

DENIS AMARO DOS SANTOS
JACIR FRANCISCO BUSNELLO

**AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE HIGIENIZAÇÃO DO LODO DE
ESGOTO EM ESTUFAS PLÁSTICAS**

O projeto técnico apresentado como conclusão do
Curso de Capacitação de Facilitadores para a
Qualidade, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Pedro José Steiner Neto, Dr.

FOZ DO IGUAÇU
JUNHO DE 2006

Pode ser que um dia tudo acabe...
Mas, com a amizade construiremos tudo novamente,
Cada vez de forma diferente,
Sendo único e inesquecível cada momento
Que juntos viveremos e nos lembraremos para sempre.

Albert Einstein

Dedicamos este trabalho a todos aqueles que não somente tornaram a conclusão desse trabalho possível, como também aqueles que contribuíram durante todo período do curso.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Apresentação do Tema	10
1.1.1 Local de Implantação	11
1.1.2 Processo de Reciclagem do Lodo na Agricultura.....	13
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Definição dos Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo Geral:.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos:	15
1.4 Apresentação da Empresa e da Unidade.....	15
1.4.1 Empresa.....	15
1.4.2 Unidade Regional de Foz do Iguaçu	16
1.4.2.1 A História do Saneamento do Município de Foz do Iguaçu.....	16
1.4.2.2 A Unidade Regional de Foz do Iguaçu.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 Teorias e Conhecimentos Relacionados Com o Tema.....	19
2.2 Estudo e Pesquisas Anteriores Relacionadas ao Projeto.....	24
3 DIAGNÓSTICO ATUAL	27
3.1 Descrição do Problema	27
3.2 Análise das Causas do Problema.....	27
3.3 Importância Percebida Pelo Pessoal da Área, Clientes em Relação ao Problema e Prioridade de Sua Solução.....	28
3.4 Disponibilidade de Recursos e Competências Para Resolver o Problema.....	30
4 PROPOSTA.....	31
4.1 Método, Modelo, Sistema e Processos a Serem Implantados.....	31
4.1.1 Fluxograma.....	31
4.1.2 Coleta de Dados.....	31
4.1.3 Carta de Tendência.....	31

4.1.4	Matriz Gut.....	31
4.1.5	Estufa	32
4.1.6	Duração do Projeto.....	34
4.1.7	Processamento.....	34
4.1.8	Plano de Amostragem	34
4.1.9	Análises.....	35
4.2	Etapas da Implantação.....	35
4.2.1	Etapas da Execução do Projeto.	36
4.2.2	Como Implementar Cada Etapa.	36
4.2.3	Forma de Monitoramento	38
4.2.3.1	Parâmetros Climáticos – Fatores de Higienização.....	38
4.2.3.2	Monitoramento das Condições Climáticas	38
4.2.4	Coleta do Lodo.....	39
4.2.5	Etapas da Operação.....	39
4.2.6	Parâmetros Para Viabilidade Econômica	40
4.2.7	Manejo da Estufa.....	41
4.2.8	Cronograma Físico das Etapas de Implantação.....	42
4.2.9	Cronograma de Recursos.....	42
5	ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO.....	43
5.1	Como e Com Que Eficiência a Proposta Resolve os Problemas Encontrados no Diagnóstico	43
5.2	Como e Com Que Eficiência a Proposta Atende os Requisitos de Solução de Problemas Encontrados no Diagnóstico	44
5.3	Análise de Custo e Benefício da Proposta	44
5.4	Possibilidade de Disseminação em Outras Unidades	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
7	ANEXOS.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APD	Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAE	Departamento de Água e Esgoto
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMA	Diretoria de Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IQET	Índice Qualidade Esgoto Tratado
Mg/l	Miligrama por litro
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
pH	Potencial de Hidrogênio
RALF	Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SF	Sólidos Fixos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
ST	Sólidos Totais
T	Toneladas
URFI	Unidade Regional de Foz do Iguaçu
USEG	Unidade de Serviços de Esgoto

LISTA DE FIGURAS

Fig 01 - Fluxograma Processo de Tratamento ETE 02 Shalon.....	11
Fig 02 - Fluxograma do Processo Preparação Lodo Para Uso na Agricultura.....	13
Fig 03 - Fluxograma do Processo de Reciclagem Agrícola de Biossólidos.	22
Fig 04 - Matriz GUT Demonstra Problemas, Prioridades e Soluções Lodo Esgoto. .	28
Fig 05 - Desenho Esquemático da Higienização do Lodo em Estufas Plásticas.....	33
Fig 06 - Modelo de Estufa Para Higienização de Lodo.	33
Fig 07 - Estufa Implantada em Foz do Iguaçu.....	36
Fig 08 - Montagem das Leiras dentro da Estufa	37
Fig 09 - Leira sem Revolvimento.....	37
Fig 10 - Leira Revolvida	37
Fig 11 - Gráfico das Culturas Permitidas Para Uso do Lodo.....	40
Fig 12 – Gráfico da Distribuição por Área (ha) dos Cereais em Foz do Iguaçu.	41
Fig 13 - Etapas de Implantação	42
Fig 14 - Cronograma Físico-Financeiro.....	42

1 INTRODUÇÃO

A expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários vem resultando num incremento acelerado na produção de resíduos, em especial de lodo de esgoto. Esta perspectiva tem pressionado as empresas da área para a definição de alternativas para o gerenciamento e disposição final desse resíduo. Atividades estas de grande complexidade, porém, indispensáveis para que os resultados sanitários, ambientais e sociais esperados dos serviços de saneamento sejam plenamente alcançados.

Existe também um grande potencial de aumento da produção do resíduo em função da ampliação das redes de coleta de esgoto, de 22 toneladas de biossólidos produzidas em 2001 para 220 toneladas produzidas em 2005/2006.

O uso agrícola de lodos gerados em estações de tratamento de esgoto municipais, é a prática de muitas décadas em diversos países do mundo, seja por constituir uma alternativa a outras formas de disposição, seja pelo potencial desses lodos, como fonte de nutrientes para as plantas e no condicionamento de solos, atuando em suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Quando processados de modo a atender requisitos de qualidade que possibilitem a utilização segura na agricultura, esses lodos são denominados de biossólidos.

Os regulamentos estabelecidos para o uso agrícola nos países com práticas mais desenvolvidas, e mais recentemente, no Brasil, têm como preocupações fundamentais as possibilidades de contaminação do homem, animais, solo, água e plantas, estabelecendo critérios para utilização que contemplam três aspectos principais: o controle de metais pesados; o controle de microrganismos patogênicos; o controle da estabilidade do biossólido de forma a reduzir a possibilidade de atração de vetores após a disposição no campo - COMPARINI (2001).

Outras questões geralmente consideradas são relativas à presença de compostos tóxicos orgânicos e limitações de aplicação de macronutrientes, como o nitrogênio e fósforo.

Em muitas comunidades o lodo, resultante dos processos de tratamento dos esgotos, apresenta concentrações muito baixas dos compostos e elementos

químicos potencialmente prejudiciais à saúde e ao ambiente, e mesmo que essas concentrações excedam aos limites permitidos, medidas de controle podem ser implementadas nas fontes de produção visando garantir a qualidade do produto.

Por outro lado, o controle dos microrganismos patogênicos, presentes nos esgotos municipais dificilmente podem serem controlados na fonte e acabam se concentrando nos lodos produzidos.

Diversos processos de tratamento têm sido empregados e recomendados, objetivando a redução da concentração de patógenos nos biossólidos. Muitos, entretanto, apresentam custos elevados de capital ou de operação e manutenção, dificultando ou mesmo impedindo sua utilização no país nas condições atuais.

No Brasil, desconsiderando-se casos isolados do passado, é possível afirmar que a utilização agrícola de biossólidos e a conseqüente necessidade de pesquisas de alternativas de tratamento, visando à redução de patógenos, teve início há apenas alguns anos, fato decorrente do ainda pequeno número de instalações de tratamento de esgotos municipais em operação, particularmente as que produzem lodos de forma contínua.

A pesquisa de processos de tratamento que, de alguma forma, utilizem as vantagens que as condições brasileiras propiciam, como a elevada insolação e temperatura média ambiente em diversas regiões, merece atenção antes que soluções consagradas de custos mais elevados, como o tratamento térmico, venham a ser definitivamente escolhido.

1.1 Apresentação do Tema

O objetivo do projeto é propor uma alternativa da pesquisa será avaliar a eficácia da estocagem e secagem em estufa agrícola na redução da concentração de microrganismos patogênicos em biossólidos, verificando se esses processos de tratamento, simplificados e de custos mais baixos que os convencionais, seriam adequados ao atendimento dos requisitos para utilização em áreas agrícolas sob o ponto de vista microbiológico. Também estudar a viabilidade técnica e econômica de higienização do lodo de esgoto em estufa plástica como alternativa ao processo de caleação na Estação de Tratamento de Esgoto ETE-02 Shalon. Já testado em

algumas regiões do Brasil (Nordeste –VAN HANDEL e LETINGA 1994 e Sudeste – COMPARINI 2001), com eficiência satisfatória, o processo fundamenta-se na exposição prolongada do lodo à radiação solar associado a secagem acelerada e revolvimentos periódicos.

1.1.1 Local de Implantação

A implantação do projeto será na Estação de Tratamento de Esgoto ETE-02 Shalon localizada na rua Idalina Correa Gradela, S/N – Vila Shalon, na cidade de Foz do Iguaçu, compreendendo uma área de aproximadamente 10.238 m².

Processo de tratamento é composto por sistema de gradeamento, desarenação, calha Parshall, caixa divisora de vazão e RALF. Possui ainda 06 leitos de secagem, elevatória de lodo e pátio de cura para receber e processar o lodo seco das demais estações de Foz do Iguaçu. Possui sistema de tratamento compacto de fluxo ascendente que opera com manto de lodo e ação biológica que degrada a matéria orgânica do meio, através de RALF - Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado.

