

## APTIDÃO DAS TERRAS DO ESTADO DO PARANÁ LAND APTITUDE FOR FINAL SEWAGE SLUDGE

**Marcos Luiz de Paula Souza**<sup>1</sup>  
**Anderson Nora Ribeiro**<sup>2</sup>  
**Cleverson Vítório Andreoli**<sup>3</sup>  
**Luiz Cláudio de Paula Souza**<sup>4</sup>  
**Simone Bittencourt**<sup>5</sup>

1Eng. agrônomo, Dr., consultor de TERRA - Consultoria Agronômica e Planejamento Ambiental Ltda. 2Eng. Agrônomo, UFPR. 3Eng. agrônomo, Msc. Dr., Prof. da UNIFAE e Gerente de Pesquisa da Sanepar. 4Eng. Agrônomo, Dr., professor da UFPR. 5Eng. Agrônomo, Msc.; analista da Sanepar.

**Endereço:** R.Engenheiros Rebouças, 1376. 80215-900. Curitiba, PR.  
**E-mail:** c.andreoli@sanepar.com.br

### RESUMO

A Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar adota o uso agrícola como disposição final do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto com o objetivo de evitar problemas de contaminação e degradação dos recursos hídricos, melhorar as condições dos solos, gerar aumento de produtividade agrícola e reduzir os custos de produção dos agricultores, proporcionando benefícios sob os aspectos sanitários, ambientais e sociais. Para que esta prática seja realizada de forma adequada é necessário avaliar os aspectos ambientais das áreas agrícolas.

Desta forma, desenvolveu-se o mapa de aptidão das terras do estado do Paraná para disposição final do lodo de esgoto como ferramenta para o zoneamento, no nível semidetalhado, de áreas potencialmente aptas para utilização agrícola do lodo, sendo útil tanto no planejamento regional. Destaca-se que o sistema de aptidão adotado para o mapeamento também pode ser aplicado para a classificação do solo no nível de campo, como base para a recomendação agronômica na escala da propriedade rural.

### ABSTRACT

The Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar adopts the agricultural use, as a final disposal, to the sewage sludge of its sewage treatment plants, aiming to avoid contamination and degradation of water resources, improve soil conditions, increase agricultural productivity and decrease production costs to the agriculturists, giving sanitary, environmental and social benefits. In order to complete this practice in a proper way, it's necessary to

evaluate the environmental aspects of agricultural land to the material's use.

This way, the land aptitude for final sewage sludge disposition map of the Parana state was developed as a tool to the zoning of the potentially apt lands to the agricultural use of sewage sludge in a semi-detailed level, being useful not just in regional planning as also in the evaluation of rural areas, in executive scale.

### 1. INTRODUÇÃO

Com a ampliação dos investimentos em saneamento, especialmente na coleta e tratamento de esgoto, há um proporcional aumento da produção do lodo de esgoto. Trata-se de um material semi-sólido, composto principalmente das colônias de bactérias responsáveis pela digestão do esgoto nas estações de tratamento, que co-precipitam com os agentes patogênicos e grande parte dos metais pesados presentes no esgoto.

A gestão do lodo de esgoto é a etapa mais complexa da operação de uma Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, pois geralmente exige soluções que ultrapassam os limites da estação e que representa entre 20 e 60% do custo operacional. Esta prática foi por muitos anos negligenciada, causando graves problemas operacionais, ambientais e sanitários, contudo encontra-se em implementação uma série de medidas visando o equacionamento do problema.

A Companhia de Saneamento do Estado do Paraná – Sanepar, seguindo as diretrizes da Agenda 21 e da Organização Mundial de Saúde (SILVA, 2007), definiu o uso agrícola como alternativa prioritária de disposição final do lodo de esgoto, por ser o resíduo um insumo de características benéficas para a agricultura. Esta forma de destino final tem como premissa a oferta de um produto que garanta a qualidade ambiental, sanitária e agronômica, com monitoramento ambiental e rastreabilidade, de forma a permitir a relação dos lotes de lodo com as áreas onde foram aplicados. Além disso, a prática traz benefícios econômicos ao produtor rural.

No Paraná, o uso agrícola de lodo de esgoto segue as determinações do Decreto Federal no 4.954 de 14 de janeiro de 2004 e os critérios e procedimentos estabelecidos pela Resolução CONAMA 375 de 29 de agosto de 2006 e pela Resolução SEMA 001/07 de 23 janeiro de 2007. Somente são liberados para a agricultura os lotes de lodo que atendem aos critérios estabelecidos por essas normatizações, especialmente referentes aos teores de metais pesados e de agentes patogênicos, que geralmente requerem a adoção

**Palavras-chave:** Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar; uso agrícola de lodo de esgoto; aptidão das terras, PROSAB, biossólido.

**Keywords:** Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar; agricultural use of sewage sludge; land aptitude, PROSAB, biosólido.

de sistemas de higienização.

Além do rigoroso controle de qualidade na produção e distribuição do lodo de esgoto, é imprescindível a adequada orientação agrônômica para a sua utilização na agricultura. A composição do lodo geralmente apresenta níveis elevados de nitrogênio, médios de fósforo e baixos de potássio, o que exige a orientação técnica para complementação mineral visando adequar a disponibilidade de nutrientes fornecidas pelo lodo com as necessidades da espécie vegetal a ser cultivada, considerando a fertilidade do solo. Quando o processo de higienização adotado inclui a adição de cal, considera-se também, o equilíbrio de nutrientes e pH no solo, em decorrência da aplicação do elevado percentual de cálcio e magnésio contidos no lodo.

