

PLANO DE GERENCIAMENTO PARA UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO

UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE LODO
UGL RONDA - URP

**JULHO
2016**

SUMÁRIO

PARTE 1 – GERAÇÃO E TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO

1. DIAGNÓSTICO	3
2. PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DO LODO HIGIENIZADO	11

PARTE 2 – DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO NA REGIÃO

3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE APLICAÇÃO	20
4. DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO.....	29
5. PROJETO AGRONÔMICO	33
6. MONITORAMENTO	39
7. FLUXOGRAMA DA UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO.....	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

PARTE 1 – GERAÇÃO E TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO

1. DIAGNÓSTICO:

1.1. INFORMAÇÕES CADASTRAIS DA UGL RONDA (URPG):

Localização (Endereço):

A Unidade de Gerenciamento de Lodo - UGL Ronda está localizada junto à Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Ronda situada a 800 m da esquina da Rua Osório Guimarães com Rua João Alves Pereira, Ponta Grossa – PR.

1.1.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA:

Rede pública da SANEPAR.

1.1.3. CORPO D'ÁGUA RECEPTOR:

Arroio Ronda.

1.1.4. ÁREA DA UGL RONDA + ETE TIBAGI:

22.717 m² - área construída

377.283 m² - área livre

400.000m² - área total

1.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO:

A Unidade de Gerenciamento de Lodo – UGL RONDA receberá lodo para higienização, estocagem e disposição final, oriundos das seguintes ETEs da Unidade Regional de Ponta Grossa/URPG.

TABELA 1 – Endereço das ETEs da URPG:

NOME	MUNICÍPIO	ENDEREÇO
VERDE	PONTA GROSSA	Prolongamento da Avenida Monteiro Lobato, Jardim Ipiranga.
OLARIAS	PONTA GROSSA	450 m da esquina da Rua Arapoti com a Rua Rio Branco do Sul
RONDA	PONTA GROSSA	800 m da esquina da Rua Osório Guimarães com Rua João Alves Pereira
CRISTO REI	PONTA GROSSA	Prolongamento da Rua 13 – Núcleo Cristo Rei
TIBAGI	PONTA GROSSA	400 m da esquina da Rua Corrupia com a Rua Pira
CONGONHAS	PONTA GROSSA	Prolongamento da Rua Maria Margarida Zagonel Slaviero – 3500m
GERTRUDES	PONTA GROSSA	Corredor 9 Rua 4
CARÁ-CARÁ	PONTA GROSSA	Estrada Geral do Cará-cará – Vila Neri
SANTA BÁRBARA	PONTA GROSSA	PR – 151 – Fundos do Aeroporto
TAQUARI	PONTA GROSSA	Final da Rua Frei Natalino Luiz Zandoná - Bairro Contorno
IPIRANGA	IPIRANGA	Estrada do Taboão – próximo a Estação Ferroviária
FORQUILHA	PALMEIRA	PR 151 s/n
AREIAL	PORTO AMAZONAS	Rua Conrado Buncher, 58
CONCEIÇÃO	PORTO AMAZONAS	Rua do Matadouro s/n

1.2.1. VAZÃO MÉDIA DE ESGOTO E PRODUÇÃO ESTIMADA DE LODO DAS ETES:

As ETES relacionadas recebem efluentes predominantemente domésticos. A tabela 2 apresenta os dados de vazão e produção de lodo e o respectivo porte de cada uma das ETES da UGL RONDA.

TABELA 2 – Vazão e Produção de Lodo das ETES da UGL RONDA:

NOME	Vazão média (l/s)	Produção estimada de lodo			Regime de Produção de Lodo (Descarte)
		Lodo Descartado (m³/ano)	(Base Seca) Sólidos Totais (t/ano)	Lodo Úmido a 50% de ST (t/ano)	
VERDE	220	4584	229,2	527,16	contínua
OLARIAS	48	1726	86,3	198,49	mensal
RONDA	95	2300	115	264,5	mensal
CRISTO REI	3	121	6,05	13,91	mensal
TIBAGI	11	740	37	85,10	mensal
CONGONHAS	23	1140	57	131,10	mensal
GERTRUDES	28	1040	52	119,60	mensal
CARÁ-CARÁ	14	1032	51,6	118,68	mensal
SANTA BÁRBARA	5	286	14,3	32,89	mensal
TAQUARI	3	287	14,35	33,00	mensal
IPIRANGA	10	480	24	55,20	mensal
FORQUILHA	38	1040	52	119,60	mensal
AREIAL	7	140	7	16,10	mensal
CONCEIÇÃO	1	27	1,35	3,10	mensal
TOTAL	506	14.943	747,15	1718,44	mensal

ST (estimado pela média 2015 das ETES da URPGE).

1.2.2. PROCESSO DE TRATAMENTO DO ESGOTO:

TABELA 3 - Caracterização do processo de tratamento de esgoto em cada sistema:

NOME	PRÉ TRATAMENTO	TRATAMENTO	TRATAMENTO COMPLEMENTAR
VERDE	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	lagoa
OLARIAS	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	lagoa
RONDA	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	lagoa
CRISTO REI	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro anaeróbio
TIBAGI	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro anaeróbio
CONGONHAS	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro anaeróbio
GERTRUDES	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro percolador + decantador
CARÁ-CARÁ	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro percolador + decantador
SANTA BÁRBARA	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	*
TAQUARI	Grade e Desarenador	Aeróbio	*

IPIRANGA	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	*
FORQUILHA	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	Filtro anaeróbio
AREIAL	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	*
CONCEIÇÃO	Grade e Desarenador	Reator Anaeróbio	*

* Não possui tratamento complementar.

1.2.3. PROCESSAMENTO DO LODO DE ESGOTO:

O processamento do lodo de esgoto, visando à sua adequação para o uso agrícola, envolve as seguintes etapas: Estabilização, Desaguamento, Higienização e Disposição final. O processo de descarte do lodo dos RALFs e UASB, consiste em desaguar o lodo úmido em leitos de secagem, até o lodo secar, atingindo concentração próxima a 50% de ST. Neste processo, a ação gravitacional promove a remoção da água livre presente no lodo digerido. A água adsorvida e a água capilar, também presentes no lodo, exigem forças consideravelmente maiores para serem separadas dos sólidos. Estas forças podem ser de origem química, quando do uso de flocculante, ou mecânicas, mediante a utilização de processos de desaguamento mecanizados, tais como filtros prensas ou centrífugas. A água celular, que é parte da fase sólida do lodo, só poderá ser removida através de forças térmicas que provoquem uma mudança no estado de agregação da água. O congelamento e, principalmente, a evaporação constituem-se nas duas possibilidades disponíveis para a separação de água celular. (Gonçalves; Luduvic; Sperling, 2001).

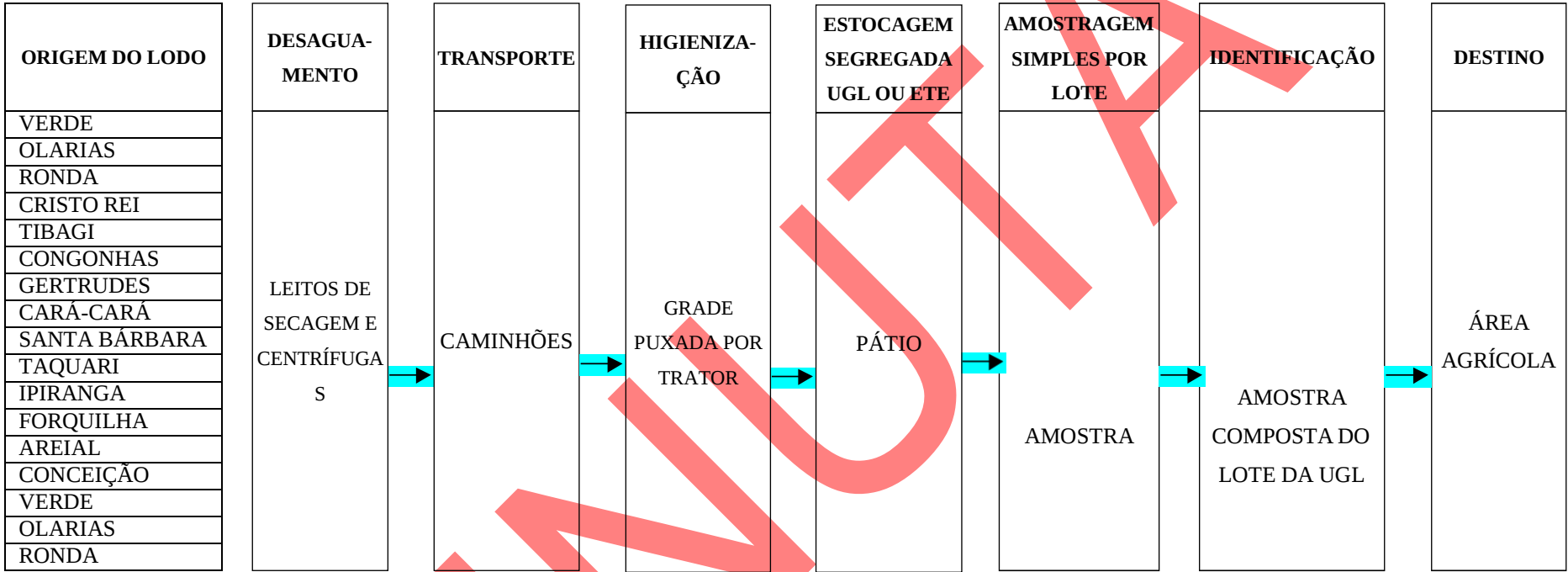
No leito de secagem perde-se totalmente a água livre por percolação, a partir daí a secagem é realizada por evaporação natural da água. Após o desaguamento e a formação de quantidades significativas de lodo úmido a 50% de ST nas ETEs, será realizado o seu transporte, por meio de caminhões caçamba devidamente preparados, até a UGL RONDA onde será realizada a sua higienização, cura e estocagem em área de armazenamento específica.

Eventualmente os processos de higienização e/ou estocagem poderão ser realizados na própria ETE geradora em área de armazenamento específica, em função da indisponibilidade de área na UGL RONDA e/ou formação de quantidades que inviabilizem economicamente a operação de transporte. A **tabela 4** e a **Figura 1** apresentam o fluxo de processamento do lodo, do desaguamento até a formação de lotes para disposição final.

TABELA 4 - Sistema de processamento e disposição final do lodo de esgoto:

NOME	Estabilização	Adensamento	Desaguamento	Processo de Higieneização	Reagente	Sistema de mistura	Maturação
VERDE	O Próprio RALF ou tanque de aeração realizam estabilização em períodos de digestão aproximados de 3 a 5 meses.	O sistema RALF ou UASB empregados dispensam adensamento adicional. No sistema aeróbio o lodo é adensado em decantador secundário.	Leitos de secagem e centrífugas	Caleação: de 30 a 50% do peso do lodo (Base Seca).	Cal virgem	Grade puxada por trator	Área de armazenamento da UGL RONDA
OLARIAS							
RONDA							
CRISTO REI							
TIBAGI							
CONGONHAS							
GERTRUDES							
CARÁ-CARÁ							
SANTA							
BÁRBARA							
TAQUARI							
IPIRANGA							
FORQUILHA							
AREIAL							
CONCEIÇÃO							
VERDE							
OLARIAS							
RONDA							

FIGURA 1. Fluxograma do processamento dos lotes de lodo de esgoto na UGL RONDA.



1.2.4. CARACTERIZAÇÃO DO LOTE DE LODO:

A previsão é de geração de 4 lotes de lodo por ano, cuja finalização será em função das culturas aptas a receberem lodo de esgoto na região de abrangência da UGL. A frequência de amostragem de acordo com o porte da UGL RONDA, conforme estabelece a ~~Resolução CONAMA 375/2006~~ e Resolução SEMA 021/2009, é definida pela produção anual de **747,15 t/ano** de Lodo, estimada pela média 2015 ETes da URPG), devendo ser **Trimestral**. A cada lote de lodo gerado na UGL RONDA será realizada a caracterização de parâmetros de sanidade, substâncias potencialmente tóxicas e de parâmetros agrônômicos, visando sua destinação para uso agrícola.

