

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**USO DE LODO DE ESGOTO NA RECUPERAÇÃO DE
ÁREAS MINERADAS DO DISTRITO FEDERAL:
INFLUÊNCIAS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO
SUBSTRATO**

VIRGÍLIO BRAZ DE QUEIROZ JÚNIOR

ORIENTADOR: PROF. DR. ILDEU SOARES MARTINS

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. RODRIGO STUDART CORRÊA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 146/10

BRASÍLIA-DF: MARÇO – 2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**USO DE LODO DE ESGOTO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS DO
DISTRITO FEDERAL: INFLUÊNCIAS NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO
SUBSTRATO**

VIRGÍLIO BRAZ DE QUEIROZ JÚNIOR

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

**Prof. Dr. Ildeu Soares Martins (Departamento de Engenharia Florestal – UnB);
(Orientador)**

**Profa. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins (Departamento de Engenharia
Florestal – UnB);
(Examinadora interna)**

**Dr. José Eurípedes da Silva (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária);
(Examinador externo)**

**Prof. Dr. Mauro Elloi Nappo (Departamento de Engenharia Florestal – UnB);
(Examinador suplente)**

Brasília, 31 de março de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília
Número de acervo _____

<p>_____ QUEIROZ JR, VIRGÍLIO BRAZ DE</p> <p>Uso de Lodo de Esgoto na Recuperação de Áreas Mineradas do Distrito Federal: Influências nas Propriedades Químicas do Substrato / Virgílio Braz de Queiroz Júnior; Ildeu Soares Martins (orientador). Brasília, 2010. xiii, 60f.; 30 cm Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. Inclui bibliografias</p> <table><tr><td>1. Solo de Cerrado.</td><td>2. Mineração no DF.</td></tr><tr><td>3. Incubação</td><td>4. Atributos Químicos do Substrato</td></tr><tr><td>I. Martins, Ildeu Soares.</td><td>II. Título.</td></tr></table> <p style="text-align: right;">CDU _____</p>	1. Solo de Cerrado.	2. Mineração no DF.	3. Incubação	4. Atributos Químicos do Substrato	I. Martins, Ildeu Soares.	II. Título.
1. Solo de Cerrado.	2. Mineração no DF.					
3. Incubação	4. Atributos Químicos do Substrato					
I. Martins, Ildeu Soares.	II. Título.					

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

QUEIROZ JR., V. B. (2010). Uso de Lodo de Esgoto na Recuperação de Áreas Mineradas do Distrito Federal: Influências nas Propriedades Químicas do Substrato. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-146/2010, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 60f. 2010.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Virgílio Braz de Queiroz Júnior.

TÍTULO: Uso de Lodo de Esgoto na Recuperação de Áreas Mineradas do Distrito Federal: Influências nas Propriedades Químicas do Substrato.

GRAU: Mestre

ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus, por toda Sua providência, pelo seu amor incondicional e por ter me concedido mais esta oportunidade.

À minha esposa, Valéria, por toda dedicação, colaboração, carinho e companheirismo de sempre. Te amo!

À minha família, pela amizade e incentivo: Glória, minha mãe; Virgílio, meu pai; irmãos Stélius, Rosana, Vinícius, Geany e Danda (*in memorian*). Amo vocês; obrigado por tudo.

Aos tios Osvaldir e Maria Ângela, pelo apoio de sempre. Muito obrigado! Ao Ernani, especialmente pela revisão no *Abstract*. Ao Marquito, pelas impressões.

Ao meu Orientador e Prof. Dr. Ildeu e Co-Orientador, Prof. Dr. Rodrigo, pelas idéias, ensinamentos e contribuições. Aos Professores Dr.^a Rosana e Dr. Mauro, pelo apoio e por participarem da banca. Ao Dr. José Eurípedes, pelas contribuições, por participar da banca e pela contribuição financeira através do Projeto Reciclagem Agrícola do Biossólido da CAESB em algumas análises de solo e ao Dr. Jorge Lemainski. Muito obrigado!

Aos colegas da Embrapa Hortaliças... Pesquisadores líderes de projetos, que apoiaram algumas análises de solo: Dr.^a Ronessa, Dr.^a Sabrina, Dr. Moita, Dr. Valter, Dr. Carlos e Dr. Vicente. Ao pesquisador Ítalo, por toda ajuda e contribuição. Ao Projeto Agenda Ambiental. À equipe da área de sementes: Dr. Warley, Dr.^a Raquel, Dr.^a Andrielle, Carlão, Jorge, Elias, Valdir, Lourenço, Juliana e demais estagiários, obrigado por tudo! À equipe do Laboratório de Solos: Dr.^a Flávia e Damião, valeu mesmo, muito obrigado!

Ao Laboratório Soloquímica e à CAESB, pelo apoio e fornecimento de material, na pessoa de Cristiano Mano.

À Família Shalom, obrigado pelas orações de todos vocês.

A todos que direta ou indiretamente participaram deste trabalho, o meu “muito obrigado”!

Dedico este trabalho à minha esposa,
Valéria, ao meu filho Davi e à nossa
eterna pequenina.

RESUMO

Este trabalho consiste na avaliação da incorporação experimental de Lodo de Esgoto base úmida (advindo da Companhia de Saneamento Ambiental do DF – CAESB) e de calcário *filler* em um substrato minerado de cascalho (plintita) com 78% de material > 2 mm, originado de solo Plintossolo Pétrico Concrecionário Distrófico, no DF. Foram utilizados vasos plásticos de 5 L para a incubação do substrato minerado adicionado às doses testadas, variando de 0 a 200 t/ha de Lodo e de 0 a 5 t/ha de calcário *filler*, com doses crescentes e três repetições para cada tratamento, mensurando-se a alteração na condição química do substrato através de resultados de análise laboratorial, com relação à CTC, Soma de Bases, Saturação por Bases, Matéria Orgânica, condição de pH e disponibilidade de nutrientes de acordo com as doses aplicadas. Uma vez que, geralmente, são aplicadas nas áreas mineradas altas doses de Lodo de Esgoto para revegetação, objetivou-se com o presente trabalho sugerir doses de Lodo que minimizem os possíveis impactos ambientais dessas doses elevadas, visando à reconstrução dessas áreas mineradas e à aproximação de suas propriedades químicas aos da área de Cerrado nativo adjacente. Os resultados referentes às doses de calcário indicaram que as doses de 2,5 e 3 t/ha de calcário *filler* elevaram o valor do pH para 5,52 e 5,75, respectivamente, aumentou a Saturação por Bases em mais de 40% e, referente aos resultados de pH, apresentou um modelo linear aceitável. A incorporação de doses de Lodo de Esgoto não apresentou resultados estatísticos significativos, mas indicou que doses entre 40 a 80 t/ha base úmida, elevaram os níveis de Soma de Bases, Saturação por Bases e disponibilidade de nutrientes nos substratos a níveis próximos da área de Cerrado nativo adjacente. Sugerindo ser desnecessário a aplicação de altas doses de Lodo de Esgoto na revegetação destes ambientes.

Palavras-Chave:

Solo de Cerrado, Mineração no DF, Incubação, Atributos Químicos do Substrato.

ABSTRACT

This work consists of evaluating the incorporation of experimental sewage sludge fresh (from the Company of Environmental Sanitation of the DF – CAESB) and calcareous filler on a substrate of gravel mined (plinthite) with 78% of material > 2 mm, coming from the Plinthosol petroferric concretionary Dystrophic soil of the Federal District of Brazil. Five liters plastic pots were used for incubation of the substrate mined added to the doses tested, ranging from 0 to 200 t / ha of sewage sludge and from 0 to 5 t / ha of calcareous filler with increasing doses, measuring the alteration in the chemical condition of substrate by the results of laboratory analysis with regard to the CTC, bases sum, base saturation, organic substance, pH condition and availability of nutrients according to the doses applied. Since, generally, high doses of sewage sludge for revegetation are applied in mining areas, the objective of this work suggest doses of sewage sludge to minimize the possible environmental impacts of these high doses, aiming at the reconstruction of these mined areas and the approximation its chemical properties to the adjacent area of native savanna. The results for the lime rates indicated that a dose from 2.5 and 3 t/ha of calcareous filler increased the pH value to 5.52 and 5.75, respectively, increased the saturation in more than 40% and referring to the results of pH, showed a linear model is acceptable. The incorporation of doses of sewage sludge showed no significant statistical results, but indicated that doses between 40-80 t / ha wet basis, sludge increased the sum of bases, base saturation and nutrient availability in the substrates at levels close the adjacent area of native savanna. Suggesting that it is unnecessary to apply high doses of sewage sludge in the revegetation of these environments.

Keywords:

Cerrado soil, mining Federal District of Brazil, incubation, chemical attributes of the substrate.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVO	3
2.1 - OBJETIVO GERAL	3
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 - HIPÓTESE	4
4 - JUSTIFICATIVA.....	5
5 - REVISÃO DE LITERATURA	6
5.1 - BIOMA CERRADO.....	6
5.2 - MINERAÇÃO NO DF	7
5.3 - PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....	8
5.4 - USO DE LODO DE ESGOTO	11
5.5 - PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO	15
6 – MATERIAL E MÉTODOS.....	19
6.1 – COLETA DE SUBSTRATO MINERADO	19
6.2 – UNIDADE EXPERIMENTAL	19
6.3 – PROCEDIMENTOS	19
6.4 – EXPERIMENTOS	20
6.5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
7 – RESULTADOS	22
7.1 – ANÁLISE DO SUBSTRATO MINERADO	22
7.2 – ANÁLISE DO CALCÁRIO	23
7.3 – ANÁLISE DO LODO DE ESGOTO	23
7.4 – ANÁLISE DO SOLO DE CERRADO.....	23
7.5 – ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS	24
8 – CONCLUSÕES.....	34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
---	-----------

ANEXOS

A - ANÁLISE FÍSICA DO SUBSTRATO DA ÁREA MINERADA.....	42
B – ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA MINERADA.....	43
C – ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DE CERRADO.....	44
D – ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO CALCÁRIO <i>FILLER</i>.....	45
E – ANÁLISE QUÍMICA DO LODO DE ESGOTO - AMOSTRA 1.....	46
F - ANÁLISE QUÍMICA DO LODO DE ESGOTO - AMOSTRA 2.....	47
G – RESULTADO ANÁLISE EXPERIMENTO 1 (CALCÁRIO).....	48
H - RESULTADO ANÁLISE EXPERIMENTO 2 (LODO DE ESGOTO).....	49
I - RESULTADO ANÁLISE EXPERIMENTO 3 (LODO DE ESGOTO + CALCÁRIO).....	50
J – FOTO DA ÁREA MINERADA.....	52
K – FOTO DA ÁREA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO ADJACENTE À ÁREA MINERADA.....	53
L – FOTO DO SOLO DA ÁREA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO.....	54
M - FOTO DO SOLO DA ÁREA MINERADA.....	55
N - FOTO DO LODO DE ESGOTO.....	56
O - FOTO DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	57
P – FOTO DO PERFIL DO SOLO PLINTOSSOLO ÁREA DE CERRADO.....	58
Q - AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução da Cobertura dos Serviços de Saneamento no Brasil, de 1970 a 2000. ...	15
Tabela 2 - Parâmetros de Qualidade do Lodo de Esgoto Produzido na CAESB.	18
Tabela 3 - Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de calcário) sobre as Variáveis Analisados no Experimento 1.....	24
Tabela 4 - Médias do Resultado da Análise após o Tratamento com Doses de Calcário (Experimento 1).....	25
Tabela 5 - Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de Lodo de Esgoto) sobre as Variáveis Analisadas no Experimento 2.....	28
Tabela 6 - Médias do Resultado da Análise após o Tratamento com Doses de Lodo de Esgoto (Experimento 2)	29
Tabela 7 - Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de Lodo de Esgoto e calcário <i>filler</i>) sobre as Variáveis Analisadas no Experimento 3.....	30
Tabela 8 - Médias do Resultado da Análise após o Tratamento com Doses de Lodo de Esgoto e Calcário <i>Filler</i>	31

LISTA DE FIGURA E GRÁFICOS

Figura 1 - Esgotamento Sanitário do Distrito Federal.....	16
Gráfico 1 - Variação do pH em Função das Doses de Calcário <i>Filler</i> Aplicadas	26
Gráfico 2 - Variação de V em Função das Doses de Calcário <i>Filler</i> Aplicadas	27
Gráfico 3 - Variação da CTC em Função das Doses de Lodo de Esgoto Aplicadas.....	32
Gráfico 4 - Variação de V em Função das Doses de Lodo de Esgoto Aplicadas.....	32

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

Al	- alumínio
°C	- Graus Célsius
C	- carbono
C:N	- Relação Carbono Nitrogênio
Ca	- cálcio
CAESB	- Companhia de Saneamento do Distrito Federal
cm	- centímetro
cmolc	- centimol de carga
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	- Capacidade de Troca Catiônica
CV	- Coeficiente de Variação
DF	- Distrito Federal
dm ³	- decímetro cúbico
ETE	-Estação de Tratamento de Esgoto
H	- hidrogênio
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	- potássio
L	- litro
M	- média
M	- Molar
m	- metro
m ²	- metro quadrado
m ³	- metro cúbico
Mg	- magnésio
mg	- miligrama
mm	- milímetro
MO	- matéria orgânica
N	- nitrogênio
Na	- sódio
P	- fósforo
pH	- potencial hidrogeniônico

POE	- Superintendência de Operação e Tratamento de Esgoto
PRNT	- Poder Relativo de Neutralização Total
R ²	- coeficiente de determinação
S	- Soma de Bases
s	- segundo
t	- tonelada
UGL	- Unidade de Gerenciamento de Lodo
V	- Saturação por Bases
<	- menor que
>	- maior que

1. INTRODUÇÃO

A partir do desenvolvimento, da urbanização e do crescimento das cidades, a mineração tem aumentado, gradativamente, para suprimento das demandas de matéria prima. Com isso, há um aumento do número de áreas expostas e degradadas. Essas áreas, quando não recebem nenhum tipo de intervenção, tendem a ficar sem nenhuma forma de vegetação por vários anos e, em algumas áreas, iniciam-se processos erosivos com graves impactos ambientais, principalmente com relação aos recursos hídricos.

Segundo Corrêa *et al.* (2004), na região do Distrito Federal (DF), a mineração de materiais de classe II como areia, argila, saibro, brita e cascalho são as maiores causas de áreas degradadas pela atividade minerária. O autor afirma que a soma dessas áreas no DF chega a 0,6% de seu território, cerca de 3.419 ha; desse montante, 883 ha de cascalho (laterita ferruginosa). De acordo com De Castro (2002), desses 0,6% de área citados, menos de 40% foram licenciados pelo órgão ambiental do DF. Isso, de certa forma, impede que os outros 60% de área explorada sejam recuperados, ficando muitas delas expostas até o momento.

Para a recuperação dessas áreas mineradas degradadas são necessárias algumas técnicas importantes, dentre elas, o tratamento do substrato com a incorporação de matéria orgânica e a correção do pH. O Lodo de Esgoto, resíduo advindo das estações de tratamento de esgotos onde é produzido, é bastante rico em matéria orgânica e nutrientes que estão presentes devido ao consumo e atividade humana. Os nutrientes presentes nesse material são reciclados e devolvidos ao solo na forma de adubo. Os elementos, nutrientes ou não, presentes nele retornam ao solo de onde têm sua origem, fechando seus ciclos biológicos (MACHADO, 2001).

No Distrito Federal (DF), 93% dos esgotos são coletados e, destes, 100% são tratados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB (CAESB, 2008; PIROMAL *et al.*, 2007), gerando, aproximadamente, 400 t de resíduos frescos ao dia (MAIA, 2006), com 60 a 80% de umidade, necessitando de uma destinação adequada. Segundo Lemainski e Silva (2006), o uso de Lodo de Esgoto na agricultura do DF, em latossolo

distrófico, tem viabilidade técnica e ambiental, aumentando, em média, 21% a produtividade de milho, comparando-se ao fertilizante mineral.