Na aplicação de lodo de esgoto, devem ser consideradas as restrições locacionais e de aptidão do solo das áreas agrícolas, conforme determina a legislação vigente. Aspectos como proximidade de residências e de cursos d'água, áreas de preservação permanente, áreas de proteção de mananciais, unidades de conservação são restritivos a aplicação de lodo de esgoto (SEMA, 2007; CONAMA, 2006).

A aptidão do solo das áreas de aplicação deve ser avaliada tendo como referência critérios pedológicos, que interpretados indicam a capacidade das terras para o recebimento de lodo de esgoto. Para atender esta demanda, um sistema interpretativo de classificação de terras foi desenvolvido no âmbito do Programa Interdisciplinar de Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto, em convênio entre Universidade Federal do Paraná - UFPR e Sanepar, (SOUZA et al., 1994) que foi adotado pela Instrução Técnica do IAP CEP/DTA no 001/2002 e posteriormente pela Resolução SEMA 001/07.

O lodo de esgoto por se tratar de material de alto valor energético aplicado na produção agrícola, com a finalidade de restituir elementos organominerais ao solo, deve ter como meta também a recuperação e ou correção de suas características edafológicas, sua conservação e melhoramento. A aplicação de lodo deve respeitar parâmetros que evitem desequilíbrios nas propriedades físico-químicas, principalmente pelo fato da disposição final em áreas agrícolas ter se tornado uma opção promissora e econômica.

O Sistema de Classificação de Terras para Disposição de Lodo de Esgoto (SOUZA et al., 1994), foi adotado na classificação das terras da Região Metropolitana de Curitiba, nível de reconhecimento e serviu de base para o programa de disposição final de lodo de esgoto da Sanepar em execução na região desde 2002, que leva em conta os seguintes aspectos (ANDREOLI, 1988):

- a) *qualidade do lodo para utilização agrícola,*
- b) *condições edafológicas das áreas de aplicação,*

- c) *modalidade de uso e monitoramento,*
- d) *máxima adição de elementos perigosos em função da concentração de metais pré-existentes no solo e condicionantes de sanidade,*
- e) *procedimentos legais e administrativos,*
- f) *elaboração de um manual ou guia de risco para usuários potenciais e esclarecimentos à comunidade,*
- g) *desenvolvimento de sistemas de classificação de aptidão de terras para disposição final de lodo.*

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo a geração do Mapa de Aptidão das Terras do Estado do Paraná para Disposição Final de Lodo de Esgoto, como ferramenta para o zoneamento, no nível semi-detalhado, de áreas potencialmente aptas para utilização agrícola do lodo de esgoto.

A classificação utilizada, fundamentada em SOUZA et al. (1994), considera os atributos do solo e da paisagem como aspectos ambientais, definindo classes de aptidão das terras na ótica do risco ambiental com a aplicação do lodo de esgoto, sem deixar de considerar o sistema como um pressuposto para o efetivo uso e manejo das terras. Portanto associa ao uso sustentado, princípios e bases técnicas e científicas necessárias para o uso e manejo agrícola das áreas rurais.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. Características do sistema de classificação de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto

A classificação das terras para disposição final de lodo de esgoto utilizada foi proposta por SOUZA et al. (1994). É do tipo técnica ou interpretativa (LEPSCH et al., 1983) que segue os princípios metodológicos do Sistema de Capacidade de Uso proposto por NORTON (1945) com objetivo de planejar o uso das terras para o controle da erosão acelerada, e partir da qual surgiram inúmeras outras aproximações e classificações.

Este sistema de classificação (SOUZA et al., 1994) diferencia-se ao considerar os atributos do solo e da paisagem como aspectos ambientais, assim as classes do sistema contemplam o risco ambiental e a possibilidade de uso e manejo, configurando-se como indicador do uso sustentado e do manejo adequado das terras agrícola.

A aptidão dos solos para o uso de lodo de esgoto deve ser avaliada considerando aspectos da paisagem que interferem nos processos erosivos do solo e na mecanização (tabela 1), como profundidade, capacidade de infiltração e percolação, textura suficiente para alta capacidade de retenção de água e nutrientes, boa drenagem e aeração, pH alcalino a neutro para reduzir a mobilidade e a solubilidade de metais pesados (USEPA, 1979).