- População atendida 20.760 habitantes.
- Capacidade de tratamento 100 l/s.
- Vazão atual de 49 l/s.
- Eficiência no Tratamento de 80% de remoção de DBO e IQET 100%.
- Produção 16,5 toneladas de Lodo mês e 216 mg/l de ST.

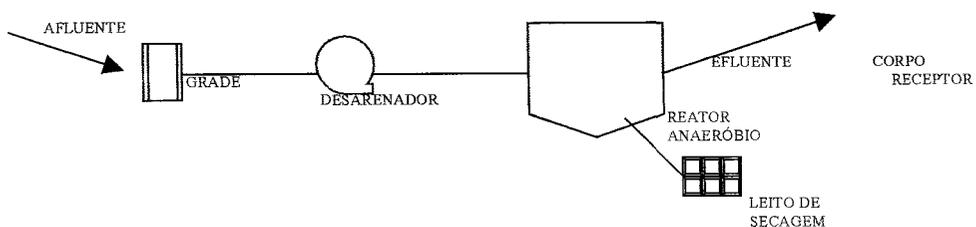


Fig 01 - Fluxograma Processo de Tratamento ETE 02 Shalon

Fonte [Sanepar]

Gradeamento – São dispositivos formados por barras metálicas paralelas, igualmente espaçadas, instaladas nas entrada das estações de tratamento. Sua função é reter sólidos grosseiros presentes no esgoto, tais como: papéis, estopas, pedaços de madeira, plásticos, latas, escovas, etc.

Desarenador - ou caixa de areia são unidades destinadas a reter material inerte (areia, terra, pedriscos, etc.) a fim de evitar o entupimento e obstrução de canalização e ainda impedir a formação de depósitos de areia dentro do reator. A retenção deste material ocorre devido à baixa velocidade com que o esgoto percorre a câmara, fazendo com que a areia sedimente no fundo.

Calha Parshall – é um vertedor que se adapta após o sistema desarenador, possui a função de regular a velocidade do fluxo no desarenador, possibilita também a medição da vazão do esgoto afluyente. A calha Parshall admite diferentes larguras na sua região mais estreita (garganta). Esta largura é definida em relação a vazão que o RALF recebe.

Reator - Local onde se processa de forma anaeróbia a biodegradação de compostos orgânicos do esgoto. Formado por um tronco de cone com a base menor voltada para baixo e paredes inclinadas de 45°.

O afluyente entrando na base do reator em um ou vários pontos tem sua velocidade de ascensão reduzida, permitindo que os sólidos sedimentáveis encontrem um ponto de equilíbrio entre a força ascensional e a gravidade, estacionando a uma determinada altura, (colchão de lodo). Estes sólidos, estacionados e distribuídos em toda a secção transversal do reator, servem de suporte para o desenvolvimento de bactérias anaeróbias face a ausência de oxigênio.

À medida que o manto de lodo se torna mais denso, passa a funcionar como filtro, retendo também os sólidos de menores dimensões, que nos processos clássicos de decantação, dificilmente são removidos.

A massa biológica, representada pelo manto de lodo, apresenta condições ideais no que se refere à relação alimento/bactéria.

O substrato disponível passa a ser o total de sólidos biodegradáveis presentes no afluyente, inclusive os solúveis e coloidais.

A eficiência do processo além de depender da temperatura e pH, é também dependente do tempo de retenção hidráulica, ou seja, o tempo disponível para as bactérias utilizarem o substrato.

Leito de Secagem - são unidades de tratamento projetadas para reduzir a umidade do lodo retirado do RALF através da drenagem e evaporação da água.

Após a retirada do lodo do reator, deve-se depositar sobre os leitos de secagem observando uma altura máxima de lodo de 30 cm

Corpo Receptor - Local onde se faz a descarga do efluente do processo de tratamento.

1.1.2 Processo de Reciclagem do Lodo na Agricultura

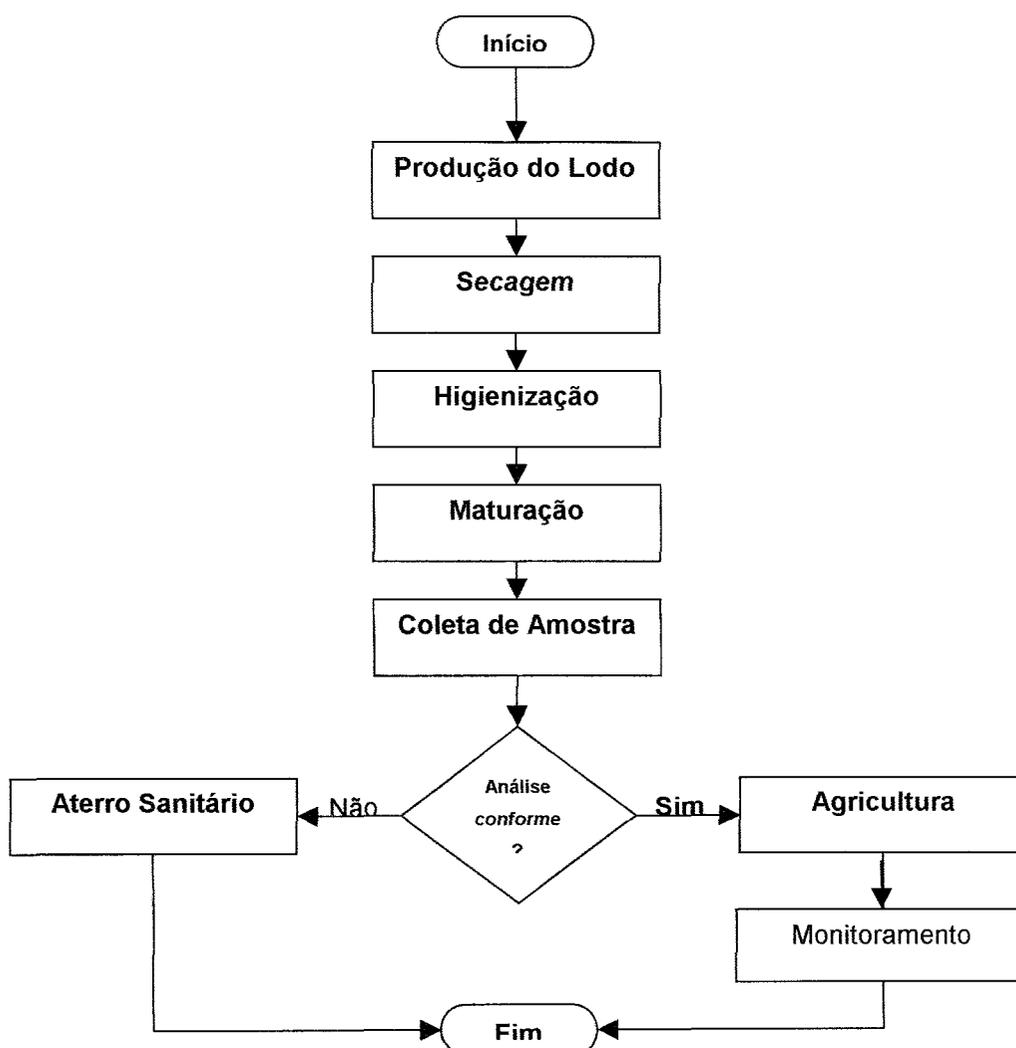


Fig 02 - Fluxograma do Processo Preparação Lodo Para Uso na Agricultura.

1.2 Justificativa

Atualmente a principal alternativa para disposição final do lodo é a utilização agrícola, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo. Para que o lodo seja utilizado na agricultura, exige-se que o lodo seja submetido a um processo de higienização, para reduzir a contaminação com patógenos a níveis seguros. A Sanepar vem utilizando a caleação com taxas de aplicação de cal de 50% e estocagem por 30 dias.

A adoção desta técnica apresenta altos custos. Estimativas preliminares, baseadas em cálculos teóricos, apontam para uma demanda de cal entre 700 e 900t mensalmente – a um custo de R\$ 300,00 / t (USEG, 2004) para processamento do lodo produzido pelas ETEs em todo o estado (APD, 2004 – documento interno).

O emprego de estufa pode representar reduções significativas de custo de investimento e insumos na higienização do lodo, especialmente nas ETEs de médio e pequeno porte.

A higienização em estufas plásticas dispensa a aplicação de cal e a demanda de pátios sofisticados para maturação, com um custo de investimento de cerca de R\$ 30,00 m². Os custos operacionais consistem na disposição na estufa e 3 a 4 revolvimento semanais, durante um período de 30 a 60 dias.

1.3 Definição dos Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral:

- Avaliar a aplicabilidade do uso de estufa plástica para higienização do lodo de esgoto na Estação de Tratamento ETE Shalon em substituição ao tratamento convencional;
- Integração de um conjunto de critérios técnicos com a finalidade de maximizar os benefícios potenciais dos biossólidos ao sistema agrícola, eliminando qualquer risco adverso ao ambiente e a saúde dos seres vivos;
- Garantir a destinação contínua do lodo de esgoto, na forma de biossólidos, para reciclagem agrícola;

- Assegurar a viabilidade técnica e econômica para o gerador (ETE) e para o agricultor (parceiro usuário);
- Não expor, a riscos, a integridade do ambiente e da saúde dos seres vivos.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar o uso de estufas plásticas sobre parâmetros sanitários do lodo (concentração de ovos de helmintos, coliformes fecais e salmonella).
- Avaliar a eficiência da higienização em estufa na unidade regional da SANEPAR de Foz do Iguaçu ETE Shalon, procurando estabelecer o período ideal de processamento na estufa em função das variações climáticas e sazonais.
- Avaliar o efeito da estufa sobre a umidade do lodo, condutividade elétrica e pH do lodo: fatores associados a higienização.
- Avaliar viabilidade técnica e econômica (investimento e operação) do processo comparativamente ao processo de caleação;

1.4 Apresentação da Empresa e da Unidade

1.4.1 Empresa

A Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar - foi criada no dia 23 de janeiro de 1963 para cuidar das ações de saneamento básico em todo o Estado do Paraná. Ela é uma empresa estatal, de economia mista, cujo maior acionista é o governo do Estado, com 60% das ações. A Sanepar tem como parceiro estratégico o Grupo Dominó, formado pelas empresas Vivendi, Andrade Gutierrez, Opportunity e Copel, que, juntas, detém 39,7% das ações. A Sanepar está presente em 621 localidades, beneficiando mais de 8,1 milhões de habitantes.