1.2.5. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ARMAZENAMENTO DE LODO DE ESGOTO:

A área a ser utilizada para o armazenamento de lodo de esgoto na UGL RONDA é de 935,00 m² correspondendo ao necessário para estocagem do lodo seco de esgoto gerado nas ETes da URPG em um período de 180 dias.

A UGL RONDA está implantada em terreno plano com declividade menor que 5%, em barracão coberto, com piso em concreto usinado, canaletas laterais de contenção, condução das águas pluviais em todas as laterais do barracão e no pátio externo a montante do prédio da UGL.

Após a formação do lote será fixada placa de identificação do mesmo indicando a origem, a quantidade, a data da adição e mistura da Cal e da amostragem necessárias, principalmente se houver outros lotes com períodos de estocagem distintos.

1.2.6. DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO DE ESGOTO:

Os lotes de lodo que, após a caracterização, se enquadrarem nos requisitos normativos serão destinados para a aplicação em áreas agrícolas nos municípios de Prudentópolis, Guamiranga, Ivaí, Ipiranga, Imbituva, Inácio Martins, Irati, Fernandes Pinheiro, Teixeira Soares, Ponta Grossa e Palmeira.

A SANEPAR se responsabilizará pelas operações de produção e monitoramento da qualidade do lodo, incluindo as atividades de:

- Desaguamento;
- Higienização;
- Estocagem;
- Amostragem do Lodo;
- Monitoramento da qualidade e controle da liberação de lotes lodo;

- Análise de Solos (preferencialmente efetuada pelos proprietários);
- Liberação dos lotes de lodo para uso agrícola;
- Carregamento do lodo;
- Transporte do lodo da UGL RONDA até as áreas de aplicação;
- Aplicação do lodo e incorporação no solo, preferencialmente executado pelos proprietários das áreas selecionadas;
- Monitoramento ambiental das áreas onde foi aplicado o lodo;
- Rastreabilidade;
- Cadastro de produtores;
- Seleção das áreas de aplicação;
- Análise da aptidão das propriedades;
- Recomendação agrônômica;
- Apoio agrônômico: orientação quanto ao manejo do lodo, depósito temporário, culturas e riscos;
- Difusão do uso do lodo na agricultura;
- Planejamento e escalonamento de distribuição;

2. PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DO LODO HIGIENIZADO:

Para higienização do lodo será utilizado o processo de estabilização alcalina prolongada, que consiste na adição de Cal ao lodo de esgoto e armazenamento mínimo de 30 dias em área de armazenamento específica da UGL. Neste período, o processo eleva e mantém o pH acima de 12, estabilizando o lodo e eliminando os organismos patogênicos. O sistema implantado na UGL RONDA para execução deste processo é formado de: Área para estocagem da Cal, Misturador de Cal, e, área de processamento e armazenamento para maturação.

Testes em escala piloto, com outras alternativas de higienização poderão ser realizadas na UGL RONDA, sempre com a anuência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

2.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO:

Desde o final do século passado, produtos químicos alcalinos tem sido utilizados em processos de tratamento de esgoto, destes produtos químicos, a Cal é um dos mais baratos empregados no saneamento. É usada para elevar o pH de digestores, remover fósforo em tratamentos avançados, condicionar o lodo para os processos de desaguamento e para estabilizar quimicamente o lodo.

Pode-se utilizar a Cal virgem (CaO) ou a Cal hidratada Ca(OH)_2 libera calor em contato com a água, porém nas doses usuais para a higienização, esta elevação da temperatura não tem efeito relevante na eliminação de organismos patogênicos. A eliminação dos agentes patogênicos ocorre devido à elevação do pH do lodo a níveis iguais ou superiores a 12 e à liberação de amônia.

Serão utilizadas misturas de Cal em dosagens de até 50% em relação ao peso do lodo (Base Seca). O emprego destas dosagens fundamenta-se nos resultados de pesquisas realizadas em conjunto entre SANEPAR, IAP, UEL e UFPR, objetivando analisar o desempenho do tratamento de lodo com diferentes dosagens de Cal (Fernandes et al., 1996; Soccol et al., 1999).

Após a mistura com a Cal, o lodo será mantido na área de armazenamento para maturação por período mínimo de 30 dias, tempo necessário para garantir a eficiência de higienização exigida para aplicação do material na agricultura. Os lotes de lodo higienizados serão objeto de monitoramento do potencial agronômico, de sanidade, de metais pesados e de estabilidade, de modo a garantir que o material disponibilizado para os agricultores apresente a qualidade exigida pela normatização paranaense (Resolução SEMA 021/09), conforme descrito nos itens III.2, III.3, III.4 e III.5.

A amostragem e análise laboratorial do lodo (metais pesados, parâmetros agronômicos e sanidade) são responsabilidade da SANEPAR, tanto visando a recomendação de adubação, quanto o monitoramento.

2.1.1. METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM DE LODO DE ESGOTO:

A amostragem dos lotes de lodo será realizada 30 dias após a mistura com a Cal, por amostras compostas, de quantidade variáveis “de acordo com tamanho do lote” conforme instrução normativa do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) nº 10 de 06/05/2004. Para o porte da UGL RONDA estima-se a coleta de material em no mínimo 16 (dezesesseis) pontos distintos nas porções exterior, média e base da leira. Os parâmetros de análise serão:

- Potencial agronômico (pH, umidade, Corg, Ntotal, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrato/nitrito, Ptotal, Ktotal, Ca total, Mg total, relação C/N, Na total, S total, umidade);
- Cinzas (sólidos totais fixos e voláteis);
- Metais pesados (Ar, Ba, Mo, Se, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Hg e Cu);
- Sanidade (coliformes termotolerantes, Samonella e ovos de helmintos);

2.2. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS:

Do ponto de vista agrônomo, interessam, principalmente, as características do lodo relativas ao seu potencial fertilizante. O lodo possui uma significativa quantidade de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica, que o torna um excelente condicionador do solo. Além disso, o processo de estabilização alcalina prolongada, faz do lodo um eficiente corretivo da acidez do solo. O potássio é o macronutriente em menor quantidade, por ser bastante solúvel este elemento é perdido juntamente com a água durante o processo de mento do lodo.

A matéria orgânica contribui com o aumento da atividade biológica e com a melhoria da estrutura física do solo, possibilitando melhor desenvolvimento vegetal. A tabela 6 traz um exemplo do potencial agrônomo do lodo de esgoto produzido por sistema anaeróbio e higienizado pelo processo de estabilização alcalina prolongada

TABELA 6. Valor agrônomo médio, do lodo de esgoto bruto anaeróbio, lodo de esgoto anaeróbio e aeróbio higienizado produzido na RMC.

Característica do Lodo	N _{total}	P _{total}	K _{total}	C	Ca	Mg	M.O.	Sólidos Voláteis
					%			
Bruto*	2,20	0,41	0,28	20,1	0,83	0,30	36,2	44,7
Anaerobio Higienizado**	1,17	0,41	0,10	11,7	13,38	4,95	20,1	24,2
Aerobio Higienizado***	2,11	0,87	0,16	14,5	22,36	3,19	24,9	33,9

* Média de 16 amostras de ETEs RALF, operadas na RMC.

** Média de 44 lotes de lodo produzido e higienizado em ETEs anaeróbias da RMC de 2007 a 2010.

*** Média de 55 lotes de lodo produzido e higienizado em ETEs aeróbias da RMC de 2007 a 2010.

O lodo anaeróbio produzido em Reatores Anaeróbios de Lodo Fluidizado-RALFs, apresenta características agrônômicas bastante diferentes do lodo aeróbio. Geralmente é mais pobre em matéria orgânica e nitrogênio, demandando taxas de aplicação usualmente maiores que as recomendadas para o lodo aeróbio. Em média, espera-se uma taxa de aplicação de 10 a 12 t (Base Seca) de lodo higienizado por hectare, lembrando que a definição da taxa de aplicação depende, das características do lodo, da área de aplicação e da cultura onde será empregado, devendo ser determinada lote a lote, pelo engenheiro agrônomo responsável pela assistência técnica.

2.3. CARACTERÍSTICAS SANITÁRIAS:

O esgoto urbano pode conter vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos, embora o próprio processo de tratamento elimine muitos destes microrganismos, grande parte deles fica concentrada no lodo, seja por adsorção às partículas sólidas, seja devido ao seu peso específico, como no caso dos ovos de helmintos. A tabela 7 apresenta um exemplo do índice de contaminação do lodo bruto e após o processo de higienização através da estabilização alcalina prolongada.

TABELA 7. Concentração média de organismos patogênicos e organismos indicadores em lodo de RALF, na Região Metropolitana de Curitiba.

Tipo de lodo	Coliformes totais	Coliformes fecais	Estreptococos	Ovos helmintos
	unidades / 100g de lodo seco			Ovos viáveis/g MS
Bruto RMC	1,3x10 ⁸	3,0x10 ⁷	1,6x10 ⁶	6-30
Anaeróbio Higienizado		<200		<0,25

Fonte: Dados operacionais da SANEPAR

Na tabela 8 são listados alguns dos principais organismos patogênicos do lodo, as doenças provocadas e suas vias de entrada no corpo humano, assim como os animais envolvidos na disseminação destes organismos.

TABELA 8. Principais organismos patogênicos presentes no lodo de esgoto.

Organismo	Doenças	Vias de saídas do corpo humano	Vias de entrada no corpo humano	Reservatório em animais
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenterite	Fezes	Oral	Animais domésticos, cães, gatos, aves
<i>Escherichia coli</i> (cepas patogênicas)	Gastroenterite	Fezes	Oral	-
<i>Leptospira spp.</i>	Leptospirose	Fezes e urina	Pericutânea e Oral	Mamíferos domésticos, silvestres, ratos
<i>Salmonella paratyphi</i> A, B, C	Febre paratifóide	Fezes e urina	Oral	Mamíferos domésticos, silvestres, pássaros e tartarugas
<i>Salmonella enteritidis</i>	Salmonelose	Fezes	Oral	-
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	Fezes e urina	Oral	-
<i>Samonella spp</i>	Salmonelose	Fezes	Oral	Mamíferos domésticos, silvestres, pássaros, e tartarugas
<i>Shigella sonnei</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. boydii</i> , <i>S. dysenteria</i>	Shiguelose	Fezes	Oral	-
<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera	Fezes	Oral	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>				
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	Yersiniose	Fezes	Oral	Aves domésticas e mamíferos

Fonte: EPA,1991.

Na tabela 9 são apresentados os resultados da bibliografia comprovando a eficiência do processo de estabilização alcalina prolongada (caleação seguido de 30 dias de maturação) sobre a presença de indicadores de sanidade no lodo.

TABELA 9. Eficiência do processo de estabilização alcalina prolongada na higienização do lodo de esgoto.

Média de amostras	Tipo de amostra	Salmonella ssp	Esteptococos Fecais	Coliformes Totais	Coliformes fecais
		P/A	NMP/100g	NMP/100g	NMP/100g
17	Lodo bruto	+17%	3,67 x 10 ⁷	7,54 x 10 ⁸	8,64 x 10 ⁷
8	Lodo higienizado a 40 %	Ausente	7,30 x 10 ⁵	2,58 x 10 ⁵	< 200
9	Lodo higienizado a 50 %	Ausente	<200	3,47 x 10 ⁴	< 200

Fonte: Fernandes et alii, 1996.

