



**UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A TRÊS
ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS**

LÁZARO SILVA DE OLIVEIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A
TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

LÁZARO SILVA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: Dr. ILDEU SOARES MARTINS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL. DM-254/2015

BRASÍLIA/DF, MAIO DE 2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A
TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

LÁZARO SILVA DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA POR:

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

Dr^a. Juliana Martins de Mesquita Matos
Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia e
Agricultura Orgânica da UnB)
(Examinadora externa)

Dr^a. Rosana de Carvalho Cristo Martins
(Departamento de Engenharia Florestal – UnB)
(Examinador interno)

Dr. Reginaldo Sérgio Pereira
(Departamento de Engenharia Florestal – UnB)
(Examinador suplente)

BRASÍLIA/DF, 27 DE MAIO– 2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Su Silva de Oliveira, Lázaro
Utilização de Lodo de Esgoto Associada a Três
Espécies Nativas do Cerrado na Recuperação de Áreas
Degradadas / Lázaro Silva de Oliveira; orientador
Ildeu Soares Martins. -- Brasília, 2015.
49 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências
Florestais) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Lodo de Esgoto. 2. Angico. 3. Aroeira. 4. Ipê
roxo. I. Soares Martins, Ildeu, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, L.S. (2015). **UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Publicação PPG/EFL. DM-254/2015, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 61p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Lázaro Silva de Oliveira

TÍTULO: **UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**.

GRAU: Mestre; ANO: 2015; ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Manejo Florestal

Concedo à Universidade de Brasília-UnB permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservando outros direitos de publicação, de forma que nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem minha autorização por escrito.

Lázaro Silva de Oliveira
Endereço eletrônico: lazbonfim@gmail.com

DEDICO a minha família, em especial a minha mãe, pai, irmãos e minha linda avó Bertolina (te amarei todos os dias de minha vida) e aos meus amigos de trabalho, graduação e pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade de Brasília pela oportunidade, aqui eu aprendi muitos de meus valores morais e sociais.

Em especial aos “Pais” do Departamento de Engenharia Florestal Prof. Dr. Ildeu Martins e a Prof^a. Dr^a. Rosana Carvalho Cristo Martins por suas valiosas orientações. “Obrigado professores pelos conselhos, pelo ensino, por me ajudar a desenvolver e concluir minha dissertação,” (Eterna Gratidão).

A minha eterna amiga Dr^a. Juliana Martins (Bebel) por fazer parte de minha vida acadêmica. Ju, sem você não vislumbraria a luz no fim do túnel.

A todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos e para conclusão do meu mestrado.

A minha família, por suportar minhas crises de estresse e mesmo assim me incentivaram e me deram forças para concluir este mestrado. Vocês são as razões para a minha vitória.

Aos meus bons amigos e irmãos que me apoiaram e me estenderam a mão durante esta caminhada de mestrado, em especial Milton Serpa, Hans de Paulo, Antônio Ferreira, Wenne Oliveira, Klysman Rafael(Max) e a minha estagiária Marina Salgado Fontenele.

A todos os meus amigos e colegas de mestrado, pela amizade conquistada e pelos momentos compartilhados.

A meus amigos Hans de Paulo, Wenne Oliveira e Antônio Ferreira pela imprescindível ajuda na coleta de dados em campo. Sem vocês o trabalho seria mais árduo e menos divertido.

Á empresa Geo Lógica Consultoria Ambiental onde trabalho e me deu todo o suporte para o desenvolvimento da pesquisa.

Á Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal pelo apoio operacional e logístico para o fornecimento do Lodo de Esgoto.

Ao Pedro Rocha, Francisco (Chiquinho) e Prof. Reginaldo pelas ajudas instantâneas na secretaria da Pós-Graduação.

RESUMO

UTILIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO ASSOCIADO A TRÊS ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Autor: Lázaro Silva de Oliveira

Orientador: Ildeu Soares Martins

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, 27 de Maio de 2015

Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, e a maioria combina práticas mecânicas com a adição de matéria orgânica. Inúmeras fontes de matéria orgânica também têm sido utilizadas, como a do lodo de esgoto, que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana; aumenta a resistência do solo à erosão; além de fornecer nutrientes para as plantas, propiciando maior rendimento de matéria verde e seca. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento das mudas de três espécies do Cerrado em relação à altura, diâmetro e copa, em diferentes épocas de plantio, início e final do período chuvoso, utilizando o lodo de esgoto; e assim testar sua viabilidade como adubo orgânico na recuperação de uma superfície degradada. O lodo, cedido pela Companhia Ambiental do Distrito Federal (CAESB), foi submetido à análise química de macro e micronutrientes, pH, sólidos voláteis, umidade, relação C/N e metais pesados. As mudas utilizadas no experimento foram das espécies *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan (angico) e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) (Mart. ex DC) Mattos (ipê roxo). As três espécies apresentam crescimento superior no período de início da chuva. Por sua vez, o ipê roxo apresentou o maior crescimento em diâmetro em porcentagem nos dois períodos. Em relação à altura em porcentagem para o IC a espécie mais bem sucedida foi o ipê roxo e para o FC o angico. Em relação ao crescimento em copa a espécie que apresentou o maior crescimento para o IC foi o angico e a espécie mais bem sucedida para o FC foi a aroeira. Todas as espécies responderam de forma positiva ao uso do lodo de esgoto.

Palavras chaves: resíduo urbano, disposição final, Angico, Aroeira, Ipê-roxo.

ABSTRACT

USE OF SEWAGE SLUDGE IN THE RECOVERY OF DEGRADED SURFACES NEXT TO THE RAILWAY STATION IN BRASÍLIA / DF USING THREE NATIVE SPECIES OF THE CERRADO

Author: Lázaro Silva de Oliveira

Supervisor: Ildeu Soares Martins

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, May 27, 2015

Various techniques have been used with the aim of restoring degraded soils, and most practical mechanical combines with the addition of organic matter. Many organic materials have also been used, such as sewage sludge, which favors the formation of aggregates, facilitating the penetration of roots and microbial life; increases the soil's resistance to erosion; in addition to providing nutrients for the plants, providing a higher yield of green and dry matter. The objective of this study was to evaluate the development of seedlings of three species of the Cerrado in relation to height, diameter and canopy at different planting dates, beginning and end of the rainy season, using sewage sludge; and thus test its viability as organic fertilizer in the recovery of a degraded surface. The sludge, assigned by the Environmental Company of the Federal District (CEBS), was subjected to chemical analysis of macro and micronutrients, pH, volatile solids, humidity, C/N and heavy metals. The seedlings used in the experiment were of the species *Schinus terebinthifolius Raddi (Aroeira)*, *Anadenanthera colubrina (Vellozo) Brenan (Angico)* and *Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC) (Mart. Ex DC) Mattos (Ipê-roxo)*. The three species have higher growth in the rain early period. In turn, the Ipê-roxo showed the highest growth in diameter in percent in both periods. Regarding the time percentage for the IC the most successful species was Ipê-roxo and FC Angico. Compared with the growth in the canopy species that showed the highest growth for the IC was the Angico and the most successful species for FC was the Aroeira. All species responded positively to the use of sewage sludge.