O aumento da CTC (capacidade de troca catiônica), da porosidade e da retenção e disponibilidade de água para as plantas, além do aumento da biodiversidade bacteriana do substrato e da redução da lixiviação, fazem dos Lodos de Esgoto a fonte de matéria orgânica mais adequada para revegetação de áreas mineradas no DF (CORRÊA, 1998b).

Uma das vantagens do uso de Lodo de Esgoto em plantações florestais reside no fato de que os principais produtos destas culturas perenes não se destinam à alimentação humana ou animal, possibilitando uma maior segurança quanto à dispersão de eventuais contaminantes, desde que cuidados prévios sejam tomados em relação à localização dos talhões e à forma e dosagem de aplicação que, em princípio, poderia ser efetuada com intervalos variando de cinco a sete anos (POGGIANI e BENEDETTI, 1999).

O Lodo de Esgoto pode apresentar, em sua composição, poluentes ambientais (metais pesados) e agentes patogênicos ao homem. Dessa forma, o conhecimento das características do Lodo, do efeito dos poluentes ambientais e de sua acumulação no solo, como também a sobrevivência dos patógenos após a incorporação, são fundamentais na determinação das doses adequadas de material que favoreçam a fertilidade edáfica, minimizem os riscos ambientais e a possibilidade de contaminação por agentes patogênicos. Algumas questões referentes ao uso do Lodo requerem ações de pesquisa para viabilizar sua aplicação como insumo agrícola ao solo (SILVA *et al.*, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é quantificar, experimentalmente, por meio da incubação do substrato minerado em vasos, com a utilização de doses crescentes de calcário e de Lodo de Esgoto (proveniente de uma estação de tratamento de esgoto da CAESB), em substrato de uma área minerada de laterita ferruginosa (cascalho) do DF, doses de Lodo de Esgoto e de calcário que melhorem as condições de pH e das propriedades químicas destes substratos, para que essas áreas iniciem os processos de sucessão, tendo maiores chances de revegetação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Avaliar o incremento na Capacidade de Troca Catiônica (CTC) dos substratos tratados com Lodo de Esgoto.

-Avaliar a melhoria dos níveis de pH e a evolução dos teores de macronutrientes no substrato, em função de diferentes dosagens de Lodo de Esgoto.

-Encontrar doses de Lodo de Esgoto e de calcário que permitam minimizar os possíveis impactos ambientais e os custos de transporte e de aplicação do Lodo de Esgoto em áreas degradadas pela mineração de laterita ferruginosa no DF.

3. HIPÓTESE

A associação de doses de calcário e de Lodo de Esgoto melhora as características químicas de substratos minerados em solos Plintossolos Pétricos Concrecionários Distróficos, no Cerrado do DF.

4. JUSTIFICATIVA

A quantificação de doses de Lodo de Esgoto, em áreas mineradas do DF, evitará que doses excessivas sejam aplicadas nesses ambientes, evitando possíveis problemas ambientais, podendo promover, ainda, redução nos custos de transporte e de aplicação desse material e viabilizar seu uso em áreas mais distantes.

O uso do Lodo de Esgoto melhora, substancialmente, as propriedades químicas dos solos minerados com relação ao pH, adição de nutrientes e, com o uso de outras técnicas, permite que estes solos comecem a regeneração natural e iniciem seu processo de sucessão primária.

No DF, 100% do esgoto coletado são tratados (CAESB, 2008). A produção de Lodo de Esgoto estimada em 2006 foi de 23.462 t na base seca (PIROMAL *et al.*, 2007). Para o ano de 2006, segundo dados da CAESB (MAIA, 2006), o DF produzia em torno de 400 t diárias de Lodo de Esgoto base úmida. Considerando-se que o teor de água desse material varia de 82 a 86% (LEMAINSKI e SILVA, 2006) e que a produção desse resíduo é crescente, a destinação correta, ambientalmente segura e economicamente viável desse material é de suma importância.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 BIOMA CERRADO

O Bioma Cerrado é um complexo vegetacional, localizado basicamente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior Bioma do país, abrangendo cerca de 25% do território brasileiro, onde apenas 20% permanecem intactos (SANO e ALMEIDA, 1998). Estima-se que, mantendo-se a atual taxa de desmatamento, por volta do ano 2030 a ocorrência desse Bioma estará restrita apenas às áreas protegidas (MACHADO *et al.*, 2004).

A vegetação do Bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO e WALTER, 2008). Eles afirmam que, dentre os principais tipos fitofisionômicos do Cerrado, o Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*) caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e, geralmente, com evidências de queimadas. Os autores afirmam, ainda, que grande parte dos solos sob a vegetação de Cerrado sentido restrito pertence às classes Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Os solos Plintossolos, no Bioma Cerrado, correspondem a 9% da área total. Os mesmos apresentam grande variabilidade em suas propriedades químicas, podendo ser eutróficos, distróficos ou álicos na camada superficial, com alto ou baixo teor de carbono orgânico. Morfologicamente, apresentam horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas distribuídas no perfil, de aspecto variegado (resultado da concentração de ferro no solo), chamadas de plintita (REATTO *et al.*, 2008). Segundo EMBRAPA (1999), apresentam horizonte litoplântico contínuo ou praticamente contínuo, com 10 cm ou mais de espessura e 50% ou mais de petroplintita, formando uma camada com espessura mínima de 15 cm.

Vários fatores influenciam na densidade arbórea do Cerrado sentido restrito, como as condições edáficas, pH, saturação de alumínio, fertilidade, condições hídricas e profundidade do solo (EITEN, 1972). Os reflexos destes fatores aparecem na estrutura da vegetação, na distribuição espacial dos indivíduos lenhosos e na florística (RIBEIRO e WALTER, 2008).

Segundo Whittaker (1975), as diferentes formas de vegetação e sua distribuição na biosfera obedecem, em uma escala global, ao controle exercido pelo clima, onde a relação entre pluviosidade e temperatura determina padrões estruturais da vegetação por toda a superfície terrestre.

O clima do Bioma (referente à abrangência do DF) é do tipo Tropical Aw (Tropical de Savana), de acordo com a classificação de Köpen. Predomina marcada alternância de estação seca e fresca (abril a setembro) e outra estação chuvosa e quente (outubro a maio). A precipitação média anual varia em torno de 1.600 mm; dessa média, cerca de 75% precipitam no período de novembro a janeiro. A temperatura média anual varia entre 18 a 20 °C. O período de setembro a outubro é o mais quente (temperatura média entre 20 a 22 °C), enquanto julho corresponde ao mês mais frio, com médias entre 16 e 18 °C. A umidade relativa do ar varia de 70 a 85% no verão e parte da primavera e decresce para, aproximadamente, 50 a 65% durante o inverno, quando valores menores que 20% podem ser registrados. A evapotranspiração anual varia de 1700 a 1800 mm/s e sempre resulta em déficits hídricos (SILVA JÚNIOR *et al.*, 1998).

5.2 MINERAÇÃO NO DF

Segundo UNESCO (2002), em estudos de 1954 a 1998 no DF, foi exposta uma área de 13.356,83 ha, o que representa cerca de 2,3% da área total. Para Corrêa (1998a), os ambientes agudamente degradados pela mineração já ocupam cerca de 1,5% do território do DF, mas considerando-se inúmeras áreas menores, esse valor pode chegar a 3%, quase 15.000 ha. Por meio de trabalhos com imagem de satélite *Landsat* ETM +, de novembro de 2002, Corrêa *et al.* (2004) revelaram a existência de uma área de 3.419 ha, cerca de 0,6% da área do DF que foram degradados pela mineração e não foram recuperados.

Segundo Carneiro (1999), o cascalho (laterita) é representado pelos materiais incoesos ou compactos, resultantes da fase final do intemperismo químico em solos e rochas sob condição de clima tropical. Consiste de concreções formadas por óxidos e hidróxidos (ferro, alumínio,

manganês e titânio), com amplo predomínio do ferro (hematita e goetita) e do alumínio (gibbsita).

O cascalho é empregado em obras de engenharia, na pavimentação de rodovias e fundações de obras civis. No DF, o mesmo vem sendo utilizado desde sua criação, apresentando grande importância econômica e ambiental para a região. Porém, a exploração desordenada e sem critérios técnicos geraram problemas ambientais associados às voçorocas e diminuíram as reservas potenciais de cascalho (MARTINS *et al.*, 1998).

Após a exploração de uma lavra, inicia-se um processo natural de sucessão secundária, que consiste na colonização do meio minerado por seres vivos. Mas o processo de sucessão ecológica em locais minerados no Cerrado é extremamente lento e a intervenção humana se faz necessária. Quando essas áreas mineradas não recebem algum tipo de intervenção, ficam passíveis de causar algum tipo de impacto ambiental (CORRÊA e MELO FILHO, 2004). Segundo estudos de Camapum de Carvalho *et al.* (2006), com relação ao mapeamento de erosões no DF, do total de erosões encontradas, 34,53% delas estavam em áreas expostas, 28,77% em áreas urbanas, ou seja, mais de 60% se encontravam em áreas não vegetadas. Já nas áreas que tinham algum tipo de vegetação, as taxas de erosão foram mínimas.

Para Corrêa (1998a), o retorno dessas áreas degradadas pela mineração a uma forma de utilização tecnicamente compatível, em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais locais, seria a sua recuperação. Em geral, áreas mineradas têm menos de 1% de matéria orgânica. Aumentar esse valor para, no mínimo, 2% é de suma importância para o estabelecimento de uma revegetação e, ao elevar os teores de matéria orgânica dos substratos minerados a níveis adequados, haverá melhorias químicas, físicas e biológicas (CORRÊA, 2006).

5.3 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

Segundo Reatto *et al.* (2008), a fertilidade do solo é obtida, principalmente, da Saturação por Bases (V), da capacidade total de troca de cátions (CTC), da saturação por alumínio e do grau

de acidez (pH). Tal fertilidade, seja ela garantida por meios naturais (reciclagem de nutrientes) ou artificiais (fertilização), é essencial para a sustentabilidade de ecossistemas naturais e agroecossistemas. Em ambos os casos, a atividade biológica do solo desempenha papel fundamental no processo produtivo. Em todos os contextos, o manejo da matéria orgânica, em níveis de equilíbrio aceitáveis para permitir a manutenção da atividade biológica do solo, é essencial para a sustentabilidade de um ecossistema (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

De acordo com Tsutiya *et al.* (2001), a matéria orgânica contida no Lodo de Esgoto, aplicada ao solo, favorece a formação de agregados, facilitando a formação de raízes e a vida microbiana. Atua também junto à resistência do solo à erosão, por estabilizar a estrutura do mesmo. Fornece nutrientes para as plantas e para os organismos edáficos após sua mineralização e atua como condicionador do solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas. O autor afirma, ainda, que a decomposição do Lodo de Esgoto produz agentes complexantes que facilitam a movimentação de fosfatos combinados com ferro e alumínio, além de permitir melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em decorrência da lenta liberação dos mesmos.

A Saturação por Bases (V) constitui a riqueza do solo, em bases trocáveis, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} (REATTO *et al.*, 2008). Segundo Curi *et al.* (1993), ela é definida como a proporção na qual o complexo adsorção de um solo está saturado por cátions alcalinos e alcalinos terrosos, expressos em porcentagem, em relação à CTC. O autor afirma que solos com baixa fertilidade e elevada acidez se caracterizam por limitar o crescimento das plantas pela toxidez causada pelo alumínio trocável e pela baixa Saturação por Bases.

A fertilidade dos solos do Cerrado é, em geral, muito baixa devido à intensa meteorização que prevaleceu durante sua formação. A dessilificação e a lixiviação de nutrientes foram acompanhadas pela remoção de minerais primários. Por isso apresentam a alta acidez, que é acompanhada por altos teores de alumínio e de manganês trocáveis (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985).

A acidez do solo é produto da ação dos agentes do intemperismo sobre a rocha matriz, que solubiliza os minerais nela presentes. Os mais solúveis (Ca, Mg, K e Na) são percolados, enquanto aqueles que formam compostos menos solúveis, como o Al, são acumulados (BOHNEN *et al.*, 2000).

Ainda segundo Bohnen *et al.* (2000), a correção da acidez é realizada com aplicação de calcário ao solo, através da prática da calagem, com substâncias que geram íons (oxidrila e bicarbonato) capazes de neutralizar os íons H⁺.

A toxidez do Al é, portanto, controlada pela calagem, que diminui sua saturação no complexo de troca que é substituído por Ca e Mg. O critério mais seguro para recomendar a dose de calcário é aquele em que se procura elevar a porcentagem de Saturação por Bases a um valor adequado (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985). Corrêa (2006) afirma que na revegetação de solos minerados distróficos deve-se elevar a Saturação por Bases (V) a valores próximos (entre 20% a 40%) aos encontrados em solos sob condições naturais adjacentes às áreas mineradas.

A CTC representa a capacidade de a superfície das partículas do solo trocar bases com a solução do solo (REATTO *et al.*, 2008). Segundo Lopes (1984), os solos do Bioma Cerrado têm valores extremamente baixos de CTC efetiva, devido ao alto grau de intemperização dos mesmos. Ainda segundo o referido autor, a baixa CTC efetiva é um grande potencial para a lixiviação de cátions, como consequência, deixando uma reserva muito pequena de nutrientes para as plantas. A maior proporção da CTC dos solos das regiões tropicais, incluindo os solos de Cerrado, é proveniente da contribuição da matéria orgânica, devido a aumentos do pH do meio (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

Segundo GOEDERT e CORRÊA (2004), os substratos minerados não atendem os pré-requisitos de qualidade para serem biologicamente considerados solos, uma vez que têm baixa capacidade de exercer a função de sustentar uma produtividade biológica e de melhorar a qualidade do ambiente. Para reverter esse quadro, os autores sugerem a adição de material

orgânico, visando aumentar o teor de matéria orgânica, a CTC, o estado de agregação do substrato e sua atividade biológica.

5.4 USO DE LODO DE ESGOTO

O Lodo de Esgoto, além de conter alto teor de matéria orgânica, que pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, possui quantidades apreciáveis de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo e, devido a estas características, pode ser utilizado como fonte desses elementos na agricultura (MELO *et al.*, 2001). Segundo Cripps e Matocha (1991), o Lodo de Esgoto não é uma boa fonte de potássio, pois tem baixos teores deste nutriente em sua concentração, havendo a necessidade de complementação com outras fontes de potássio nos cultivos agrícolas.

Quando aplicado ao solo, o Lodo de Esgoto causa alterações na estrutura e no funcionamento do agroecossistema, sendo a comunidade microbiana um dos componentes mais sensíveis, podendo ser utilizada como indicador da qualidade dos solos (DICK, 1994; GILLER *et al.*, 1998).

Melo e Marques (2000), fundamentados por trabalhos de pesquisa com Lodo de Esgoto aplicado na agricultura, realizados no Brasil durante o período de 1980 a 2000, com suporte da literatura internacional sobre o assunto, concluem sobre Lodo de Esgoto:

-É um resíduo que altera as propriedades físicas do solo, melhorando sua densidade, sua porosidade e sua capacidade de retenção de água, propriedades estas que condicionam o solo para um melhor desenvolvimento das plantas;

-É um resíduo que, aplicado ao solo, melhora seu nível de fertilidade, elevando o pH, diminuindo o teor de Al trocável, aumentando a CTC e a capacidade de fornecer nutrientes para as plantas;

-Por conter em sua constituição teores elevados de matéria orgânica e de outros nutrientes, promove o crescimento dos organismos do solo, os quais são de fundamental importância para a ciclagem dos elementos;

-Encerra na sua composição todos os nutrientes e elementos benéficos necessários para o desenvolvimento e produção das plantas, os quais, por se encontrarem em sua grande parte na forma orgânica, são liberados ao solo, gradativamente, por meio de processos oxidativos, o que aumenta a possibilidade de que estes nutrientes sejam absorvidos pelas plantas e diminui o risco de poluição ambiental;

-Componentes antinutricionais presentes no Lodo de Esgoto, como os metais pesados, também ocorrem em outros fertilizantes e corretivos do solo, caso dos fertilizantes fosfatados, nitrogenados e do calcário, dentre outros, assim como o próprio material de origem do solo;

-Apesar de encerrar em sua composição elementos não desejáveis, no caso dos metais pesados, nos trabalhos de pesquisa até então realizados em condições de solos brasileiros, não há informação de toxicidade para os vegetais.