Outro aspecto importante da sanidade do lodo refere-se aos parasitas intestinais. Trata-se de uma questão importante, visto que a população brasileira apresenta altos níveis de contaminação. O processo de estabilização alcalina prolongada é altamente eficiente na inativação dos ovos e larvas de helmintos do lodo de esgoto. Vários estudos mostram que a mistura de dosagens de Cal virgem ou hidratada entre 30% e 50% do lodo seco (Base Seca) são capazes de alcançar níveis de sanidade abaixo dos limites definidos pela Resolução SEMA 021/09 quando associadas a um período de estocagem de pelo menos 30 dias. (OOSRSCHOT *et al.*, 2000; ANDREOLI *et al.*, 1999; EPA, 1992, 1994; ANDREASEN, 2001; ERIKSEN *et al.*, 1995).

Esta é uma variação do processo de caleação usualmente empregado a nível mundial e que está sendo utilizado pela SANEPAR em suas ETes. A tabela 10 mostra os principais parasitas que atingem o homem e seus hospedeiros.

TABELA 10. Principais parasitas que atingem o homem e seus hospedeiros.

Parasita	Hospedeiro	Principais Sintomas
NEMATÓIDES		
<i>Ascaris lumbricóides</i>	Homem	Distúrbios digestivos e nutricionais, vômito, dor abdominal
<i>Ascaris suum</i>	Suíno	Distúrbios digestivos e nutricionais, emagrecimento/tosse, febre
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
<i>Necator americanus</i>	Homem	Anemia, emagrecimento
<i>Trichuris trichiura</i>	Homem	Diarréia, anemia, perda de peso, dor abdominal
<i>Toxocara canis</i>	Cães/ homem	Emagrecimento, diarréia/febre, desconforto abdominal, sintomas neurológicos
<i>Trichostrongylus axei</i>	Bovinos / homem	Gastrite / úlcera gástrica
CESTÓIDES		
<i>Taenia solium</i>	Homem / suínos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal, sintomas nervosos / emagrecimento
<i>Taenia saginata</i>	Homem / bovinos	Distúrbios digestivos, insônia, anorexia, dor abdominal / emagrecimento
<i>Hymenolepis nana</i>	Homem / artrópodes	Diarréia ,sinais nervosos
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Roedores / artrópodes	Distúrbios digestivos
<i>Echinococcus granulosus</i>	Cães / ovinos / homem	Distúrbios digestivos, hepáticos e pulmonares

Fonte: Soccol *et alii*, 1999.

No Programa de Pesquisas coordenado pela SANEPAR pesquisas apontaram a necessidade de estocagem da mistura lodo/Cal por períodos entre 30 e 60 dias para garantir a inviabilização dos ovos de helmintos a níveis exigidos para a utilização agrícola (0,25 ovos viáveis por grama de ST) limite compatível com os mais rigorosos adotados na CEE e EUA). (THOMAZ-SOCCOL *et al.*, 1997a, b, THOMAZ-SOCCOL *et al.*, 1999; THOMAZ-SOCCOL *et al.*, 1996; FERNANDES *et al.*, 1996; GASPARD, WIART e SCHWARTZBROD, 1996)

Na Holanda a inviabilização de ovos de helmintos através da caleação permite a utilização do lodo sem restrição sanitária (DANISH EPA, 2000 - Agência de Proteção Ambiental da

Holanda- apud ANDREASEN, 2001), o país é reconhecido mundialmente como o mais restritivo quanto à utilização de lodo de esgoto na agricultura.

Nos EUA, a 40 CFR PART 503 - legislação federal dos EUA, permite a rotulagem do lodo caleado com até 0,25 ovos viáveis de helmintos/g MS, como lodo CLASSE A, passíveis de comercialização/utilização como fertilizantes orgânicos e sem restrições sanitárias (USEPA, 1993 apud ANDREASEN, 2001).

Na tabela 11 são apresentados resultados de THOMAZ-SOCCOL et al., 1999 testando o processo de higienização com adição de Cal a 50% ST sobre a persistência de ovos viáveis de helmintos em lodo de esgoto.

TABELA 11. Redução de ovos viáveis de helmintos em lodo de esgoto (aproximadamente 20% de ST) após tratamento com Cal a 50% do peso (Base Seca), com intervalos variáveis de contato.

Amostra	pH	Ovos/g MS	Viabilidade %	Ovos viáveis/g MS
Bruto	7,3	12,19	74	9,02
Dia 0	12,5	0,84	40	0,34
Dia 2	12,5	1,12	40	0,45
Dia 15	12,5	2,75	24	0,67
Dia 30	12,1	1,24	6	0,08
Dia 60	10,5	1,89	0	0
Dia 90	9,5	0,94	0	0

Fonte: THOMAZ-SOCCOL et al., 1999.

Observa-se, portanto, que o processo de estabilização alcalina prolongada se mostra eficiente para controlar as bactérias e parasitas presentes no lodo, adotando-se um período de maturação de 30 dias.

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DA CAL E DOSAGENS A SEREM UTILIZADAS:

A Cal utilizada é proveniente de calcário dolomítico, o que garante um bom equilíbrio Ca/Mg para o solo. Alguns parâmetros de qualidade observados são: a granulometria fina, de acordo com a NBR 9552, 8815 e 9551 e a soma $\text{CaO} + \text{MgO} > 80\%$, insolúveis em HCl $< 10\%$. A mistura da Cal e do lodo será feita em função do padrão de qualidade e atingirá entre 30% a 50% de Cal em relação ao peso do lodo seco (Base Seca). O controle de qualidade do lodo higienizado pelo processo de estabilização alcalina prolongada é responsabilidade da SANEPAR.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS SANITÁRIAS PARA O LODO A SER DISPOSTO NA AGRICULTURA:

Os lotes de lodo a serem destinados ao uso agrícola atenderão aos seguintes limites de contaminação:

- Ovos viáveis de helmintos: **$< 0,25$ ovos viáveis / g ST**
- Coliformes termotolerantes: **< 1.000 NMP / g ST**

- Salmonella: **ausência em 10 g de ST**
- Vírus: **<0,25 UFP ou UFF/g de ST**

Onde: ST – Sólidos Totais, NMP – Número Mais Provável, UFF- Unidade Formadora de Foco, UFP- Unidade Formadora de Placa

2.4. ESTABILIZAÇÃO DO LODO:

Em qualquer situação, quanto mais o lodo se assemelhar à matéria orgânica “fresca”, maior será seu potencial de putrefação, de produção de odores desagradáveis e de atrair vetores. Também maior será seu teor em microrganismos patogênicos, já que o esgoto doméstico contém estes microrganismos em alta concentração. Existem diferentes tecnologias que permitem ao lodo adquirir a característica de estabilizado, ou seja, de apresentar odor menos ofensivo e menor concentração de microrganismos patogênicos. Um dos processos de estabilização é a biodegradação, na qual o lodo “fresco” é degradado biologicamente, reduzindo o seu potencial de produzir odores e de atrair vetores.

O grau de estabilização do lodo ao deixar o tratamento da fase líquida em uma ETE depende da tecnologia de tratamento de esgoto utilizada. Nas ETEs em questão, o lodo será degradado no interior dos Reatores Anaeróbios de Lodo Fluidizado/RALE, que retém o lodo por intervalos de tempo variáveis de 3 a 5 meses, o que permite a obtenção de um produto bem estabilizado. Além disso, o processo de estabilização alcalina prolongada garante uma concentração de sólidos fixos (cinzas) acima de 70% em lodos anaeróbios com adição de Cal em dosagens de 30% a 50% da Base Seca. Estima-se que a UGL RONDA utilizará entre 384 a 640 toneladas (t) da Cal/ano.

2.4.1. GRAU DE ESTABILIZAÇÃO DO LODO:

Para fins de utilização agrícola, a Resolução SEMA 021/09 determina que o lodo de esgoto será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70. Além deste indicador, serão avaliados os aspectos subjetivos de odor. Caso algum lote apresente valores superiores ao exigido, o responsável pela operação da estação será notificado para corrigir o problema.

2.5. METAIS PESADOS:

Os metais pesados, de modo geral, estão presentes na natureza, nos tecidos orgânicos, rochas e solo. Alguns deles são essenciais aos processos metabólicos da vida, como o cobre, o ferro, manganês e o zinco. Outros metais não têm utilidade para o metabolismo vegetal e animal, podendo causar efeitos tóxicos para o homem e para as plantas, como o cádmio e o mercúrio. Geralmente, o esgoto predominantemente doméstico apresenta um nível muito baixo de metais pesados, gerando lodo pouco contaminado. As grandes fontes de contaminação de

metais pesados do esgoto e consequentemente do lodo, são as águas pluviais (resíduos de dispersão de fumaça automotiva, superfícies metálicas) e principalmente os efluentes industriais, que apresentam teores de metais variáveis, de acordo com o tipo de indústria.

Os metais pesados serão objeto de monitoramento constante, conforme determina a Resolução SEMA 021/09, uma vez que depois de incorporados ao lodo, ainda não se dispõe de alternativas economicamente viáveis de retirá-los.

Ao contrário dos organismos patogênicos, que podem ser eliminados do lodo através do tratamento de desinfecção, os metais pesados, quando presentes acima dos níveis de segurança, automaticamente obrigam o descarte ambientalmente adequado dos lotes incompatíveis com a legislação.

Os metais monitorados e os respectivos limites máximos de concentração permitidos para uso agrícola pela Resolução SEMA 021/09 são apresentados na tabela 12:

TABELA 12. Limites máximos de concentração de metais em lodo de esgoto destinado ao uso agrícola estabelecidos pela Resolução Sema 021/09.

Substância Inorgânica	Concentração Máxima (mg/kg base seca)	Substância Inorgânica	Concentração Máxima (mg/kg base seca)
Arsênio	41	Mercurio	16
Bário	1.300	Molibdênio	50
Cádmio	20	Níquel	420
Chumbo	300	Selênio	100
Cobre	1.000	Zinco	2.500
Cromo	1.000		

Caso algum lote de lodo apresente características impróprias para uso agrícola, a alternativa de disposição final será o lançamento em aterros para resíduos classe II.

Resultados preliminares da caracterização do lodo de algumas ETEs da SANEPAR demonstram que a contaminação com metais pesados é muito baixa, como mostra os resultados na tabela 13, das ETEs Cachoeira (Araucária), Cambuí (Campo Largo), Ronda e Olarias (Ponta Grossa).

TABELA 13. Contaminação média de metais pesados no lodo das ETEs Ronda, Olarias, Cachoeira e Cambuí.

ETE	coletas	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Mo	Ni	Se	Zn
		mg/kg										
Ronda	1	10	224	<3	76	131	69	1,05	4,5	55	<1	737
Olarias	1	23	323	<3	119	286	195	0,29	<3	90	<1	473
Cachoeira	1			<3	89	154	105	1,16		31		496
	2			<3	142	136	86	1,15		39		682
Cambuí	1			<3	118	116	47	1,79		15		843
	2			<3	93	109	37	0,86		9,8		
LIMITE Resolução SEMA 021/09		41	1300	20	300	1000	1000	16	50	300	100	2500

A tabela 14 apresenta as substâncias orgânicas que serão caracterizadas, haja vista indicação da Resolução Sema 021/09, porém, o histórico de caracterização dessas substâncias orgânicas

nos lotes de lodo gerados em ETEs da SANEPAR em todo o Estado do Paraná, demonstra a inexistência dessas substâncias no lodo das ETEs. Esse estudo (histórico) será apresentado ao IAP acompanhado de uma solicitação de dispensa e/ou alteração da frequência de monitoramento estabelecida pela Resolução Sema 021/09.

TABELA 14. Substâncias orgânicas potencialmente tóxicas a serem determinadas no lodo de esgoto, estabelecidas pela Resolução Sema 021/09.