Key words: urban waste, final layout, *Angico*, *Aroeira*, *Ipê-roxo*.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	ÁREAS DEGRADADAS	4
3.2	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CERRADO	6
3.3	ESGOTO SANITÁRIO	8
3.4	USO DO LODO NA RECUPERAÇÃO DA ÁREA	9
3.5	CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	10
	Pioneiras	10
	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi – Aroeira	10
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan – Angico	11
	Não Pioneira	12
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC) (Mart. ex DC.) Mattos – Ipê Roxo	12
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
4.2	DIVISÃO DAS ETAPAS	16
4.3	SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	16
4.4	ORIGEM E PRODUÇÃO DAS MUDAS	16
4.5	APLICAÇÃO DO LODO	18
4.6	MÉTODO DE CAMPO PARA REDUZIR A TRAÇÃO DE VETORES	19
4.7	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	21
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1	COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO	23
5.2	CRESCIMENTO EM DIÂMETRO ABSOLUTO	25
5.3	CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM PORCENTAGEM	26
5.4	CRESCIMENTO EM ALTURA ABSOLUTO	27
5.5	CRESCIMENTO EM ALTURA EM PORCENTAGEM	28
5.6	CRESCIMENTO NA COPA ABSOLUTO	29
5.7	CRESCIMENTO NA COPA EM PORCENTAGEM	30
6.	ASPECTOS GERAIS DA RECUPERAÇÃO	32
7.	CONCLUSÃO	36
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

9.	ANEXO – OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO.....	46
9.1	NOME E ENDEREÇO DA UNIDADE DE GERENCIAMENTO (UGL).....	46
9.2	EQUAÇÕES: NECESSIDADE DE LODO DE ESGOTO:.....	46
9.3	ANEXO FOTOGRÁFICO	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização inicial das mudas em viveiro com 60 dias.	16
Tabela 2. Cargas teóricas acumuladas em kg/ha permitidas pela Resolução 375/06, do CONAMA, e Resolução 03/06, do CONAM/DF, após aplicação do lodo ao solo.....	20
Tabela 3. Valores considerados para o cálculo da taxa de aplicação de biossólido de metodologia adaptada a partir de Corrêa (2006).....	20
Tabela 4. Cargas teóricas de substâncias inorgânicas incorporadas ao solo pela aplicação dos biossólido e as cargas teóricas acumuladas permitidas pela Resolução 375/06, do CONAMA, e Resolução 03/06, do CONAM/DF.	21
Tabela 5. Composição dos lodos de esgotos quanto aos parâmetros agronômicos, expressos em base seca.....	23
Tabela 6. Composição dos lodos de esgotos quanto às substâncias inorgânicas, expressos em base seca.....	23
Tabela 7. Composição dos lodos de esgotos quanto aos parâmetros microbiológicos, expressos em base seca.....	24
Tabela 8. Valores médios dos crescimentos em diâmetro e altura de três espécies em dois períodos em um plantio. Em que: D = crescimento em diâmetro em centímetro; D% = crescimento em diâmetro em porcentagem; H = crescimento em altura em metro; H% = crescimento em altura em porcentagem.	24
Tabela 9. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	25
Tabela 10. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no início da chuva.....	26
Tabela 11. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no final da chuva.....	26
Tabela 12. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	26
Tabela 13. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no início da chuva.....	27
Tabela 14. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no final da chuva.....	27
Tabela 15. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	27
Tabela 16. Teste de Tukey para o crescimento em altura do plantio no início da chuva.	28
Tabela 17. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	28
Tabela 18. Teste de Tukey para o crescimento em altura do plantio no início da chuva.	28
Tabela 19. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	29
Tabela 20. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no início da chuva. 29	
Tabela 21. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no final da chuva. . 29	
Tabela 22. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.	30
Tabela 23. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no início da chuva. 30	
Tabela 24. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no final da chuva. . 30	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mudanças dispostas no viveiro em Luziânia/GO.	17
Figura 2. Medições iniciais das mudas, sendo a figura A: diâmetro do coleto, figura B: altura e figura C: diâmetro da copa.	18
Figura 3. Disposição do lodo de esgoto na área de estudo, Pátio Ferroviário - Brasília/DF.	18
Figura 5. Valores médios dos crescimentos em diâmetro e altura de três espécies em dois períodos em um plantio. Onde: Cinza início da chuva e preto final da chuva.	25

1. INTRODUÇÃO

O processo de degradação ambiental é causado principalmente pela falta de planejamento e manejo inadequado no desenvolvimento de alguma atividade. E dentre os mais agravantes está à mineração e/ou extração de material no qual requer o revolvimento ou retirada da camada superficial do solo. Na construção do Distrito Federal - DF houve tal atividade, e com a falta de manejo adequado da exploração de cascalho deixou áreas expostas e degradadas, impedindo a revegetação natural (CORRÊA & MELO FILHO, 2004c).

A importância da recuperação de áreas degradadas advém da necessidade de retenção do solo, contenção da erosão, manutenção da biodiversidade e da beleza cênica (FELFILI et al., 2002). O conhecimento sobre o comportamento de espécies em plantios de recuperação também é importante para o embasamento de pesquisa sobre recuperação de áreas degradadas, auxiliando na escolha das espécies e na tomada de decisão.

Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, e a maioria combina práticas mecânicas, que visam romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica (De MARIA et al., 1999). Várias fontes de matéria orgânica também têm sido utilizadas, como a do lodo de esgoto, que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, aumenta a resistência do solo à erosão, por estabilizar a estrutura do solo e aumentar a capacidade de retenção de água, tornando as culturas mais resistentes à seca, além de fornecer nutrientes para as plantas, propiciando maior rendimento de matéria verde e seca (TSUTIYA, 2001).

O lodo, quando proveniente das estações de tratamento de esgotos (ETEs) destinadas a tratamento de esgoto doméstico, é enquadrado como resíduo classe II A ou até mesmo B, que permite seu uso com maior segurança na agricultura. Isto é possível desde que o resíduo seja avaliado quanto ao seu valor agrônômico, e seja respeitados os limites de uso, determinando os potenciais impactos de sua aplicação sobre atributos do solo, para que atenda critérios técnicos e de segurança à saúde humana e ambiental estabelecidos para o uso agrícola deste tipo de material (TRANNIN et al., 2008).