A quantidade de N mineralizado da matéria orgânica de Lodo de Esgoto é variável, de acordo com o material de origem e com o processo de tratamento utilizado. De forma geral, o Lodo é um resíduo com estreita relação C:N, com baixo suprimento de material energético e com material protéico de fácil degradação pelos microorganismos (Lerch *et al.*, 1993). Estas propriedades possibilitam rápida liberação de N mineral, em quantidades proporcionais às quantidades de N orgânico, aplicadas (Ryan *et al.*, 1973).

Segundo Frank (1998), a incorporação de Lodos de Esgoto nos solos é o manejo economicamente mais vantajoso e sanitariamente mais interessante, quando comparado às alternativas de disposição de Lodos de Esgoto tais como aterro sanitário, incineração e disposição oceânica. Ressaltando a viabilidade econômica do Lodo, Silva *et al.* (2000) verificaram que, a aplicação do mesmo na dose de 54 t/ha, em lavouras até 100 km de distância das ETE's geradoras resultou em uma vantagem de R\$74,00 por hectare, quando comparado à aplicação de fertilizantes comerciais contendo as mesmas quantidades de P e N na dose de Lodo utilizada. É importante lembrar que o custo do Lodo é apenas o do frete entre a lavoura e as ETE's. Corrêa (2006), mediante análise prévia da relação custo/benefício, também afirma que o sistema de aplicação de Lodo de Esgoto é economicamente vantajoso, visto, sobretudo, que os interessados arcam, basicamente, com os custos de transporte e de aplicação. Carvalho (1993) afirma que, para um modelo clássico de revegetação de uma área

minerada do Cerrado, com aplicação de Lodo de Esgoto obtido gratuitamente, a composição do custo de transporte de Lodo fica em 2%.

Saito (2007) comenta sobre algumas desvantagens referentes ao uso do Lodo de Esgoto. Segundo ele, o Lodo contém elevadas concentrações de contaminantes. A prática de aplicá-lo no solo pode resultar em adição direta de patógenos diversos e substâncias químicas não desejadas no solo agriculturável e, conseqüentemente, na cadeia alimentar. Outro fator de preocupação citado pelo autor é a composição variável do Lodo nas diferentes regiões e épocas do ano, dificultando o monitoramento dos contaminantes. Vieira (2004) afirma que a utilização do Lodo de Esgoto requer um acompanhamento do seu processo de mineralização no solo, uma vez que excessivas quantidades de nitrato poderão, por meio dos processos de lixiviação e desnitrificação, contaminar águas subterrâneas ou provocar o desprendimento de óxido nítrico.

Segundo Andreoli *et al.* (2000), em geral, os fatores que oferecem risco ao meio ambiente e à saúde humana são:

- Lixiviação de nitratos resultantes da mineralização da matéria orgânica e outros contaminantes presentes no Lodo, que resultam na contaminação do lençol freático;
- Lixiviação de metais pesados para o lençol freático;
- Carreamento de partículas do Lodo até cursos d'água;
- Contato direto com a população.

Apesar dos riscos ambientais do uso do Lodo, a partir de um estudo detalhado no DF, com uso de geoprocessamento, observando a legislação ambiental, Unidades de Conservação, Áreas de Proteção de Manancial, áreas de preservação permanente, áreas urbanas, dentre outras, Piromal *et al.* (2007) identificaram que 60% da área do DF, desde que sejam observadas as técnicas adequadas (dose, declividade do solo, proximidade de espelho d'água), a Resolução 375 imposta pelo CONAMA (CONAMA, 2006), as recomendações sugeridas pela CAESB e órgão do meio ambiente local, podem receber Lodo de Esgoto de forma viável ambientalmente e legalmente.

Corrêa (2006), referente à revegetação de áreas mineradas, apresenta dados de altos incrementos em altura, da ordem de 16 a 30%, com espécies do Cerrado adubadas com o uso de Lodo seco em covas. Ainda segundo Corrêa (2006), com relação às doses adequadas para aplicação em áreas mineradas, recomenda-se uma aplicação de 55 m³/ha (64 t/ha) de Lodo de Esgoto base úmida para substratos argilosos minerados no DF e considera que para áreas cascalhentas, onde a porcentagem de cascalho, calhau e matacão seja acima de 40%, a dose de Lodo de Esgoto a ser aplicada deve ser ajustada de acordo com a porcentagem desses materiais superiores a 2 mm encontrados na área a ser revegetada. Vetterlein e Hüttil (1999) calcularam que seriam necessárias 60 t/ha de Lodo de Esgoto com conteúdo de matéria orgânica de 50% para aumentar o teor de matéria orgânica em 1% nos 20 cm superficiais do solo.

Della Giustina (2005), analisando a recuperação feita em 2002, de uma cascalheira minerada entre os anos de 1993 a 2000 no DF, realizada com uso de Lodo de Esgoto, com uma taxa de aplicação de 400 t/ha, observou, depois de cinco anos, que os níveis de nitrato e fósforo ainda estavam muito altos e concluiu que a criação de condições para o desenvolvimento de processos de revegetação semi-espontânea é uma alternativa factível de ser adotada, tanto pelas empresas de saneamento quanto pelos mineradores, desde que atenda a todas as limitações sob o aspecto ambiental, legal e econômico.

Bento (2009), na avaliação da qualidade dos substratos minerados revegetados com uso de Lodo de Esgoto no DF, com taxas de aplicação de, aproximadamente, 400 t/ha, concluiu que os atributos químicos se mostraram superiores, sobretudo, no que diz respeito ao teor de fósforo e Saturação por Bases. Ele afirma que isto ocorre devido à elevada concentração de nutrientes fosfatados no Lodo de Esgoto e defende a importância da aplicação de doses adequadas para que o manejo da recuperação ambiental e reconstrução dos solos degradados possam atingir uma similaridade com solos de Cerrado adjacentes a estas áreas.

5.5 PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Considerando que a população nacional atual, segundo IBGE (2010a), é de, aproximadamente, 192.000.000 de habitantes e que a taxa de coleta de esgotos em 2007 abrangia 73,6% da população (IBGE, 2010b), a demanda de produção de Lodo de Esgoto tende a crescer. Essa tendência é confirmada nos dados apresentados na Tabela 1, onde se observa o aumento crescente das taxas de coleta de esgoto no Brasil no período de 1970 a 2000. É importante ressaltar, porém, que, segundo Brasil (2009) – dados PMSS (Programa de Modernização do Setor de Saneamento), apenas 20% do esgoto coletado é conectado às estações de tratamento; o restante é lançado *in natura* nos cursos d'água mais próximos.

Tabela 1: Evolução da Cobertura dos Serviços de Saneamento no Brasil, de 1970 a 2000

Esgoto Sanitário	1970 (%)	1980 (%)	1991 (%)	2000 (%)
Domicílios Urbanos				
Rede Coletora	22,2	37	47,9	56
Fossa Séptica	25,3	22,9	20,9	16
Domicílios Rurais				
Rede Coletora	0,45	1,4	3,7	3,3
Fossa Séptica	3,2	7,2	14,4	9,6

Fonte: Sensos Demográficos (1970, 1980, 1991, 2000), IBGE, 2006.

A maior parte das unidades de tratamento de esgoto no Brasil ainda não solucionou a disposição do Lodo, limitando-se a dispô-lo em aterros, lixões ou no próprio terreno próximo à estação, sem proteção, ao invés de reciclá-lo de forma ambientalmente aceitável e segura. Conseqüentemente, este material acaba também nos cursos d'água da região (BRASIL, 2009).

No Brasil, as Estações de Tratamento de Esgoto - ETE's produzem o Lodo como subproduto do tratamento de esgotos, tornando-o um material de alta complexidade por conta de sua composição variável, a depender do processo utilizado, da localização das ETE's e até mesmo dos nutrientes da alimentação e dos resíduos descartados, provenientes do local em que ele fora produzido (MAIA, 2006; SAITO, 2007; LOPES, 2008).

Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os microrganismos presentes no esgoto. Sendo o mesmo rico em nutrientes, ao passar por instalações em condições que facilitam a atividade biológica, os microrganismos usam a matéria orgânica como alimento, degradando-a e, conseqüentemente, reduzindo o potencial poluidor. O tratamento de esgoto pode ser realizado pelo processo de tratamento biológico aeróbio e anaeróbio (ANDREOLI *et. al.*, 2001).

No DF, 93% dos esgotos são coletados e, destes, 100% são tratados pela CAESB (CAESB, 2008), sendo, de acordo com dados do SNIS (2006), a única empresa de saneamento do Brasil a tratar total porcentagem do esgoto coletado. No Sistema de Esgotamento Sanitário do DF, ilustrado na Figura 1, os dejetos são levados por gravidade e bombeamento (36 estações de bombeamento) às estações de tratamento que, atualmente, totalizam 17 ETE's, atendendo a uma população aproximada de 2.600.000 de habitantes (IBGE, 2010c). Referente à produção de Lodo de Esgoto, segundo informações da POE - Superintendência de Operação e Tratamento de Esgotos, todas as ETE's produzem, aproximadamente, 400 t ao dia, base úmida.

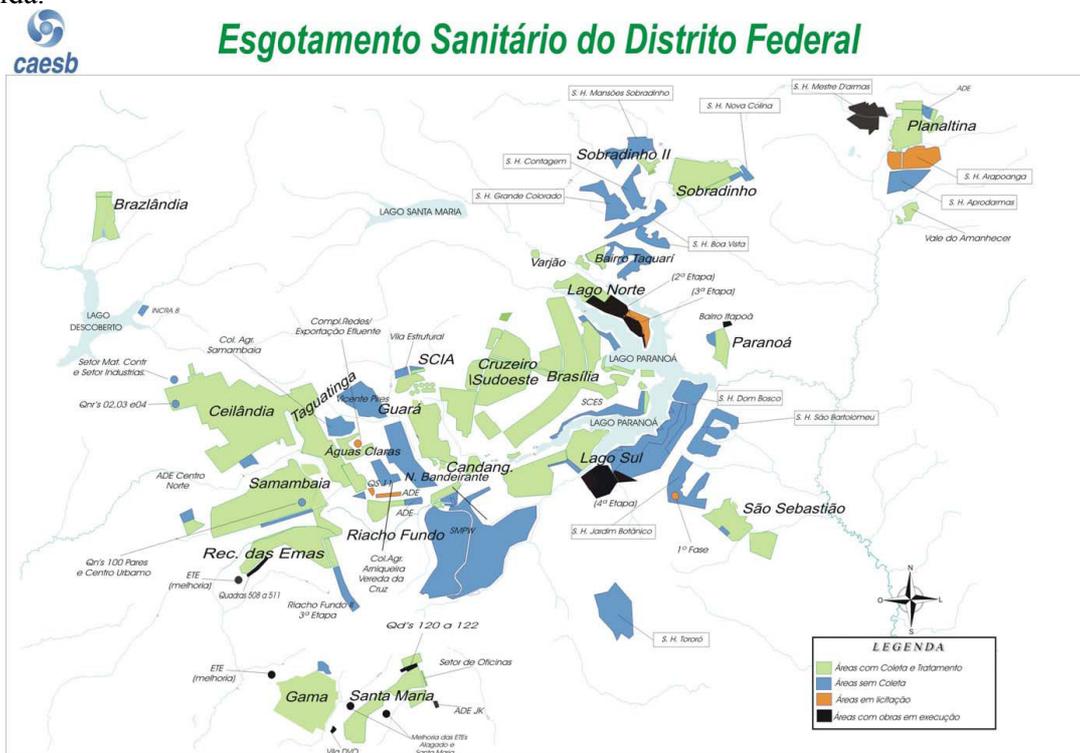


Figura 1: Esgotamento Sanitário do Distrito Federal – CAESB 2007 (SIESG)

Segundo informações obtidas em entrevista pessoal na POE, atualmente, os Lodos de Esgoto produzidos nas ETE's Sul, Norte, Melchior e Samambaia do DF são transportados para a área localizada aos fundos da ETE Melchior, onde sofrem um processo de secagem natural. Essa corresponde a uma secagem por convecção térmica, onde os Lodos de Esgoto são dispostos em amplas baias abertas em locais planos e com terraços de contenção, permitindo o espalhamento do Lodo em camadas não superiores a 50 cm, seu revolvimento e uma secagem em até 30 dias, a partir da ação dos ventos constantes e da energia solar. Esse processamento do Lodo promove também a redução de patógenos e apresenta baixos custos de operação e manutenção. O teor de umidade do Lodo, após o processo de secagem natural, pode chegar a 40%. Segundo informações obtidas em entrevista, está prevista a construção da Unidade de Gerenciamento de Lodo – UGL, em sua primeira etapa, a qual receberá todos os Lodos produzidos nas demais ETE's da CAESB (dados não publicados – POE, comunicação pessoal).

O Lodo de Esgoto da CAESB contém quantidades insignificantes de metais pesados, o que reduz o risco de danos ambientais, mesmo na eventualidade de aplicações sequenciais (SILVA *et al.*, 2002). A presença de ovos de helmintos e coliformes fecais no Lodo de Esgoto da CAESB constitui risco de contaminação, principalmente, na etapa de aplicação ao solo e isso pode ser evitado pelo uso de equipamentos de proteção individual e práticas adequadas de distribuição. Quanto aos ovos de helmintos, Souza *et al.* (2008) mostraram que, após a terceira semana da aplicação, não foram detectados ovos viáveis em amostras de solo tratado com Lodo de Esgoto Classe B, coletadas a 10 cm de profundidade.

Sobre as características químicas que o Lodo de Esgoto da CAESB apresenta, referentes a algumas ETE's do DF (Tabela 2) e de acordo com os valores dos parâmetros físico-químicos exigidos pela Resolução CONAMA 375 de 2006, apenas os teores de molibdênio estão acima dos permitidos, sendo os demais totalmente de acordo. Pelo fato de Brasília ter poucas indústrias, o Lodo de Esgoto produzido pela CAESB tem poucos problemas quanto a metais pesados (CORRÊA, 2006). As características químicas do Lodo de Esgoto e sua composição variam em função do local de origem ou se proveniente de uma área tipicamente residencial ou industrial e da época do ano, dentre outros fatores (MELO e MARQUES, 2000).