O Paraná, quando a Sanepar foi criada, tinha um baixo índice de atendimento da população com água tratada e esgoto. Apenas 8,3% da população recebiam água tratada e 4,1% tinha rede de esgoto. Das 221 sedes municipais existentes na

época, 19 possuíam os serviços de água e esgoto e 37 recebiam somente água tratada.

Trinta e quatro anos depois, em setembro de 1997, a Sanepar foi a primeira empresa de saneamento da América Latina a obter o certificado ISO 9002 para um sistema produtor de água: o Sistema Itaquí - Campo Largo, em função da política de qualidade adotada.

A Sanepar foi também a primeira empresa de saneamento das Américas a receber a certificação pelas normas da ISO 14001 para um sistema completo de água e esgoto, em novembro de 1999. O certificado é considerado um dos mais importantes e de maior reconhecimento em todo o mundo na área do meio ambiente e atesta que o sistema de Foz do Iguaçu é operado de forma ambientalmente responsável, desde a captação da água para tratamento até a destinação final do esgoto. A auditoria para indicação para a ISO 14001 foi feita pela empresa americana *ABS Quality Evaluations*.

É por isso que a companhia paranaense é hoje referência na América Latina e presta serviços de consultoria e promove intercâmbios e parcerias com outras companhias de saneamento. A Sanepar tem uma estreita relação com universidades e instituições científicas e desenvolve trabalhos que projetam seu domínio tecnológico e gerencial no Brasil e no exterior.

A Sanepar tem atualmente um foco social, que vai além da mera prestação de serviços públicos, concentrando esforços na transmissão de informações, na educação e na conservação ambiental.

1.4.2 Unidade Regional de Foz do Iguaçu

1.4.2.1 A História do Saneamento do Município de Foz do Iguaçu.

O sistema de abastecimento de água foi construído pelo extinto Departamento de Água e Esgoto (DAE) em 18 de setembro de 1960 (Sanare). O complexo era composto pelas unidades de captação de água no ribeirão M'boicy, estação de tratamento de água, e os reservatórios apoiado e enterrado com capacidade para 500m³.

No ano de 1968, um estudo elaborado pelo Governo do Estado do Paraná (gestão Paulo Pimentel), apontava deficiência na infra-estrutura no atendimento à população com relação ao abastecimento de água, coleta e remoção de esgoto. O município contava na época com uma população de 28.000 habitantes na área rural e 4.000 na área urbana e 3.500 domicílios atendidos com ligações de água tratada e 525 ligadas à rede coletora de esgoto.

Em 1973, a Sanepar assumiu o serviço de saneamento da cidade em regime de concessão. Em 1975 devido ao advento da construção de Itaipu e para atender a demanda de água nas vilas “A” e “B”, foi construída a captação de água do Rio Almada e instalada uma estação de tratamento metálica, desativada em 1978.

Com o grande salto populacional na década de 70, não teve outra alternativa, se não construir mais uma estação de tratamento de água com maior capacidade de produção para atender a demanda existente, denominada ETA do Rio Tamanduá, inaugurada em 1978, com previsão na época para atender a população para os próximos 20 anos.

A Itaipu mudou todos os prognósticos do município de Foz do Iguaçu. A população cresceu rapidamente, de 34.000 habitantes em 1970, 136.000 em 1980, 190.000 em 1990 para 268.000 no ano 2000. Os trabalhadores que deixaram o canteiro de obras fixaram residências na cidade, e muitos aventureiros chegaram a Foz do Iguaçu, atraídos pela perspectiva de bons negócios no chamado Novo Eldorado Brasileiro.

Na década de 80 inicia-se então a grande explosão demográfica do município, com abertura de inúmeros loteamentos, a construção de edifícios e da infra-estrutura hoteleira, com um crescimento registrado em média entre 12% a 13% ao ano, contrariando taxas médias de outras cidades do Paraná, que giravam em torno de 4% ao ano. Registra-se neste aspecto um crescimento desordenado sem um desenvolvimento adequado em todos os serviços de infra-estrutura da cidade.

Como em outras áreas, a infra-estrutura de saneamento (água e esgoto) não foi compatível com a demanda existente e necessária para satisfazer as necessidades básicas da população. Em 1986, começa a grande crise no sistema de abastecimento de água no município, devido a uma demanda reprimida, à qual, a produção de água não atendia. A cidade conviveu aproximadamente seis anos com

falta de água que atingia, diariamente, 50% da população ocasionando a insatisfação dos clientes. Cresciam as filas no atendimento personalizado e pelo telefone 195, crescia o número de reclamações dos clientes da Sanepar.

Além da deficiência de pessoal e de equipamentos, a Sanepar teve que conviver com diversas manifestações da sociedade civil organizada, imprensa, associações de moradores, com passeatas em frente ao escritório central e principalmente da Câmara de Vereadores. Em 1989, o Poder Legislativo chegou a propor projeto de lei para rompimento do contrato de concessão do município com a Sanepar.

Finalmente em 1992 entrou em operação a ETA vila C, a maior estação de tratamento de água do município, por sua captação estar localizada no imenso Lago de Itaipu.

1.4.2.2 A Unidade Regional de Foz do Iguaçu.

Atua na área urbana do Município e opera os sistemas de abastecimento de água e serviços de esgotamento sanitário. Abrange os processos de captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável; coleta, remoção, tratamento e disposição final de esgotos domésticos; e comercialização dos produtos e serviços de água e esgoto. A unidade está certificada pelas normas da ISO 14001 em todo o seu escopo.

O sistema de Foz do Iguaçu possui 1.048.879 metros de rede de distribuição e abastece 63.801 ligações de água, atendendo 96,84% da população da cidade (279.513 habitantes).

O sistema de Esgotamento Sanitário atende 49,24% da população (142.143 habitantes), coletando 28.919 ligações, através de 500.667 metros de rede. Com 04 Estações de Tratamento e 12 Elevatórias, atingiu o índice de 97,79% de tratamento de esgoto até o mês de Abril de 2006.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

2.1 Teorias e Conhecimentos Relacionados Com o Tema

A expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos e a produção de lodo, a capacidade das soluções provisórias para destinação final deste resíduo, como a estocagem irregular nas ETEs, o lançamento em rios e a disponibilização indiscriminada para agricultores, vem se esgotando rapidamente, pressionando à busca de alternativas de longo prazo e mais sustentáveis.

Embora concentre os principais poluentes dos esgotos, em geral o lodo caracteriza-se como um material rico em matéria orgânica e nutriente, com grande potencial de utilização em áreas agrícolas (USEPA, 1999; DAVIS E HALL, 1997; PEGORINI, 2002; ANDREOLI, 1999), representando esta uma alternativa promissora para destinação final destes resíduos.

No entanto, em função do perfil sanitário e do potencial para disseminação de doenças, é comum entre as exigências normativas (IAP, 2003; FERNANDES et al., 1996) a exigência de um processo de higienização visando minimizar estes riscos. Confirmando esta prerrogativa, EVANS (1998) ressalta ainda que o sucesso e a sustentabilidade esta prática depende fundamentalmente da garantia de qualidade do material.

Na Sanepar as perspectivas de produção de lodo, apontam para um salto de 3.000 m³/mês em 1999 (ANDREOLI et al., 1999) para cerca de 4.000 m³/mês em

2003 (APD,2003). As principais foram de disposição final na companhia atualmente é a reciclagem agrícola, após caleação (30 a 50% ST) e estocagem nas ETEs por 30 à 60 dias (APD,2003).

As ETEs devem ter áreas dimensionadas especificamente para o gerenciamento do lodo. O processo de estabilização e higienização e a estocagem são as operações relacionadas ao produto que devem ser efetivadas em área específica.

São vários os processos capazes de atingir estes resultados: pasteurização, oxidação, baixa pressão, tratamento com elevação de pH, compostagem, desinfecção química, radiação entre outros.

O uso agrícola do lodo de esgoto é uma prática difundida pelo mundo todo, representando, seguramente, a melhor alternativa de disposição para o resíduo. No entanto, sua viabilização está intrinsecamente associada à definição de uma estratégia de marketing e comercialização e de uma estrutura administrativa que agregue credibilidade ao produto.

A conquista da aceitação pública começa com a conscientização do quadro de funcionários da própria empresa. Todos os funcionários da empresa, do gerente ao operador da ETE devem apoiar o programa, não pela necessidade da empresa, mas pela qualidade e importância social do serviço que estará sendo prestado pela

companhia. A atividade só terá aceitação pública se tiver respaldo dentro da própria empresa.

Conquistada a aceitação interna, a conquista de mercado deverá ser apoiada na credibilidade da companhia. A SANEPAR tem uma área específica de pesquisa que vem desenvolvendo estudos a mais de dez anos em reciclagem agrícola de lodo, é uma empresa com infra-estrutura consolidada e credibilidade entre a população.

A reciclagem pode ser analisada ainda como oportunidade para melhoria da companhia. Em geral, a aceitação pública depende, entre outros fatores, do reconhecimento da necessidade do projeto, seus custos e benefícios; da confiança do público no projeto, ou seja, na adequação ambiental e na proteção à saúde pública. Assim, o desconhecimento e preconceito sobre a utilização do produto pelos agricultores e pelos são barreiras que precisam ser rompidas.

A divulgação entre os agricultores será realizada pelo profissional responsável pela assistência agrônômica do projeto. Desta forma a associação da URFI com uma empresa que tenha credibilidade e acesso fácil ao produtor rural terá reflexos positivos sobre a aceitação do produtor rural. O técnico não precisa fazer propaganda sobre o produto, e sim informar da disponibilidade do produto, suas características e seu potencial para uso na realidade peculiar a propriedade.