O crescimento populacional urbano favorece inevitavelmente o aumento na cadeia produtiva agrícola e industrial, devido ao maior consumo de produtos, aumentando consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos e líquidos produzidos pelo homem. Isto se constitui em um dos principais problemas ambientais enfrentados pela humanidade, que se agrava principalmente pela reduzida disponibilidade de áreas aptas para sua

disposição final (LANGE et al., 2002). Uma alternativa viável para o aproveitamento destes resíduos seria sua aplicação no meio agrícola (ANDREOLI et al., 1998).

O esgoto doméstico pode se enquadrar como um destes resíduos (ALVES et al., 1999), onde em muitos casos não recebe prévio tratamento antes de ser lançado em cursos d'água.

Embora o lodo ainda possa ser utilizado na agricultura, pode conter organismos patogênicos como coliformes e helmintos, atrair vetores e possuir odor desagradável (EPA, 1994), que dificulta o seu manuseio. Em alguns casos, pode-se passar por uma terceira fase de tratamento do lodo produzido, chamado de pós-tratamento ou higienização (CORRÊA et al., 2007).

Neste contexto, o trabalho buscou analisar, através da utilização do lodo de esgoto gerado nas ETEs do DF, alternativas sustentáveis para a recuperação da área de áreas degradadas próxima à Rodoferroviária de Brasília/DF, aliado a utilização da revegetação com três espécies arbóreas nativas do Cerrado.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar em campo o estabelecimento e desenvolvimento de três espécies nativas do Cerrado: Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) e Ipê Roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) (Mart. ex DC.) Mattos) em resposta a utilização do lodo de esgoto em áreas degradadas próxima à Rodoferroviária de Brasília/DF.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a taxa de crescimento das espécies testadas em campo;
- Avaliar as taxas de incremento médio em altura, diâmetro do coletoe diâmetro de copa ao início e final da estação chuvosa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ÁREAS DEGRADADAS

A preocupação com a conservação e recuperação da cobertura vegetal, apesar de relativamente recente, tem sido objeto de amplos debates, com discussões no meio científico sobre as abordagens técnicas, científicas e a legislação de proteção e recuperação de florestas (DURIGAN et.al., 2001; KAGEYAMA, 2003; BARBOSA, 2003). Áreas degradadas são áreas que tiveram redução na sua capacidade em produzir bens através de uma utilização específica, geralmente induzida pelo homem, podendo ser definida como áreas que sofreram um processo de redução e/ou perda da capacidade potencial do solo (quantitativamente e/ou qualitativamente).

São áreas que sofreram modificação em prejuízo do meio ambiente, geralmente fruto de uma exploração econômica não sustentável. Essa redução na sua capacidade produtiva não é necessariamente um processo contínuo, porém pode ocorrer em um pequeno espaço de tempo (BLAIKIE & BROOKFIELD, 1987 e pela FAO, 1999; DEDECEK, 1992; REICHMANN NETO, 1992; FAO 1999). Raramente o termo se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais (TAVARES, 2008).

A recuperação destas áreas requer constantes ações, haja vista a grau de impacto ocorrido, em especial no Distrito federal, região que sofreu intensa intervenção antrópica por meio da sua construção, responde aproximadamente 3.419 hectares, o que representa 0,6% do território do Distrito Federal (CORRÊA et al. 2004b).

A atividade de exploração mineral de uma área resulta em sua degradação, pois, em suma, implica na remoção da vegetação nativa e da camada fértil do solo. Segundo IBAMA (1990), pode admitir que uma área sofra degradação quando sua vegetação nativa e sua fauna forem destruídas, removidas ou expulsas, quando sua camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada e quando a qualidade e regime de vazão do seu sistema hídrico for alterado.

Um dos grandes problemas atuais são os processos de degradação dos ecossistemas naturais devido à expansão das fronteiras agropecuárias, atividades de mineração e a crescente urbanização. Estes processos causam a diminuição da biodiversidade, fragmentação de ecossistemas, transformações nas paisagens além de causar alterações nas relações interespecíficas e aumento das áreas degradadas (REIS et al., 2006).

As diversas ações com vistas à recuperação de áreas degradadas se distinguem menos pelas técnicas do que pelos termos adotados para denominá-las. Na literatura, pode-se encontrar desde o mais comumente usado, recuperação, até o mais recentemente proposto, restauração, passando por reabilitação, revegetação e recomposição (MORAES et al. 2010).

O conceito de recuperação vem sendo geralmente apresentado e discutido não apenas sob os aspectos que caracterizam sua execução, mas principalmente em função dos seus objetivos e metas (BITAR, 1995). Estudos de regeneração de áreas degradadas levam ao conhecimento da composição florística e sucessão ecológica das comunidades vegetais regenerantes nas áreas alteradas por atividades antrópicas. Através desses estudos têm-se informações que subsidiam as ações necessárias para a recuperação, manejo e conservação das áreas degradadas (LIMA, 2008).

No Brasil, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano de 2000 (IBGE, 2002), 52,2 % dos municípios possuem serviço de esgotamento sanitário, porém apenas 20,2 % destes coletam e tratam o esgoto. A utilização desse material para uso agrícola é normatizada por lei, prescrita pela resolução nº 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2006), que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Além da resolução CONAMA nº 375, a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10004 (2004) estabelece uma classificação para resíduos sólidos, que os enquadra em duas classes, podendo ser enquadrados como classe I considerados perigosos e classe II não perigosos, para esta segunda classificação são divididos em inertes (B) e não inertes (A).

Resíduos classe I apresentam fortes restrições quanto a seu uso agrícola, por possuírem características tais como: patogenicidade, reatividade, corrosividade, inflamabilidade e toxicidade. Estes são oriundos principalmente de materiais advindos do setor industrial, que geralmente apresentam teores de metais elevados quando comparados com lodos de origem doméstica (SILVEIRA et al., 2003). Outro exemplo de resíduos potencialmente perigosos são os hospitalares, devido à presença de agentes patogênicos (LUZ e GUIMARÃES, 1972; FERREIRA, 1995).

Os processos de degradação do solo são dinâmicos e responsáveis pela queda na qualidade e produtividade causados por deslocamento de solo e por deterioração provocando arraste de material com perda da camada superficial e deformação da área influenciando as características químicas, físicas e/ou biológicas do solo. A degradação dos

recursos naturais decorre de seu uso errôneo e, principalmente, da falta de planejamento sobre o destino futuro da área. Mesmo com o acervo das técnicas existentes, a degradação dos solos continua em franco desenvolvimento (FAO, 1979; DEDECEK, 1992; VALCARCE, 1992; DIAS&GRIFFITH, 1998).