**Tabela 1: Aspectos da paisagem considerados na avaliação de aptidão das terras para disposição final do lodo de esgoto**

ASPECTO	INFLUÊNCIA NA APTIDÃO DAS TERRAS PARA USO DO LODO DE ESGOTO
<b>Profundidade do solo e do lençol freático</b>	O solo como meio filtrante, dificulta a lixiviação de nutrientes do lodo e conseqüentemente a contaminação do lençol freático no entanto, elementos de alta solubilidade, como nitrogênio e potássio, tem maior mobilidade e podem ocasionar problemas. Assim, para evitar riscos de lixiviação dos nutrientes do lodo no perfil do solo é recomendável uma profundidade do solo mínima de 1,5 m
<b>Textura</b>	A textura do solo está relacionada à sua capacidade de filtração e de percolação dos componentes do lodo através do perfil do solo. Solos muito arenosos, muito permeáveis, permitem a lixiviação destes componentes com facilidade, por outro lado, solos muito argilosos dificultam a drenagem.
<b>Erosão</b>	O grau de susceptibilidade à erosão do solo está associado ao risco de transporte de componentes do lodo por escoamento superficial, o qual é avaliado pela associação das características de relevo (forma, declividade e comprimento de rampa) e das características físicas (textura e agregação) deste solo.
<b>Relevo</b>	As características de relevo estão diretamente associadas à velocidade de escoamento superficial das águas, e conseqüentemente à susceptibilidade à erosão. A aplicação do lodo em áreas declivosas pode favorecer o transporte para cursos d'água, ou a acumulação em áreas mais baixas, tendo como conseqüência a poluição destes ambientes. Assim, recomenda-se sua utilização em áreas com declividade até 8%, admitindo declividades até 20% e não sendo recomendado em declividades superiores.
<b>Drenagem e hidromorfismo</b>	Solos mal drenados ou hidromórficos tendem a criar condições de anaerobiose e alta umidade, indesejáveis no uso agrícola do lodo. Estas condições são favoráveis à manutenção de alguns patógenos no solo e prejudiciais à atividade de degradação biológica da matéria orgânica. Estes tipos de solos ocorrem nas cabeceiras e margens dos rios, e apresentam lençol freático muito próximo à superfície, eventualmente aflorando em determinadas épocas do ano, apresentando alto risco de contaminação dos corpos hídricos.
<b>Estrutura</b>	Diz respeito à organização das partículas que formam os agregados do solo. Estruturas muito mistas restringem o movimento da água, a penetração das raízes e a aeração do solo. A restrição à infiltração da água facilita o transporte do lodo por erosão, enquanto que a falta de aeração diminui a velocidade de biodegradação do lodo.

Fonte: adaptado de ANDREOLI; PEGORINE; FERNANDES (2001)

Os níveis categóricos que serviram de base para a construção da legenda do Mapa de Aptidão das Terras do Estado do Paraná para Disposição Final de Lodo de Esgoto são os adotados no Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Lodo de Esgoto (SOUZA et al., 1994), os quais são: a classe, a subclasse e a unidade de aptidão.

As Classes de Aptidão 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 (Tabela 2).

**Tabela 2: classes de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto**

CLASSE DE APTIDÃO	APTIDÃO DAS TERRAS	USO DE LODO DE ESGOTO	OBSERVAÇÃO
Classe I	Muito Boa	Permitido	Permitida a utilização do lodo de esgoto sem restrições.
Classe II	Boa		
Classe III	Regular		
Classe IV	Restrita	Não recomendado	Poderá ser permitido o uso, no processo de obtenção do Licenciamento Ambiental mediante apresentação de fatores atenuantes.
Classe V	Inapta	Vetado	Não deve ser permitida aplicação.

Fonte: adaptado de ANDREOLI; PEGORINE; FERNANDES (2001)

As subclasses fornecem informações sobre o comportamento do solo (risco ambiental) e a possibilidade de mecanização. É um artifício cartográfico para separar as terras no que se refere à natureza de um ou mais aspectos ambientais, que oferecem o impedimento mais restritivo para a aplicação de lodo, registrado pelas letras:

*S - Limitações ligadas às características morfológicas e físico-químicas dos solos.*

*R - Limitações ligadas às características de relevo.*

*S + R - Limitações ligadas às características dos solos e da paisagem.*

*D - Limitações ligadas à drenagem interna dos solos.*

Quando ocorrem associadas são agrupada com o sinal +. As subclasses se identificam na legenda do mapa com base no critério intensidade de cor.

O nível mais detalhado do sistema é a unidade de aptidão que caracteriza os aspectos ambientais considerados na avaliação da classe e da subclasse e identifica a intensidade de risco por um algarismo arábico que qualifica o grau de limitação (Figura 1).

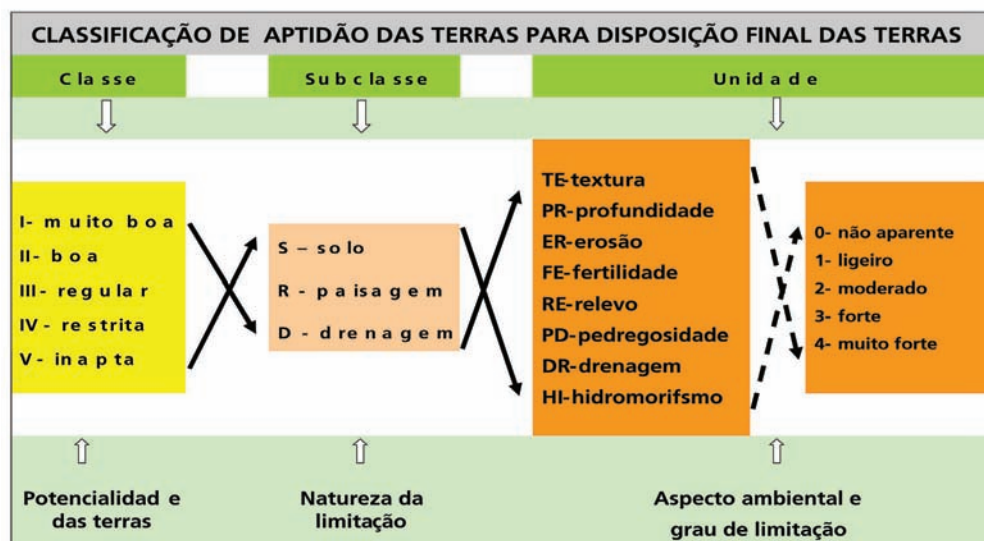
**Figura 1: identificação dos aspectos ambientais e do grau de limitação das unidades de aptidão**