Tabela 2: Parâmetros de Qualidade do Lodo de Esgoto Produzido na CAESB

Parâmetros Físico-Químicos	Unidade	ETE Sul (médias)	ETE Norte (médias)	ETE Gama (médias)	ETE Melchior (médias)
Umidade	%	15	15	15	15
pH	-	8,6	8,4	7	-
Sólidos Voláteis	%	60	60	60	60
Carbono orgânico	%	35	35	35	35
Fósforo total	%	2,1	1,2	3,3	1,2
Nitrogênio total kjeldahl	%	2,5	3,4	2,1	1,5
Nitrogênio amoniacal	%	0,2	0,2	0,1	-
Nitrogênio nitrato	mg/kg	0,8	0,5	0,8	0,1
Potássio	%	0,4	0,2	0,1	0,1
Sódio	%	0,05	0,03	0,07	0,02
Cálcio	%	1,5	2,2	0,6	1
Enxofre	%	0,2	0,5	0,3	0,4
Magnésio	%	0,5	0,5	0,1	0,2
Parâmetros Químicos	Unidade	ETE Sul (médias)	ETE Norte (médias)	ETE Gama (médias)	ETE Melchior (médias)
Arsênico	mg/kg	-	< 0,1	-	-
Bário	mg/kg	15,8	95	14,8	173,6
Cádmio	mg/kg	1,8	1,6	1,3	1,6
Chumbo	mg/kg	0,2	0	0,4	-
Cobre	mg/kg	182,2	161,7	141,3	149,7
Cromo	mg/kg	44,1	39,8	53,7	66,6
Mercúrio	mg/kg	-	0,10	-	-
Molibdênio	mg/kg	104,9	124,8	136,7	123,4
Níquel	mg/kg	11,8	11,3	10,3	13,3
Selênio	mg/kg	-	< 0,1	-	-
Zinco	mg/kg	496,7	577,7	275,3	453,2

Fonte: POE - Superintendência de Operação e Tratamento de Esgotos (dados não publicados).

Observação: Dados referentes a lodo de esgoto base seca (15% de umidade).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 COLETA DE SUBSTRATO MINERADO DE LATERITA FERRUGINOSA (CASCALHO OU PLINTITA)

Foram coletadas amostras de substrato Plintossolos Pétricos Concrecionários Distróficos (EMBRAPA, 1999), textura argilosa muito cascalhenta, relevo plano a suave ondulado, de uma área minerada de cascalho laterítico, localizada na Fazenda Experimental da EMBRAPA, na área rural da cidade satélite Gama em Brasília, onde existia uma vegetação de Cerrado sentido restrito (*stricto sensu*), coordenadas 15° 56' 04'' S e 48° 08' 55'' O, e elevação de 1.077 m.

O substrato foi peneirado em malha de 4 mm; em seguida, peneirado em malha de 2 mm e teve sua porcentagem de material grosso determinada: regolito (zona de alteração compreendida desde a rocha sã até a superfície, incluindo o solo) e calhau. Após o peneiramento, esse material foi misturado manualmente.

6.2 UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental foi um vaso plástico com capacidade de 5 L para acondicionamento do substrato, com suporte de um prato para captação da percolação dos resíduos líquidos.

6.3 PROCEDIMENTOS

- Para dar início a cada experimento, foi realizado o preenchimento das unidades experimentais com o substrato preparado (descrito no item 6.1), todas com o mesmo volume e peso de substrato.
- Foram calculadas as doses equivalentes em t/ha (considerando 0,2 m de incorporação, logo 1 ha = 2.000 m³) de calcário *filler* e de Lodo de Esgoto para cada vaso, homogeneizando-os com betoneira.

- A umidade do substrato foi mantida em, aproximadamente, 80% da sua capacidade de campo, com uso de água destilada.
- Os vasos ficaram protegidos em casas de vegetação na EMBRAPA e, a cada dois dias, trocados de lugar para todos terem as mesmas condições locais.
- O período de incubação dos vasos dos Experimentos 1 e 2 foi de 30 dias e do Experimento 3, foi de 60 dias.
- Ao final do período de incubação, foi retirada uma amostra de substrato de cada vaso e todas as análises de solo, substrato, calcário *filler* e Lodo de Esgoto foram realizadas no laboratório de solo da EMBRAPA e no laboratório SOLOQUÍMICA, seguindo critérios técnicos laboratoriais (EMBRAPA, 1997).
- O pH foi determinado com eletrodo em suspensão solo: água e CaCl₂ 0,01M para as amostras de Lodo de Esgoto; P, K e Na *Mehlich* 1; Ca, Mg, e Al cloreto de potássio; H+Al acetado de cálcio a pH 7,0 e matéria orgânica por oxidação via úmida (teor de carbono x 1,724).
- O cálculo realizado para encontrar o valor da Capacidade de Troca Catiônica foi: $CTC=Ca+Mg+K+Na+H+Al$ e a unidade referente é $cmolc/dm^3$.
- O cálculo da Soma de Bases foi: $S=Ca+Mg+K+Na$ e a unidade referente é, também, $cmolc/dm^3$.
- O cálculo da Saturação por Bases foi: $V=100 \times (S/CTC)$ e a unidade referente é %.

6.4 EXPERIMENTOS

Experimento 1 – Determinação da Dose de Calcário *Filler*

- Para a determinação da dose de calcário, o substrato foi incubado com doses crescentes do corretivo, representadas por 11 tratamentos, com três repetições (equivalentes a doses de 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 e 5 t/ha) de calcário *filler*, previamente analisado em seu poder de neutralização total.
- Após 30 dias, foi realizada análise química laboratorial, através de uma amostra do substrato incubado de cada vaso.

Experimento 2 – Determinação das Doses de Lodo de Esgoto

- Foram realizados 11 tratamentos com três repetições (equivalentes a doses de 0; 20; 40; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180 e 200 t/ha) de Lodo de Esgoto base úmida proveniente da estação de tratamento de esgoto da ETE Norte da CAESB, sendo que este material foi analisado no Laboratório SOLOQUÍMICA para os seguintes fatores e elementos: Teor de Água, Matéria Orgânica, Cinzas, pH (CaCl₂ 0,01M), Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Enxofre, Magnésio, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco, Alumínio, Chumbo e Cromo, de acordo com metodologia de análise da EMBRAPA (1997).
- Após 30 dias, foi realizada análise química laboratorial, através de uma amostra do substrato incubado de cada vaso.

Experimento 3 – Combinação da Dose Ideal de Calcário Encontrada no Experimento 1 com as Doses de Lodo de Esgoto Propostas no Experimento 2

- Foram realizados os mesmos procedimentos descritos no Experimento 2, sendo adicionada dose equivalente a 3 t/ha de calcário *filler* para cada tratamento.
- A partir desta aplicação, após 60 dias, foram verificados, também através de análise de solo, os melhores níveis de CTC, Matéria Orgânica, Saturação por Bases, pH, dentre outros elementos já mencionados.

6.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada uma Análise de Variância, com decomposição em polinômios ortogonais, considerando o componente linear, quadrático, da falta de ajustamento e do resíduo, com seus respectivos graus de liberdade, visando encontrar efeitos significativos para as dosagens de Lodo de Esgoto e de calcário sobre as variáveis analisadas, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002). A análise estatística foi processada através do Programa GENES (Aplicativo computacional em Genética e Estatística Experimental), versão 8.0, Universidade Federal de Viçosa – UFV (CRUZ, 2006).

7. RESULTADOS

7.1 ANÁLISE DO SUBSTRATO MINERADO

O substrato coletado na área minerada e utilizado nos experimentos apresentou 78% de calhaus e de cascalho. Apenas 22% passaram nas malhas de 4 e 2 mm (Anexo A). Portanto, trata-se de um material extremamente cascalhento, confirmando as características de solo Plintossolo, pois, de acordo com EMBRAPA (1999), este tipo de solo apresenta mais de 50% de petroplintita e Saturação por Bases < 50%.

De acordo com informações do Anexo B, os teores de matéria orgânica apresentaram-se altos (em média 2,22%, sendo que duas amostras apresentaram teores de 1,56%), comparando-se com informações de Corrêa (2006) de que, em geral, as áreas mineradas apresentam teores de matéria orgânica menor que 1%. Apesar de não esperado esse teor de matéria orgânica relativamente alto, pode-se relacioná-lo, provavelmente, com o fato do substrato analisado ter origem em solos Plintossolos. Já os dados de Corrêa (2006), se referem, em geral, a Latossolos e Cambissolos. Como os substratos dos tipos de solos mencionados têm valores baixos referentes à matéria orgânica, é necessária adição da mesma nestes substratos para viabilizar sua revegetação.

Conforme dados do Anexo B, o pH do substrato, de acordo com De Oliveira *et al.* (2000), em média, apresentou teores medianamente ácidos (entre 5,1 – 5,5). Porém, as amostras utilizadas como testemunhas dos Experimentos 1, 2 e 3 apresentaram valores fortemente ácidos (< 5) (Anexos G, H, I). É necessária, portanto, a adição de corretivos para a obtenção de pH adequado.

Os valores de CTC, Soma de Bases (S) e Saturação por bases (V) apresentaram valores médios de 4,5; 0,8 (cmolc/dm³) e 21,16%, respectivamente, conforme dados do Anexo B. Esses valores ficaram muito próximos dos valores do solo da área de Cerrado (Anexo C), diferente do que se esperava: que estes dados estivessem abaixo aos da área adjacente nativa de Cerrado, conforme dados de Corrêa (2006).

7.2 ANÁLISE DO CALCÁRIO

O calcário *filler* utilizado nos experimentos teve sua análise química e física determinada, apresentando um PRNT de 87% (Anexo D), adequado para os trabalhos.

7.3 ANÁLISE DO LODO DE ESGOTO

As duas amostras de Lodo de Esgoto utilizadas nos Experimentos 2 e 3 (Anexos E e F, respectivamente), foram analisadas quimicamente, apresentando teor de umidade médio de 86%, aproximado ao que LEMAINSKI e SILVA (2006); CORRÊA (2006) encontraram. Referentes aos outros parâmetros analisados, os teores químicos encontrados estavam dentro do padrão da Resolução 375 (CONAMA, 2006), inclusive em relação aos parâmetros de alguns metais pesados, sobretudo, o molibdênio, cujo valor encontrado foi $< 0,07 \text{ mg/dm}^3$. Já na análise realizada por CAESB (Tabela 2), o molibdênio foi superior ao determinado pela Resolução mencionada, confirmando informação de Maia (2006) e Saito (2007) de que o Lodo de Esgoto possui composição variável, necessitando de monitoramento constante.

7.4 ANÁLISE DO SOLO DE CERRADO

Os valores de CTC encontrados (Anexo C) confirmam informação de Lopes (1984), de que os solos do Bioma Cerrado têm valores extremamente baixos de CTC efetiva, devido ao alto grau de intemperização dos mesmos.

Corrêa (2006) afirma que na revegetação de solos distróficos deve-se elevar a Saturação por Bases (V) a valores próximos aos encontrados em solos sob condições naturais ($V = 20-40\%$). O solo da área de Cerrado adjacente à área minerada (Anexo C) apresentou $V = 16,3\%$ (em média), valor parecido com o valor de V do substrato da área minerada. Logo, foram utilizados, como referência para obtenção da reconstrução do substrato degradado, valores de V entre 20-40%.

7.5 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS

Experimento 1

A análise de variância para o efeito das dosagens de calcário *filler* (Tabela 3) apresentou resultados significativos e um modelo linear adequado apenas para os valores de pH e os teores de Ca. Quanto aos demais parâmetros, apenas alguns apresentaram resultados significativos para o modelo quadrático (Al; H+Al; Ca+Mg e V), mas a maioria deles apresentou Coeficiente de Variação (CV), em geral, acima de 10%. De acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002), valores acima de 10% dão uma idéia de média precisão nos experimentos e valores abaixo de 10% são os mais indicados.

Tabela 3: Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de calcário) sobre as Variáveis Analisadas no Experimento 1

FV	GL	QM					
		pH	P	K	Na	Al	H+Al
T	10	1,05	0,90	67,36	4,68	0,020	2,10
L	1	10,17*	0,13	153,41	0,076	0,15	17,16
Q	1	0,18	0,001	10,32	14,77	0,046*	2,06*
FA	5	0,30	0,10	36,58	4,10	0,0008	0,32
R	22	0,74	0,072	49,06	2,21	0,30	0,16
CV (%)		1,57	77,60	28,82	21,91	31,05	11,84

Tabela 3 (continuação)

FV	GL	QM						
		Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
T	10	4,75	1,06	0,09	67,36	4,68	0,02	2,10
L	1	46,29	10,18*	0,12	153,41	0,076	0,15	17,16
Q	1	0,64*	0,18	0,001	10,32	14,77	0,46*	2,06
FA	5	0,032	0,30	0,10	36,58	4,10	0,0008	0,32
R	22	0,058	0,007	0,73	49,06	2,21	0,0003	0,16
CV (%)		8,79	1,57	77,60	28,82	21,91	31,05	11,84

*Significativos a 5% ($P < 0,05$); F. V.: Fontes de Variação; GL: Grau de Liberdade; T: Tratamento; L: Componente Linear; Q: Componente Quadrático; FA: Falta de Ajustamento; R: Resíduo; CV: Coeficiente de Variação.

O Modelo Linear de pH apresentado pelos parâmetros da regressão foi:

$$Y = 4,4191 + 0,1756 \cdot X, \text{ com } R^2=96\%.$$

O Modelo Linear de Ca apresentado pelos parâmetros da regressão foi:

$$Y = 4,4190 + 0,1756 \cdot X, \text{ com } R^2=96\%.$$

Onde:

Y = valor de pH e X = dose de calcário.

Observando-se a Tabela 4 de médias das doses aplicadas de calcário, pode-se concluir que a dose de 2,5 t/ha neutralizou os teores de Al, elevou o pH para 5,52 e V para 46,94% (em média) e que a dose de 3 t/ha também neutralizou os teores de Al, elevou a faixa de pH para 5,75 e V para 50,42% (em média), ambas atingindo valores próximos aos recomendados por Corrêa (2006). A dose de 3 t/ha, no entanto, apresentou, como diferencial, os teores de Ca, Mg, CTC e S maiores do que os apresentados pela dose de 2,5 t/ha, sendo, desta forma, utilizada no Experimento 3.

Tabela 4 : Médias do Resultado da Análise Após o Tratamento com Doses de Calcário - Experimento 1

MDC	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO	
		mg/dm ³			cmolc/dm ³									%
0	4,52	0,62	22,67	6,00	0,23	5,02	0,72	0,23	0,48	5,82	0,80	13,82	2,16	
0,5	4,67	0,20	38,33	5,67	0,15	4,50	1,15	0,67	0,48	5,77	1,27	21,99	2,24	
1	5,00	0,45	24,33	7,67	0,13	4,33	1,48	1,00	0,48	5,91	1,58	26,58	2,24	
1,5	5,07	0,43	23,33	6,00	0,08	3,40	1,93	1,25	0,68	5,42	2,02	38,40	2,16	
2	5,40	0,22	22,67	7,67	0,02	3,10	2,67	1,80	0,87	5,86	2,76	47,09	2,16	
2,5	5,52	0,38	23,00	9,67	0,00	3,43	2,95	2,07	0,88	6,48	3,05	46,94	2,24	
3	5,75	0,15	23,00	7,00	0,00	3,37	3,33	2,10	1,23	6,79	3,42	50,42	2,16	
3,5	6,07	0,58	24,33	6,67	0,00	2,53	3,65	2,50	1,15	6,27	3,74	59,67	2,33	
4	5,92	0,44	22,33	6,67	0,00	2,63	3,87	2,80	1,07	6,59	3,95	60,02	2,33	
4,5	6,03	0,23	21,33	5,00	0,00	2,77	3,87	2,63	1,23	6,71	3,94	58,79	2,51	
5	6,27	0,11	22,00	6,67	0,00	2,70	4,53	3,18	1,35	7,32	4,62	63,12	2,60	

MDC: Média da dose de calcário em t/ha; S: Soma de Bases; V: Saturação por Bases; MO: Matéria Orgânica.

O Gráfico 1 demonstra a linha de tendência referente ao Efeito no pH, de acordo com as doses de calcário aplicadas e apresenta o modelo linear.