Além do uso de técnicas corretas de plantio, o manejo da matéria orgânica é fundamental para que se ofereçam respostas satisfatórias à recuperação ambiental, porém a necessidade nutricional das espécies arbóreas brasileiras ainda é pouco conhecida. Há espécies que ocorrem somente em solos ácidos, outras que são restritas aos solos calcários e outros indiferentes quanto à fertilidade do solo (HARIDASAN, 2000). Apesar de distintas as causas de degradação podem ser explicadas basicamente pelo manejo do solo, pelos processos de erosão eólica e hídrica, degradação química, física e biológica, excesso de água e salinização. A mobilização excessiva, a deficiência na cobertura da superfície, reduzida fertilidade, compactação, erosão e a redução dos teores de matéria orgânica do solo são algumas causas comuns àquelas explorações (LUCCHESI et al., 1992; LUCCHESI, 1988; FAO, 1999).

3.2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CERRADO

Com o grande crescimento populacional, surgiu a necessidade da ocupação dos Cerrados para fins de produção agrícola (FERNANDES&MURAOKA, 2002), em virtude de sua localização estratégica e das características físicas dos solos, que facilitam a mecanização. Entretanto, a degradação tem sido observada em decorrência de manejos inadequados, oriundos de atividades antrópicas (construção de estradas, hidrelétricas, atividades de mineração, etc.), especialmente as praticadas nas áreas agrícolas. O denominador comum dessas áreas degradadas é a remoção do horizonte superficial juntamente com a matéria orgânica, causando sérios problemas físicos, químicos e biológicos ao solo (DUDA et al., 1999), dando origem às áreas de empréstimo.

O Cerrado possui uma área de 204 milhões de hectares, sendo o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 24% do território nacional. Abrange como área contínua grande parte da região central do Brasil como os estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal, partes do estado da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia, Roraima e São Paulo e em outras áreas (SANO *et al.*, 2007). Compõe este bioma uma mistura de estratos herbáceos, arbustivos e arbóreos. Há uma grande diversidade biológica e sazonalidade pluviométrica com seis meses de chuvas e seis meses de seca (RIBEIRO; WALTER, 1998).

A viabilidade desta ocupação e consolidação do Cerrado foi proveniente dos seguintes fatores, segundo Fonseca et al. (2004): a) disponibilidade de terras relativamente próximas dos centros econômicos do país; b) competitividade nacional no mercado externo, principalmente na produção de grãos; fortalecimento do capital financeiro privado com a reestruturação interna da produção e o estabelecimento do agronegócio; c) inovação tecnológica advinda de uma política de ciência e tecnologia.

O Cerrado tem sido visto como uma alternativa ao desmatamento da Amazônia, sendo proposta a exploração mais intensa dessa região, seja por expansão agrícola, seja por plantios florestais para fixar carbono atmosférico. Por isso, desde a década de 70 tornou-se o foco das novas expansões agropecuárias, sendo considerada a última grande fronteira a ser explorada do globo (BORLAUG, 2002).

Da área de 2 milhões de km² ocupada por este domínio apenas 33.000 km² estão conservadas como áreas de proteção, claramente insuficientes quando comparada com as principais formas de uso da terra no Cerrado (KLINK; MACHADO, 2005). Segundo Sano et al. (2009), este bioma possui atualmente 60,5% da sua cobertura natural, com áreas mais extensas de cobertura natural na porção norte do bioma e uma maior cobertura antrópica ao sul, coincidindo com o histórico de ocupação e uso da terra no Brasil.

A escolha de qual método utilizar vai depender das condições de degradação da área, aliada às condições abióticas locais, como precipitação, temperatura e umidade (FELFILI *et al.*, 2008a). No caso da utilização do método de plantio de mudas, a escolha das espécies é um dos principais fatores a serem avaliados (FELFILI *et al.*, 2008b), pois é enorme a diversidade de ambientes, bem como as características de autoecologia das diferentes espécies utilizadas, além das variações entre diferentes tipos e intensidades de degradação (REZENDE, 2004; OLIVEIRA, 2006; SILVA, 2007; PINTO *et al.*, 2011).

Esta variedade de ambientes e variações fisiológicas das espécies permite que as mesmas tenham exigências ambientais distintas, tanto em relação à luz como à disponibilidade de água (FELFILI *et al.*, 2001), características que irão garantir a sobrevivência e o crescimento; e devem ser consideradas na escolha das espécies durante os plantios de recuperação. Portanto, definir corretamente quais as espécies podem produzir os melhores resultados em campo, é um dos maiores desafios na recuperação de áreas degradadas (PINTO *et al.*, 2011).

Dentre os modelos de plantio de mudas utilizados para recuperação, pode ser citado o modelo sucessional (SWAINE&WITHMORE, 1988) que consiste no plantio de espécies pioneiras e secundárias, ou seja, plantio de espécies tolerantes ao sol (pioneiras) e espécies

tolerantes à sombra (secundárias), no entanto, este modelo não reflete as características das áreas do Cerrado onde a maioria das espécies cresce a pleno sol (FELFILI et al 2008 a, b).

Desta forma, o modelo sucessional é bastante utilizado em florestais tropicais, podendo também ser utilizado nas formações florestais do Cerrado (exemplo: Matas de Galeria e Ciliares), mas para a sua utilização nas formações abertas do Cerrado, como o Cerrado sentido restrito, é necessário realizar alguns ajustes (PINTO et al., 2011).

Diante do cenário de ocupação do bioma Cerrado, tendo como consequência o aumento de áreas degradadas, foi intensificada a busca de informação referente à escolha de qual método de recuperação a ser utilizado, diante da grande diversidade de ambientes analisados (REZENDE 2004; SILVA, 2007). A utilização do método de plantio de mudas e a sua avaliação a partir do crescimento e sobrevivência das espécies tem sido uma alternativa mais utilizada (SOUZA, 2002; REZENDE, 2004; OLIVEIRA, 2006; DUBOC&GUERRINI, 2007; MELO, 2006; SILVA, 2007; ANTEZANA, 2008; MOURA, 2008).

3.3 ESGOTO SANITÁRIO

Os esgotos sanitários, também designados por diversos autores pelo termo “águas residuária”, possuem características bem definidas, sendo constituídos basicamente de despejos domésticos e pequenas quantidades de águas pluviais, águas de infiltração, e, eventualmente, despejos industriais (JORDÃO; PESSOA, 2005).

O esgoto sanitário possui composição aproximada de 99,9% de água, e 0,1% de sólidos, que são compostos por proteínas, carboidratos, óleos e graxas, importantes nutrientes como nitrogênio e fósforo, além de produtos químicos, defensivos agrícolas e alguns metais pesados (CAMPOS et al., 1999). Cerca de 30% dos sólidos encontrados nos esgotos são inorgânicos, como metais, areia e sais e os 70% restantes são compostos orgânicos (MALTA, 2001).

As principais características do esgoto são aquelas que conferem a água residuária, um aspecto indesejável do ponto de vista físico, químico ou biológico (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). As características do esgoto muitas vezes retratam a realidade da população local, com hábitos alimentares distintos, refletindo na quantidade e qualidade do lodo, especialmente na concentração de organismos patogênicos, que servem como indicadores das condições sociais e de saúde de determinada comunidade (MELO, 2006).