Aspecto Ambiental	Identificação	Grau de Limitação	Identificação
Profundidade	PR		
Textura Superficial	TE	Nulo (não aparente)	0
Suscetibilidade à erosão	ER	Ligeiro	1
Drenagem	DR	Moderado	2
Relevo	RE	Forte	3
Pedregosidade	PD	Muito Forte	4
Hidromorfismo	HI		
Fertilidade	FE		

Fonte: adaptado de SOUZA et al. (1994)

Na legenda do mapa as unidades de aptidão são apresentadas como uma fórmula, onde os aspectos ambientais: PR – Profundidade, TE - Textura e ER- Suscetibilidade à Erosão sempre aparecem no numerador, acompanhados de um número que representa do grau de limitação (Figura 7). Os demais aspectos ambientais ocupam o denominador da fórmula e somente aparecem, quando oferecem algum grau de limitação para o uso de lodo de esgoto. A figura 2 mostra o delineamento esquemático do sistema de classificação.

Figura 2: delineamento esquemático do sistema de classificação das terras para disposição final de lodo de esgoto



## 2.2. Interpretação do levantamento de reconhecimento de solos do estado do Paraná para a definição de classes de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto

Para classificar as terras quanto à aptidão para disposição final de lodo de esgoto interpretou-se cada unidade taxonômica que compõe as unidades de mapeamento do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, escala 1:600.000 (EMBRAPA, 1984), visando enquadrar os aspectos ambientais considerados na classificação (ver seção 2.1) em parâmetros que indiquem o grau de risco que podem oferecer.

A tabela 3, foi utilizada como guia para identificar,

de forma paramétrica, a classe, subclasse e unidade de aptidão dos componentes de cada unidade taxonômica do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984). Antecedendo a confecção do mapa de aptidão uma análise sintética dos solos ocorrentes no Estado do Paraná em relação ao seu provável comportamento após adição de lodo.

Após a classificação no sistema de aptidão proposto, as unidades de mapeamento de EMBRAPA, 1984 foram redigitalizadas, e utilizando-se o sistema Geográfico de Informações (SGI) do SITIM 340 (INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais) foi confeccionado o Mapa de Aptidão das Terras do Estado do Paraná para Disposição Final de Lodo de Esgoto (Figura 3).

Tabela 3: identificação dos aspectos ambientais e do grau de limitação das unidades de aptidão

FATOR	CRITÉRIO	GRAU DE LIMITAÇÃO	CLASSE
PR Profundidade	Latossolos, cambissolos ou argissolos profundos.	0 - Nulo	I
	Cambissolos ou argissolos pouco profundos.	2 - Moderado	III
	Neossolos litólicos ou outras unidades de solos rasos.	4 - Muito Forte	V
TE Textura superficial	Textura argilosa, de 35 a 60% de argila.	0 - Nulo	I
	Textura muito argilosa, superior a 60% argila.	1 - Ligeiro	II
	Textura média, de 15 a 35% argila.	2 - Moderado	III
	Textura siltosa, inferior a 35% de argila e inferior a 15% de areia.	3 - Forte	IV
	Textura arenosa, inferior a 15% de argila.	4 - Muito Forte	V



PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO  
DISPOSITION IN THE STATE OF PARANA