O esquema a seguir reproduz as diversas etapas do processo de reciclagem, apontando as fases do monitoramento.

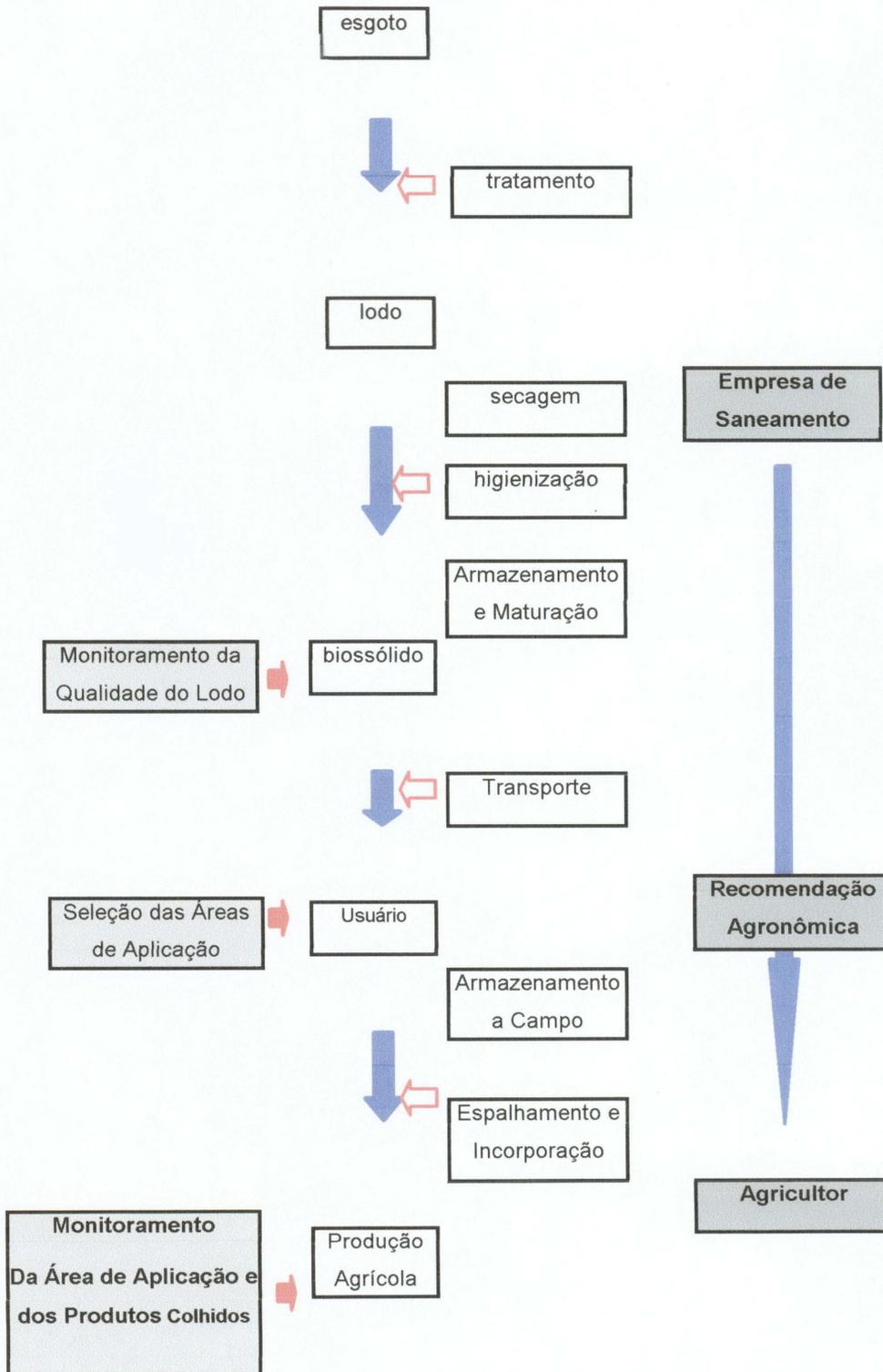


Fig 03 - Fluxograma do Processo de Reciclagem Agrícola de Biossólidos.

Fonte [Sanepar]

Limites de Qualidade

Devem seguir os parâmetros propostos pela Norma Técnica da SANEPAR para:

PARÂMETRO	VALOR LIMITE NO BÍOSSÓLIDO
Cádmio – Cd	20 mg/kg matéria seca
Cobre - Cu	1.000 mg/kg matéria seca
Níquel - Ni	300 mg/kg matéria seca
Chumbo - Pb	750 mg/kg matéria seca
Zinco - Zn	2.500 mg/kg matéria seca
Mercúrio - Hg	16 mg/kg matéria seca
Cromo - Cr	1.000 mg/kg matéria seca
Helmintos – viabilidade de ovos	0,25 ovos /g matéria seca
Coliformes Fecais	10 ³ NMP / g matéria seca

Responsabilidades

Mesmo aprovado pelos critérios sanitários e pelos teores de metais pesados e de cinzas, ha utilização do lodo requer cuidados adicionais. É necessária uma seleção criteriosa das áreas onde o lodo será utilizado, de forma a reduzir a níveis insignificantes os riscos associados ao uso agrícola do resíduo e proporcionando a expressão máxima do potencial do resíduo para fertilização do solo.

A capacidade dos solos da região para uso de lodo foi mapeada ha nível de reconhecimento neste estudo, quando foram identificadas as áreas onde as características do solo, do relevo ou de sua associação não condizem com os níveis de segurança que o programa de reciclagem necessita. Também foi identificada

extensa área própria para a utilização do lodo, muito superior a imprópria. Porém, na definição exata da capacidade do solo é indispensável à análise de outras informações não disponíveis ha nível de detalhamento possível.

Estas informações só podem ser obtidas ha nível de propriedade rural, devendo ser de responsabilidade de um Eng. Agrônomo a responsabilidade pela avaliação destas características.

Estas características se referem principalmente ao risco de movimentação dos componentes do lodo por lixiviação ou escoamento superficial e a restrições quanto as espécies com as quais é compatível o uso do lodo. Também é responsabilidade deste profissional efetuar a recomendação agrônômica para uso do insumo, definindo dosagens, épocas de aplicação e orientando sobre as características do produto, as formas e precauções para aplicação.

Os técnicos que forem responsabilizados pelo processo de identificação das áreas e orientação ao agricultor deverão receber treinamento para tanto. Os critérios para execução destas tarefas (seleção das propriedades e orientação quanto ao manuseio) estão descritos na Norma Técnica Preliminar da SANEPAR.

2.2 Estudo e Pesquisas Anteriores Relacionadas ao Projeto

Os principais fatores envolvidos na higienização do lodo são pH, temperatura, umidade, radiação, teor de umidade e tempo de tratamento (LUE-HING et al., 1992; FER REIRA et al., 1999; ILHENFELD et al, 1999). Estes fatores apresentam faixas inóspitas/inadequadas para a sobrevivência dos patógenos e podem ser potencializadas com a associação de parâmetros: temperatura e pH (RUBIN, 1996); umidade, radiação e temperatura (FRANÇA, 2002); estocagem em leitões de

secagem por períodos superiores a 3 meses (EPA, 1992); secagem ao ar (EPA, 1992), etc.

A secagem ao ar, ou secagem natural, por períodos prolongados é considerada um processo de redução significativa de patógenos (COMPARINI, 2001), reduzindo em cerca de 90% a densidade de bactérias e vírus patogênicos em condições norte americanas (EPA, 1992). A secagem natural pode ser efetiva na destruição de ovos de *Ascaris*, considerados os mais resistentes e difíceis de eliminar entre os organismos patogênicos. A exposição ao sol (radiação), associado à ação da temperatura e redução da umidade reduz e destrói as estruturas de resistência destes organismos (FEACHEM et al, 1983; BONNET et al, 1998; PIKE, 1983). A secagem em estufa libera ainda NH_3 , agente biocida de alta eficiência.

Já em 1950 HOGG obteve eliminação satisfatória de ovos de *Ascaris*, em lodos expostos ao sol em leitos de secagem em camadas de 3,7 a 15 cm (COMPARINI, 1999). Na camada mais fina houve destruição completa. VAN HANDEL e LETTINGA (1994) *apud* AISSE et al. (1999) destaca que o uso da energia solar, através da cobertura dos leitos de secagem, reduz a concentração de bactérias patogênicas. Segundo PIKE (1983), embora os ovos de *Ascaris* possam permanecer por muitos anos em condições de umidade adequadas, podem ser destruídos pela secagem e exposição à radiação.

No Brasil ensaios objetivando avaliar o potencial da utilização de estufas plásticas para higienização do lodo foram estudados por COMPARINI (2001) com lodo da ETE FRANCA (SABESP-SP). O autor testou o processo com lodo desaguado em prensa (aproximadamente 80% de umidade) durante 40 a 70 dias, com e sem revolvimento inicial (4 semanas). A torta final atingiu teores de umidade abaixo de 50% (sem revolvimento), chegando a 80% ST após 56 dias (com

revolvimento inicial). A viabilidade de ovos de helmintos foi reduzida abaixo dos 0,25 ovos / g ST (limite normativo exigido pelo IAP) após 40 dias (com revolvimento inicial) e 50 dias (sem revolvimento inicial).

FRANÇA (2002), FERREIRA (2001) e CHERUBINI (2002) testaram processos de revolvimento e injeção de calor em leitões visando otimizar o potencial de higienização neste sistema, obtendo resultados satisfatórios.

Existem várias formas de associar secagem e higienização do lodo, porém, o uso de leitões de secagem já é uma tecnologia bastante difundida e de baixo custo. Essa eficiência está condicionada a inúmeros fatores como a precipitação, insolação e ventos (FERREIRA, 2001).