A geração de esgoto doméstico no Brasil é bastante variável, encontrando-se na faixa de 80 a 200L.hab-1.d-1 (TSUTIYA, 2002).O destino adequado dos dejetos humanos

do ponto de vista sanitário visa, fundamentalmente, a evitar a poluição do solo e dos mananciais e o contato de moscas e baratas (vetores) com as fezes, controlando e prevenindo as doenças a eles relacionadas. Do ponto de vista econômico, condições adequadas de saneamento propiciam uma diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis, redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais e o controle da poluição das praias e dos locais de recreação, com o objetivo de promover o turismo e a preservação da fauna aquática (FUNASA, 2006).

Embora a utilização de esgotos sanitários seja uma prática mais que centenária, é também um conceito moderno, na medida em que ganha cada vez mais reconhecimento como uma importante estratégia para o desenvolvimento sustentável. Os exemplos em todo o mundo vão desde sistemas rigidamente controlados por diretrizes governamentais, com elevados níveis de planejamento e respaldados em políticas de gestão de recursos hídricos, até as iniciativas espontâneas de pequenos agricultores envolvendo sérios riscos à saúde pública. Entretanto, apenas recentemente foram-se consolidando as bases técnicas e científicas para o reuso controlado (STRAUSS; BLUMENTHAL, 1989).

3.4 USO DO LODO NA RECUPERAÇÃO DA ÁREA

Considerado um resíduo sólido, o lodo de estações de tratamento de esgoto possui em sua composição de 40 a 80% de matéria orgânica, além de grandes concentrações de microrganismos patogênicos que podem causar danos a saúde humana e animal (GONCALVES, et al., 2001).

A disposição final desse resíduo tem gerado grandes preocupações relacionadas à transmissão de doenças devido à presença de patógenos e, eventualmente, de metais pesados e poluentes orgânicos. Além disso, as despesas envolvidas na destinação final podem alcançar até 60% dos custos operacionais de uma estação de tratamento de esgoto (ANDREOLI; LARA; FERNANDES, 1999).

O lodo biológico gerado em estações de tratamento pode ser encaminhado diretamente às unidades de secagem dado ao seu elevado grau de estabilização e consequente facilidade de desidratação, alcançando elevados teores de sólidos totais (baixa umidade) em poucos dias após o descarte (SOARES, 2001).

Uma alternativa ambientalmente viável para o problema da disposição final do lodo de esgoto é a utilização na agricultura, desde que não ofereça riscos a saúde e ao meio ambiente. Para a utilização agrícola do lodo de esgoto é necessário que seus parâmetros de

qualidade atendam ao disposto na resolução nº 375 do Conama (BRASIL, 2006). Assim, o processo de higienização torna-se uma etapa fundamental para a reciclagem agrícola do lodo (ROCHA, 2009).

Dentre as alternativas para a destinação final desse resíduo, tem destaque a sua utilização em cultivos florestais, já que de acordo com a Resolução Nº 375, de 26 de Agosto de 2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2006) o lodo de esgoto não pode ser utilizado em meio agrícola, no qual o produto resultante terá partes comestíveis. A sua utilização como substrato na produção florestal ou agricultura tem como benefício à incorporação de macro e micronutrientes, além da matéria orgânica que melhora o condicionamento físico do solo e pode reduzir a utilização de fertilizantes.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Pioneiras

Espécies pioneiras ou intolerantes à sombra são aquelas que necessitam de clareiras naturais como sítio de regeneração (HARTSHORN, 1978), cujas sementes germinam em clareiras, nas quais a radiação solar atinge o chão da floresta por pelo menos parte do dia (MILTHORPE, 1961; GRUBB, 1976; MILES, 1976; VAZQUEZ-YANES e SMITH, 1982; VAZQUEZ-YANES e OROZCO-SECOVIA, 1994), ou seja, a importante característica das espécies pioneiras é a exigência de alta radiação para seu estabelecimento e crescimento (SCARPA, 2002). Também para Whitmore (1990 e 1996), árvores e arbustos pioneiros necessitam de altas intensidades luminosas e de temperaturas elevadas para a germinação de suas sementes, estabelecimento das plântulas e crescimento.

***Schinus terebinthifolius* Raddi – Aroeira**

Schinus terebinthifolius Raddi, pertencente à família Anacardiaceae, é popularmente chamada de aroeira, aroeira-da-praia, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-precoce, aroeira-pimenteira, aroeira-do-brejo, aroeira-negra, aroeira-branca, aroeira-do-campo, aroeira-do-sertão, aroeira-do-paraná, entre outros (LORENZI, 2002).

O gênero *Schinus* foi criado da mesma forma que designou a atual *Pistacia lentiscus* L., pertencente à família Anacardiaceae. As folhas de aroeira por parecerem semelhantes as do gênero *Terebinthus* e, este acrescido da palavra folia que no latim significa folha, originou-se o epíteto específico, *terebinthifolius*. A palavra aroeira originou-se do nome das aves, araras, que eram vistas pousadas com maior frequência nesta árvore, fazendo dela seu habitat (DEGÁSPARI, 2004; ALMEIDA, 2005).

A aroeira é pioneira e dióica, encontrada numa extensa distribuição geográfica e possuindo imensa plasticidade ecológica, podendo sobreviver em estações secas de até seis meses com deficiência hídrica moderada (LENZI e ORTH, 2004). É facilmente vista por toda a faixa litorânea do país, próximas de rios, córregos e várzeas úmidas de formações secundárias, mas pode ser encontrada crescendo em dunas, terrenos secos, pobres e pedregosos, habitando várias formações vegetais e apresentando diversos aspectos, como arbusto rasteiro e retorcido, ou em forma de árvore com copa globosa. Essas mudanças morfológicas ocorrem em função da adaptação aos vários ambientes habitados (LORENZI, 2002; DEGÁSPARI *et al.*, 2005).

A aroeira é uma árvore de crescimento rápido com porte pequeno, podendo atingir de 5 a 10 metros na idade adulta e, apresentar de 30cm a 60cm de espessura diâmetro do caule. A sua propagação pode ser através de sementes ou por estaquia a partir da raiz e do caule (LORENZI, 2002).

Essa árvore apresenta folhas perenes, verde-escuras, compostas, oblongas a elípticas, na parte superior do limbo contendo nervuras pronunciadas do tipo imparipenada de aroma forte. As suas flores melíferas apresentam cor amarelo-pálido a branco, são pequenas e agrupadas em panículas. O período de florescimento ocorre nos meses de setembro a janeiro (LORENZI, 2002; ALMEIDA, 2005).

***Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan– Angico**

O angico branco é uma espécie da família Fabaceae-Mimosoideae. Apresenta altura de 12-15 m, com tronco de 30-50 cm de diâmetro e ocorre desde o Maranhão até o Paraná e Goiás, na floresta pluvial situada em altitudes superiores a 400 m. Quanto às características silviculturais a espécie é heliófila, possui crescimento irregular com bifurcações que podem ocorrer desde a base, apresenta brotação após o corte e necessita de poda de condução; apresenta bons resultados tanto em plantios puros a pleno sol, bem como em plantios mistos (CARVALHO, 1994). A madeira é pesada e útil na construção civil, obras hidráulicas, confecção de dormentes, tabuado, carpintaria, além do seu uso como lenha e carvão. A árvore, por florescer exuberantemente, pode ser aproveitada para arborização de parques e praças e para o plantio em florestas mistas destinadas a recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

É uma planta decídua, heliófila, pioneira, indiferente às condições de solo. Sua madeira possui densidade elevada (0,85 g.cm⁻³), compacta e de grande resistência (QUEIROZ, 2009), apresentando grande durabilidade quando exposta, podendo ser

utilizada em marcenaria, obras internas, construção civil e naval, dentre outros (CARVALHO, 1994). Floresce exuberantemente todos os anos, o que a torna muito ornamental e própria para a arborização de parques, rodovias e praças (LORENZI, 1992). Também é usada no controle da erosão e no melhoramento de solos (SANTOS, 1987).

Não Pioneira

Para Hartshorn (1978) existiam dois tipos de espécies secundárias: secundárias iniciais que se desenvolviam sobre sombreamento parcial, necessitando, apenas, de clareiras pequenas para seu desenvolvimento e secundárias tardias que se desenvolviam sob sombreamento completo, e que, portanto só cresceriam no sub-bosque da floresta. Clark, (1994) mostrou ser essa classificação muito simplista, já que outros fatores, como fertilidade do solo e umidade podem, também, determinar o sucesso das colonizações. Alguns autores (DENSLOW, 1996; SCHNITZER e CARSON, 2001) demonstraram que espécies tolerantes à sombra geralmente crescem bem em todas as condições de luminosidade. Então, Kageyama e Gandara (2001) classificam as espécies em pioneira e não pioneira.

***Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) (Mart. ex DC.) Mattos – Ipê Roxo**

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC) (Mart. ex DC.) Mattos, popularmente conhecida como ipê-roxo, pau d'arco-roxo, ipê-roxo-de-bola, entre outros, é uma Bignoniaceae de porte arbóreo, alcançando alturas de 8 a 20m, com característica de planta decídua (LORENZI, 2002). É uma espécie secundária tardia a clímax, tolerando sombra no estágio juvenil. Devido ao seu porte, faz parte do extrato superior da floresta, possuindo grande longevidade (LONGHI, 1995). Sua ocorrência estende-se desde o Estado do Piauí até o de São Paulo, tanto na floresta pluvial atlântica como na semidecídua (Lorenzi, 2002). É comum na vegetação secundária, abrangendo capoeiras e capoeirões (LONGHI, 1995).

A espécie vem sendo estudada por ser de alto valor econômico, ornamental e medicinal e, principalmente, pela diminuição considerável do número de indivíduos encontrados em áreas de ocorrência natural (ETTORI et al.,1996). Além disso, corre risco de extinção, estando na relação das espécies para conservação genética ex-situ no Instituto Florestal de São Paulo (SIQUEIRA e NOGUEIRA, 1992).

É uma árvore caducifólia, comumente atinge 10 a 35 m de altura, e 30 a 40 cm de diâmetro. O tronco é reto, cilíndrico e, frequentemente, tortuoso. A casca externa é grisácea, levemente áspera, com sulcos longitudinais pouco profundos e fissuras

horizontais curtas e irregulares, desprendendo-se em escamas retangulares e grossas. A casca interna é fibrosa, marrom-clara e levemente rosada. As folhas são opostas digitadas, apresentando pecíolo de até 11 cm de comprimento, geralmente com cinco folíolos, com margem inteira ou levemente serreada. Os folíolos apresentam mechas de pêlos na axila da nervura principal com as secundárias. As flores são grandes, rosadas a lilás, tubulares, vistosas, reunidas em panícula terminal. O fruto é silíquo cilíndrico estreito, deiscente, com numerosas sementes. As sementes são codiformes, tendendo à oblonga plana, apresentam superfície lisa lustrosa de cor marrom-clara, com presença de asa membranácea nas duas extremidades de cor marrom clara transparente de até 3 cm de comprimento, sendo sua dispersão anemocórica (REITZ et al., 1988 e CARVALHO, 1994).

Uma das características silviculturais dessa espécie é o fato de ser heliófila, porém tolera sombreamento moderado na fase jovem, podendo ser plantada pura a pleno sol, principalmente nos solos férteis em plantios mistos associada com espécies pioneiras, e em enriquecimento de capoeiras ou capoeirões ao ser plantada em linhas ou faixas. Além disso, apresenta desrama natural satisfatória, quando plantada em adensamento, mas na maioria dos casos necessita de poda, apresentando uma boa cicatrização.

Segundo Carvalho (1994), o ipê-roxo adapta-se bem aos solos com textura arenosa, úmidos, com boa drenagem, e franca a argilosa. Já os solos com baixos teores de nutrientes são limitantes ao seu crescimento. Essa espécie apresenta uma madeira de excelente qualidade, maleável, resistente, com massa específica aparente de 0,92 a 1,08 g/cm³ a 15% de umidade, massa específica básica de 0,79 g/cm³, cerne de coloração marrom e alburno pardo-acastanhado, sendo considerada de lei ou de qualidade e utilizada para várias finalidades nobres, móveis e aberturas. Entretanto, o autor ressalta que, num povoamento implantado em espaçamento de 2x2m, em solo latossolo vermelho-amarelo, distrófico e podozólico, na localidade de Rio Formoso, Pernambuco, o crescimento do ipê-roxo foi lento, tendo obtido, aos 13 anos, um incremento médio anual com casca de 5,5 m³/ha/ano, diâmetro médio de 10,0 cm e altura média de 7,30 m.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área analisada trata-se de uma parcela de domínio da União Federal, sob a responsabilidade administrativa do Comando do Exército/Comando da 11ª Região Militar, localizada através das coordenadas 15°46'32,31"S e 47°56'46,55". Historicamente, tendo sido explorada pela extração de material para diferentes obras civis no Distrito Federal, possui atualmente um somatório de superfícies degradadas que perfaz cerca de 185 hectares (Figura 1 e 2), as quais se apresentam parcial ou totalmente expostas e/ou desprovidas de cobertura vegetal. O experimento foi instalado em uma área de aproximadamente 0,076 hectares, sendo delimitado em campo por piquetes especificamente identificados.

Essa área está localizada ao Norte da DF-087 ("Via Estrutural") e a Oeste da DF-003 ("EPIA"), entre o Setor de Oficinas Norte e a Cidade do Automóvel, próxima à Rodoferroviária de Brasília. Está contida na Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá, sobre Latossolo Vermelho. Não há qualquer área residencial a menos de 100 metros, ou vias de domínio público a menos dos 15 metros permitido.