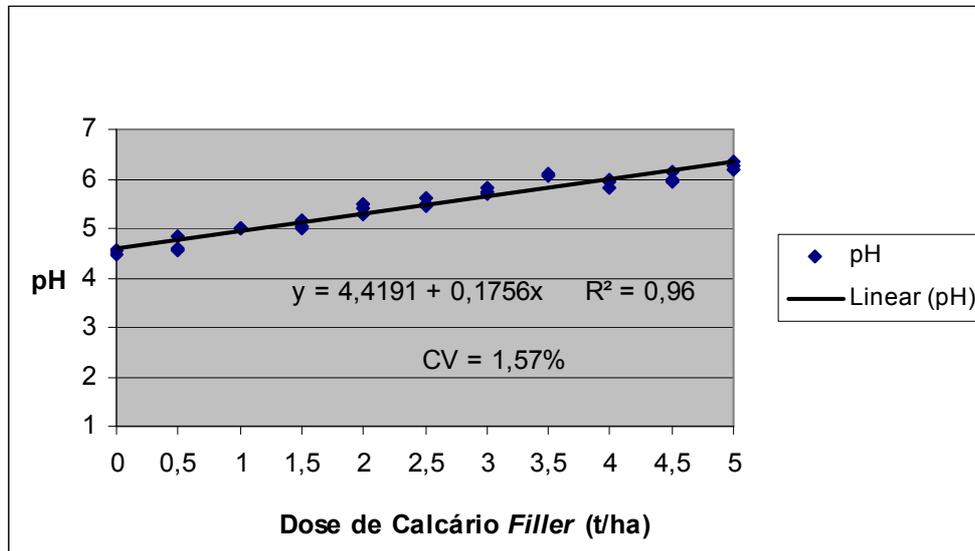


Gráfico 1: Variação do pH em Função das Doses de Calcário *Filler* Aplicadas

No Anexo G, é possível verificar os resultados de cada tratamento, médias encontradas, obtendo informações de todos os parâmetros de acordo com a dose utilizada. Referente à dose de 3 t/ha de Calcário *Filler*, observa-se que a mesma anulou o efeito do Al e elevou os teores de Ca+Mg para, em média, 3,33 cmolc/dm³, sendo este valor, segundo Vilela *et al.* (2002), considerado teor médio para solos do Cerrado.

No Gráfico 2 é possível verificar o crescimento da Saturação por Bases (V) a partir das doses de Calcário *Filler* aplicadas e que a dose de 3 t/ha elevou V para 50%, sendo uma dose que pode ser sugerida para este substrato minerado.

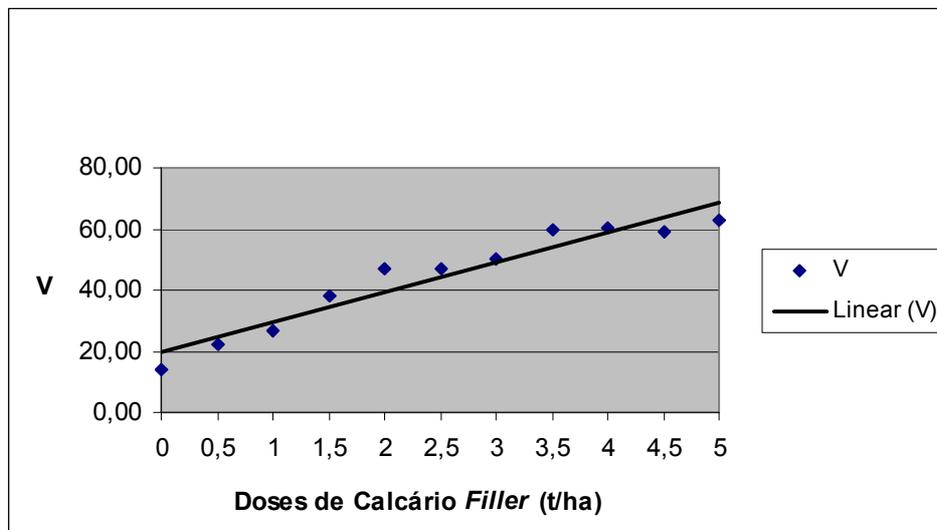


Gráfico 2: Variação de V em Função das Doses de Calcário *Filler* Aplicadas.

De acordo com os resultados apresentados, a fórmula mais adequada para definição da necessidade de calagem para correção da acidez dos substratos minerados, é a proposta por Quaggio (1983) e ligeiramente modificada por Malavolta (1985), conforme descrição a seguir:

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{PRNT}$$

Onde:

NC = Necessidade de Calagem em t/ha.

CTC = Capacidade de Troca de Cátions em cmolc/dm³.

V₁ = Saturação por Bases encontrada, em %.

V₂ = Saturação por Bases desejada, em %.

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total, em %.

Para testar a viabilidade da fórmula mencionada, foram utilizados os dados apresentados na Tabela 4 para exercício da mesma, considerando V₂=50% conforme descrito a seguir:

$$NC = \frac{5,82 (50 - 13,82)}{87}$$

Onde: NC = 2,42 t/ha, valor aproximado à dose de 2,5 t/ha utilizada no tratamento.

Experimento 2

A análise estatística (Tabela 5), referente às doses de Lodo de Esgoto, apresentou resultado significativo para pH, P, K, Al, Ca, Mg, CTC e V, mas não obteve modelo linear adequado com R² acima de 90%.

Tabela 5: Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de Lodo de Esgoto) sobre as Variáveis Analisadas no Experimento 2

FV	GL	QM					
		pH	P	K	Na	Al	H+Al
T	10	0,21	82,88	341,75	3,41	0,0094	0,12
L	1	1,92*	622,3*	3221*	4,61	0,077*	0,006
Q	1	0,099*	79*	59,39*	1,35	0,007*	0,0003
FA	5	0,0042	24,7,5	22,94	1,07	0,0012	0,14
R	22	0,011	15,29	8	3,91	0,0008	0,19
CV (%)		2,18	72,26	7,48	24	19,44	9,21

Tabela 5 (continuação)

FV	GL	QM						
		Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
T	10	0,58	0,27	0,094	0,78	0,66	117	0,20
L	1	4,94*	2,62*	0,36*	5,31*	5,67	10,21*	0,12
Q	1	0,37	0,0024	0,32	0,41	0,39	51,7*	0,080
FA	5	0,052	0,021	0,0095	0,23	0,057	9,34	0,23
R	22	0,023	0,0063	0,014	0,21	0,023	6,29	0,15
CV (%)		14,57	12,11	30,94	7,68	13,03	12,97	17,03

*Significativos a 5% ($P < 0,05$); F V.: Fontes de Variação; GL: Grau de Liberdade; T: Tratamento; L: Componente Linear; Q: Componente Quadrático; FA: Falta de Ajustamento; R: Resíduo; CV: Coeficiente de Variação.

A análise do Lodo de Esgoto (Anexo D) mostra um teor de matéria orgânica de 7,9% na base úmida e de 62,2% na base seca. Analisando a tabela de médias (Tabela 6), pode-se observar que os resultados referentes aos teores de matéria orgânica não demonstraram variação significativa, apesar das altas doses aplicadas. Um dos motivos pode ter sido a metodologia de oxidação por via úmida ($MO = 1,724 C$) utilizada para solos (EMBRAPA, 1997), enquanto que no presente caso, trata-se de substratos de áreas mineradas. Outro possível motivo foi o

período de incubação (30 dias), o que motivou adotar-se 60 dias de incubação para o Experimento 3. Há também a possibilidade da baixa relação C:N (Carbono:Nitrogênio) encontrada no Lodo de Esgoto (9) ter contribuído para a invariabilidade dos valores de matéria orgânica, pois baixa relação C:N, segundo Lerch *et al.* (1993), apresenta baixo suprimento de material energético, levando a uma fácil degradação pelos microorganismos.

Verificou-se que apenas as doses de Lodo de Esgoto não foram suficientes para alterar, consideravelmente, os valores de pH, sendo necessária a adição de calcário. Entretanto, o aumento gradativo observado, de S, V e do teor dos nutrientes (Tabela 6), confirma a informação de Corrêa (1998b; 2006) de que o Lodo de Esgoto é uma boa fonte de matéria orgânica para revegetação de áreas mineradas no DF.

Tabela 6: Médias do Resultado da Análise Após o Tratamento com Doses de Lodo de Esgoto - Experimento 2

MDLE	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	cmolc/dm ³			S	V	MO
								Ca	Mg	CTC			
0	4,52	0,62	22,67	6,00	0,23	5,02	0,72	0,23	0,48	5,82	0,80	13,82	2,16
20	4,50	1,47	28,00	9,33	0,23	4,58	0,55	0,35	0,20	5,25	0,66	12,61	2,33
40	4,48	1,09	30,33	8,67	0,20	4,63	0,55	0,35	0,20	5,30	0,67	12,62	2,33
60	4,50	1,66	29,00	7,67	0,20	4,77	0,67	0,42	0,25	5,54	0,77	14,03	2,42
80	4,67	2,18	31,33	8,33	0,12	4,57	0,83	0,52	0,32	5,52	0,95	17,21	1,56
100	4,70	6,18	40,00	7,33	0,12	5,12	1,15	0,78	0,37	6,40	1,28	20,10	2,24
120	4,78	4,13	38,00	7,67	0,13	4,67	0,97	0,70	0,27	5,76	1,10	19,12	2,33
140	4,88	3,17	40,33	9,33	0,10	4,88	1,05	0,80	0,25	6,08	1,19	19,71	2,24
160	5,05	13,28	48,33	9,67	0,10	4,85	1,43	0,92	0,52	6,45	1,60	24,70	2,51
180	5,12	10,21	52,67	8,67	0,10	4,45	1,80	1,10	0,70	6,42	1,97	30,75	2,51
200	5,18	15,53	55,00	8,00	0,10	4,83	1,70	1,07	0,63	6,71	1,88	28,12	2,24

MDLE: Média da dose de Lodo de Esgoto em t/ha ; S: Soma de Bases ; V: Saturação por Bases ; MO: Matéria Orgânica.

Analisando os dados de pH e Al na Tabela 6, pode-se confirmar a informação de Melo e Marques (2000) de que o resíduo, quando aplicado ao solo, melhora suas características químicas, elevando o pH, diminuindo o teor de Al trocável, aumentando a CTC, sugerindo aumento na capacidade de fornecer nutrientes para as plantas.

Experimento 3

A análise de variância do Experimento 3 (Tabela 7) apresentou resultados significativos apenas para os parâmetros P, K e CTC, sendo que o CV dos dois primeiros foi alto; logo, inviabilizando a adoção dos modelos de regressão. Já a CTC, apesar de ter um CV baixo, seus valores de R² ficaram em apenas 68%, indicando um baixo poder de explicação da regressão.

Tabela 7: Análise de Variância para o Efeito dos Tratamentos (dosagens de Lodo de Esgoto e calcário *filler*) sobre as Variáveis Analisadas no Experimento 3

FV	GL	QM					
		pH	P	K	Na	Al	H+Al
T	10	0,28	233,47	1350	9,48	0,011	1,30
L	1	0,030	1848,7*	10449*	29,10	0,027	0,93
Q	1	0,26	0,61	440,65	21,64	0,031	3,23
FA	5	0,079	26,33	407,90	7,50	0,00063	0,26
R	22	0,01	40,59	187,33	5,75	0,54	0,16
CV (%)		1,95	51,14	17,71	27,02	0,40	9,09

Tabela 7 (continuação)

FV	GL	QM						
		Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
T	10	5,59	2,08	0,95	5,49	5,98	493,25	0,07
L	1	33,11	12,40	4,99	49,09*	36,46	1206,78	0,07
Q	1	5,00	2,37	0,48	0,22	5,13	1112,2	0,0056
FA	5	0,31	0,018	0,29	0,61	0,33	31,34	0,11
R	22	0,089	0,065	0,72	0,24	0,95	6,60	0,48
CV (%)		6,82	9,56	16,00	5,47	6,73	5,15	8,86

*Significativos a 5% ($P < 0,05$); F. V.: Fontes de Variação; GL: Grau de Liberdade; T: Tratamento; L: Componente Linear; Q: Componente Quadrático; FA: Falta de Ajustamento; R: Resíduo; CV: Coeficiente de Variação.

Observa-se na Tabela 8, da mesma forma que no Experimento 2, que os resultados referentes à resposta dos teores de matéria orgânica não apresentaram aumento, apesar da mudança do período de incubação para 60 dias.

Apesar da análise estatística dos dados não fornecer resultados significativos, observando-se as médias (Tabela 8) verifica-se uma melhoria nos níveis de pH, aumento nos teores de P, K, Ca+Mg, CTC, S e V, confirmando a sugestão do Lodo de Esgoto como boa fonte de nutrientes para a revegetação de substratos minerados.

Tabela 8 : Médias do Resultado da Análise Após o Tratamento com Doses de Lodo de Esgoto e Calcário *Filler* - Experimento 3

DLE	M	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
0	M	4,46	0,86	35,67	9,33	0,20	5,75	0,61	0,35	0,26	6,49	0,75	11,42	2,52
20	M	5,70	1,73	60,33	8,33	0,00	3,53	3,97	2,41	1,56	7,68	4,16	54,15	2,19
40	M	5,37	5,30	55,00	7,33	0,00	3,77	4,37	2,67	1,70	8,31	4,55	54,60	2,52
60	M	5,40	9,25	75,00	6,33	0,00	3,82	4,42	2,71	1,71	8,46	4,64	54,72	2,41
80	M	5,21	13,44	79,33	9,67	0,00	3,86	4,21	2,72	1,49	8,32	4,46	53,51	2,22
100	M	5,25	11,22	89,67	6,33	0,00	4,14	4,41	2,77	1,65	8,81	4,67	53,12	2,57
120	M	5,01	13,20	78,67	8,00	0,00	4,83	5,13	2,93	2,19	10,20	5,36	52,61	2,78
140	M	5,03	11,59	77,00	10,67	0,00	4,61	4,45	3,05	1,39	9,30	4,69	50,42	2,45
160	M	5,03	18,75	105,33	10,67	0,00	4,73	5,18	3,03	2,15	10,23	5,50	53,72	2,43
180	M	5,07	31,57	85,67	9,33	0,00	4,65	5,17	3,19	1,99	10,08	5,43	53,90	2,57
200	M	5,14	20,10	108,33	11,67	0,00	4,93	5,94	3,60	2,34	11,20	6,27	56,13	2,48

DB: Dose de Lodo de Esgoto em t/ha, com a adição de 3 t/ha de calcário *filler* em cada tratamento; M: Média das doses do tratamento; S: Soma de Bases; V: Saturação por Bases; MO: Matéria Orgânica.

O aumento da CTC, conforme verificado no Gráfico 3, e também de V (Gráfico 4), foram estimulados, principalmente, pelo aumento nos teores de K; Ca; e Mg, de acordo com Reatto *et al.* (2008), quando afirma que esses três elementos são os principais constituintes da riqueza do solo.

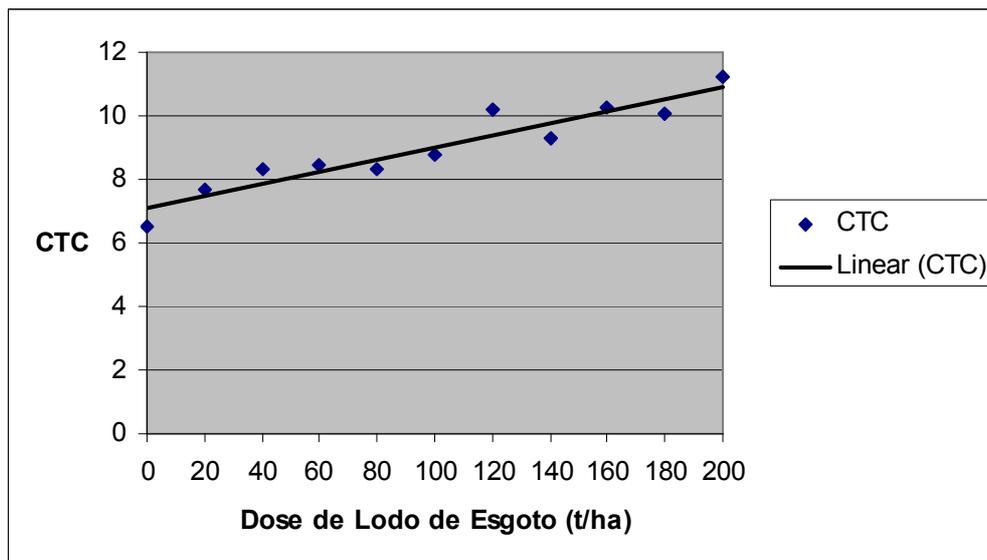


Gráfico 3: Variação da CTC em Função das Doses de Lodo de Esgoto Aplicadas.