BENZENOS CLORADOS	HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS
1,2-Diclorobenzeno	Benzo(a)antraceno
1,3-Diclorobenzeno	Benzo(a)pireno
1,4-Diclorobenzeno	Benzo(k)fluoranteno
1,2,3-Triclorobenzeno	Indeno(1,2,3-c,d)pireno
1,2,4-Triclorobenzeno	Naftaleno
1,3,5-Triclorobenzeno	Fenantreno
1,2,3,4- Tetraclorobenzeno	Lindano
1,2,4,5 – Tetraclorobenzeno	POLUENTES ORGÂNICOS PERSISTENTES (POP's)
1,2,3,5 - Tetraclorobenzeno	Aldrin
ÉSTERES DE FALATOS	Dieldrin
Di-n-butil ftalato	Endrin
Di (2-etilhexil)ftalato (DEHP)	Clordano
Dimetil ftalato	Heptacloro
FENÓIS NÃO CLORADOS	DDT
Cresóis	Toxafeno
FENÓIS CLORADOS	Mirex
2,4-Diclorofenol	Hexaclorobenzeno
2,4,6-Triclorofenol	PCB's
Pentaclorofenol	Dioxinas e Furanos

2.6. LIBERAÇÃO DOS LOTES:

A liberação dos lotes de lodo de esgoto para uso agrícola está associada a duas condicionantes:

a) Qualidade do lote dentro dos padrões estabelecidos:

Só serão liberados para uso agrícola os lotes de lodo que atenderem aos padrões estabelecidos pela Resolução SEMA 021/09. Na situação de algum parâmetro do lote de lodo não estar em conformidade com a normatização, será verificada a possibilidade de correção. No caso da impossibilidade de correção, o lote será encaminhado para outro destino ambientalmente adequado.

b) Recomendação agrônômica:

Somente será permitida a retirada de lodo da UGL RONDA para a destinação agrícola após a apresentação da recomendação agrônômica devidamente preenchida, conforme o modelo preconizado a seguir neste plano. Como esta fase precede o recebimento do lodo, a própria

ficha de recomendação enviada à UGL constitui-se na requisição de lodo. A UGL deverá encaminhar ao proprietário e ao arrendatário ou administrador da área, declaração contendo informações sobre as características do lodo de esgoto ou produto derivado, em especial quanto ao tratamento adotado para redução de patógenos e vetores, e orientações quanto à aplicação, baseadas no projeto agrônômico, para aprovação e consentimento dos mesmos. A rubrica ou assinatura do produtor, ao final do preenchimento, é fundamental para comprovação de que este está ciente das recomendações agrônômicas e ambientais.

MINUTA

RESPONSÁVEL TÉCNICO: FABIANO ICKER OROSKI

DATA: 20/07/2016.

PARTE 2 – DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO NA REGIÃO

3. DESCRIÇÃO GERAL DA REGIÃO DE APLICAÇÃO

O diagnóstico da área onde será aplicado o lodo constitui uma ferramenta fundamental para adequada utilização do insumo. Assim, serão realizadas as seguintes etapas:

- 1.^a etapa: diagnóstico da regional de Ponta Grossa e municípios adjacentes (Figura 2), no nível de levantamento semi-detalhado (contido neste plano), visando o zoneamento da aptidão agrícola das terras, que inclui aspectos edafoclimáticos e ambientais, assim como a definição das potencialidades e das limitações da região. Esta etapa tem por objetivo a definição da região prioritária para aplicação do lodo de esgoto gerado na UGL.
- 2.^a etapa: diagnóstico local (recomendação agrônômica), na área agrícola de aplicação, seguindo os mesmos critérios de diagnóstico regional e incluindo distância de matas ciliares, pH do solo, sistema e nível de manejo do solo e profundidade do lençol freático. Esta etapa engloba a seleção dos produtores, a localização (GPS) e o cadastramento das áreas para aplicação de lodo.

FIGURA 2. Municípios que constituem a região prioritária para utilização agrícola de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda



3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA REGIÃO PRIORITÁRIA DE APLICAÇÃO

3.1.1. Localização Geográfica

A região agrícola prioritária para aplicação do lodo de esgoto gerado na UGL ETE Ronda compreende a Regional da Sanepar de Ponta Grossa e municípios adjacentes, principalmente nas áreas agrícolas de milho, feijão, soja, trigo e cevada dos seguintes municípios: Ponta Grossa, Reserva, Imbaú, Tibagi, Piraí do Sul, Castro, Carambeí, Ipiranga, Ivaí, Prudentópolis, Guamiranga, Imbituva, Teixeira Soares, Palmeira, Campo Largo, Balsa Nova, Porto Amazonas, Lapa, São João do Triunfo, Fernandes Pinheiro, Rebouças, Irati e Inácio Martins, conforme delimitação na Figura 2.

Esta região, classificada como prioritária, exclui as bacias hidrográficas dos principais mananciais de abastecimento público.

3.1.2. Clima

Dentre os diversos tipos climáticos definidos para o Paraná, conforme a classificação de Koeppen, destaca-se o Cfb – Subtropical Úmido Mesotérmico, encontrado nas porções mais elevadas do Segundo Planalto, apresentando temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2006).

Pelas dinâmicas das massas de ar, o regime pluviométrico é bastante variado, com concentração da precipitação máxima nos meses de verão.

3.1.3. Relevo, Geologia e Geomorfologia

A região prioritária de aplicação do lodo de esgoto da UGL ETE Ronda – Ponta Grossa está localizada na Mesorregião Geográfica do Paraná denominada Centro-Oriental.

A maior extensão territorial da Mesorregião Centro-Oriental está localizada no Segundo Planalto Paranaense, na região natural dos Campos Gerais, e o restante do seu território está situado no Primeiro Planalto, que corresponde à Bacia Sedimentar de Curitiba. A Serra de São Luís do Purunã ou Escarpa Devoniana, com relevo contrastante, marca a separação do Primeiro e Segundo Planaltos.

Os solos são, em grande parte, frágeis, pouco férteis, arenosos e rasos, e, apesar da pouca declividade do terreno, tem-se 45% de áreas com solos suscetíveis à degradação.

Os municípios de Palmeira e Ponta Grossa fazem parte da Mesorregião Centro Oriental. O município de Ponta Grossa é um dos municípios que situa-se na borda do segundo planalto paranaense, exibindo uma geologia formada por rochas do Grupo Açungui no embasamento cristalino (ou Escudo), e sedimentos das formações Furnas, Ponta Grossa e Itararé, da borda da Bacia do Paraná.

A geologia do município de Palmeira é dominada por arenitos da Formação Furnas, com intercalações de arenitos muito finos, esbranquiçados da Formação Ponta Grossa. Mais para oeste são recobertos por rochas do Grupo Itararé.

Os municípios de Fernandes Pinheiro, Guamiranga, Imbituva, Ipiranga, Irati, Ivaí, Prudentópolis e Teixeira Soares fazem parte da Mesorregião Sudeste. A Mesorregião Sudeste têm o substrato rochoso representado pela sequência deposicional da Bacia do Paraná que vai do Grupo Itararé até os derrames basálticos.

3.1.4. Hidrologia

Os cursos d'água que banham a área prioritária de aplicação do lodo de esgoto da UGL ETE Ronda pertencem as bacias do Rio Tibagi, do Rio Ivaí, do Rio Iguaçu e do Rio Ribeira, conforme mostra a Figura 3. A Tabela 13 relaciona as principais captações superficiais de mananciais de abastecimento público da região prioritária de aplicação de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda.

FIGURA 3. Bacias hidrográficas que constituem a região prioritária para utilização agrícola de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda.



TABELA 13: Principais captações superficiais de mananciais de abastecimento público da região prioritária de aplicação de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda.

Município	Nome dos Mananciais
Imbituva	Rio Ribeira
Irati	Mina (Itapara); Rio Nhapindazal; Rio Imbituvão
Ivai	Arroio Balaio; Arroio Barreiro; Arroio Bom Jardim (Bom Jardim); Rio Palmital (Palmital)
Palmeira	Mina (Quero Quero); Rio Pugas
Ponta Grossa	Arroio da Tafona (Guragi); Represa de Alagados; Rio Pitangui
Prudentópolis	Rio dos Patos; Rio Ronda

3.1.5. Características dos Solos Predominantes

A seguir são apresentadas as características mais relevantes das unidades de solo da região, do ponto de vista da aptidão para uso de lodo na área de abrangência do presente plano, baseado em Souza et al (2006), as quais são apresentadas na Figura 4 que mostra a aptidão dos solos para o uso do lodo de esgoto na região prioritária de aplicação de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda - Ponta Grossa.

A classificação de aptidão considera os atributos do solo e da paisagem como aspectos ambientais, resultando em classes do sistema que contemplam o risco ambiental e a possibilidade de uso e manejo.

Os níveis categóricos adotados no sistema são três: classe, sub classe e unidade de aptidão, que serviram de base para a construção da legenda da Figura 4 de aptidão do solo ao uso de lodo de esgoto, conforme descrito a seguir.

a) Classe de aptidão: as classes identificam o potencial das terras para receberem o lodo de esgoto, e de forma recíproca o seu risco ambiental. Representam o nível mais generalizado do sistema, com cinco classes designadas por algarismos romanos, relacionadas com a intensidade de uso possível, assim denominadas:

- I - Terras de Aptidão Muito Boa
- II - Terras de Aptidão Boa
- III - Terras de Aptidão Regular
- IV - Terras de Aptidão Restrita
- V - Terras Inaptas

b) Sub classe(s) de aptidão: separa as terras no que se refere à natureza do conjunto de aspectos(s) ambiental(is) que oferece o impedimento mais restritivo para a aplicação de lodo, da seguinte forma:

- S – Limitações ligadas à característica morfológicas e físico químicas dos solos;
- R –(relevo)

S + R- Limitações ligadas ao solo e à paisagem

D - Limitações ligadas à drenagem interna dos solos

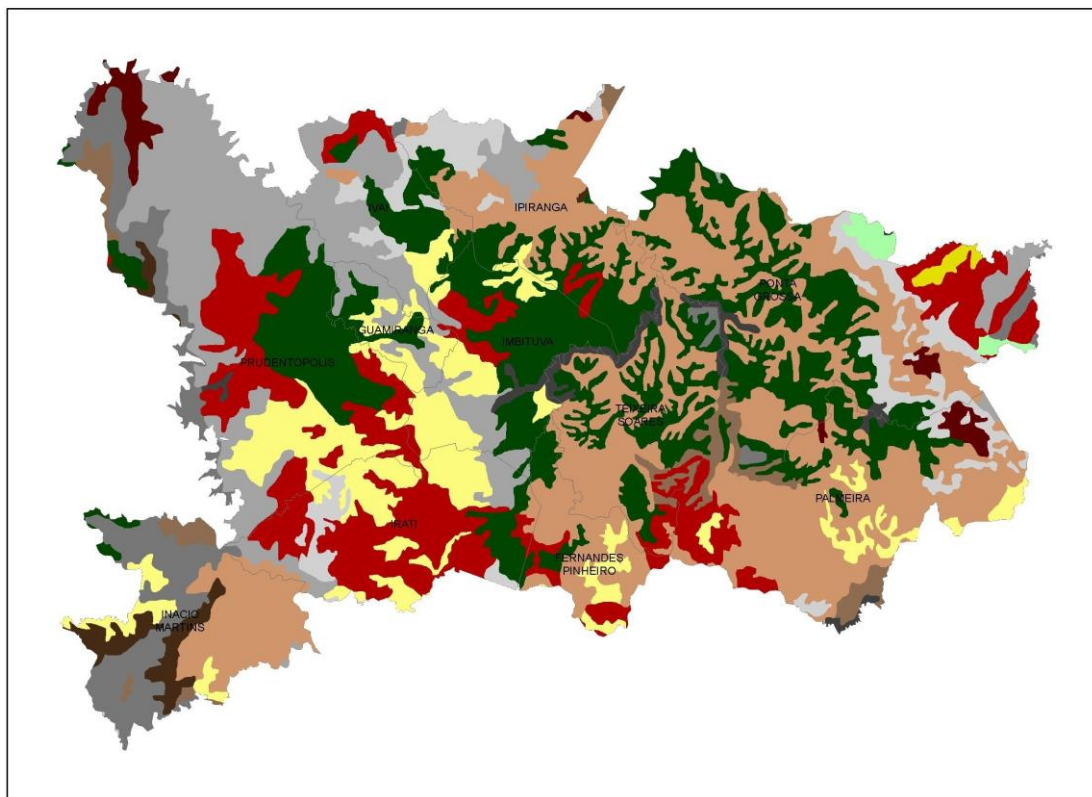
Informam sobre o comportamento do solo (risco ambiental) e a possibilidade de moto mecanização, quando ocorrem associadas, é grupada com o sinal +. As subclasses se identificam na legenda com base no critério intensidade de cor, como pode ser observado no capítulo sobre legenda de identificação.