3 DIAGNÓSTICO ATUAL

3.1 Descrição do Problema

A expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitário vem resultando num incremento acelerado na produção de resíduos, em especial de lodo de esgoto. As quantidades de lodos produzidas interferem na disposição desse material, por demandarem áreas maiores e capacidades diferenciadas dos equipamentos de transporte e das instalações de armazenamento. A quantidade de lodo aumenta na medida em que aumenta o nível de tratamento. Esta perspectiva tem pressionado as empresas da área para a definição de alternativas para gerenciamento e disposição final deste resíduo. Atividades estas de grande complexidade, porém, indispensáveis para que os resultados sanitários, ambientais e sociais esperados dos serviços de saneamento sejam plenamente alcançados.

3.2 Análise das Causas do Problema

Os lodos produzidos nas estações de tratamento de esgotos sanitários são considerados poluidores dependendo da concentração de agentes tais como: organismos patogênicos e metais pesados.

Os organismos patogênicos são inerentes aos esgotos e conseqüentemente aos lodos provenientes de estações de tratamento de esgotos. A presença de organismos patogênicos, ainda que substancialmente reduzida, pode causar sérios problemas de poluição na medida em que se verifica a possibilidade da sua disseminação pelo meio ambiente.

Os lodos de estações de tratamento que recebem apenas efluentes domésticos contém pequena quantidade de metais pesados provenientes da própria natureza dos resíduos e canalizações. Entretanto, além desses níveis naturais, podem ocorrer ligações clandestinas de pequenas fontes de contaminação que aumentam a carga poluidora, concentrando maior quantidade de metais pesados no lodo.

A avaliação da qualidade do lodo é necessária para determinar a viabilidade do lodo para aplicação na agricultura, e para controlar a adição de nutrientes e metais pesados no solo.

3.3 Importância Percebida Pelo Pessoal da Área, Clientes em Relação ao Problema e Prioridade de Sua Solução.

Valor	Gravidade	Urgência	Tendência	G x T x U
5	Geração do Lodo de Esgoto	Tratamento do Lodo	Passivo Ambiental	125
4	Tratamento do Lodo	Caracterização do Lodo	Não tem destinação p/ Lodo	64
3	Estocagem do Lodo	Análise do Lodo	A não renovação da Autorização Ambiental	27
2	Destinação do Lodo	Autorização Ambiental	Aumento e Acúmulo do lodo no pátio da Estação de Tratamento de Esgoto	8
1	Monitoramento da Aplicação do Lodo na Agricultura	Resultados de Acompanhamento das Culturas	Fertilização do Solo	1

Fig 04 - Matriz GUT Demonstra Problemas, Prioridades e Soluções Lodo Esgoto.

A Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981, "Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente", em seu artigo 2º, diz "tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar no País, condições de desenvolvimento sócio-econômicos, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana". Através dessa Lei é que foram criados o Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA, o Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA e a Secretaria Especial de Meio Ambiente-SEMA, assim como os órgãos estaduais e locais de meio ambiente.

Dentro das diretrizes nacionais, o universo dos resíduos levantados é passível de uma classificação de acordo com as normas da ABNT. É forçoso observar que as Normas Brasileiras nem sempre são suficientes ou adequadas ao trabalho em questão.

A NBR-10.004 de setembro de 1987, em seu item 3, Definições, sub-item 3.1 - Resíduos Sólidos, define:

"Resíduo no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles oriundos de equipamentos e instalações de controle

da poluição, bem como determinados líquidos cujas peculiaridades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Outro fator relevante nesta norma, diz respeito as classes dos resíduos, que são:

Classe I : Perigosos

Classe II: Não inertes

Classe III: Inertes

Os resíduos Classe I (perigosos) são caracterizados por inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.

No que diz respeito à patogenicidade, o sub-item 4.1.5.1 diz que “Um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa, dele obtida segundo (NBR 10007) - Amostragem de resíduos, contiver microrganismos ou se suas toxinas forem capazes de produzir doenças”. No sub-item seguinte, 4.1.5.2 “Não se incluem neste item os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos”.

Os resíduos de Classe II são os não inertes. Eles não se enquadram nas classificações I e III. Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água.

Os resíduos de Classe III são os inertes. Em contato com a água não solubilizam qualquer de seus componentes. Como exemplo destes materiais pode-se citar: tijolos, rochas, vidros, certos plásticos e borrachas não decompostos prontamente.

Alguns exemplos de resíduos que se enquadram nas diferentes classes segundo a ABNT são:

- Classe III: plásticos, minerais insolúveis-borras, metais, peças usadas;
- Classe II (lodo de ETE e ETA, papel, restos de alimentos); e
- Mistura de Classe I e II (resíduos de limpeza da rede coletora, material sobrenadantes, resíduos do tratamento preliminar).

No caso dos lodos de ETE, em condições usuais, são classificados como resíduos Classe II (não inertes). A situação que poderia fazer um lodo de esgoto passar a Classe I, seria uma grande contribuição de efluente industrial que contaminasse o lodo com altas doses de metais pesados. Assim em todo programa de tratamento e disposição final de lodo é necessário um monitoramento constante das características do lodo.

É claro que a classificação feita a partir de análises se aplica a um lote de lodo e não a todo o lodo produzido por um sistema, pois de acordo com a mudança das características do efluente tratado, pode variar a composição do lodo. Este fato é reconhecido nos programas de reciclagem agrícola, onde o monitoramento é feito em função dos lotes a serem distribuídos e caso um lodo esteja com níveis de metais acima dos limites preconizados, ele não poderá ser disponibilizado para o agricultor.

3.4 Disponibilidade de Recursos e Competências Para Resolver o Problema

Para a implantação de um sistema de processamento de lodo de esgoto, seja para aplicação na agricultura ou qualquer outra forma de disposição final, é fundamental que sejam realizadas análises dos custos envolvidos no projeto. Para tanto devem ser considerados os investimentos iniciais em infra-estrutura necessária, os custos operacionais de processamentos, transporte e disposição do lodo tendo em vista a sua importância para a tomada de decisão e viabilidade dos projetos.

Todos os custos de investimento, manuseio do lodo e análises previstas no projeto serão custeados pela Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento (APD), DMA, no entanto, a competência para o correto acompanhamento do projeto será da participação de um técnico da Unidade Regional de Foz do Iguaçu.

4 PROPOSTA

4.1 Método, Modelo, Sistema e Processos a Serem Implantados.

4.1.1 Fluxograma

É uma representação gráfica que mostra os passos de um processo e como eles estão relacionados entre si. Podendo ser utilizado para: compreender o processo, identificar os ciclos de retrabalho e/ou orientar na identificação de problema.

Será utilizado para mostrar o processo de tratamento da ETE 02 – Shalon figura 01 e Demonstração do processo do lodo na agricultura figura 02.

4.1.2 Coleta de Dados.

Dados e fatos são fundamentais para melhoria da qualidade. Tem como propósito: Inspeccionar, para aceitar ou rejeitar um produto; monitorar, ou seja, acompanhar o desempenho do processo e/ou controlar, para diminuir as perdas.

Será utilizado na execução das leituras nos equipamentos instalados dentro e fora da estufa, e registrado nos anexos 1 e 2.

4.1.3 Carta de Tendência.

Cartas de tendência são empregadas, para representar dados visualmente. São utilizadas para monitorar um sistema, a fim de se observar ao longo do tempo a existência de alterações na média e identificar tendências significativas.

Será utilizada para acompanhamento e monitoramento das leituras obtidas de temperatura, umidade do ar, índice pluviométrico e resultado das análises bacteriológicas do lodo, após a coleta dos dados.

4.1.4 Matriz Gut

- G – Gravidade
- U – Urgência
- T – Tendência

É a técnica de análise e seleção de problemas, defeitos ou não-conformidades, com o objetivo de priorizá-los, fazendo-se três perguntas a respeito de cada um:

- Qual a **gravidade** do desvio?

Que efeitos surgirão há longo prazo caso o problema não seja corrigido? Qual o impacto do problema sobre as pessoas e sobre o meio ambiente? Se os impactos, prejuízos ao meio ambiente, problemas ou dificuldades são extremamente graves, a nota deverá ser 5. Se não há gravidade, a nota será 1. Respostas intermediárias receberam notas entre 4 a 2.

- Qual seria **urgência** de se eliminar o problema?

Refere-se ao prazo que se possui para resolver o impacto observado. Se for necessária uma ação imediata de mitigação do impacto, a nota será 5, se não há urgência será 1. Urgências intermediárias seriam contempladas com notas de 4 a 2.

- Qual a **tendência** do desvio e seu potencial de crescimento?

Se o impacto é progressivamente maior, tenderá a diminuir ou ainda desaparecer naturalmente. Se a situação piorar imediatamente, caso o problema não seja solucionado, a nota deverá ser 5, se não piorar será 1. As Notas restantes estarão no intervalo destes dois valores.

Será utilizado no item 3.3 – Importância percebida pelo pessoal da área, clientes em relação ao problema e prioridade de sua solução.

4.1.5 Estufa

O projeto contará com uma estufa plástica do tipo túnel alto, utilizando filme plástico transparente 150 μ UVB, figura 6. A estufa tem altura máxima de 2,80 m, com 5,00 m de largura e 10 m de comprimento. A estrutura das estufas será de tubos de PVC.

O lodo será disposto em leiras, montadas no interior da estufa, com cobertura e laterais fechadas em lona plástica translúcida, de acordo com as figuras 4 e 5.