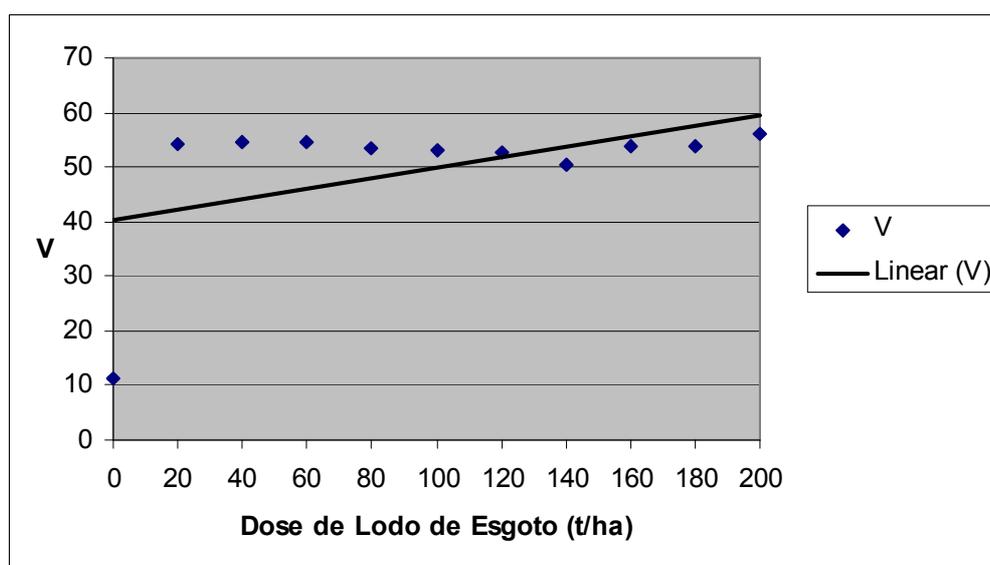


Gráfico 4: Variação de V em Função das Doses de Lodo de Esgoto Aplicadas.

Os resultados referentes aos teores de potássio (K) são positivos para os substratos minerados, não necessitando, portanto, de adições extras do mesmo. Apesar da análise do Lodo de Esgoto (Anexo F) apresentar apenas 0,07% do elemento em sua constituição, na Tabela 8 é possível observar a evolução favorável em função das doses de Lodo de Esgoto.

De acordo com proposto por Corrêa (2006), quando recomenda uma dose de Lodo de Esgoto (base úmida) de 64 t/ha, para a revegetação de áreas mineradas no Cerrado, pode-se perceber, através da Tabela 8, que doses entre 40 a 80 t/ha de Lodo de Esgoto (com a adição de 3 t/ha de calcário *filler*) melhoraram, substancialmente, os valores de pH, o V e os teores de nutrientes no substrato, comparando-se com os valores encontrados na área de Cerrado adjacente à área minerada, utilizada como parâmetro na reconstrução do substrato minerado.

Considerando uma dose de 80 t/ha a ser aplicada como sugestão para o tipo de substrato analisado e ajustando essa dose de acordo com a porcentagem de cascalho e calhau encontrada (78%), verifica-se que a dose sugerida para o tipo de substrato referido é, em média, 63 t/ha de Lodo de Esgoto base úmida, muito próxima da recomendada por Corrêa (2006).

A aplicação de doses próximas de 63 t/ha evitaria o acúmulo de nitrato e atributos químicos superiores ao necessário para a revegetação desses ambientes minerados no Cerrado, conforme pôde ser verificado nos estudos de Della Giustina (2005) e Bento (2009), quando encontraram atributos químicos elevados nos substratos revegetados com o uso de Lodo de Esgoto na dose de 400 t/ha, realizada pela CAESB, para dar destinação ao material nas áreas mineradas.

Uma dose de 63 t/ha também diminuiria o custo de transporte e de aplicação, aumentando a eficiência econômica e viabilizaria o uso desse resíduo para áreas mais distantes das ETE's geradoras, podendo alcançar um maior número de áreas a serem revegetadas.

8. CONCLUSÕES

- As doses de 2,5 e de 3 t/ha de calcário *filler* elevaram o valor do pH para valores entre 5,52 e 5,75 em média, respectivamente, neutralizaram os teores de Al e aumentaram a Saturação de Bases para mais de 40%. Os resultados de pH, em função das doses de calcário *filler* aplicadas, apresentaram um modelo linear aceitável.

- Doses de Lodo de Esgoto entre 40 a 80 t/ha elevaram os níveis de nutrientes dos substratos para níveis próximos aos da área de Cerrado nativo adjacente à área minerada, sendo sugeridas para a melhoria das propriedades químicas desse tipo de substrato minerado.

- Na avaliação referente às doses de Lodo de Esgoto aplicadas ao substrato minerado, observou-se um aumento gradativo nos teores de potássio (K), referente a cada dose aplicada.

- Referente aos teores de matéria orgânica verificados nas análises, não foi observado um aumento gradativo dos mesmos que fosse proporcional ao aumento da dose de Lodo de Esgoto aplicada ao substrato, mesmo depois do aumento do período de incubação de 30 para 60 dias. O motivo mais provável, portanto, foi a baixa relação C:N do Lodo utilizado (9).

- Após considerar uma dose de 80 t/ha aplicada como sugerida para o tipo de substrato analisado e realizar o devido ajuste da mesma de acordo com a porcentagem de cascalho e calhau encontrada (78%), em resposta à hipótese proposta, pode-se concluir que a dose sugerida para o tipo de substrato referido é, em média, 63 t/ha de Lodo de Esgoto base úmida acrescentada às 2,5 ou 3 t/ha de calcário *filler*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S.; CASTRO, L. A. R. Diagnóstico do Potencial dos Solos da Região de Maringá para Disposição Final do Lodo Gerado pelos Sistemas de Tratamento de Esgoto do Município. **Revista SANARE**, Curitiba, PR, v. 13, n. 13. 2000. p. 40-50.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de Biossólidos: Transformando Problemas em Soluções**. Curitiba, PR: Sanepar, Finep, 2ª ed. 2001. 300 p.

BENTO, M. A. B. **Avaliação da Qualidade dos Substratos Minerados em Cinco Cascalheiras Revegetadas no Distrito Federal**. 2009, 128 f. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

BETTIOL, W.; FERNANDES, S. A. P. **Efeito do Lodo de Esgoto na Comunidade Microbiana e Atributos Químicos do Solo**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico nº 24).

BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos Ácidos e Solos Afetados por Sais. MEURER, E. J.(ed.) In: **Fundamentos de Químicas do Solo**. Porto Alegre, RS: Genesis, 2000. p. 109-125.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS)**. Prestação dos serviços públicos de saneamento básico / coord. Berenice de Souza Cordeiro (Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos; v.3). – Brasília, DF: Editora. 2009. 277 p.

CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal. **Relatório sobre o Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal – SIESG**. 2007.

CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal. **Revista Balanço Social 2008**. Disponível em http://www.caesb.df.gov.br/_conteudo/balancoSocial/balancoSocial2008.pdf Acessado em 25/02/2010.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília, DF: FINATEC. UnB. 2006. 50 p.

CARNEIRO, P. R. J. **Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: uma Base de Dados para o Planejamento e Gestão**. 1999. 209 f. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, DF.

CARVALHO, R. N. **Exploração de Cascalho**. DER. Distrito Federal: Administração Regional do Guará, 1993. Palestra.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução N ° 375, de 29 de agosto de 2006. Publicada no DOU nº 167, de 30 de Agosto de 2006, Seção 1, p. 141-146.

CORRÊA, R. S. Degradação e Recuperação de Áreas no Distrito Federal. CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. (Orgs.). In: **Ecologia e Recuperação de Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Paralelo, 1998a. p. 13-20.

CORRÊA, R.S. Manejo de substratos e de áreas degradadas. CORRÊA, R. S.; MELO, B. F. (Orgs.). In: **Ecologia e Recuperação de Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Paralelo, 1998b. p. 13-20.

CORRÊA, R. S.; BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Áreas Degradadas pela Mineração do Distrito Federal. CORRÊA, R. S.; BAPTISTA, G. M. M. (Orgs.). In: **Mineração e Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Universa, 2004. p. 9-21.

CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B. Aspectos Ecológicos da Sucessão em Áreas Mineradas no Cerrado. CORRÊA, R.S.; BAPTISTA, G. M. M. (Orgs.). In: **Mineração e Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Universa, 2004. p. 123-158.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração no Cerrado – Manual para Revegetação**. Brasília, DF: Editora Universa, 2006. 187 p.

CRIPPS, R. W. ; MATOCHA, J. E. Effect of Sawage Sludge Application to Amliorate Iron Deficiency os Grain Sorghum. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 22. 1991. p. 1931-1940.

CRUZ, C. D. . **Programa GENES - Análise multivariada e simulação**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 175 p.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Nilton Curi (Coord.). Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1993. 90 p.

DE CASTRO, A. J. R. **Licenciamento Ambiental de Cascalheira no Distrito Federal**. 2002. 106 f. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF.

DELLA GIUSTINA, Y. R. **Avaliação do Uso de Biossólido na Recuperação de Cascalheiras no Distrito Federal: Estudo de Caso da Jazida J-294 do DER/DF**. 2005. 171 f. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF.

DE OLIVEIRA, S. A.; MESQUITA FILHO, M. V.; SOUZA, A. F.; FONTES, R. R. **Análises Químicas de Solo e de Calcário para Fins de Fertilidade do Solo**. Brasília, DF: Edunb. Textos Universitários, UnB – EMBRAPA. 2000. 31 p.

DICK, R. P. Soil Enzyme Assays as Indicators of Soil Quality. In: DORAN, J. W. L.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 107-124. (Soil Science Society of America Special Publication, 35).

EITEN, G. **The Cerrado Vegetation of Brazil**. Botanical Review, New York, v. 38, n.2, 1972. p. 201-341.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 1ª ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

FRANK, R. **The Use of Biosolids from Wastewater Treatment Plants in Agriculture**. Env. Manag., 9:, 1998. p. 165-169.

GILLER, K. E.; WITTER, E.; McGRATH, S. P. Toxicity of Heavy Metals to Microorganisms and Microbial Process in Agricultural Soils: a Review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, 1998. p. 1389-1414.

GOEDERT, W. J.; CORRÊA, R. S. Usos, Degradação e Qualidade do Solo. CORRÊA, R. S.; BAPTISTA, G. M. M. (Orgs.). In: **Mineração e Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Universa, 2004, p. 159-172.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Amostras por Domicílio**, 2006. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/tabelas/habitacao.htm. Acessado em 15/03/2010.

IBGE <http://www.ibge.gov.br/home/> 2010a. Acessado em 15/03/2010.

IBGE http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/tabelas/habitacao.htm/ 2010b. Acessado em 15/03/2010.

IBGE http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/POP2009_DOU.pdf 2010c. Acessado em 15/03/2010.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Utilização do Biossólido da CAESB na Produção de Milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, SP, v.30. 2006. p.741-750.

LERCH, R. N.; AZARI, P.; BARBARICK, K. A.; SOMMERS, L. E.; WESTFALL, D. G. **Sewage Sludge Proteins II: Extract Characterization**. Journal of Environmental Quality, Madison, v. 22, n. 3. 1993. p. 625-629.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: Características, Propriedades e Manejo**. 2. ed. Piracicaba, SP: Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, 1984. 162p.

- LOPES, M. A. J. B. M. **Incorporação de Lodo de Esgoto e seus Efeitos sobre alguns Atributos do Solo Cultivado com Rabanete**. 2008. 99 f. Dissertação de Mestrado. PE.
- MACHADO, M. F. S. **Situação Brasileira dos Biossólidos**. 2001. 282 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- MACHADO, R. B. *et al.* **Estimativas de Perda da Área do Cerrado Brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004. 23 p.
- MAIA, M. L. **Uma Contribuição na Análise de Viabilidade Econômica, Social e Ambiental no Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura do Distrito Federal**. 2006. 137 f. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF.
- MALAVOLTA, E. **A Prática da Calagem**. In: Seminário sobre Corretivos Agrícolas. Piracicaba, SP: Fundação Cargill. 1985. p. 313-357.
- MALAVOLTA, E; KLIEMANN, H. J. **Desordens Nutricionais no Cerrado**. Piracicaba, SP: Potafos. 1985. 136 p.
- MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Caracterização Geológica e Geomorfológica de Depósitos de Cascalho Laterítico no Distrito Federal. In: CORRÊA, R. S.; BAPTISTA, G. M. M. (orgs.) **Mineração e Áreas Degradadas no Cerrado**. Brasília, DF: Editora Universa, 2004. p. 69-80.
- MELO, W. J. de; MARQUES, O. M. Potencial do Lodo de Esgoto como Fonte de Nutrientes para as Plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p.
- MELO, W. J. de; MARQUES, O. M.; MELO, V. P. O Uso Agrícola do Biossólido e as Propriedades do Solo. In: TSUTIYA, M. T.; *et al.* **Biossólido na Agricultura**. São Paulo, SP: SABESP, 2001. Cap. 11, p. 289-363.
- PIMENTEL-GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais: Exposição com Exemplos e Orientações para Uso de Aplicativos**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002. 309 p.
- PIROMAL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. A. G.; BALDUÍNO, A. P. C.; TRINDADE, T. P. **Seleção de Áreas para Disposição de Lodo de Esgoto no Distrito Federal com Base na Legislação Vigente**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC. Abril 2007. p. 3109-3116.
- POGGIANI, F.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade do Lodo de Esgoto Urbano em Plantações de Eucaliptos In: **Revista Silvicultura**, São Paulo/SP, número 80, SBS, Oct/Nov/Dec, 1999. p. 48-52.

QUAGGIO, J. A. Métodos de Laboratório para a Determinação da Necessidade de Calagem. In: RAIJI, B. V.; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. (coord.) **Acidez e Calagem no Brasil**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP. 1983. p. 277-281.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado – Aspectos Pedológicos. In SANO, S. M. *et al.* **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 107-150.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Cerrado. In SANO, S. M. *et al.* **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1279 p.

RYAN, J. A.; KEENEY, D. R.; WALSH, L. M. **Nitrogen Transformations and Availability of Anaerobically Digested Sewage Sludge in soil**. Journal of Environmental Quality, Madison, v. 2, n. 2. 1993. p. 240-243.

SAITO, M. L. **O Uso do Lodo de Esgoto na Agricultura: Precauções com os Contaminantes Orgânicos**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 35 p. (Comunicado Técnico nº 64).

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998. 464 p.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2006 Disponível em <http://www.cidades.pmss.gov.br/snis/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=71>. Acessado em 25/02/2010.

SILVA, J. E.; RESK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa Agronômica para o Biossólido: A Experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. EMBRAPA. Jaguariuna, SP: Emopi. 2000. 312 p.

SILVA, J. E.; RESK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa Agronômica para o Biossólido Produzido no Distrito Federal. I - Efeito na Produção de Milho e na Adição de Metais Pesados em Latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, 2002. p. 487-495.

SILVA JÚNIOR, M. C.; FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Análise Florística das Matas de Galeria do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: Mata de Galeria**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 1998. p. 53-84.