A altitude média é de 1200 m e conforme a classificação de Köpen o clima da região é do tipo Aw, sendo caracterizado por duas estações bem definidas (quente e chuvosa,) que ocorrem de outubro a abril, e outra fria e seca de maio a setembro, com temperatura média foi de 22,1°C e precipitação média anual de 1.500 mm (MUNHOZ; FELFILI, 2005).

A área situa-se a mais de 2 km dos corpos hídricos mais próximos, o Córrego do Acampamento, a Noroeste, e o Córrego Guará, ao Sul. Não foram detectadas grotas, nascentes e qualquer forma de afloramento d'água nas vistorias realizadas in loco. O relevo da paisagem foi aferido como plano com declividade variando de 0-5%, calculada por meio do modelo digital de elevação (TIN), a partir da base cartográfica de curvas de nível do Distrito Federal em escala de 1:10.000.

A vegetação natural situada na periferia das áreas mineradas foi identificada como Cerrado sentido restrito (RIBEIRO; WALTER, 2008). Outras fisionomias, não naturais, foram reconhecidas, sendo estas dominadas essencialmente por entidades herbáceas exóticas/invasoras. O substrato apresentou-se desprovido de cobertura vegetal, a exceção

de trechos restritos onde ocorrem indivíduos herbáceos e arbóreos nativos de crescimento limitado, sendo estes resultantes da brotação de gemas que fazem parte da estrutura vegetativa de xilopódios (órgãos de reserva subterrâneos).



Figura 1. Área de estudo localizada no Pátio da Rodoferroviária de Brasília/DF, fonte: *Google Earth, 2015.*

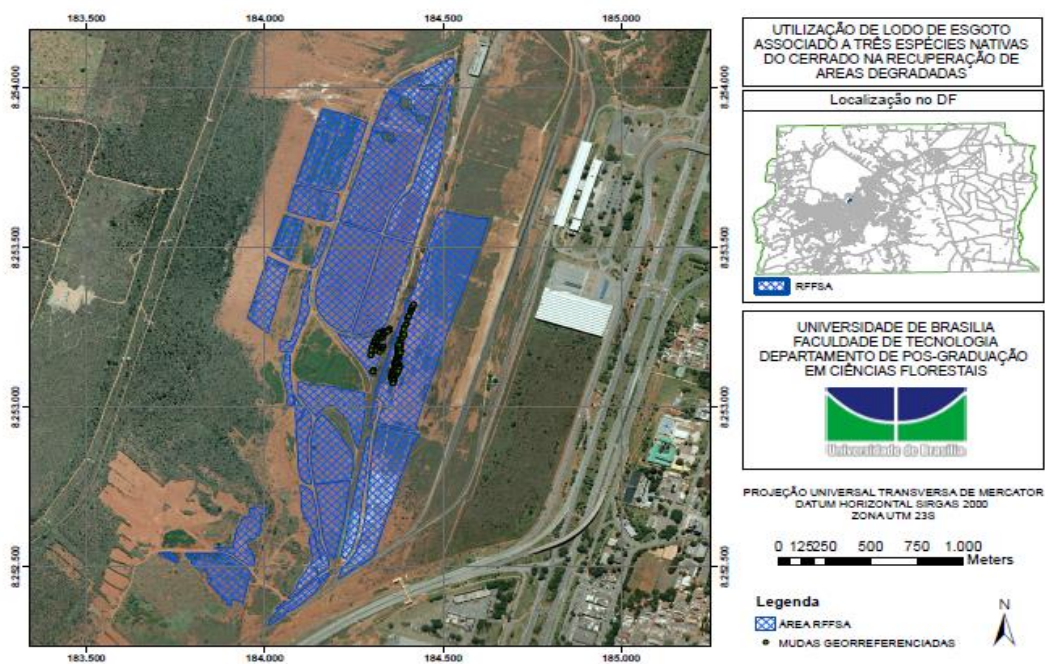


Figura 2. Alocação das espécies analisadas na área a ser recuperada.

4.2 DIVISÃO DAS ETAPAS

O trabalho foi desenvolvido em três etapas, sendo elas:

1. Medição da altura, diâmetro e copa das mudas em viveiro;
2. Medição da altura, diâmetro e copa das mudas em campo 6 meses após o plantio;
3. Medição da altura, diâmetro e copa das mudas em campo 12 meses após o plantio.

4.3 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

A escolha das espécies baseou-se, principalmente, na disponibilidade em viveiro. Foram escolhidas duas espécies pioneiras: angico (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), e uma não pioneira: Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) (Mart. ex DC.) Mattos).

Empregou-se o modelo de simples instalação, que alterna espécies pioneiras com não pioneiras. A principal desvantagem é que, enquanto as pioneiras não crescem, a espécie secundária recebe muita luz, ficando temporariamente em situação de estresse (UFRRJ, 2014).

4.4 ORIGEM E PRODUÇÃO DAS MUDAS

A etapa 1 do trabalho foi conduzida no Viveiro Irmãos Radel (Figura 3), na localidade Luziânia/GO, cujas coordenadas geográficas são: 16°20'10.95" latitude sul e 48°1'3.30" longitude oeste, e 986 m de altitude média. As mudas foram produzidas utilizando tubetes de polietileno rígido, com volume de 175 cm³, 6,0 cm de diâmetro interno por 13,0 cm de altura, preenchidos com o substrato osmocote, adubo químico NPK 4-14-8 e enraizador. As mudas em viveiro foram avaliadas em altura, copa e diâmetro da base conforme os dados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização inicial das mudas em viveiro com 60 dias.

Espécies	Quantidade de mudas avaliadas		Altura	Copa	Diâmetro
	IC	FC			
Angico	40	40	43,23	30,15	0,04
Aroeira	100	100	47,67	22,45	0,04
Ipê Roxo	50	50	54,21	28,97	0,06

Em que: IC: Início de chuva; FC: Final de chuva.



Figura 1. Mudanças dispostas no viveiro em Luziânia/GO.

Para quantificar os efeitos do lodo no plantio das três espécies de interesse, primeiramente foi quantificada a altura total (H), o diâmetro do coleto (DC) e a diâmetro da copa (AC) ainda em viveiro (etapa 2). As variáveis foram mensuradas novamente com 6 e 12 meses (etapa 3), afim de avaliar o crescimento das espécies em campo, sendo todas as mudas georreferenciadas (coordenadas em anexo).

A altura total consistiu na medição da última gema apical em relação ao solo. A área da copa foi obtida com a medição de duas medidas perpendiculares da copa. O diâmetro do coleto foi mensurado na base plântula. As tomadas das medidas de altura (cm) e copa (cm) foram realizadas com régua graduada e o diâmetro do coleto (mm) com paquímetro analógico ver Figura 4.