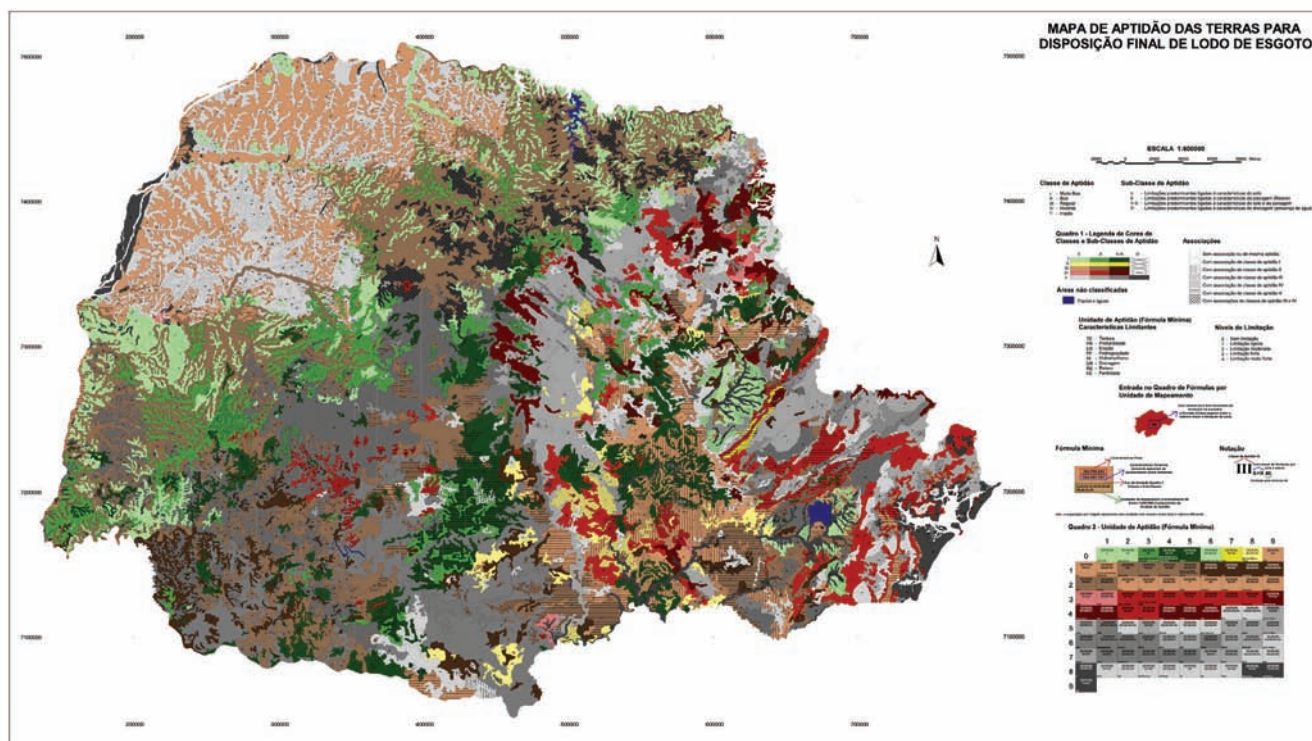
FATOR	CRITÉRIO	GRAU DE LIMITAÇÃO	CLASSE
ER Suscetibilidade à erosão	Solos em relevo plano ou latossolos argilosos em relevo ondulado.	0 - Nulo	I
	Outros solos em relevo suave ondulado.	1 - Ligeiro	II
	Solos textura média ou siltosa em relevo suave ondulado. Solos com textura argilosa em relevo ondulado.	2 - Moderado	III
	Solos de textura média ou arenosa e/ou caráter abrupto em relevo ondulado. Solos de textura muito argilosa em relevo forte ondulado.	3 - Forte	IV
	Solos de textura média em relevo forte ondulado. Relevo montanhoso ou escarpado independente da classe textural.	4 - Muito forte	V
DR Drenagem	Solos acentuadamente bem drenados.	0 - Nulo	I
	Solos fortemente drenados.	1 - Ligeiro	I
	Solos moderadamente drenados.	2 - Moderado	III
	Solos imperfeitamente drenados.	3 - Forte	IV
	Solos mal a muito mal drenados.	4 - Muito forte	V
RE Relevo	Relevo plano, declividade de 0 a 3%.	0 - Nulo	I
	Relevo suave ondulado, declividade de 3 a 8%.	1 - Ligeiro	I
	Relevo ondulado, declividade de 8 a 20%.	2 - Moderado	III
	Relevo forte ondulado, declividade de 20 a 45%.	3 - Forte	IV
	Relevo montanhoso ou escarpado, declividade superior a 45%.	4 - Muito forte	V
PD Pedregosidade	Solos sem fase pedregosa.	0 - Nulo	I
	Solos sem fase pedregosa com presença de cascalho.	2 - Moderado	III
	Solos com citação de pedregosidade.	4 - forte	V
HI Hidromorfismo	Solos sem indicação de hidromorfismo.	0 - Nulo	I
	Solos com caráter gleico.	2 - Moderado	IV
	Solos hidromórficos.	4 - Muito forte	V
FE Fertilidade	Solos distróficos e álicos com horizonte A moderado ou fraco.	0 - Nulo	I
	Solos com horizonte A proeminente e eutróficos com A moderado.	1 - Ligeiro	I
	Solos com horizonte A chernozêmico ou antrópico.	2 - Moderado	III
	Solos com horizonte A húmico.	3 - Forte	IV
	Solos com horizonte turfoso ou solo orgânico.	4 - Muito Forte	V

Fonte: adaptado de SOUZA et al. (1994)

### 3. RESULTADOS

O mapa de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto do Estado do Paraná (Figura 3) fornece dados sobre risco e disponibilidade de terras aptas à aplicação de lodo.

Figura 3: mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto



A legenda de identificação do mapa mostra para cada uma das unidades de mapeamento, informações sobre a unidade de aptidão (classe, subclasse e unidade), o grau de limitação dos aspectos ambientais e as unidades de mapeamento de solos que compõe a unidade de aptidão. Estas informações estão distribuídas em blocos no corpo da legenda do mapa, onde o Bloco 1 identifica as classes e as subclasses adotadas no levantamento (Figura 4).