SOUZA, C. A.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E.; MAZZOTTI, H. A. Sobrevivência de Ovos de Helmintos na Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto no Distrito Federal. In: IX Simpósio Nacional do Cerrado, II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais: Desafios e Estratégias para o Equilíbrio entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais. **Resumos Expandidos**. CD-ROM. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. P.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo, SP: SABESP. 1ª ed. 2001. 468p.

UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal: Tempo e Espaço**. Brasília, DF, 2002. 55p.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

VETTERLEIN, D.; HÜTTL, R. F. Can Applied Organic Matter Fulfill Similar Functions as Soil Organic Matter? Risk-benefit analysis for organic matter application as a potential strategy for rehabilitation of disturbed ecosystems. **Plant and Soil**, 1999. 213 p.

VIEIRA, R. F. **Lodo de Esgoto na Agricultura: Estudo de Caso**. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 20). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 22 p.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e Adubação para Pastagens. In: **Cerrado, Correção do Solo e Adubação**. DE SOUZA, D. M. G. e LOBATO, E. (eds.) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Planaltina. 2002. p. 367-382.

WHITTAKER, R. H. **Communities and Ecosystems** (2ª ed). Macmillan, New York. 1975.

ANEXOS

ANEXO A

Análise Física do Substrato da Área Minerada (2009)

Amostra	Granulometria(%)	Classificação	Calhau + Cascalho (%)	Substrato(%)	Laboratório
Areia	30	Textura Argilosa	78	22	SOLOQUÍMICA
Silte	12,5				
Argila	57,5				
Areia	25,6	Textura Argilosa	78	22	EMBRAPA
Silte	16,9				
Argila	57,5				

ANEXO B

Análise Química de Solo da Área Minerada – Laboratório SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
1	5,1	1,9	31,27	2,29	0,4	4,3	0,3	0,2	0,1	4,69	0,39	8,3	2,89
Micronutrientes													
Boro	0,3												
Cobre	0,9												
Ferro	42,9												
Manganês	2,61												
Zinco	2,2												
Enxofre	4,2												

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

Análise Química do substrato da Área Minerada – Laboratório EMBRAPA

Amostra (ano)	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
1 (2009)	5,30	0,6	26	9	0,05	4,0	0,8	0,5	0,3	4,90	0,90	18,36	1,56
2 (2009)	5,95	0,4	23	10	0	4,5	0,4	0,25	0,15	5,00	0,50	10	1,56
Média	5,6	0,5	24,5	9,5	0,02	4,25	0,6	0,37	0,22	4,95	0,70	14,18	1,56

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

Média da Análise Química do substrato da Área Minerada – Laboratórios EMBRAPA e SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra (ano)	PH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
Embrapa	5,6	1,32	21	6,67	0,016	3,12	1,20	0,85	0,34	4,39	1,27	34,03	1,56
SOLOQUÍMICA	5,1	1,9	31,27	2,29	0,4	4,3	0,3	0,2	0,1	4,69	0,39	8,3	2,89
Média	5,35	1,61	26,13	4,48	0,21	3,71	0,75	0,52	0,22	4,54	0,83	21,16	2,22

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

ANEXO C

Análise Química de Solo de Cerrado Sentido Restrito – Laboratório SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
1	4,9	3	39,1	2,3	1,3	6,2	0,4	0,3	0,1	6,71	0,51	7,6	5,28

Micronutrientes mg/dm³

Boro	0,06
Cobre	0,3
Ferro	104
Manganês	18
Zinco	4,93
Enxofre	3,9

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

Análise Química de Solo de Cerrado Sentido Restrito – Laboratório EMBRAPA

Amostra (ano)	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
2 (2009)	5,25	0,40	29	10	0,10	3,8	1,2	0,85	0,35	5,12	1,32	26	2,07
3 (2009)	5,25	0,80	29	9	0,10	3,8	1,1	0,8	0,30	5,01	1,21	24	2,07
Média	5,25	0,6	29	9,5	0,10	3,8	1,15	0,82	0,32	5,06	1,26	25	2,07

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

Médias Análise Química de Solo de Cerrado Sentido Restrito – Laboratório EMBRAPA e SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra (ano)	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
SOLOQUÍMICA	4,90	3	39,1	2,3	1,3	6,2	0,4	0,3	0,10	6,71	0,51	7,6	5,28
Embrapa	5,25	0,6	29	9,5	0,10	3,8	1,15	0,82	0,32	7,65	1,26	25	2,07
Média	5,07	1,8	34,05	5,9	0,7	5	0,77	0,56	0,21	7,18	0,88	16,3	3,67

S: Soma de Bases

V: Saturação por Bases

MO: Matéria Orgânica

ANEXO D

Análise Química e Física do Calcário *Filler* – Laboratório SOLOQUÍMICA (2009)

Análise Química(%)		Análise Física (%)		Determinações Especiais (%)	
CaO	35,05	P. n° 10	100	P. N.	100
CaCO ₃	62,59	P. n° 20	98	P. R. N. T.	87
MgO	14,72	P. n° 50	69		
MgCO ₃	30,91				
RI	0,63				

CaO: Óxido de Cálcio

CaCO₃: Carbonato de Cálcio

MgO: Óxido de Magnésio

MgCO₃: Carbonato de Magnésio

RI: Resíduos Insolúveis

P: Peneira

P. N.: Poder de Neutralização

P. R. N. T.: Poder Relativo de Neutralização Total.

ANEXO E

Análise Química do Lodo de Esgoto – Laboratório SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra 1	Umidade Natural	Base Seca
pH (CaCl ₂ 0,01M)	6	6
Resultados em Porcentagem (%)		
Umidade a 65%	87,3	X
Umidade a 110 °C	4,2	X
Matéria Orgânica	7,9	62,2
Nitrogênio	0,51	4
Fósforo total	0,33	2,57
Potássio	0,06	0,5
Cálcio	0,26	2
Magnésio	0,08	0,59
Enxofre	0,18	1,40
Resultados em ppm (mg/dm ³)		
Arsênio	0,01	0,04
Bário	0,42	1,34
Boro	2	6,43
Cádmio	0	0,01
Chumbo	0,11	0,34
Cobre	23	183
Cromo	0,09	0,29
Ferro	209	1641
Manganês	16	128
Mercurio	< 0,0002	< 0,0002
Molibdênio	< 0,07	< 0,07
Níquel	0,05	0,16
Selênio	< 0,01	< 0,01
Zinco	42	329
Resultados Diversos		
CTC Titulada (cmolc/dm ³)		54,5
Densidade (t/m ³)		1,17
Relação C:N		9
Relação C/CTC		0,03

ANEXO F

Análise Química do Lodo de Esgoto – Laboratório SOLOQUÍMICA (2009)

Amostra 2	Umidade Natural	Base Seca
pH (CaCl ₂ 0,01M)	6,5	6,5
Resultados em Porcentagem (%)		
Umidade a 65%	85,8	X
Umidade a 110 °C	31,4	X
Matéria Orgânica	10,6	44
Nitrogênio	1,02	4,2
Fósforo total	0,48	2
Potássio	0,07	0,3
Cálcio	0,49	2
Magnésio	0,11	0,46
Enxofre	0,05	0,2
Resultados em ppm (mg/dm ³)		
Boro	0,75	3,1
Cobre	46,7	193
Ferro	398	1641
Manganês	19,55	80,7
Zinco	78,51	324
Resultados Diversos		
CTC Titulada (cmolc/dm³)		55,5
Densidade (t/m³)		1,17

ANEXO G

Resultado Análise Tratamento/Repetição/Doses de Calcário *Filler* - Experimento 1

T/D	R/M	pH	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Na mg/dm ³	Al cmolc/dm ³	H+Al cmolc/dm ³	Ca+Mg cmolc/dm ³	Ca cmolc/dm ³	Mg cmolc/dm ³	CTC cmolc/dm ³	S cmolc/dm ³	V %	MO %
T1	R1	4,45	0,56	23,00	6,00	0,25	5,45	0,65	0,25	0,40	6,18	0,73	11,88	2,07
T1	R2	4,55	0,41	23,00	6,00	0,25	5,00	0,80	0,20	0,60	5,88	0,88	15,04	2,33
T1	R3	4,55	0,89	22,00	6,00	0,20	4,60	0,70	0,25	0,45	5,38	0,78	14,54	2,07
0	M	4,52	0,62	22,67	6,00	0,23	5,02	0,72	0,23	0,48	5,82	0,80	13,82	2,16
T2	R1	4,85	0,33	25,00	5,00	0,15	4,45	1,00	0,60	0,40	5,54	1,09	19,61	2,07
T2	R2	4,55	0,22	25,00	5,00	0,15	4,60	1,15	0,65	0,50	5,84	1,24	21,17	2,33
T2	R3	4,60	0,04	65,00	7,00	0,15	4,45	1,30	0,75	0,55	5,95	1,50	25,17	2,33
0,5	M	4,67	0,20	38,33	5,67	0,15	4,50	1,15	0,67	0,48	5,77	1,27	21,99	2,24
T3	R1	5,00	0,04	23,00	6,00	0,15	4,30	1,30	0,90	0,40	5,68	1,38	24,36	2,33
T3	R2	5,00	0,67	25,00	8,00	0,15	4,10	1,35	1,00	0,35	5,55	1,45	26,11	2,07
T3	R3	5,00	0,63	25,00	9,00	0,10	4,60	1,80	1,10	0,70	6,50	1,90	29,26	2,33
1	M	5,00	0,45	24,33	7,67	0,13	4,33	1,48	1,00	0,48	5,91	1,58	26,58	2,24
T4	R1	5,15	0,59	24,00	6,00	0,10	4,10	1,80	1,20	0,60	5,99	1,89	31,52	2,33
T4	R2	5,00	0,26	24,00	6,00	0,10	2,10	1,80	1,15	0,65	3,99	1,89	47,34	2,07
T4	R3	5,05	0,44	22,00	6,00	0,05	4,00	2,20	1,40	0,80	6,28	2,28	36,33	2,07
1,5	M	5,07	0,43	23,33	6,00	0,08	3,40	1,93	1,25	0,68	5,42	2,02	38,40	2,16
T5	R1	5,50	0,26	23,00	6,00	0,00	3,30	2,80	1,80	1,00	6,18	2,88	46,64	2,07
T5	R2	5,30	0,19	22,00	8,00	0,05	3,00	2,60	1,80	0,80	5,69	2,69	47,29	2,33
T5	R3	5,40	0,22	23,00	9,00	0,00	3,00	2,60	1,80	0,80	5,70	2,70	47,35	2,07
2	M	5,40	0,22	22,67	7,67	0,02	3,10	2,67	1,80	0,87	5,86	2,76	47,09	2,16
T6	R1	5,45	0,67	22,00	8,00	0,00	3,50	3,00	2,10	0,90	6,59	3,09	46,90	2,07
T6	R2	5,50	0,37	24,00	11,00	0,00	3,30	2,55	2,00	0,55	5,96	2,66	44,62	2,33
T6	R3	5,60	0,11	23,00	10,00	0,00	3,50	3,30	2,10	1,20	6,90	3,40	49,29	2,33
2,5	M	5,52	0,38	23,00	9,67	0,00	3,43	2,95	2,07	0,88	6,48	3,05	46,94	2,24
T7	R1	5,70	0,04	23,00	7,00	0,00	3,30	3,30	2,10	1,20	6,69	3,39	50,67	2,07
T7	R2	5,80	0,04	23,00	7,00	0,00	3,30	3,30	2,10	1,20	6,69	3,39	50,67	2,33
T7	R3	5,75	0,37	23,00	7,00	0,00	3,50	3,40	2,10	1,30	6,99	3,49	49,92	2,07
3	M	5,75	0,15	23,00	7,00	0,00	3,37	3,33	2,10	1,23	6,79	3,42	50,42	2,16
T8	R1	6,05	0,59	24,00	8,00	0,00	2,80	3,90	2,20	1,70	6,80	4,00	58,80	2,33
T8	R2	6,05	0,89	25,00	6,00	0,00	2,30	3,60	2,70	0,90	5,99	3,69	61,60	2,33
T8	R3	6,10	0,26	24,00	6,00	0,00	2,50	3,45	2,60	0,85	6,04	3,54	58,59	2,33
3,5	M	6,07	0,58	24,33	6,67	0,00	2,53	3,65	2,50	1,15	6,27	3,74	59,67	2,33
T9	R1	5,80	1,11	23,00	6,00	0,00	2,30	3,40	2,60	0,80	5,78	3,48	60,24	2,07
T9	R2	6,00	0,11	23,00	8,00	0,00	2,80	4,20	2,90	1,30	7,09	4,29	60,53	2,33
T9	R3	5,95	0,11	21,00	6,00	0,00	2,80	4,00	2,90	1,10	6,88	4,08	59,30	2,60
4	M	5,92	0,44	22,33	6,67	0,00	2,63	3,87	2,80	1,07	6,59	3,95	60,02	2,33
T10	R1	6,00	0,22	21,00	2,00	0,00	3,00	4,20	3,00	1,20	7,26	4,26	58,69	2,60
T10	R2	5,95	0,22	21,00	5,00	0,00	2,80	3,70	2,40	1,30	6,58	3,78	57,42	2,33
T10	R3	6,15	0,26	22,00	8,00	0,00	2,50	3,70	2,50	1,20	6,29	3,79	60,26	2,60
4,5	M	6,03	0,23	21,33	5,00	0,00	2,77	3,87	2,63	1,23	6,71	3,94	58,79	2,51
T11	R1	6,20	0,26	22,00	9,00	0,00	2,80	4,60	3,20	1,40	7,50	4,70	62,64	2,60
T11	R2	6,25	0,04	22,00	6,00	0,00	2,80	4,40	3,10	1,30	7,28	4,48	61,55	2,60
T11	R3	6,35	0,04	22,00	5,00	0,00	2,50	4,60	3,25	1,35	7,18	4,68	65,17	2,60
5	M	6,27	0,11	22,00	6,67	0,00	2,70	4,53	3,18	1,35	7,32	4,62	63,12	2,60

T/D: Tratamento/Dose em t/ha; S: Soma de Bases ; V: Saturação por Bases; MO: Matéria Orgânica;
M: Média; R: Repetição.