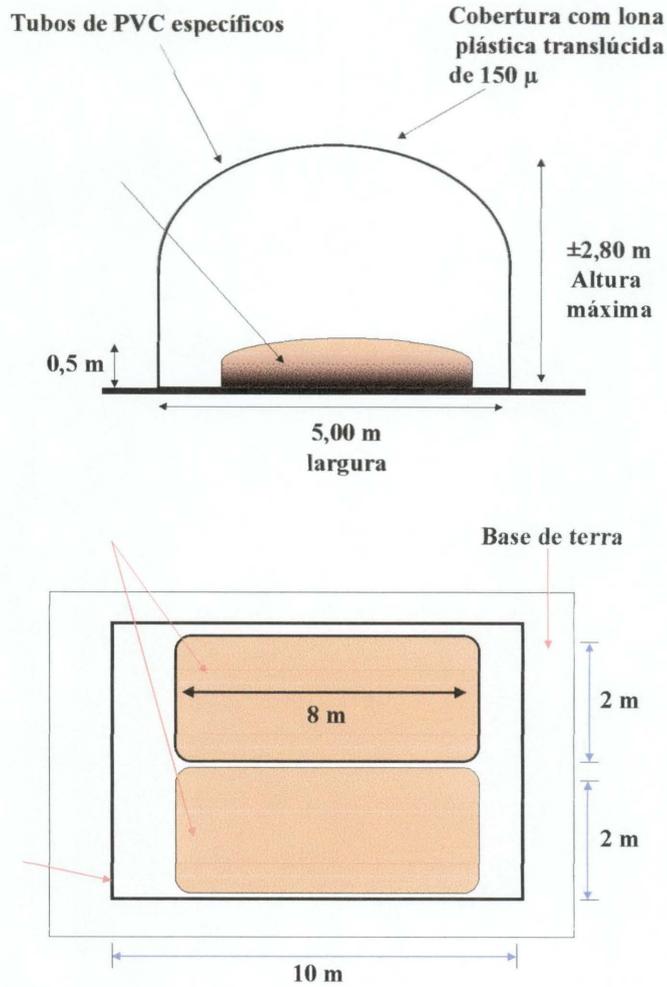


Fig 05 - Desenho Esquemático da Higienização do Lodo em Estufas Plásticas



Fig 06 - Modelo de Estufa Para Higienização de Lodo.

A função da estufa é de ampliar o efeito de evaporação, aquecimento do lodo, e não permitir o reumedecimento com a chuva, associados ao fator irradiação.

4.1.6 Duração do Projeto

O projeto consta de 3 repetições, com período de duração estimado de 2 meses cada, com a seguinte previsão de execução:

Primeira repetição: Outono/inverno - → início em maio e término em julho de 2006.

Segunda Repetição: Inverno/Primavera → início em agosto e término em outubro de 2006.

Terceira Repetição: Primavera/Verão → início em novembro e término em janeiro de 2007.

4.1.7 Processamento

Os lodos de esgoto serão provenientes das estações de tratamento de esgotos da cidade de Foz do Iguaçu onde será montada a estufa.

Após o desaguamento em leitos de secagem, conforme procedimentos usuais, o lodo será caracterizado e disposto na estufa numa quantidade de aproximadamente 15m³. A disposição será realizada em 2 leiras com dimensões de 2 m de largura, 8 m de comprimento e 0,5 m de altura.

As leiras terão processamento diferenciado: uma será revolvida 3 vez por semana durante o primeiro mês; enquanto a outra não será revolvida. Com este procedimento, objetiva-se avaliar se o revolvimento potencializa e/ou acelera a higienização.

O teor de sólidos deverá estar acima de 35% no início do processo para evitar a presença de água livre e o risco de contaminação do lençol freático.

4.1.8 Plano de Amostragem

A amostragem do lodo de esgoto será realizada nos dias 0 (caracterização), 7, 14, 28, 56 e 70 do início de cada experimento.

Nas datas de amostragem será coletada 1 amostra composta de cada leira. Cada amostra composta será formada por 4 amostras simples retiradas de profundidades distintas (superficial e profunda) da leira.

As amostras serão coletadas e condicionadas em embalagens plásticas sendo armazenadas sob refrigeração por até 24 horas antes do envio para o laboratório para a realização das análises.

As temperaturas máximas e mínimas do ambiente no interior das estufas serão monitoradas diariamente ao longo de cada um dos experimentos.

4.1.9 Análises

Serão monitorados:

No lodo: teores de sólidos totais (umidade) e fixos (estabilidade), pH, helmintos (ovos totais e ovos viáveis), condutividade elétrica;

No ambiente: temperatura e umidade relativa diária no interior da estufa, nebulosidade e pluviometria.

4.2 Etapas da Implantação

1. Implantar estufas piloto para higienização.
2. Desenvolver 03 experimentos de higienização em estufa para avaliar a influencia dos parâmetros climáticos sazonais sobre a eficiência da técnica.
3. Monitorar os fatores climáticos temperatura, umidade relativa do ar e nebulosidade durante os 03 experimentos.
4. Monitorar a influencia da técnica sobre os parâmetros ovos viáveis de helmintos, concentração de sólidos totais, concentração de sólidos fixos, pH e condutividade elétrica do lodo durante os 03 experimentos.
5. Correlacionar os fatores climáticos e os parâmetros de monitoramento do lodo para avaliar a influência regional.
6. Estabelecer critérios para elaboração de projetos e procedimentos de operação da técnica.
7. Avaliar o potencial de aplicação dos resultados em outras unidades da Sanepar.
8. Elaborar procedimentos corporativos.

4.2.1 Etapas da Execução do Projeto.

- Construção da Estufa.
- Transporte do Lodo para estufa.
- Montagem das leiras de lodo dentro da estufa.
- Revolvimento contínuo de uma das leiras.
- Monitoramento dos parâmetros climáticos.
- Monitoramento dos parâmetros do lodo.

4.2.2 Como Implementar Cada Etapa.

Construção da Estufa

- a.1) Elaboração dos processos de aquisição da estufa.



Fig 07 - Estufa Implantada em Foz do Iguaçu

- a.2) Transporte do Lodo para a estufa

Transporte do lodo do leito de secagem até a estufa, carregamento através de carrinho de mão com o auxílio de pá, enxada e equipamentos de proteção individual.

- a.3) Montagem das leiras de lodo dentro da estufa

- Montar duas leiras dentro da estufa.
- Uma leira será revolvida e a outra permanecerá sem revolvimento.
- Deixar uma faixa entre as duas leiras para circulação das pessoas.
- Manter as leira identificadas com placas.



Fig 08 - Montagem das Leiras dentro da Estufa



Fig 09 - Leira sem Revolvimento



Fig 10 - Leira Revolvida

a.4) Revolvimento Contínuo do lodo

- O lodo de uma das leiras deverá ser revolvido periodicamente.
- O revolvimento deve ser de uma única leira.
- Deverá ser realizado 3 vezes por semana: Todas segundas, quartas e sexta-feira.
- Deverá ser realizado com enxadas e pás.
- Deve-se tentar quebrar os torrões formados no lodo durante o processo de secagem.
- Tentar manter sempre o mesmo padrão de mistura e remontagem da leira removida.

a.5) Monitoramento dos parâmetros climáticos.

Será efetuada a leitura dos instrumentos instalados dentro e fora da estufa, e os resultados obtidos serão anotados em planilha específica.

4.2.3 Forma de Monitoramento

4.2.3.1 Parâmetros Climáticos – Fatores de Higienização.

- Parâmetros dentro da estufa
 - Umidade do ar
 - Temperatura de máxima
 - Temperatura de mínima
- Parâmetros fora da estufa
 - Temperatura ambiente
 - Índice pluviométrico
 - Nebulosidade

4.2.3.2 Monitoramento das Condições Climáticas

- Equipamentos de leitura dos parâmetros climáticos
 - Parâmetro dentro da estufa

Termohigrômetro
Termômetro de máxima e mínima
Parâmetro fora da estufa
Pluviômetro
Termômetro

4.2.4 Coleta do Lodo

- Para cada leira
Pegar uma pequena quantidade de lodo de três diferentes locais da mesma leira.
Cuidar para coletar de todo o perfil da leira.
Evitar as margens das leiras.
Misturar o lodo coletado dos 3 diferentes pontos.
Dividir a amostra em duas de 1,0 Kg e acondicione em saco plástico identificado.
- Para amostragem
Identificar os sacos como Leira revolvida e não revolvida.
Lacrar e enviar os sacos com lodo para a Sanepar – APD.
Enviar para a APD em no máximo 24 horas após coleta.
Enviar as amostras em isopor com gelo

4.2.5 Etapas da Operação

- Coleta da amostras.
- Envio das amostras e dados para a APD (área de pesquisa e desenvolvimento).
- Registro Fotográfico.
- Análises dos resultados.
- Avaliação da viabilidade econômica.
- Reuniões de discussão dos dados.
- Repasse das informações.

4.2.6 Parâmetros Para Viabilidade Econômica

- A eficiência e precisão dos resultados dependem dos procedimentos de campo (operação), coleta de amostras, cuidados no envio e análise dos resultados.
- O projeto demandará monitoramento freqüente que deverá ser realizado pelo menos 3 vezes por semana.
- Apesar dos lodos trazerem em si um potencial poluidor, as destinações possíveis são múltiplas, conforme atesta a experiência internacional, sendo, portanto necessário ampliar a normalização brasileira para propiciar, além do perfeito conhecimento da magnitude dos diversos problemas e soluções correlacionadas com o tema, a viabilização da implantação das soluções estruturadas e o controle posterior.
- As culturas que podem beneficiar com a reciclagem de lodo representam 98,48% da área cultivada no município de Foz do Iguaçu, sendo dividida entre culturas de cereais, cana de açúcar e fruticultura, como mostra o gráfico da figura 11.