Figura 4: bloco 1 da legenda do mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto

Classe de Aptidão	Sub-Classe de Aptidão
I - Muito Boa	S - Limitações predominantes ligadas à características do solo
II - Boa	R - Limitações predominantes ligadas à características da paisagem (Relevo)
III - Regular	S+R - Limitações predominantes ligadas à características do solo e da paisagem
IV - Restrita	D - Limitações predominantes ligadas à características de drenagem (presença de água)
V - Inapta	

Os artifícios cartográficos utilizados, são apresentados no Bloco 2, onde a matiz das cores caracteriza as classes e a intensidade a subclasse. Também adota o uso de hachuras para mostrar a ocorrência de classes associadas na classe principal (Figura 5). O Bloco 3 mostra os aspectos ambientais das terras considerados na classificação, denominado características limitantes e os graus de limitação que podem oferecer, denominado níveis de limitação. O conjunto destas informações constitui a fórmula mínima que é a unidade de aptidão (Figura 6).

PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO  
DISPOSITION IN THE STATE OF PARANA

Figura 5: bloco da legenda do mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto

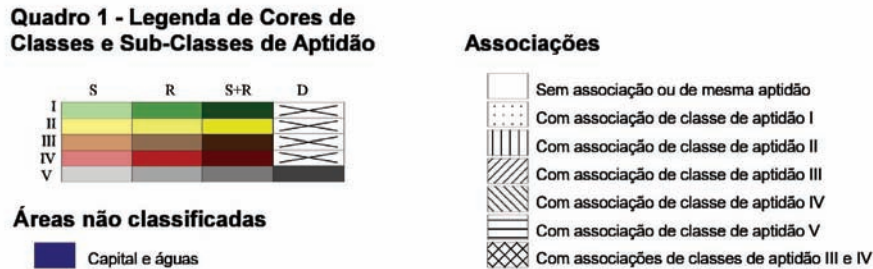


Figura 6: bloco 3 da legenda do mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto

Características Limitantes	Níveis de Limitação
TE - Textura	0 - Sem limitação
PR - Profundidade	1 - Limitação ligeira
RE - Erosão	2 - Limitação moderada
PD - Pedregosidade	3 - Limitação forte
HI - Hidromorfismo	4 - Limitação muito forte
DR - Drenagem	
RE - Relevo	
FE - Fertilidade	

O Bloco 4 apresenta como visualizar no mapa as características da unidade taxonômica. Além das matizes de cores, o mapa fornece uma numeração (Figura 7) a qual, é utilizada para verificar no quadro guia, Bloco 5 da legenda (Figura 8), a fórmula mínima da área agrícola.

O Bloco 5 é o corpo principal da legenda, onde se encontra o resumo das informações levantadas para cada classe de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto mapeadas.

Figura 7: bloco 4 da legenda do mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto

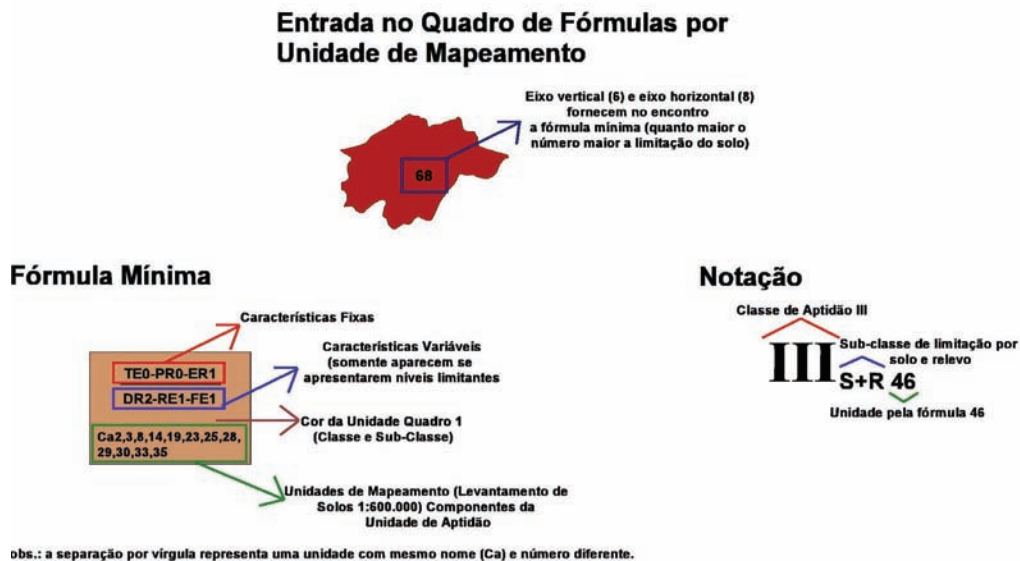




Figura 8: bloco 5 da legenda do mapa de aptidão das terras do Estado do Paraná para disposição final de lodo de esgoto