c) Unidade de aptidão: Nível mais detalhado do sistema, caracteriza os aspectos ambientais considerados na avaliação da classe e da sub classe e identifica a intensidade de risco (grau de limitação) por um algarismo arábico que qualifica o grau de limitação

Na legenda são apresentados como uma formula, onde os aspectos ambientais TE: Textura, PR: Profundidade e ER: Suscetibilidade à Erosão sempre aparecem no numerador e os demais aspectos ambientais (DR: Drenagem, RE: Relevo, PE: Pedregosidade, HI: Hidromorfismo e FE: Fertilidade) ocupam o denominador da formula e somente aparecem, quando oferecem algum grau de limitação, para o uso de lodo. Estes parâmetros são acompanhados de um numero que representa do grau de limitação, da seguinte forma:

- 0 - sem limitação
- 1- limitação ligeira
- 2- limitação moderada
- 3- limitação forte
- 4- limitação muito forte

FIGURA 4. Aptidão das terras para utilização agrícola do lodo de esgoto na região prioritária de aplicação de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda.



Classe de Aptidão

- I - Muito Boa
- II - Boa
- III - Regular
- IV - Restrita
- V - Inapta

Sub-Classe de Aptidão

- S - Limitações predominantes ligadas a características do solo
- R - Limitações predominantes ligadas a características da paisagem (Relevo)
- S+R - Limitações predominantes ligadas a características do solo e da paisagem
- D - Limitações predominantes ligadas a características de drenagem (presença de água)

Quadro 1 - Legenda de Cores de Classes e Sub-Classes de Aptidão

	S	R	S+R	D
I				
II				
III				
IV				

Áreas não classificadas

Capital e águas

Associações

- Sem associação ou de mesma aptidão
- Com associação de classe de aptidão I
- Com associação de classe de aptidão II
- Com associação de classe de aptidão III
- Com associação de classe de aptidão IV
- Com associação de classe de aptidão V
- Com associações de classes de aptidão III e IV

Unidade de Aptidão (Fórmula Mínima)

Características Limitantes

- TE - Textura
- PR - Profundidade
- ER - Erosão
- PE - Pedregosidade
- HI - Hidromorfismo
- DR - Drenagem
- RE - Relevo
- FE - Fertilidade

Níveis de Limitação

- 0 - Sem limitação
- 1 - Limitação ligeira
- 2 - Limitação moderada
- 3 - Limitação forte
- 4 - Limitação muito forte

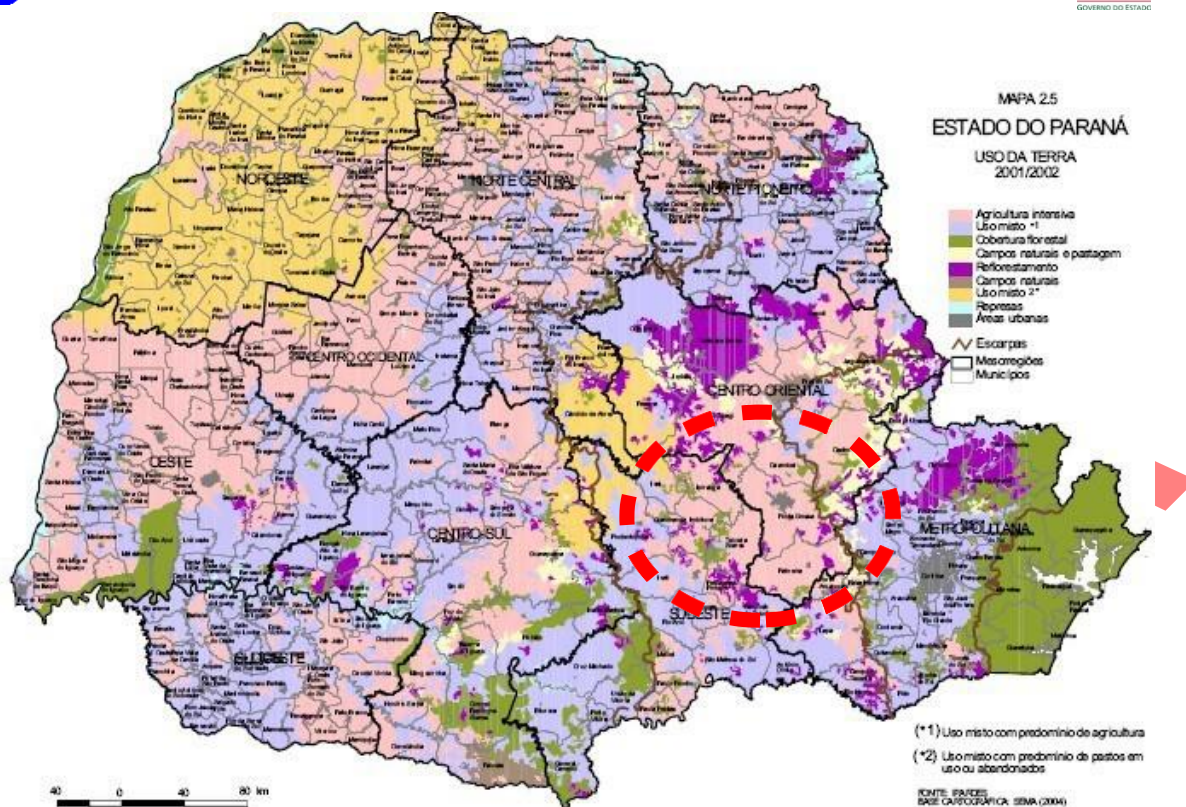
Quadro 2 - Unidade de Aptidão (Fórmula Mínima)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0	TE0-PR0-ER0 DR0-FE0
1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1	TE1-PR1-ER1 DR1-FE1
2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2	TE2-PR2-ER2 DR2-FE2
3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3	TE3-PR3-ER3 DR3-FE3
4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4	TE4-PR4-ER4 DR4-FE4
5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5	TE5-PR5-ER5 DR5-FE5
6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6	TE6-PR6-ER6 DR6-FE6
7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7	TE7-PR7-ER7 DR7-FE7
8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8	TE8-PR8-ER8 DR8-FE8
9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9	TE9-PR9-ER9 DR9-FE9

3.1.6. Contexto Agrícola

A área prioritária de aplicação do lodo de esgoto da UGL ETE Ronda está localizada predominantemente na Mesorregião Geográfica do Paraná denominada Centro-Oriental a qual se destaca pela abrangência e diversidade das atividades de uso e ocupação do solo, que combinam áreas de agricultura intensiva, uma grande diversidade agrícola e uma importante atividade pecuária a uma consolidada aglomeração urbano-industrial (Figura 5).

FIGURA 5: Uso da terra na região prioritária de aplicação de lodo de esgoto da UGL ETE Ronda.



Na mesorregião Centro-Oriental, o reflorestamento é uma atividade que tipifica o uso de seu território, ocupando grandes extensões (20,9%), que se distribuem de modo abrangente, ora de forma concentrada, ora de forma pulverizada. Tem sua dinâmica determinada por duas fortes vertentes econômicas, a indústria papelreira e madeireira, ambas em vigoroso processo de expansão. Além da produção própria, as empresas têm avançado na estratégia de incluir pequenos produtores no negócio da madeira.

Outra expressiva mudança na paisagem regional foi a ocupação dos campos naturais pela agricultura intensiva, viabilizada pelo avanço tecnológico do plantio direto. A alta capacidade de investimento dos produtores também tem sido fundamental para compensar a desvantagem das condições da base física — na qual prevalecem solos frágeis, pouco férteis, arenosos, rasos e muito suscetíveis à erosão — e obter nessas áreas os mais elevados níveis de produtividade do Estado.

Dentre os componentes de uso da terra da Mesorregião Sudeste, a cobertura florestal constitui um patrimônio expressivo da mesorregião, colocando-a na terceira maior posição quanto à contribuição para o estoque estadual.

A aparente desvantagem da Mesorregião Sudeste de se situar em área de relevo acidentado, imprópria para o desenvolvimento da agricultura intensiva, é o fator que tem contribuído para a manutenção de uma cobertura florestal nessas dimensões.

A atividade de reflorestamento alcançou um patamar expressivo, situando esta mesorregião entre as principais produtoras do Estado. A tradição e a demanda por recursos florestais favorecem e estimulam a expansão dessa atividade, que vem se disseminando inclusive por pequenos produtores.

Outra categoria de uso com significativa expressão é a agricultura tradicional, que ocupa cerca de metade do território da mesorregião, distribuída de forma mais abrangente em direção ao sul. Realizada por pequenos produtores, nesta atividade sobressaem o fumo e a ervamate como especificidades regionais, seguidos da batata e do feijão como produtos que representam importante contribuição estadual. Ao lado de ganhos de produtividade nos cultivos tradicionais, a dinâmica agrícola se expressa no esforço de diversificação principalmente com fruticultura de morango em Guamiranga.

A desvantagem da base física constitui uma limitação para a inserção regional na agricultura intensiva, que marca a atual dinâmica agrícola paranaense. Entretanto, essa atividade vem encontrando possibilidades de expansão, ocupando atualmente 26,8% do território. As áreas de pastagens abrigam um dos menores rebanhos bovinos do Estado e ocorrem em duas situações distintas: de maneira concentrada ao norte dos municípios de Prudentópolis e de Ivaí, e dispersas ao longo da mesorregião, inseridas entre as atividades de lavoura. A dinâmica dessa atividade está ligada ao fortalecimento de uma bacia leiteira que agrega pequenos produtores e ganha importância crescente com o apoio de programas de governo a serviços comuns de resfriamento e comercialização.

3.1.7. Restrições Locacionais

Compreendem as áreas de mananciais de abastecimento público, de matas ciliares, áreas urbanizadas, parques e reservas florestais, conforme estabelece as Resoluções SEMA 021/09 e CONAMA 375/06. As restrições locacionais, independente do grau de limitação edáfica ou da aptidão agrícola, ficam inviabilizadas ou classificadas como não recomendáveis para utilização do lodo de esgoto.

Na seleção das áreas de aplicação, os parâmetros locais poderão viabilizar ou inviabilizar a utilização do lodo, dependendo dos critérios de manejo do solo, forma de aplicação, aptidão agrícola da gleba, etc.

4. DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO LODO DE ESGOTO

4.1. QUANTIDADE DE LODO DE ESGOTO GERADO NA UGL

A UGL ETE Ronda produzirá, ao longo do ano, aproximadamente 500 t (base seca) de lodo de esgoto tratado por estabilização alcalina prolongada para aplicação na agricultura. Será necessária uma área agrícola aproximada de 50 ha, considerando a dosagem média de aplicação de 10 t/ha de lodo seco, conforme demonstra a tabela 14.

TABELA 14. Quantidade de lodo produzida e área necessária para aplicação.

