8,0 |
| Cu | 17,2 | 7,97 | 27,0 | 1500 | . | . |
| Cr | 4,4 | 1,41 | 6,92 | 1000 | 200,0 | 500,0 |
| Hg | 0,3 | <0,02 | <0,02 | 17 | 0,2 | 2,5 |
| Mo | <3,0 | <3,0 | <0,3 | 50 | . | . |
| Ni | 3,8 | <1,0 | 4,93 | 420 | . | 175,0 |
| Se | <0,2 | <0,2 | <0,2 | 100 | . | 80,0 |
| Pb | 7,4 | 4,88 | 11,5 | 300 | 100,0 | 300,0 |
| Zn | 216,9 | 97,7 | 248,8 | 2800 | . | . |

* Anexo II – limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos para os fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários.

**Anexo IV – Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo

Anexo 5. Teores Indicadores biológicos encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Esgoto – LETE – de Rio Grande, Passo Fundo e Santa Maria operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação para uso como substratos de plantas e condicionadores de solo.

| Parâmetros / Unidades | Lodo de ETE | | | Limites | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| | Rio Grande | Passo Fundo | Santa Maria | MAPA IN 27/06 | CONAMA 375 |
| Coliformes termotolerantes (NMP/g ST) | 45 | 45 | 140 | 1000 | <1000 |
| Ovos viáveis de helmintos (ovos/g ST) | <0,25 | <0,25 | <0,25 | 0,25 | <0,25 |
| Salmonella (NMP/10g) | ausente | ausente | ausente | ausência | ausência |
| Virus (UFP/g ST) | ausente | ausente | ausente | . | <0,25 |

NMP: Número Mais Provável; ST: Sólidos Totais;

Anexo 6. Teores de substâncias orgânicas encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Esgoto – LETE – de Rio Grande, Passo Fundo e Santa Maria, operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação.

| Parâmetros | Lodo de ETE (μkg^{-1}) | | | CONAMA 375/2006 |
|--|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| | Rio Grande | Gravataí | Santa Maria | |
| Benzenos Clorados | < 5 | < 5 | < 5 | |
| 1,2-Diclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 730,0 |
| 1,3-Diclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 390,0 |
| 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 160,0 |
| 1,2,3-Triclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 10,0 |
| 1,2,4-Triclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 11,0 |
| 1,3,5-Triclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 500,0 |
| 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 10,0 |
| 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno | < 5 | < 5 | < 5 | 6,5 |
| Esteres Ftálicos | | | | |
| Di-n-butyl ftalato | < 100 | < 100 | < 100 | 700,0 |
| Dimetil ftalato | < 100 | < 100 | < 100 | 250,0 |
| Dietilexil ftalato (DEHP) | < 50 | < 50 | < 50 | 1000,0 |
| Fenóis Não-clorados | | | | |
| Cresóis totais | < 10 | < 10 | < 10 | 160,0 |
| Fenóis Clorados | | | | |
| 2,4-Diclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 | 31,0 |
| 2,4,6-Triclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 | 2.400,0 |
| Pentaclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 | 160,0 |
| 2,4,5-Triclorofenol | < 100 | < 100 | < 100 | |
| 3,4-Diclorofenol | < 42 | < 42 | < 42 | |
| 2-Clorofenol | < 100 | < 100 | < 100 | |
| 2,3,4,5-Tetraclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 | |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol | < 50 | < 50 | < 50 | |
| Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos | | | | |
| Benzeno(a) antraceno | < 5 | < 5 | < 5 | 25,0 |
| Benzo(a)pireno | < 5 | < 5 | < 5 | 52,0 |
| Benzo[k] fluranteno | < 5 | < 5 | < 5 | 380,0 |
| Indeno [1,2,3-cd] pireno | < 5 | < 5 | < 5 | 31,0 |
| Naftaleno | < 5 | < 5 | < 5 | 120, |
| Fenantreno | < 5 | < 5 | < 5 | 3.300,0 |
| Lindano | < 1 | < 1 | < 1 | 1,0 |

Anexo 7. Teores de substâncias orgânicas (pesticidas) encontrados em lodos das Estações de Tratamento de Esgoto – LETE – de Rio Grande, Passo Fundo e Santa Maria, operadas pela CORSAN no ano de 2015, confrontados com os limites máximos permitidos pela legislação.

| Parâmetros | Lodo de ETE ($\mu\text{.kg}^{-1}$) | | |
|--------------------|--------------------------------------|----------|-------------|
| | Rio Grande | Gravataí | Santa Maria |
| Pesticidas | | | |
| Aldrin | < 10 | < 10 | < 10 |
| Dieldrin | < 10 | < 10 | < 10 |
| Endrin | < 10 | < 10 | < 10 |
| Clordano | < 10 | < 10 | < 10 |
| DDT | < 10 | < 10 | < 10 |
| Heptacloro | < 10 | < 10 | < 10 |
| Toxafeno | < 5 | < 5 | < 5 |
| PCB's | < 100 | < 100 | < 100 |
| Mirex | < 5 | < 5 | < 5 |
| Hexaclorobenzeno | < 10 | < 10 | < 10 |
| Dioxinas e furanos | < 100 | < 100 | < 100 |