ANEXO H

Resultado Análise Tratamento/Repetição/Doses de Lodo de Esgoto - Experimento 2

T/D	R/M	pH	mg/dm ³			cmolc/dm ³						S	V	MO
			P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC			
T1	R1	4,45	0,56	23,00	6,00	0,25	5,45	0,65	0,25	0,40	6,18	0,73	11,88	2,07
T1	R2	4,55	0,41	23,00	6,00	0,25	5,00	0,80	0,20	0,60	5,88	0,88	15,04	2,33
T1	R3	4,55	0,89	22,00	6,00	0,20	4,60	0,70	0,25	0,45	5,38	0,78	14,54	2,07
0	M	4,52	0,62	22,67	6,00	0,23	5,02	0,72	0,23	0,48	5,82	0,80	13,82	2,16
T12	R1	4,25	1,30	29,00	8,00	0,30	5,00	0,60	0,40	0,20	5,71	0,71	12,42	2,60
T12	R2	4,65	1,41	27,00	10,00	0,20	4,30	0,45	0,25	0,20	4,86	0,56	11,57	2,33
T12	R3	4,60	1,70	28,00	10,00	0,20	4,45	0,60	0,40	0,20	5,17	0,72	13,85	2,07
20	M	4,50	1,47	28,00	9,33	0,23	4,58	0,55	0,35	0,20	5,25	0,66	12,61	2,33
T13	R1	4,55	1,30	31,00	9,00	0,15	4,45	0,60	0,40	0,20	5,17	0,72	13,90	2,07
T13	R2	4,60	1,37	34,00	8,00	0,20	4,45	0,60	0,40	0,20	5,17	0,72	13,96	2,33
T13	R3	4,30	0,59	26,00	9,00	0,25	5,00	0,45	0,25	0,20	5,56	0,56	10,00	2,60
40	M	4,48	1,09	30,33	8,67	0,20	4,63	0,55	0,35	0,20	5,30	0,67	12,62	2,33
T14	R1	4,45	0,81	29,00	10,00	0,20	4,10	0,60	0,40	0,20	4,82	0,72	14,90	2,60
T14	R2	4,55	1,59	30,00	7,00	0,20	5,10	0,70	0,41	0,29	5,91	0,81	13,66	2,33
T14	R3	4,50	2,59	28,00	6,00	0,20	5,10	0,70	0,45	0,25	5,90	0,80	13,53	2,33
60	M	4,50	1,66	29,00	7,67	0,20	4,77	0,67	0,42	0,25	5,54	0,77	14,03	2,42
T15	R1	4,50	1,55	27,00	8,00	0,15	4,80	0,60	0,40	0,20	5,50	0,70	12,79	0,27
T15	R2	4,75	2,48	35,00	7,00	0,10	4,45	0,90	0,60	0,30	5,47	1,02	18,65	2,33
T15	R3	4,75	2,52	32,00	10,00	0,10	4,45	1,00	0,55	0,45	5,58	1,13	20,18	2,07
80	M	4,67	2,18	31,33	8,33	0,12	4,57	0,83	0,52	0,32	5,52	0,95	17,21	1,56
T16	R1	4,65	10,69	39,00	8,00	0,15	5,10	1,15	0,90	0,25	6,38	1,28	20,12	2,33
T16	R2	4,70	4,70	41,00	8,00	0,10	4,80	1,15	0,65	0,50	6,09	1,29	21,18	2,07
T16	R3	4,75	3,15	40,00	6,00	0,10	5,45	1,15	0,80	0,35	6,73	1,28	19,00	2,33
100	M	4,70	6,18	40,00	7,33	0,12	5,12	1,15	0,78	0,37	6,40	1,28	20,10	2,24
T17	R1	4,80	5,29	43,00	7,00	0,15	4,45	1,10	0,80	0,30	5,69	1,24	21,80	2,60
T17	R2	4,85	5,14	38,00	8,00	0,10	4,45	1,00	0,70	0,30	5,58	1,13	20,28	2,07
T17	R3	4,70	1,96	33,00	8,00	0,15	5,10	0,80	0,60	0,20	6,02	0,92	15,27	2,33
120	M	4,78	4,13	38,00	7,67	0,13	4,67	0,97	0,70	0,27	5,76	1,10	19,12	2,33
T18	R1	4,85	3,92	41,00	10,00	0,10	5,60	1,15	0,90	0,25	6,90	1,30	18,82	2,33
T18	R2	4,85	1,70	42,00	10,00	0,10	4,45	1,00	0,75	0,25	5,60	1,15	20,55	2,33
T18	R3	4,95	3,89	38,00	8,00	0,10	4,60	1,00	0,75	0,25	5,73	1,13	19,75	2,07
140	M	4,88	3,17	40,33	9,33	0,10	4,88	1,05	0,80	0,25	6,08	1,19	19,71	2,24
T19	R1	5,00	25,75	49,00	11,00	0,10	5,10	1,20	0,85	0,35	6,47	1,37	21,21	2,33
T19	R2	5,05	4,63	46,00	9,00	0,10	4,45	1,30	0,90	0,40	5,91	1,46	24,66	2,60
T19	R3	5,10	9,47	50,00	9,00	0,10	5,00	1,80	1,00	0,80	6,97	1,97	28,23	2,60
160	M	5,05	13,28	48,33	9,67	0,10	4,85	1,43	0,92	0,52	6,45	1,60	24,70	2,51
T20	R1	5,15	12,69	56,00	4,00	0,10	4,10	2,00	1,10	0,90	6,26	2,16	34,51	2,33
T20	R2	5,10	8,92	48,00	10,00	0,10	4,80	1,80	1,10	0,70	6,77	1,97	29,06	2,60
T20	R3	5,10	9,03	54,00	12,00	0,10	4,45	1,60	1,10	0,50	6,24	1,79	28,69	2,60
180	M	5,12	10,21	52,67	8,67	0,10	4,45	1,80	1,10	0,70	6,42	1,97	30,75	2,51
T21	R1	5,25	11,95	55,00	4,00	0,10	4,45	1,80	1,10	0,70	6,41	1,96	30,56	2,33
T21	R2	5,15	20,35	54,00	11,00	0,10	4,45	1,60	1,00	0,60	6,24	1,79	28,64	2,33
T21	R3	5,15	14,28	56,00	9,00	0,10	5,60	1,70	1,10	0,60	7,48	1,88	25,16	2,07
200	M	5,18	15,53	55,00	8,00	0,10	4,83	1,70	1,07	0,63	6,71	1,88	28,12	2,24

T/D: Tratamento/Dose em t/ha; S: Soma de Bases ; V: Saturação por Bases; MO: Matéria Orgânica;
M: Média; R: Repetição.

ANEXO I

Resultado Análise Tratamento/Repetição/Doses de Lodo de Esgoto + Calcário - Experimento 3

T/D	R/M	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
			mg/dm ³						cmolc/dm ³					
											%			
T1	R1	4,43	1,48	35,00	9,00	0,20	6,58	0,80	0,48	0,32	7,51	0,93	12,36	2,69
T1	R2	4,53	0,74	35,00	9,00	0,20	5,71	0,54	0,27	0,27	6,38	0,67	10,49	2,38
T1	R3	4,42	0,37	37,00	10,00	0,20	4,95	0,50	0,30	0,20	5,59	0,64	11,42	2,48
0	M	4,46	0,86	35,67	9,33	0,20	5,75	0,61	0,35	0,26	6,49	0,75	11,42	2,52
T2	R1	5,73	1,85	40,00	9,00	0,00	3,23	3,88	2,74	1,14	7,26	4,02	55,43	2,33
T2	R2	5,73	1,85	50,00	6,00	0,00	3,65	4,00	2,06	1,94	7,80	4,15	53,25	1,86
T2	R3	5,63	1,48	91,00	10,00	0,00	3,70	4,02	2,42	1,60	7,99	4,30	53,76	2,38
20	M	5,70	1,73	60,33	8,33	0,00	3,53	3,97	2,41	1,56	7,68	4,16	54,15	2,19
T3	R1	5,43	4,81	54,00	10,00	0,00	3,84	3,92	2,80	1,12	7,95	4,10	51,62	2,48
T3	R2	5,32	5,92	53,00	10,00	0,00	3,76	4,40	2,50	1,90	8,34	4,58	54,90	2,59
T3	R3	5,36	5,18	58,00	2,00	0,00	3,70	4,80	2,72	2,08	8,65	4,96	57,29	2,48
40	M	5,37	5,30	55,00	7,33	0,00	3,77	4,37	2,67	1,70	8,31	4,55	54,60	2,52
T4	R1	5,41	2,22	52,00	10,00	0,00	3,98	4,16	2,56	1,60	8,31	4,34	52,17	2,48
T4	R2	5,47	1,85	63,00	6,00	0,00	3,70	4,14	2,46	1,68	8,02	4,33	53,93	2,38
T4	R3	5,31	23,68	110,00	3,00	0,00	3,80	4,96	3,12	1,84	9,05	5,25	58,06	2,38
60	M	5,40	9,25	75,00	6,33	0,00	3,82	4,42	2,71	1,71	8,46	4,64	54,72	2,41
T5	R1	5,17	12,21	76,00	10,00	0,00	3,81	4,24	2,82	1,42	8,29	4,48	54,02	2,33
T5	R2	5,21	17,76	77,00	10,00	0,00	4,09	3,74	2,48	1,26	8,07	3,98	49,31	1,71
T5	R3	5,25	10,36	85,00	9,00	0,00	3,68	4,66	2,86	1,80	8,60	4,92	57,20	2,64
80	M	5,21	13,44	79,33	9,67	0,00	3,86	4,21	2,72	1,49	8,32	4,46	53,51	2,22
T6	R1	5,28	7,03	83,00	3,00	0,00	3,65	4,58	2,86	1,72	8,45	4,81	56,86	2,43
T6	R2	5,20	9,99	93,00	6,00	0,00	4,19	4,42	2,68	1,74	8,88	4,68	52,78	2,64
T6	R3	5,26	16,65	93,00	10,00	0,00	4,57	4,24	2,76	1,48	9,09	4,52	49,73	2,64
100	M	5,25	11,22	89,67	6,33	0,00	4,14	4,41	2,77	1,65	8,81	4,67	53,12	2,57
T7	R1	5,02	11,10	76,00	11,00	0,00	4,92	5,10	2,92	2,18	10,26	5,34	52,07	2,84
T7	R2	5,01	11,10	73,00	6,00	0,00	4,54	5,02	2,66	2,36	9,77	5,23	53,56	3,00
T7	R3	5,00	17,39	87,00	7,00	0,00	5,05	5,26	3,22	2,04	10,56	5,51	52,20	2,48
120	M	5,01	13,20	78,67	8,00	0,00	4,83	5,13	2,93	2,19	10,20	5,36	52,61	2,78
T8	R1	5,07	4,07	65,00	11,00	0,00	4,74	4,48	3,14	1,34	9,43	4,69	49,78	2,48
T8	R2	4,96	12,58	77,00	11,00	0,00	4,70	4,46	3,12	1,34	9,41	4,70	50,01	2,48
T8	R3	5,07	18,13	89,00	10,00	0,00	4,41	4,40	2,90	1,50	9,08	4,67	51,46	2,38
140	M	5,03	11,59	77,00	10,67	0,00	4,61	4,45	3,05	1,39	9,30	4,69	50,42	2,45
T9	R1	5,07	18,13	107,00	10,00	0,00	4,60	4,86	2,76	2,10	9,78	5,18	52,93	2,48
T9	R2	4,97	16,65	109,00	11,00	0,00	4,65	5,52	3,12	2,40	10,50	5,85	55,69	2,33
T9	R3	5,04	21,46	100,00	11,00	0,00	4,93	5,16	3,20	1,96	10,40	5,46	52,55	2,48
160	M	5,03	18,75	105,33	10,67	0,00	4,73	5,18	3,03	2,15	10,23	5,50	53,72	2,43
T10	R1	5,10	21,83	80,00	10,00	0,00	4,67	4,92	3,22	1,70	9,84	5,17	52,54	2,38
T10	R2	4,98	38,48	85,00	11,00	0,00	4,42	5,30	2,86	2,44	9,99	5,57	55,72	2,84
T10	R3	5,13	34,41	92,00	7,00	0,00	4,85	5,30	3,48	1,82	10,42	5,57	53,43	2,48
180	M	5,07	31,57	85,67	9,33	0,00	4,65	5,17	3,19	1,99	10,08	5,43	53,90	2,57

ANEXO I (continuação)

T/D	R/M	pH	P	K	Na	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	CTC	S	V	MO
				mg/dm ³				cmolc/dm ³						%
T11	R1	5,39	28,12	100,00	11,00	0,00	4,31	5,76	3,30	2,46	10,37	6,06	58,47	2,38
T11	R2	5,20	23,68	110,00	12,00	0,00	4,70	6,32	4,02	2,30	11,36	6,65	58,59	2,38
T11	R3	4,84	8,51	115,00	12,00	0,00	5,78	5,74	3,48	2,26	11,86	6,09	51,31	2,69
200	M	5,14	20,10	108,33	11,67	0,00	4,93	5,94	3,60	2,34	11,20	6,27	56,13	2,48

T/D: Tratamento/Dose em t/ha. ; S: Soma de Bases ; V: Saturação por Bases ; MO: Matéria Orgânica; M: Média;
R: Repetição; observação: adição de 3t/ha de calcário *filler* em cada tratamento.

ANEXO J

FOTO DA ÁREA MINERADA



ANEXO K

**FOTO DA ÁREA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO ADJACENTE À
ÁREA MINERADA**



ANEXO L

FOTO DO SOLO DA ÁREA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO



ANEXO M

FOTO DO SOLO DA ÁREA MINERADA



ANEXO N

FOTO DO LODO DE ESGOTO



ANEXO O

FOTO DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS EM CASA DE VEGETAÇÃO



ANEXO P

FOTO DO PERFIL DO SOLO PLINTOSSOLO ÁREA DE CERRADO



ANEXO Q

AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL



GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL
Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal
Brasília Ambiental – IBRAM
Setor Bancário Sul, Quadra 02, Edifício Maria Ramos Parente – 70.070-120– Brasília-DF
CNPJ: 08.915.353/0001-23



AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL N.º 124/2008 – IBRAM

1ª Via – Interessado

O Presidente do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental – IBRAM, entidade autárquica vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Distrito Federal, no uso das atribuições que lhe conferem a Lei nº 3.984, de 28 de maio de 2007 e o Decreto nº 28.112, de 11 de julho de 2007 e tendo em vista o disposto na Lei nº 3.908, de 20 de outubro de 2006, que altera a redação dos §§ 2º, 3º e 4º e acrescenta os §§ 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 11 ao art. 18, inciso III, § 3º da Lei n.º 041, de 13 de setembro de 1989, que dispõe da Política Ambiental do Distrito Federal, resolve **AUTORIZAR VIRGÍLIO BRAZ DE QUEIROZ JÚNIOR, CPF: 814.795.651-72, a executar a UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM VASOS, BASEADO NO PROJETO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, objeto do Processo nº 391.000.967/2008.**

CONDICIONANTES, EXIGÊNCIAS E RESTRIÇÕES:

- 1) O lodo usado deve ser de classe A ou B definida na Resolução 375, de 29 de agosto de 2006, do CONAMA, onde deverão ser usado apenas em vasos referentes a pesquisa;
- 2) O local onde será realizado a pesquisa deve ser fechado, para evitar o contato com ambiente e de pessoas não autorizadas devido ao risco de doenças;
- 3) Colocar sinalização nas áreas de pesquisa indicando o uso de biossólidos e com uso do símbolo de risco biológico;
- 4) Aqueles que tiverem acesso a área onde está sendo realizada a pesquisa devem usar Equipamentos de Proteção Individual – EPI's;
- 5) O descarte de terra dos vasos onde foi usado os biossólidos só poderá ocorrer respeitando as restrições presentes na Resolução 375, de 29 de agosto de 2006, do CONAMA, prévia anuência deste Instituto;
- 6) Toda e qualquer alteração no empreendimento deverá ser solicitada/requerida a este Instituto;
- 7) A CAESB deve atentar e seguir todas as exigências em quaisquer outras legislações ou normas brasileiras;
- 8) Comunicar a este Instituto, imediatamente, em caso de ocorrência de qualquer acidente que venha a causar riscos de dano ambiental;
- 9) Outras CONDICIONANTES, EXIGÊNCIAS e RESTRIÇÕES poderão ser estabelecidas por este Instituto a qualquer tempo.

Esta autorização tem validade de 365 (trezentos e sessenta e cinco) dias, a partir da data da sua assinatura.

ANEXO Q (continuação)

AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL

OBSERVAÇÕES:

1. O IBRAM poderá, a qualquer tempo, suspender ou cassar esta Autorização, caso não sejam observadas as condicionantes, exigências e restrições contidas na mesma;
2. O interessado autorizado será o responsável pela adoção de medidas e cuidados necessários à prevenção e reparação de danos ao meio ambiente;
3. Deverá ser mantida uma via desta Autorização no local do empreendimento/atividade.

Brasília, 08 de outubro de 2008.



GUSTAVO SOUTO MAIOR SALGADO
Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Brasília Ambiental - IBRAM
Presidente

DECLARO ESTAR CIENTE E DE ACORDO COM OS TERMOS DA PRESENTE AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL Nº 124/2008, A QUAL SUBSCREVO.

Nome: VIRGÍLIO BRAZ DE QUEIROZ JR.

Assinatura: Virgílio Braz de Q. Jr.

Cargo: ENG. FLORESTAL

Doc. Identidade: 1.578.926

Recebido em: 08 / 10 / 08