**Quadro 2 - Unidade de Aptidão (Fórmula Mínima)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> 0</p> <p>LEd1-LRa5</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> FE1</p> <p>LEo1-LRe1,2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> RE1</p> <p>LRa2-LEa4,12,16-LRa3-LRd1,2,5,7</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> RE1-FE1</p> <p>LRa1,3,4,4, Ea3,7,8,11,13,14,15-Led3-LRa1,6-LRd2-LRe3</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> DR1-RE1</p> <p>LVa10</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> DR1-RE1-FE1</p> <p>LVa1,3,6,9,11,12-TRa4</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> RE1-FE1</p> <p>LEd4</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> DR1-RE1-FE1</p> <p>PVa11,14-TBa1,2-TBa2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> DR2</p> <p>Cd2</p>	
1	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> DR2-FE1</p> <p>Ae</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> DR2-RE1-FE1</p> <p>Ca2,3,8,14,18,23,25,28,29,30,33,35</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> RE2</p> <p>LRa4-LRe6</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> RE2-FE1</p> <p>LRa2-LRd4,8</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR1-RE2</p> <p>LVa5-TRd2,4</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR1-RE2-FE1</p> <p>LVa2,6,13,14-PV7-TRa1,2-TRd1,3-TRa2,3,6,7,9</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR1-RE2-FE2</p> <p>TRa1,5</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR2-RE2</p> <p>Cd1</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR2-RE2-FE1</p> <p>Ca21,27,36</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> PE2-DR1-RE2-FE1</p> <p>PVa12</p>
2	<p><u>TE0-PR2-ER2</u> DR2-RE2</p> <p>Ca11</p>	<p><u>TE0-PR2-ER2</u> DR2-RE2-FE1</p> <p>Ca32,34</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> FE1</p> <p>LEa2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> DR1-FE1</p> <p>PE5</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> DR2-RE1-FE1</p> <p>Ca38</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> 0</p> <p>LEd2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> RE1</p> <p>LEa1,5,6</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> RE1-FE1</p> <p>LEa8,10</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR1-RE1-FE1</p> <p>PVa3,22,23</p>	<p><u>TE0-PR0-ER2</u> DR2-RE1-FE1</p> <p>Ca12,38</p>
3	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> RE1-FE3</p> <p>LEa2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER1</u> DR2-RE1-FE3</p> <p>Ca13</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE3</p> <p>LVa4,7,10,24,25</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE3-FE1</p> <p>PVa20-TRd1,2-TBa1-TRa8</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE3-FE2</p> <p>TRa1</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR2-RE3</p> <p>Ca18,37</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR2-RE3-FE1</p> <p>Ca5,9,20,22-Ca</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> PE2-DR2-RE3</p> <p>Ca24</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR2-RE3</p> <p>PVa3,22,23</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE2</p> <p>PVa8-PVa1,5,18</p>
4	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE2-FE1</p> <p>PVa13,16,19</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE2-FE2</p> <p>PE1</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE3</p> <p>PV1,19</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR1-RE3-FE1</p> <p>PVa4</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> DR2-RE2-FE1</p> <p>Ca18</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> PE2-DR1-RE2</p> <p>PVa8</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> PE2-DR1-RE2-FE1</p> <p>PV9</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> PE4-DR1-RE3-FE1</p> <p>PV5</p>	<p><u>TE0-PR0-ER3</u> PE4-DR1-RE3-FE2</p> <p>TBa2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> DR2-RE4</p> <p>Ca1,7,17,26,31</p>
5	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> DR2-RE4-FE1</p> <p>Ca10</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> PE4-DR1-RE4-FE1</p> <p>TRd5</p>	<p><u>TE0-PR2-ER1</u> PE4-DR2-RE1-FE1</p> <p>Ca4</p>	<p><u>TE0-PR2-ER4</u> DR2-RE4</p> <p>Ca15</p>	<p><u>TE0-PR4-ER1</u> PE4-DR4-RE1-FE1</p> <p>Ra15,16</p>	<p><u>TE0-PR4-ER3</u> PE4-DR4-RE3</p> <p>Rd5</p>	<p><u>TE0-PR4-ER3</u> DR4-RE3-FE1</p> <p>Ra1,7,10,17,18</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE4</p> <p>PV5</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE4-FE1</p> <p>Ra4,8</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE4-FE2</p> <p>Ca1,7,17,26,31</p>
6	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> PE4-DR4-RE4</p> <p>Ra11</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> PE4-DR4-RE4-FE1</p> <p>Ra8,9-Rd6-Ra13</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> PE4-DR4-RE4-FE2</p> <p>Ra7,9,11</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> DR1-RE3</p> <p>PVa17</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> DR1-RE4-FE1</p> <p>PV11</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> DR1-RE4-FE2</p> <p>PE4</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> PE2-DR1-RE3</p> <p>PVa21</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> PE2-DR1-RE4</p> <p>PV6,12</p>	<p><u>TE0-PR0-ER4</u> PE2-DR1-RE4-FE1</p> <p>PVa15,26</p>	<p><u>TE0-PR4-ER2</u> PE4-DR4-RE1-FE1</p> <p>Ca1,7,17,26,31</p>
7	<p><u>TE0-PR4-ER3</u> DR1-RE2</p> <p>PVa27</p>	<p><u>TE0-PR4-ER3</u> DR4-RE2</p> <p>Ra13</p>	<p><u>TE0-PR4-ER3</u> DR4-RE2-FE1</p> <p>Ra8-Ra2,12</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE1-FE1</p> <p>Ra4</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE2-FE1</p> <p>Ra3</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE3-FE1</p> <p>Ra5</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE4</p> <p>Rd3</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> DR4-RE4-FE1</p> <p>Ra3,5</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> PE4-DR4-RE3-FE1</p> <p>Ra14</p>	<p><u>TE0-PR4-ER4</u> PE4-DR4-RE3</p> <p>Rd2</p>
8	<p><u>TE4-PR0-ER0</u> HI4-DR4-FE4</p> <p>P</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR1-RE1</p> <p>PV3,4</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR1-RE1-FE1</p> <p>PE3</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR1-RE2</p> <p>PV2-PVa2,6,7</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR1-RE2-FE1</p> <p>PE2-PVa8</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR2</p> <p>Ad</p>	<p><u>TE4-PR0-ER3</u> DR3-RE2-FE1</p> <p>AQa</p>	<p><u>TE4-PR4-ER4</u> DR4-RE4</p> <p>AR1,2</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> HI4-DR4</p> <p>HG1,2,3,4,5</p>	<p><u>TE0-PR0-ER0</u> HI4-DR4-FE4</p> <p>HO-HOa1,2</p>
9	<p><u>TE0-PR4-ER0</u> HI4-DR4</p> <p>SM</p>									