ETE	Produção anual de lodo higienizado (ton/ano de ST)	Taxa média de aplicação (ton/ha)	Área agrícola necessária (ha)
VERDE	229,2	10	22,92
OLARIAS	86,3		8,63
RONDA	115		11,5
CRISTO REI	6,05		0,605
TIBAGI	37		3,7
CONGONHAS	57		5,7
GERTRUDES	52		5,2
CARÁ-CARÁ	51,6		5,16
SANTA BÁRBARA	14,3		1,43
TAQUARI	14,35		1,435
IPIRANGA	24		2,4
FORQUILHA	52		5,2
AREIAL	7		0,7
CONCEIÇÃO	1,35		0,135
TOTAL	747,15	10	74,715

4.2. RESTRIÇÕES E USOS POTENCIAIS DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

O perfil da realidade agrícola dos municípios da região prioritária de aplicação do lodo de esgoto da UGL ETE Ronda, considerando somente as culturas aptas indicadas para utilização de lodo de esgoto, está listado na tabela 15. São áreas agrícolas pré-selecionadas num universo de cerca de 447 mil hectares potenciais para aplicação de lodo na produção de alfafa, algodão, amoreira para criação de bicho da seda, arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, feijão, girassol, milho, soja, sorgo, trigo e triticale.

O lodo de esgoto será aplicado nas seguintes culturas:

- **Grandes culturas** cujos produtos são consumidos após industrialização ou alimentos não consumidos "*in natura*", tais como: feijão, soja, sorgo, canola, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde.
- **Reflorestamento.**
- **Produção de grama**, na implantação, o lodo é primeiramente incorporado para depois ocorrer o plantio.
- **Fruticultura**, apenas espécies perenes e cujas frutas não apresentem contato com o solo.

A priorização será para aplicação do lodo nas grandes culturas, no entanto, a seleção da cultura também dependerá do grande número de variáveis imprevisíveis no processo de distribuição, como precipitação, aceitabilidade por parte dos agricultores e épocas de demanda.

Não será permitida a utilização para pastagens, produção de culturas olerícolas, morango e outras culturas cujos produtos colhidos apresentem contato primário com o solo, tais como amendoim, mandioca e batata. O cultivo das espécies olerícolas e de contato primário somente poderá ser efetivado 48 meses após a incorporação do lodo e para pastagens, o uso somente poderá ser realizado 24 meses após a última aplicação.

4.3. USUÁRIOS POTENCIAIS

A tabela 15 apresenta o perfil da realidade agrícola dos municípios da região prioritária de aplicação do lodo de esgoto da UGL ETE Ronda, considerando somente as culturas aptas indicadas para utilização de lodo. Estas informações foram disponibilizadas pela EMATER, como parte das atividades previstas no convênio entre as instituições.

As áreas potenciais serão identificadas no decorrer do desenvolvimento do presente plano de utilização agrícola do lodo de esgoto, em função dos critérios estabelecidos pela legislação. A listagem das áreas que utilizarem o lodo de esgoto será apresentada ao IAP no relatório anual, conforme determina a Resolução SEMA 021/09.

TABELA 15. Potencial de aplicação de lodo de esgoto na região prioritária de atuação da UGL

Município	Produto	Produtores	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produto	Produtores	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)
Fernandes Pinheiro	arroz de sequeiro	600	500,00	1.800	feijão das secas	300	900,00	1.300
	aveia	5	400,00	1.500	milho safra normal	1.100	4.800,00	3.900
	cevada	6	200,00	2.250	soja	70	6.500,00	2.500
	feijão das águas	1.100	4.200,00	1.100	trigo	8	180,00	2.200
Guamiranga	arroz de sequeiro	280	100,00	1.700	milho safra normal	980	3.900,00	4.400
	cana-de-açúcar	3	7,00	45.000	milho safrinha	340	1.100,00	3.500
	feijão das águas	130	180,00	1.500	soja	21	3.700,00	3.400
	feijão das secas	80	150,00	750	trigo	6	800,00	2.250
Imbituva	arroz de sequeiro	90	330,00	1.000	milho safra normal	2.000	9.800,00	4.000
	aveia	30	1.100,00	1.100	milho safrinha	95	2.250,00	3.800
	cevada	10	370,00	1.800	soja	185	12.800,00	2.100
	feijão das águas	520	3.760,00	1.080	trigo	20	1.100,00	1.200
Inácio Martins	feijão das secas	210	1.250,00	1.200	triticale	5	50,00	1.250
	arroz de sequeiro	80	80,00	1.400	milho safra normal	820	2.600,00	2.800
Ipiranga	feijão das águas	150	300,00	800	soja	3	250,00	3.000
	arroz de sequeiro	35	50,00	1.700	milho safra normal	190	6.000,00	6.400
	aveia	200	3.030,00	1.500	milho safrinha	1.250	2.500,00	2.100
	cevada	12	500,00	2.500	soja	200	16.500,00	3.100
	feijão das águas	900	1.500,00	1.700	trigo	45	3.600,00	2.500
Irati	feijão das secas	25	500,00	1.500	triticale	20	500,00	2.500
	arroz de sequeiro	1.020	605,00	1.650	milho safra normal	3.230	25.550,00	3.800
	aveia	120	620,00	1.100	soja	255	9.580,00	2.100
	feijão das águas	2.910	17.215,00	1.200	trigo	58	920,00	1.500
Ivaí	feijão das secas	295	650,00	1.350	triticale	8	110,00	1.200
	arroz de sequeiro	300	72,60	200	milho safrinha	130	1.500,00	1.735
	cana-de-açúcar	38	80,00	30.000	soja	65	6.000,00	2.500
	feijão das águas	950	7.500,00	800	trigo	25	1.000,00	743
	feijão das secas	650	5.000,00	1.487	triticale	10	250,00	991
Porto Amazonas	milho safra normal	780	7.000,00	6.100				
	feijão das águas	30	100,00	1.800	feijão das secas	10	120	1600
	milho safra normal	10	896,00	6.198	milho safrinha	3	120	5165
	soja	30	3.500,00	2.700	cevada	2	58	983
Palmeira	trigo	5	200,00	1.950	aveia	4	80	900
	arroz de sequeiro	10	10,00	1.400	feijão das secas	220	3.000,00	1.600
	aveia	40	900,00	1.400	milho safra normal	1.800	13.000,00	6.000
	centeio	3	50,00	1.400	soja	1.100	4.100,00	2.700
	cevada	20	600,00	1.900	trigo	40	2.500,00	2.500
Ponta Grossa	feijão das águas	180	4.000,00	1.800	triticale	20	1.500,00	2.200
	arroz de sequeiro	30	150,00	1.700	feijão das secas	80	1.800,00	2.300
	aveia	400	3.000,00	1.400	milho safra normal	480	16.000,00	8.000
	cevada	35	2.500,00	3.600	soja	450	57.050,00	3.000
Prudentópolis	feijão das águas	800	3.000,00	1.500	trigo	80	11.670,00	3.400
	amoreira	18	18,00	260	feijão das secas	1.700	24.500,00	760
	arroz de sequeiro	4.800	600,00	1.100	milho safra normal	7.200	23.500,00	2.700
	aveia	1.800	450,00	511	milho safrinha	100	300,00	1.800
	cana-de-açúcar	220	20,00	46.000	soja	215	15.200,00	2.050
	centeio	18	50,00	1.000	soja safrinha	12	370,00	1.648
	cevada	15	350,00	322	trigo	115	950,00	1.239
Teixeira Soares	feijão das águas	7.900	27.700,00	702	triticale	5	130,00	1.500
	arroz de sequeiro	600	710,00	1.600	milho safra normal	1.200	14.200,00	5.400
	cevada	20	1.160,00	1.250	milho safrinha	400	2.700,00	4.200
	feijão das águas	800	3.500,00	1.450	soja	370	20.900,00	2.800
	feijão das secas	300	750,00	1.300	trigo	60	1.500,00	1.800

4.4. PERÍODO DE DEMANDA

4.4.1. Épocas de Preparo do Solo e Plantio

O período de maior demanda para aplicação de lodo, em função da época de plantio, é de março a novembro, conforme o zoneamento agrícola da região (Tabela 16).

A programação para atender a demanda de lodo de esgoto será de acordo com o zoneamento agrícola, sendo o material aplicado anteriormente a época de plantio das culturas listadas na tabela 16 e no pós colheita da cultura de amoreira.

TABELA 16: Zoneamento agrícola para as culturas aptas a aplicação de lodo de esgoto na região prioritária de atuação da UGL ETE Ronda .

Cultura	Época de plantio
Amoreira – criação de bicho da seda	Abril – setembro
Arroz de sequeiro	11 outubro – 30 novembro
Canola	01 março – 10 junho
Cevada	21 maio – 30 junho
Feijão (água)	11 setembro – 30 novembro
Feijão (seca)	21 dezembro – 31 janeiro
Milho	01 setembro – 30 novembro
Soja	21 outubro – 31 dezembro
Trigo	01 maio – 10 julho

Fonte: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1088> , Acesso em abril de 2013

5. PROJETO AGRONÔMICO

O apoio agronômico para aplicação do lodo de esgoto em área agrícola será realizado pela SANEPAR, EMATER e/ou responsável pela assistência técnica.

Antes de iniciar o trabalho de utilização agrícola do lodo de esgoto em um município, serão realizadas reuniões com os órgãos ligados a agricultura, saúde e meio ambiente, visando informar sobre os critérios e procedimentos adotados pela SANEPAR.

Com o apoio de instituições locais será realizado o cadastro de agricultores interessados em utilizar o lodo. Para isso, se utilizará da **Ficha de Cadastro**, contendo as seguintes informações: **Nome do proprietário, localização da propriedade, município, tamanho da área destinada ao uso de lodo, cultura a ser cultivada, telefone para contato.**

Toda aplicação de lodo de esgoto será condicionada à elaboração de um Projeto Agronômico específico, para a área agrícola considerada apta e para a cultura selecionada.

5.1. SELEÇÃO DE ÁREAS PARA APLICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO

As áreas serão selecionadas entre os agricultores atendidos pela EMATER em sua atividade de assistência ao produtor, em concordância com a missão social das instituições envolvidas e em atendimento as demandas por parte de agricultores. Serão priorizadas as áreas de agricultores familiares.

A análise da aptidão das áreas é realizada em duas fases. A primeira fase foi descrita no item 3.1. Caracterização geral da região prioritária de aplicação, incluindo um mapa para orientação quanto ao potencial do solo a nível regional.

A segunda fase será realizada a campo, avaliando-se as condições de cada área cadastrada. A classificação do potencial dos solos na região prioritária de atuação da UGL ETE Ronda, para aplicação de lodo, terá como base o sistema proposto por Souza et al. (1994).

Este sistema classifica o potencial dos solos para uso do lodo em classes de aptidão definidas de acordo com o grau de limitação gerado pelo impedimento mais significativo à aplicação de lodo. As limitações estão relacionadas à drenagem, à erosão e ao impedimento a motomecanização do solo (Tabela 17).

A interpretação de viabilidade de uso deve ser orientada pela tabela 18. As áreas com restrições severas ou inaptas para uso de lodo de esgoto, serão descartadas, ou não recomendadas para sua utilização.

A amostragem e a análise físico-química do solo complementam a avaliação do local. Com base nos resultados da análise do solo, o engenheiro agrônomo fará a recomendação agronômica, definindo as taxas de aplicação de lodo e a complementação com adubos químicos, se necessária.

TABELA 17. Sistema de Classificação da Aptidão dos Solos para Aplicação de Lodo.