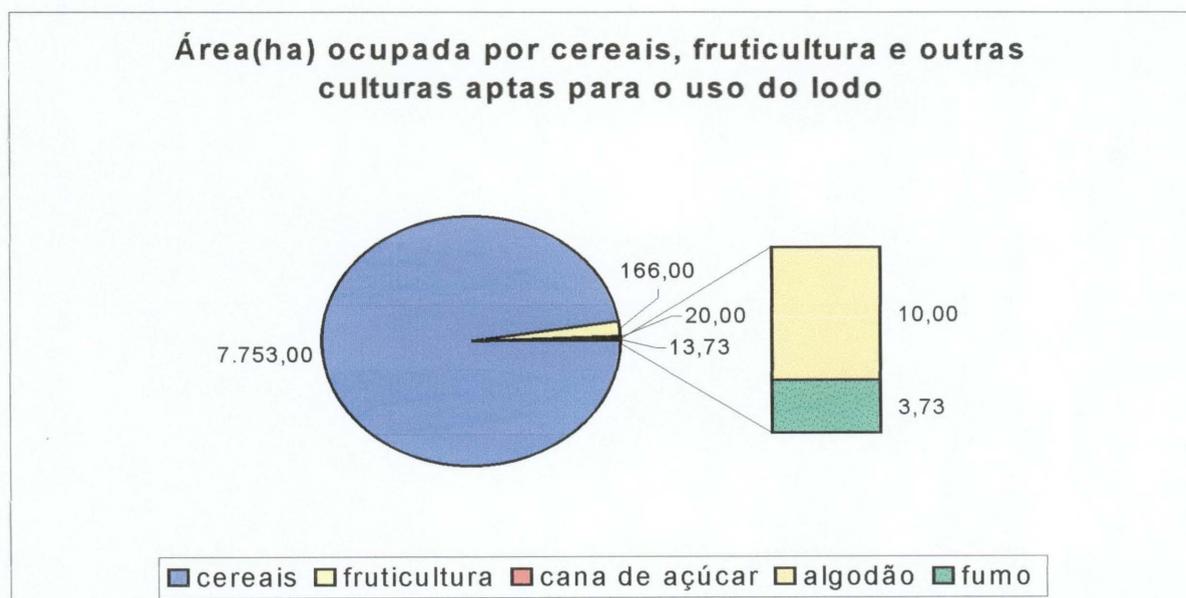


Fig 11 - Gráfico das Culturas Permitidas Para Uso do Lodo

Os cereais são as culturas mais recomendadas para utilização de lodo. Normalmente, antes de chegarem à mesa dos consumidores estes produtos

passam por um processo industrial, e dificilmente são consumidos “in natura”. Outros constituem matéria prima para as fábricas de ração destinada a alimentação animal (milho, soja, trigo, etc...), ou ainda são cultivados para a melhoria das propriedades físico-químicos e biológicos do solo, os chamados adubos verdes. O gráfico da figura 12 sumariza a situação da região em relação à produção de cereais.

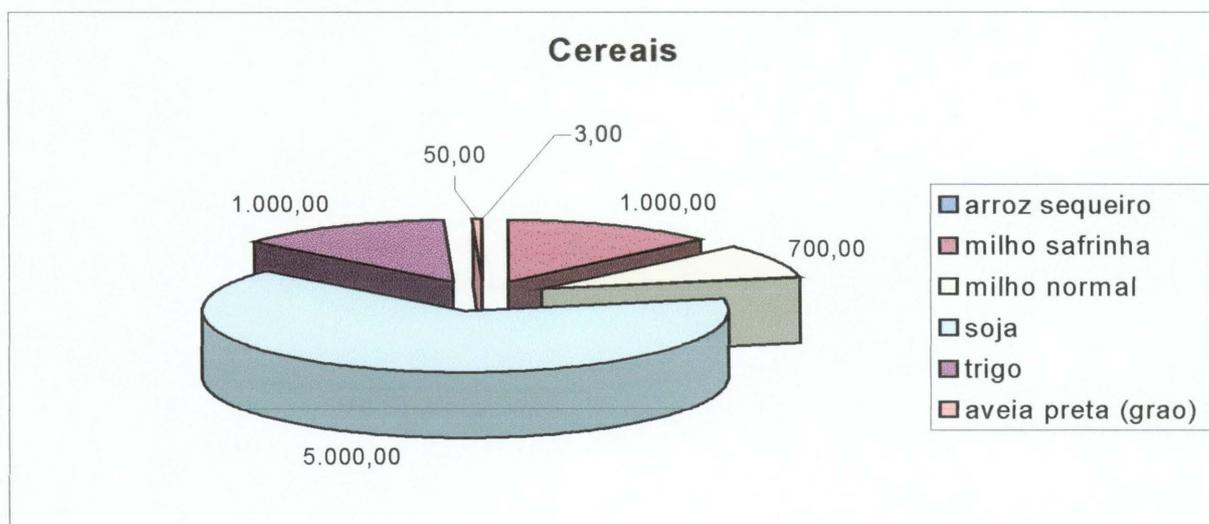


Fig 12 – Gráfico da Distribuição por Área (ha) dos Cereais em Foz do Iguaçu.

A reciclagem de lodo de esgoto na agricultura é um trabalho complementar de saneamento público. Prioriza-se a segurança, através do controle absoluto de todas as operações envolvidas e a eficiência, através do desenvolvimento de novos processos, redução de custos e da parceria com agricultores cadastrados.

4.2.7 Manejo da Estufa

- A estufa deverá permanecer sempre aberta durante o dia.
- Deve-se aproveitar o vento e os dias de sol para circulação de ar.
- Durante a noite, fechar as cortinas devido ao aumento da umidade do ar.
- Se estiver chovendo ou com umidade relativa do ar muito alta – manter estufa fechada.

4.2.8 Cronograma Físico das Etapas de Implantação

ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO	ANO 2006											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Implantação da estufa	X											
Desenvolver 03 experimentos de higienização				X				X				X
Monitorar os fatores climáticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitorar parâmetros ovos viáveis de helminto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitorar concentração de sólidos totais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitorar concentração de sólidos fixos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitorar pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitorar condutividade elétrica do lodo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Avaliar aplicação em outras unidades												X
Correlacionar fatores climáticos												X
Estabelecer critérios p/ elaboração projetos												X
Estabelecer procedimentos de operação técnica												X
Elaborar procedimentos corporativos												X

Fig 13 - Etapas de Implantação

4.2.9 Cronograma de Recursos

CRONOGRAMA							
Mês	Descrição	Finalidade	Instituição/Unidade Sanepar	Qdte.		Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
JAN	Estufa	Implantação	APD e URFI	1,0	Unidade	3.000,00	3.000,00
JAN à DEZ	Embalagens p/ Amostra	Conservação da Amostra	APD e URFI	125,0	Unidades	0,40	50,00
JAN à DEZ	Luvas	Proteção Individual	URFI	1,0	Caixa	16,00	16,00
	Máscaras	Proteção Individual	URFI	1,0	Caixa	20,00	20,00
JAN à DEZ	Mão de Obra	Disposição do Lodo na Estufa	URFI	3,0	Dias ano	100,00	300,00
		Revolvimento do Lodo na Estufa	URFI	36,0	Hora homem	15,00	540,00
JAN à DEZ	Serviços de Laboratório	Análise de ST e SF	APD	27,0	Análises	24,00	648,00
		Análises de Cond. Elétrica e pH	APD	27,0	Análises	14,00	378,00
		Parâmetros Agronômicos	APD	9,0	Análises	100,00	900,00
		Análises de Helmintos	APD	27,0	Análises	150,00	4.050,00
TOTAL							9.902,00

Fig 14 - Cronograma Físico-Financeiro

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO

5.1 Como e Com Que Eficiência a Proposta Resolve os Problemas Encontrados no Diagnóstico

Melhora da qualidade do lodo de esgoto e redução de riscos ambientais com a disposição final adequada. Assegurando a proteção a saúde pública e ao meio ambiente, a produção tende a aumentar gradativamente pela ampliação da cobertura populacional com o tratamento de esgoto.

O tratamento e higienização através de estufa plástica, é uma nova tecnologia além do que temos hoje que é o misturador de lodo (maromba), porém com algumas vantagens:

- *Eliminação de produtos químicos, pois deixaremos de utilizar a cal virgem na qual estamos gastando aproximadamente R\$ 34.440,00 (Trinta e Quatro Mil e Quatrocentos e Quarenta Reais) por ano;*
- *Impacto Ambiental, pois deixaremos de utilizar aproximadamente 88.000 Kg/ano de cal virgem;*
- *Manuseio de Produtos Químicos, (cal virgem) não haverá mais a necessidade de ter o contato direto com o produto causando irritação nos olhos e queimadura no corpo;*
- *Custo (produto químico e equipamento) substituição de produto químico por energia solar a custo zero e dispensa de equipamento (maromba), uma vez que o lodo após o processo de secagem vai direto para as estufas plásticas para higienização e maturação;*
- *Dispensa de estrutura física para armazenar o lodo após o processo de caleação, pois o lodo tratado através de estufas plásticas vai direto para agricultura não necessitando ficar por um período de 30 dias estocado através do processo de calagem.*
- *Redução da quantidade de lodo produzido, uma vez que no processo de caleação é adicionado de 30% a 50% de cal virgem.*

5.2 Como e Com Que Eficiência a Proposta Atende os Requisitos de Solução de Problemas Encontrados no Diagnóstico

Redução dos custos para disposição final do lodo de esgoto, através da redução do volume para transporte, custos de higienização e desenvolvimento de tecnologia para redução do passivo ambiental da empresa.

Como pesquisa de tecnologia para a produção de um material com maior segurança sanitária e com campo mais vasto de utilização acaba sendo necessária, até pelo fato de que os regulamentos tendem a se tornar mais restritivos no futuro.

A reciclagem do lodo de esgoto na agricultura é uma solução:

- Economicamente interessante;
- Sustentável por tempo indeterminado;
- Proporciona a reciclagem de nutrientes;
- Reduz a pressão sobre aterros sanitários;
- Benefícios à imagem da empresa perante a sociedade.

5.3 Análise de Custo e Benefício da Proposta

O emprego de estufa pode representar reduções significativas de custo de investimento e insumos na higienização do lodo, especialmente nas ETEs de porte pequeno e médio. A cal representa aproximadamente 50 % dos custos operacionais do processo de reciclagem agrícola do lodo nos sistemas com desaguamento em leito de secagem. O pátio de estocagem apresenta custos de investimento da ordem de R\$ 180,00/m², com capacidade de estocagem de aproximadamente 1 a 1,5 m³ de lodo caleado/m³.

A higienização em estufas plásticas dispensa a aplicação de cal e a demanda de pátios sofisticados para maturação, com um custo de investimento de cerca de R\$ 30/m². Os custos operacionais consistem na disposição na estufa e 3 a 4 revolvimentos semanais.

Após o processamento nas estufas, cujo período pode variar de 30 a 40 dias, o lodo pode ser carregado e utilizado diretamente na agricultura. Adicionalmente obtém-se redução significativa de volume pelo aumento de teor de sólidos do lodo.