28  
DAE  
mai./08

Para exemplificar, a área agrícola localizada no município de Doutor Ulisses nas coordenadas UTM 734.586 L e 7.223.246 S está inserida na unidade de mapeamento do Mapa de Aptidão mostrada na Figura 7, cuja numeração correspondente é 35. Ao verificar esta numeração no Quadro 2 (Figura 8), eixo vertical 3 e eixo horizontal 5, encontra-se a seguinte fórmula mínima:

$$\frac{TE0-PR0-ER3}{DR2-RE3}$$

Verifica-se também no Quadro 2 da legenda do mapa (Figura 8) que a fórmula mínima refere-se aos solos Ca16 e Ca37, unidades de mapeamento de

EMBRAPA (1984).

Utilizando-se a Tabela 3 como guia para interpretar a fórmula mínima, encontra-se que a mesma corresponde a classe de aptidão IV e a sub-classe de limitação por solo e relevo, notação: IV S+R 35. Significa que a área classifica-se como uma área de aptidão restrita, cujo uso não é recomendado, sendo possível somente mediante a adoção de técnicas ou práticas de uso, manejo e conservação do solo compatíveis com esta classificação de aptidão (Tabela 2).

Esta é a primeira fase da análise de aptidão da área agrícola, a qual demonstra o potencial de utilização agrícola do lodo de esgoto em nível regional. No entanto, é necessária a realização de uma segunda fase a campo,

avaliando-se as condições in loco da área inclusive com amostragem e análise físico-química dos solos, que complementam a avaliação local e a classificação de aptidão específica da área.

#### 4. CONCLUSÕES

O mapa de aptidão das terras para disposição final de lodo de esgoto do Estado do Paraná fornece dados sobre risco e disponibilidade de terras aptas à aplicação de lodo e a sua localização em relação a Estação de Tratamento de Esgoto, ferramenta útil tanto para o planejamento regional do uso do lodo, quanto para a avaliação das áreas dentro da propriedade, em escala executiva. Apresenta-se aos técnicos das áreas agrônoma e sanitária como um valioso instrumento para orientação do processo de planejamento estratégico da gestão de resíduos, e como apoio de trabalhos de campo, para o uso ambiental adequado do lodo de esgoto.

#### REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.V. Disposição final do lodo de Esgoto da ETE Belém. Curitiba: SANEPAR, 1988 (Datilografado). 90 p.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING M. VON; FERNANDES F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; SANEPAR, 2001. p.319-397.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 4954 de 14 de janeiro de 2004. Aprova e regulamenta a Lei n. 6894, de 16 de dezembro de 1980. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao>> Acesso em: 17 mar. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>> Acesso em: 17 mar. 2008.

EMBRAPA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento e reconhecimento**

**de solos do Estado do Paraná**. Convênio n. 12/76 – Governo do Estado do Paraná/IAPAR/EMBRAPA/Sudesul1981 1mapa: color.; Escala 1:600.000 (a).

EMBRAPA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento e reconhecimento de solos do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS. Boletim de pesquisa n. 27 EMBRAPA - SNLCS. IAPAR. Boletim técnico n. 16. 1984 (b).

LEPSCH, I. F. (Coord). Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Por I. F. Lepsch, R. Bellinazzi Jr. e C. R. Espíndola. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

NORTON, E. A. Classificação de terras como auxílio às operações de conservação do solo. Trad. Por P. Cuba de Souza e J. Q. A Marques. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1945, 19 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Ambiental do Paraná. Instrução Técnica CEP/DTA N. 001/2002. Dispõe sobre a utilização agrícola de lodo de estação de tratamento de esgoto sanitário. Curitiba, 07 de maio de 2002.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA 001/07 de 11 de janeiro de 2007. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Edição 7395, 23 de janeiro de 2007.

SILVA, H. WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture and aquaculture. In: LEBLANC, R. LAUGHTON, P. RAJESH, T. Wastewater Biosolids Sustainability – technical, managerial and public synergies. New Brunswick – Canadá. June 24-27, 2007.

SOUZA, M.L.P.; ANDREOLI, C.V.; PAULETTI, V.; GIOPPO, P.J. Desenvolvimento de um Sistema de Classificação de Terras para Disposição Final de Lodo de Esgoto. In: VI SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABES – APRH, 1994. p. 403-420.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. Sludge treatment and disposal. Cincinnati: USEPA, v.1 e 2. 1979.