Fator	Critério	Grau	Classe
Profundidade	latossolos, cambissolos ou podzólicos profundos	0-nulo	I
	cambissolos ou podzólicos com citação de pouca profundidade	2-moderado	III
	litólicos ou outras unidades com citação de solos rasos	3-forte	V
Textura superficial	textura argilosa (35 a 60% de argila)	0-nulo	I
	texturas muito argilosa(> de 60% argila) e média (15-35% argila)	1-ligeiro	II
	textura siltosa (<35% de argila e <15% de areia)	2-moderado	III
	textura arenosa (<15% de argila)	3-forte	IV
Suscetibilidade à erosão	solos em relevo plano	0-nulo	I
	solos argilosos ou muito argilosos em relevo suave ondulado	1-ligeiro	II
	solos textura média ou siltosa em relevo suave ondulado e solos com textura argilosa e muito argilosa em relevo ondulado	2-moderado	III
	solos de relevo ondulado com textura arenosa e/ou caráter abrupto ou relevo forte ondulado associado a textura muito argilosa	3-forte	IV
	relevo forte ondulado, com textura média e arenosa relevo montanhoso ou escarpado independente da classe textural	4-muito forte	V
Drenagem	solos acentuadamente bem drenados	0 nulo	I
	solos fortemente drenados	1-ligeiro	I
	solos moderadamente drenados	2-moderado	III
	solos imperfeitamente e excessivamente drenados	3-forte	V
	solos mal e muito mal drenados	4-muito forte	V
Relevo	relevo plano (0-3%)	0-nulo	I
	relevo suave ondulado (3-8%)	1-ligeiro	II
	relevo ondulado (8-20%)	2-moderado	III
	relevo forte ondulado (20-45%)	3-forte	IV
	relevo montanhoso ou escarpado (maior que 45%)	4-muito forte	V
Pedregosidade	solos sem fase pedregosa	0-nulo	I
	citação de pedregosidade na legenda	2-moderado	IV
	solos com fase pedregosa	4-forte	V
Hidromorfismo	solos sem indicação de hidromorfismo	0-nulo	I
	solos com caráter gleico	2-moderado	III
	solos hidromórficos	3-forte	V
pH	Solos com pH inferior a 6,5 para aplicação de lodo higienizado	0-nulo	I
	Qualquer faixa de pH para lodo compostado		
	Solos com pH igual ou superior a 6,5 para uso de lodo higienizado	4-forte	V

Fonte: adaptado de SOUZA *et al.* (1994)

TABELA 18. Classes de aptidão das terras para utilização agrícola de lodo.

CLASSE DE APTIDÃO	USO	Observação
CLASSE I	PERMITIDO	Permitida a utilização do lodo de esgoto sem restrições
CLASSE II		
CLASSE III		
CLASSE IV	NÃO RECOMENDADO	Poderá ser permitido o uso no processo de obtenção do Licenciamento Ambiental mediante apresentação de fatores atenuantes.
CLASSE V	VETADO	Não deve ser permitida a aplicação.

Além da avaliação da classe de aptidão das terras para utilização agrícola de lodo, também serão analisadas as seguintes restrições locais:

- Proximidade de cursos d'água, poços e minas de água
- Proximidade de áreas residenciais e de freqüentação pública
- Localização em mananciais de abastecimento público

5.2. ESTRUTURA DO PROJETO AGRONÔMICO

O projeto representa a recomendação agronômica de utilização de lodo e será elaborado de forma individual para cada área agrícola, contemplando várias informações sobre a propriedade e do produtor rural, conforme os itens a seguir:

- ☐ *Número da recomendação.*
- ☐ *Localização da propriedade* (itinerário e coordenadas geográficas/GPS).
- ☐ *Descrição do sistema de tratamento de esgoto.*
- ☐ *Caracterização do produtor e da propriedade, com informações cadastrais da área e do agricultor.*
- ☐ *Características da área de aplicação, contemplando a caracterização de aptidão do terreno, definição das espécies cultivadas e croqui de delimitação da área a receber lodo.*
- ☐ *Características do lodo a ser aplicado: identificação do lote de lodo, parâmetros agronômicos, metais pesados, agentes patogênicos.*
- ☐ *Resultados da análise do solo, incluindo a caracterização físico-química.*
- ☐ *Limitações e aptidão das glebas, segundo a "Metodologia de Classificação da Aptidão Agrícola para Uso de Lodo de Esgoto", e limitações locacionais e ambientais (mananciais, distância de cursos d'água, etc.)*
- ☐ *Recomendações de adubação por gleba, dosagem recomendada para aplicação do lodo e complementação com adubação química.*
- ☐ *Benefício econômico gerado com a aplicação do lodo de esgoto.*
- ☐ *Caracterização da estocagem na propriedade.*
- ☐ *Recomendações gerais, envolvendo os cuidados no uso e manuseio do lodo.*
- ☐ *Assinatura do responsável técnico e do responsável pela UGL.*
- ☐ *Assinatura do produtor, sendo este o termo de aceitação do produtor.*

Após ser assinado pelo produtor o projeto será encaminhado à SANEPAR para formação de banco de dados. O projeto será preenchido em 3 vias: uma é enviada para a SANEPAR (1ª-original), outra fica para o arquivo da Assistência Técnica e a terceira para o agricultor.

5.3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE SOLO

A recomendação da taxa de aplicação de lodo será realizada com base nas características do lote de lodo, nas características da cultura a ser cultivada e nas características do solo, com base na análise de solo.

As amostras de solos serão compostas, por gleba homogênea, e serão encaminhadas para análise laboratorial de parâmetros de uma análise química completa (pH, H⁺, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, P, C, T, V%, m%), além de outros parâmetros exigidos pela Resolução SEMA 021/09 (MO, Na, S, condutividade elétrica).

5.4. TAXA DE APLICAÇÃO DE LODO E ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR

O benefício do uso agrícola de lodo de esgoto está associado ao seu conteúdo de matéria orgânica, de nutrientes, especialmente N, e à capacidade de correção do pH do solo. De maneira geral, o lodo tem teores altos de nitrogênio, médios em fósforo e baixos em potássio. Para recomendação da taxa de aplicação de lodo no solo considera-se em primeiro lugar: o pH do solo, em segundo: a necessidade de nitrogênio assimilável da cultura, em terceiro lugar: a necessidade de fósforo e por último a de potássio.

A dosagem de lodo não deverá ultrapassar o pH ideal para a cultura a ser cultivada. Se a dosagem máxima recomendável de lodo não fornecer o N, P e/ou K necessários para a cultura, o suprimento será através da adubação complementar (fertilizantes químicos sintéticos). Neste caso, deve-se evitar a aplicação de P juntamente com o lodo, dado o efeito de imobilização de P promovido por produtos com alto teor de cálcio, como o lodo.

A recomendação da taxa de aplicação de lodo de esgoto e de adubação complementar será definida na Ficha de Recomendação Agronômica. A taxa será calculada em função da:

- Necessidade de nitrogênio da cultura.
- Poder reativo do lodo.
- Acúmulo de metais pesados.

Dessa forma será adotada para a taxa de aplicação máxima em base seca, o menor valor calculado de acordo com os seguintes critérios:

a) A aplicação máxima anual de lodo de esgoto não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para a cultura, com base na recomendação do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto, calculado de acordo com a Resolução SEMA 021/09:

$$\text{Taxa de aplicação de lodo (t/ha)} = \text{N recomendado (kg/ha)} / \text{N disponível (kg/t)}$$

b) A aplicação do lodo higienizado com cal promove elevação do pH do solo, dessa forma a quantidade aplicada não deverá elevar o pH do solo a níveis superiores a 7,0. Segundo pesquisa realizada por Serrat et al. (2012) a taxa máxima anual de aplicação do lodo caído na região é de 11 t/ha de ST de lodo higienizado por estabilização alcalina prolongada. O cálculo da taxa de aplicação para o critério de elevação de pH deverá ser realizado com base no método de Saturação de Bases, substituindo o PRNT pelo PN calculado do lodo, a partir dos teores de Ca total e Mg total, contidos nos laudos de caracterização agronômica do lote de lodo de esgoto.

c) A taxa de aplicação de lodo não poderá exceder os limites de carga total acumulada teórica de metais pesados no solo, conforme indica a tabela 19.

TABELA 19. Cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas pela aplicação de lodo em solos agrícolas

Substância inorgânica	Máximo permitido (kg/ha)
Arsênio	30,0
Bário	265,0
Cádmio	4,0
Chumbo	41,0
Cobre	137,0
Cromo	154,0
Mercúrio	1,2
Molibdênio	13,0
Níquel	74,0
Selênio	13,0
Zinco	445,0

5.5. PRÁTICAS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

As áreas destinadas a aplicação de lodo deverão possuir, ou implementar previamente, práticas de manejo e conservação do solo, de acordo com as limitações e aptidão dos solos e recomendação técnica. As práticas usuais de conservação de solos incluem o plantio em nível, controle da erosão e manutenção da cobertura do solo.

5.6. APLICAÇÃO E INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESGOTO NO SOLO

A aplicação do lodo será responsabilidade conjunta da SANEPAR e do agricultor. Será realizada, segundo os procedimentos recomendados pelo responsável técnico de campo, da seguinte forma:

Em área agrícola cuja declividade das parcelas não ultrapasse:

- 8% no caso de aplicação superficial sem incorporação, com adoção de práticas mecânicas de conservação;
- 15% no caso de aplicação superficial com incorporação;
- 18% no caso de aplicação subsuperficial e em sulcos;
- 25% no caso de aplicação em covas.

A estocagem do lodo na propriedade deve se restringir a um período máximo de 15 dias, devendo atender aos seguintes critérios:

- ☐ Área plana de até 5% de declividade
- ☐ Distância mínima de 100m de corpos hídricos, residências e áreas de frequência pública

6. MONITORAMENTO

O monitoramento tem como objetivo analisar, orientar e readequar as estratégias do plano de utilização agrícola do lodo de esgoto.

As informações de caracterização e de destino dos lotes de lodo serão armazenadas em banco de dados na Unidade de Gerenciamento de Lodo ou na Gerência Regional para posterior tabulação e envio de relatório ao IAP.

6.1. MONITORAMENTO AMBIENTAL

É responsabilidade da SANEPAR garantir a segurança pública e ambiental das áreas onde foi aplicado o lodo.

A UGL caracterizará o solo agrícola, antes da primeira aplicação de lodo de esgoto, quanto: aos parâmetros de fertilidade; sódio trocável; condutividade elétrica e substâncias inorgânicas.

6.1.1. Monitoramento da Fertilidade do Solo

Uma primeira avaliação da fertilidade do solo, anterior a aplicação de lodo, deverá constar da ficha de recomendação agronômica.

6.1.2. Monitoramento do Acúmulo de Metais Pesados

Os metais a serem avaliados serão os mesmos considerados para a análise do lodo de esgoto (As, Ba, Mo, Se, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Hg e Cr).

O monitoramento de metais pesados no solo será realizado nos seguintes casos:

- a) a cada aplicação, sempre que estas substâncias inorgânicas forem consideradas poluentes limitantes da taxa de aplicação;
- b) quando a carga acumulada teórica adicionada para qualquer uma das substâncias inorgânicas monitoradas alcançar 80% da carga acumulada teórica permitida estabelecida na Tabela 13, para verificar se as aplicações subsequentes são apropriadas; e

c) a cada 5 aplicações, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

6.1.3. Monitoramento de Substâncias Orgânicas

O monitoramento de substâncias orgânicas no solo deverá ser realizado sempre que estas substâncias forem detectadas na caracterização do lote de lodo de esgoto, devendo ser observadas as concentrações constantes da tabela 20, sendo que a frequência deste monitoramento deve ser estabelecida pelo órgão ambiental.

TABELA 20. Concentrações permitidas de substâncias orgânicas em solos agrícolas.

Substância	Concentração permitida no solo (mg/kg)
Benzenos Clorados	
1,2-Diclorobenzeno	0,73
1,3-Diclorobenzeno	0,39
1,4-Diclorobenzeno	0,39
1,2,3-Triclorobenzeno	0,01
1,2,4-Triclorobenzeno	0,011
1,3,5-Triclorobenzeno	0,5
1,2,3,4- Tetraclorobenzeno	0,16
1,2,4,5 - Tetraclorobenzeno	0,01
1,2,3,5 - Tetraclorobenzeno	0,0065
Ésteres de ftalatos	
Di-n-butil ftalato	0,7
Di (2-etilhexil)ftalato (DEHP)	1
Dimetil ftalato	0,25
Fenóis não clorados	
Cresóis	0,16
Fenóis clorados	
2,4-Diclorofenol	0,031
2,4,6-Triclorofenol	2,4
Pentaclorofenol	0,16
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	
Benzo(a)antraceno	0,025
Benzo(a)pireno	0,052
Benzo(k)fluoranteno	0,38
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,031
Naftaleno	0,12
Fenantreno	3,3
Lindano	0,001

6.2. BANCO DE DADOS

Todos os dados de caracterização do lodo e de monitoramento das áreas de aplicação, serão cadastrados e mantidos em arquivo para o acompanhamento dos efeitos do uso do lodo no ambiente e para os procedimentos de fiscalização do órgão ambiental.