A eliminação do uso da cal não constituirá elemento limitante ao uso agrícola tendo em vista que o lodo apresenta outros componentes de grande interesse para os agricultores, especialmente nitrogênio e matéria orgânica, e que promovem resultados igualmente significativos nas lavouras. Em outras regiões do Brasil e do mundo o lodo vem sendo utilizado sem cal, sem causar restrições de demanda ou de aceitação junto aos agricultores. Destaca-se ainda que a caleação representa um dos principais custos no processo de reciclagem de lodo.

A reciclagem pode ser analisada ainda como oportunidade para melhoria da companhia. Em geral, a aceitação pública depende, entre outros fatores, do reconhecimento da necessidade do projeto, seus custos e benefícios; da confiança do público no projeto, ou seja, na adequação ambiental e na proteção à saúde pública. Assim, o desconhecimento e preconceito sobre a utilização do produto pelos pequenos agricultores são barreiras que precisam ser rompidas, pois o bio-sólido é um produto de grande valor energético a ser utilizado na produção agrícola, restituindo elementos organominerais do solo, contribuindo para conservação e melhoria das propriedades físico-químicas do mesmo, a sua disposição final em áreas de produção agropecuária representa opção da mais promissoras e adequadas, tanto sob o aspecto econômico quanto pelos benefícios sociais e ambientais que pode promover.

Outro fator relevante que deve ser levado em consideração é a distribuição do bio-sólido aos produtores, haja vista que toda a produção foi disponibilizada ao médio e grande produtor, pois o pequeno produtor não dispõe de maquinário para fazer o espalhamento e aplicação do produto na lavoura. Outro problema encontrado com relação ao pequeno produtor é o transporte que seguramente é o fator de maior influência sobre os custos da reciclagem do lodo. As limitações deste fator se estendem desde de dificuldades relacionadas à própria natureza física do produto, resultando em grandes volumes de transporte, aparência, a origem de pouca credibilidade e necessidade de precauções de transporte.

Além da distância e do tipo de veículo, as condições das estradas e o tipo de produto e seu modo de carregamento influenciam o custo de transporte inviabilizando o produto para o pequeno produtor.

5.4 Possibilidade de Disseminação em Outras Unidades

A Sanepar possui inúmeras estações de Tratamento de esgoto, onde pode ser aplicada a metodologia, mais precisamos levar em consideração o fator "Clima". Somente após a finalização da coleta de dados de campo e dos resultados das análises laboratoriais, uma avaliação indicará onde poderá ser praticada e qual unidade.

O Estudo da Área de Utilização é um trabalho de análise da viabilidade e da compatibilidade do uso do lodo no contexto agrícola da região em questão. Esta etapa do desenvolvimento do trabalho envolve estudos relacionados às características peculiares a cada região, entre eles: área total disponível para reciclagem, compatibilidade das espécies cultivadas com o uso de lodo, épocas de preparo e plantio (picos de demanda) perfil dos produtores e grau de tecnificação.

Existe grande probabilidade de implantar o projeto de tratamento e higienização de lodo de esgoto em estufas plásticas em todas as unidades pertencentes à unidade regional, pois os custos de implantação são relativamente baixos (aproximadamente R\$ 5.000,00). As unidades pertencentes à Unidade Regional de Foz do Iguaçu são: Santa Terezinha de Itaipu, São Miguel do Iguaçu, Missal, Itaipulândia, Santa Helena, Medianeira e Serranópolis do Iguaçu, pois todas essas cidades têm um clima semelhante ao da Cidade de Foz do Iguaçu.

Segue abaixo relação dos custos e equipamentos necessários para a caleação de esgoto adicionado de 30% a 50% de cal virgem na Cidade de Foz do Iguaçu:

- Aquisição da maromba ou misturador de lodo: R\$ 35.000,00;
- Confecção de pátio de cura ou estocagem de lodo (120 toneladas): R\$ 75.000,00;
- Consumo de cal virgem para desinfecção de 220 t: 33.400,00/ano;
- Consumo de cal virgem por ano: 88.000 Kg.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NBR-10.004 de Setembro de 1987 - Resíduos Sólidos.

NBR-10007 - Amostragem de resíduos

NBR-9896 de Agosto 1993 – Glossário de poluição das águas.

NT – Proposta preliminar de Norma Técnica para Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto (SANEPAR).

SANETEC - Sistema de Inovação Tecnológica da Sanepar de Julho de 2005.

Sistema Normativo da Companhia de Saneamento do Paraná

Plano de Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto de Foz do Iguaçu de Junho de 1999.

Diagnóstico Operacional da Unidade Regional de Foz do Iguaçu (URFI / 2005).

BRASSARD, M. Qualidade – Ferramenta para uma Melhoria Contínua. Rio de Janeiro 2004;

SACHET, MARLENE A. C. Ferramentas da Qualidade – Curso de Capacitação de Facilitadores da Qualidade Sanepar.

Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981, “Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente”,

AISSE, M. M.; FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Aspectos Tecnológicos e de Processos. In: _____, *Reciclagem de Biossólidos: transformando problemas em soluções*. ANDREOLI, C. V.; LARA, A.I.; FERNÁNDEZ, F. Org. Curitiba: SANEPAR, 1999. p. 49-60.

ANDREOLI, C.V. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agroecossistema. Curitiba, 1999. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento - NIMAD) - Universidade Federal do Paraná. 279 p.

APD - Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento. Relatório do Passivo Ambiental da SANEPAR - Grupo de Lodo de Esgoto - 2003 (relatório interno).

BONNET, B. R. P.; LARA, A. I., DOMASZAK, S. C. Indicadores Biológicos de Qualidade sanitária do Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C. V., BONNET, B. R. P.

eds. *Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitológicas em reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto*. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, 1998.

CHERUBINI, C. Secagem e Higienização de Lodo de Esgoto Anaeróbio em Leitões de Secagem Através da Solarização. Tese, Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 128 p. 2002.

COMPARINI, J. B. Estudo do Decaimento de Patógenos em Biossólidos Estocados em Valas e em Biossólido Submetidos à Secagem em Estufa Agrícola Escola Politécnica da Universidade Estadual de São Paulo. 278p. São Paulo, 2001 (tese de doutorado).

EPA, Environmental regulations and technology: control of pathogens and vector attraction in Sewage sludge. EPA / 625/R-92/013.

EVANS (1998), Accessing the risks of recycling to land, september, 1998. WATER & ENVIRONMENT INTERNATIONAL

FEACHEM, R. G. et al Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. Inglaterra: World Bank studies in Water Supply and Sanitation 3. John Wiley & Sons. Chichester, 1983.

FERNANDES, F. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. Sanare, Curitiba, v. 5, n. 5, 1996. p. 46-58.

FERREIRA, A. C. ; ANDREOLI, C. V. ; JÜRGENSEN, D. Produção e características dos biossólidos. In: USO e manejo de lodo de esgoto na agricultura. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

FERREIRA, A.C. Monitoramento da Secagem e Desinfecção de Lodo Anaeróbio em Leito de Secagem com Uso de Estufa Plástica e Biogás. Tese, Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001 197p.

FRANÇA, M. Avaliação da biodegradabilidade e biodisponibilidade do lodo de esgoto anaeróbio termohidrolizado com uso de biogás. Tese, Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002, 137 p.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná, Instrução Normativa para Utilização Agrícola do Lodo de Esgoto, 2003 (não publicada).

ILHENFELD, R. G. K. ; PEGORINI, E. S. ; ANDREOLI, C. V. Fatores limitantes. In: Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Rio de Janeiro: PROSAB-FINEP, 1999.

7 ANEXOS

ANEXO 01

Unidade Regional de _____
 ETE - _____

dia	data	ambiente			estufa		
		nebulosidade alta/media/baixa	pluviosidade em mm	temperatura em °C	temp. mínima em °C	temp. máxima em °C	umidade %
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							

nebulosidade alta: quando estiver muito nublado, baixa: quando estiver pouco nublado
 marcar zero caso não haja nebulosidade

Observações que julgar necessárias:

ANEXO 2

Unidade Regional de _____
ETE - _____

dia	data	Lodo de esgoto: amostragem e leituras leira 1 (com revolvimento)										Lodo de esgoto: amostragem e leituras leira 2 (sem revolvimento)									
		revolvimento	pH sup.	pH prof.	CE sup.	CE prof.	ST	SF	helmintos	tem. Sup.	tem. Inf.	pH sup.	pH prof.	CE sup.	CE prof.	ST	SF	helmintos	tem. Sup.	tem. Inf.	
0		x	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta												
1																					
2		x																			
3																					
4		x																			
5																					
6																					
7		x	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta				
8																					
9		x																			
10																					
11		x																			
12																					
13																					
14		x	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta				
15																					
16		x																			
17																					
18		x																			
19																					
20																					
21		x																			
22																					
23		x																			
24																					
25		x																			
26																					
27																					
28		x	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta				
29																					
30		x																			
31																					
32		x																			
33																					
34																					
35		x																			
36																					
37		x																			
38																					
39		x																			
40																					
41																					
42		x																			
43																					
44		x																			
45																					
46		x																			
47																					
48																					
49		x																			
50																					
51		x																			
52																					
53		x																			
54																					
55																					
56		x	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta				
57																					
58		x																			
59																					
60		x																			
61																					
62																					
63		x																			
64																					
65		x																			
66																					
67		x																			
68																					
69																					
70			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta			coleta	coleta	coleta	coleta	coleta	coleta				

amostragem MT: metais pesados pH: leitura de pH
ST: teor de sólidos CE: leitura de condutividade elétrica
SF: teor de sólidos fixos Hel: amostragem para higienização

Observações: a leitura de temperatura deve ser realizada sempre em superfície e profundidade

Já as amostragem para análise de contagem e viabilidade de ovos de helmintos, pH e CE devem ser feitas em 3 diferentes locais em cada uma das leiras e misturar bem tirando uma quantidade de 0,5kg para cada análise a ser realizada