O banco de dados das propriedades será realizado com base nas informações dos fichários de recomendação agrônômica, incluindo:

- ☐ Caracterização das áreas agrícolas.
- ☐ Caracterização do potencial dos solos para uso de lodo.

- ☐ Data de retirada do lodo da ETE
- ☐ Data de aplicação
- ☐ Recomendação de doses de lodo e complementação com adubo mineral.
- ☐ Espécies para cultivo com lodo.
- ☐ Acompanhamento das quantidades de metais pesados.
- ☐ Responsabilidade técnica pela recomendação.

6.3. RELATÓRIO ANUAL

Para fins de fiscalização a UGL ETE Ronda ou a Gerência Regional manterá em arquivo todos os documentos descritos neste plano, em especial a ficha de recomendação agrônômica, relatórios e resultados de análises e monitoramento, por um prazo mínimo de dez anos.

A UGL encaminhará ao IAP os resultados dos monitoramentos de solo e de lodo de esgoto, informando anualmente as propriedades que receberam o lodo de esgoto e as respectivas quantidades.

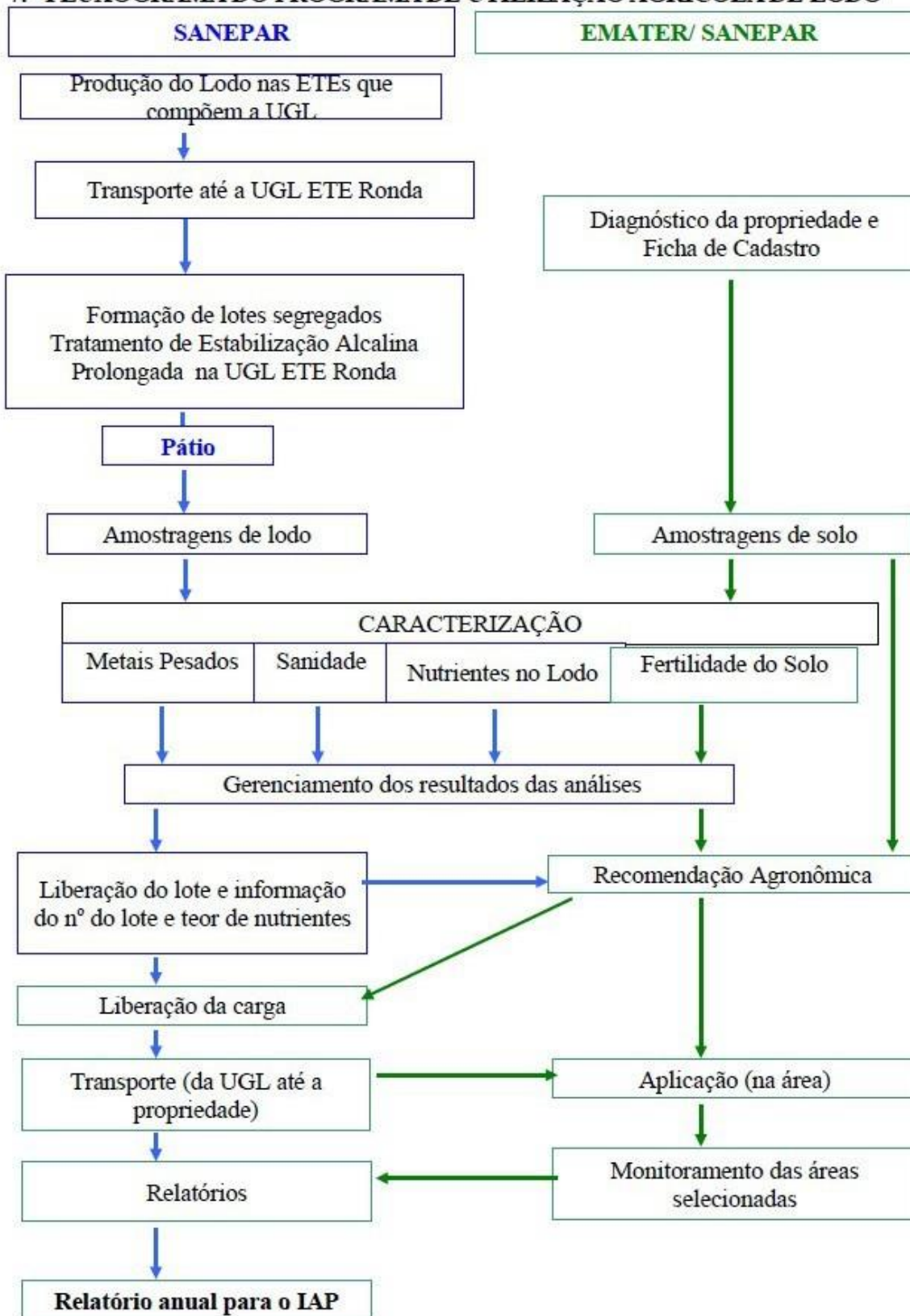
Este relatório anual de monitoramento que a UGL apresentará ao IAP conterá, entre outras, as seguintes informações:

- ☐ Relação de agricultores beneficiados
- ☐ Localização das propriedades
- ☐ Área aplicada
- ☐ Quantidade de lodo aplicada
- ☐ Número dos lotes de lodo
- ☐ Espécie cultivada

RESPONSÁVEL TÉCNICO: REBERT SKALISZ

DATA: 20/07/2016

7. FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreoli, C.V. (coord). Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura . PROSAB –FINEP . Rio de Janeiro, Editora FINEP, 97p. 1999.
- Andreoli, C. V. ; Fernandes F. ; Lara I. (coord) Reciclagem agrícola de lodos – transformando problemas em soluções . PADCT-FINEP, Curitiba, 300p, 1998.
- Arceivala, S.J. Wastewater treatment and disposal . Engineering and ecology in pollution control . New York, Marcel Dekker, 1981, 892p.
- Arsov, R. On reasonable degree of sludge stabilisation at the municipal wastewater treatment plants . In “Specialized Conference - Disposal and utilisation of sewage sludge : treatment methods and application modalities “ Anais... Atenas, 13-15 de outubro de 1999, p. 63-70
- Bonnin, C. Travaux du CEN/TC 308 : présentation des guides de bonne pratique pour la production et l’utilisation des boues . Seminário E.F.E., Paris, 1996, 9 p.
- Bittencourt, S.; Andreoli, C. V.; Mochida, G.A.; SOUZA, L. M. K. M.; Serrat. B. M. Aspectos agrônômicos do uso agrícola de lodo de esgoto -região metropolitana de Curitiba. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol 2, n. 1, 2009.
- Bittencourt, S.; Andreoli, C.V.; Mochida, G. A.; Serrat, B. M. Uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná. In: *Uso Agrícola de Lodo de Esgoto : avaliação após a Resolução n. 375 do Conama*. Coscione, A R.; Nogueira, T. A R.; Pires, A M. M.(ed.) Botucatu: FEPAF. p. 281-301, 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no375, 29/08/2006. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento esgoto sanitário. <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: fev. 2007.
- Canadá. Ontario Ministry of agriculture and food. Guidelines for sewage sludge utilization on agricultural lands. Toronto, 1986, 31p.
- EPA – Environmental Protection Agency . Operation manual of sludge utilisation and conditioning EPA 600/8-85/ Washington, DC, 1979
- EPA – Environmental Protection Agency . Environmental regulation and technology controll of pathogens and vector attaction in sewage sludge . Under 40 CFR. Part 503 . 625/R-92/013, 1992 .
- Fair, G. M.; Geyner, J.C. ; Okum D.A. Elements of water supply and wastewater disposal. New York, Wiley, 1971, 634p.
- Fernandes, F. ; Andraus, S.; Andreoli, C.V. et alii. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETEBelém com vista a seu uso agrícola . SANARE . v.5, n.5, p. 46-58,1996

Fernandes, F.; Andreoli, C.V. ; Domasak S.C. Caracterização preliminar dos principais tipos de lodo de esgoto do Paraná para um programa de reciclagem agrícola . SANARE, v.6, n.6, p. 15-21, 1996.

Fernandes, F. ; Coelho, L. O.; Nunes C.W.; Silva, S. M. C .P. Aperfeiçoamento na tecnologia de compostagem e controle de patogenos. SANARE, v.5, n.5 37-45, 1996.

Fernandes, F.; Silva, S.M.C.P. ; Block, M.F.M. et al. Possibilidades de gestão integrada do lodo de esgoto produzido em várias ETEs com base no teor de metais pesados , nutrientes e volume de lodo produzido . In “ 20 Congresso Brasileiro de Engenharia sanitária e ambiental “Rio de Janeiro . Anais... I-106, p.42, 10-14 de maio de 1999.

Gomes, C.S. SANEPAR / Área de projetos . Observações pessoais, 1999 e 2000.

Gonçalves, R. F.; Ludovice, M.; Von Sperling, M. Remoção da umidade de lodos de esgoto. In: Andreoli,

C.V.; Sperling M. von; Fernandes F. Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final. Belo Horizonte; Departamento de Eng Sanitária e Ambiental – UFMG; SANEPAR, 2001. 484p.

IAPAR, Zoneamento Climático. Disponível em : <<http://www.pr.gov.br/iapar/zonpr>> Acesso em: ago. 2011.

Martel, J.L. Le recyclage des boues en agriculture : comment mettre en place une filière d'épandage perenne. Seminário E.F.E., Paris, (apostila) .1996, 26p.

Metcalf & Eddy . Wastewater engineering : treatment, disposal, reuse . Mc Grow Hill International editions .New York, 1991, 1.334 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 021/09. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, n. 7962, p. 13-16, 2009.

SANEPAR (Fernandes e Andreoli; coordenadores). Manual Prático para utilização agrícola do lodo e esgoto no Paraná. Curitiba, fundo editorial SANEPAR, 96p, 1997.

Serrat. B. M.; Poggere, G. C.; Motta, A C.V.; Bittencourt, S.; Andreoli, C. V. Taxas de Aplicação Máxima

Anual de Lodo EAP para Solos do Estado do Paraná. Informe Técnico: Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias. 2012. 80p.

Souza, M.L.P.; Ribeiro, A.N.; Andreoli, C.V.; Souza, L.C.P.; Bittencourt, S. Aptidão das terras do estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto. Revista DAE, São Paulo, n 177, maio 2008. p. 20 – 29.

Soccol, V.T. ; Paulino, R.C. ; Castro, E. Aspectos sanitários do uso agrícola do lodo de esgoto : helmintos e protozoários . In “ Reciclagem agrícola de lodos – transormando problemas em soluções. P. 156-179, Editora SANEPAR-ABES, Curitiba, 1999.

Soccol, V.T. ; Paulino, V.; Castro,C. A. Helminth eggs viability in sewage sludge and biossolids in Curitiba. Brazilian Arch. of biology and Technology, v. 40, n.4, p. 829-836, 1997.

Vaan Haandel, ^aC. ; Lettinga, G. Tratamento anaeróbio de esgotos – um manual para regiões de clima quente. Campina Grande, 1994, 240p. Zoneamento Ecológico Econômico do Paraná.. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/zee/>> Acesso em: 25 set. 2007.

Webber, M.D. Shames. A. Land utilization of sewage sludge.

MANUTENÇÃO