Figura 2. Medições iniciais das mudas, sendo a figura A: diâmetro do coleto, figura B: altura e figura C: diâmetro da copa.

4.5 APLICAÇÃO DO LODO

As etapas correspondentes ao processo de recuperação incluíram o preparo inicial do terreno, a aplicação/incorporação do lodo de esgoto à superfície degradada em área total com a ajuda de um trator e avaliação/acompanhamento do processo de recuperação durante 24 meses, a fim de garantir a integridade da área recuperada (Figura 5).

Por se tratar de um plantio de compensação florestal onde se garanta um menor número de mudas mortas, não adotou-se o tratamento controle.



Figura 3. Disposição do lodo de esgoto na área de estudo, Pátio Ferroviário - Brasília/DF.

O cálculo da taxa de aplicação está embasado nos estudos de Corrêa (2006), segundo o qual, aumentar o teor de matéria orgânica em áreas mineradas para, no mínimo,

2% é de suma importância para o estabelecimento de uma revegetação e para se obterem melhorias químicas, físicas e biológicas no substrato a ser recuperado.

Assim, conforme memorial de cálculo e considerando-se que o substrato resultante após o processo de exploração – após a retirada das camadas superficiais do solo – apresenta teor de matéria orgânica próximo a zero, calculou-se a quantidade de biossólido necessária para elevar em 2% o teor de matéria orgânica em relação ao volume dos primeiros 20 cm do substrato da área. Para tanto, considerou-se um teor médio de matéria orgânica igual a 56,2% para os biossólidos da ETE Sul e da ETE Norte.

Com isso, chegou-se ao valor médio aproximado de 70 ton/ha, base seca, o que equivale a cerca de 540 m³ substâncias inorgânicas a serem incorporadas ao substrato pelo uso do biossólido, a partir dessa taxa de aplicação.

4.6 MÉTODO DE CAMPO PARA REDUZIR A TRAÇÃO DE VETORES

O lodo foi transportado à área, em locais previamente definidos para o seu descarregamento, sendo incorporado ao solo em seguida para evitar a exposição do material. Com isso, reduz-se a atração de vetores e a liberação de odores indesejados. Como medida alternativa para evitar vetores e odores indesejados foi utilizada cal hidratada, a qual foi aplicada sobre o lodo e incorporada utilizando-se um trator.

Para o cálculo da quantidade de lodo a ser aplicada nas superfícies degradadas, baseado na elevação do teor de matéria orgânica (MO), deve-se considerar os seguintes aspectos:

- a) teor de MO no substrato da área;
- b) espessura da camada arável e volume do substrato considerado;
- c) teor de MO a ser atingido com a aplicação do lodo; e
- d) teor de MO e de matéria seca (MS) no lodo e sua densidade.

Baseado nessas informações, calcula-se a necessidade de lodo por hectare, tanto em base seca (NLs) quanto em base úmida (NLu) conforme a Equação 1 e a Equação 2, em anexo (7.2).

A partir do valor calculado pela Equação 1, pode-se calcular as concentrações teóricas de substâncias inorgânicas que foram aplicadas ao solo com a aplicação do lodo, conforme as cargas teóricas limites que são estabelecidas tanto pela Resolução 375, de 29

de agosto de 2006, do CONAMA, quanto pela Resolução 03, de 18 de julho de 2006, do CONAM/DF (Tabela 2).

Tabela 2. Cargas teóricas acumuladas em kg/ha permitidas pela Resolução 375/06, do CONAMA, e Resolução 03/06, do CONAM/DF, após aplicação do lodo ao solo.

Parâmetro	Unidade	CONAM/DF	CONAMA
		(RES. 003/2006)	(RES. 375/2006)
Antimônio Total	kg/ha	-	-
Arsênio Total	kg/ha	2	30
Bário Total	kg/ha	-	265
Cádmio Total	kg/ha	1,9	4
Cobre Total	kg/ha	75	137
Chumbo Total	kg/ha	15	41
Cromo Total	kg/ha	-	154
Mercurio Total	kg/ha	0,85	1,2
Molibdênio Total	kg/ha	-	13
Níquel Total	kg/ha	21	74
Selênio Total	kg/ha	5	13
Zinco Total	kg/ha	140	445

Na Tabela 3 são apresentados os valores que foram considerados para o cálculo da necessidade de lodo para aplicação ao substrato de áreas alteradas pela exploração mineral.

Tabela 3. Valores considerados para o cálculo da taxa de aplicação de biossólido de metodologia adaptada a partir de Corrêa (2006).

PARÂMETROS	SIGLA	UNIDADE	MÉDIA ETE SUL E NORTE
DA ÁREA DEGRADADA:			
Camada arável	CA	m	0,2
Área considerada	A	m ²	10.000,00
Densidade do solo ou do substrato	D_s	ton / m ³	1
Percentual atual de MO no solo ou substrato	%MO _s	%	0
Percentual de MO desejada no solo ou substrato	%MO _D	%	2
DO BIOSSÓLIDO:			
Percentual de MO no biossólido	%MO _L	%	56,18
Densidade do biossólido	ρ	ton / m ³	1,01
Teor de sólidos	TS	%	13,1
DO CÁLCULO DA TAXA DE APLICAÇÃO:			
Necessidade de biossólido, base seca (Equação 1)	NL _s	ton MS/ha	71,27
Necessidade de biossólido, base úmida (Equação 2)	NL _u	m ³ /ha	538,56

E na Tabela 4 é apresentada a carga teórica de substâncias inorgânicas incorporadas ao solo a partir da taxa de aplicação de biossólidos definida.

Tabela 4. Cargas teóricas de substâncias inorgânicas incorporadas ao solo pela aplicação dos biossólido e as cargasteóricas acumuladas permitidas pela Resolução 375/06, do CONAMA, e Resolução 03/06, do CONAM/DF.

Parâmetros	Resultados*		Limites dos metais em kg/ha, estabelecido pelo:	
	ETEB Norte	ETEB Sul	CONAM/DF (RES. 003/06)	CONAMA (375/06)
Antimônio Total** kg/ha	2,01	1,66	-	-
Arsênio Total ** kg/ha	0,21	0,17	41	30
Bário Total ** kg/ha	8,92	6,68	265	265
Cádmio Total kg/ha	0,26	0,28	4	4
Chumbo Total kg/ha	2,03	2,49	41	41
Cobre Total kg/ha	17,11	12,46	137	137
Cromo Total kg/ha	2,32	2,80	154	154
Mercúrio Total kg/ha	0,56	0,09	17	1
Molibdênio Total ** kg/ha	1,28	1,07	-	13
Níquel Total kg/ha	1,45	1,56	74	74
Selênio Total ** kg/ha	1,04	0,86	100	13
Zinco Total kg/ha	52,49	58,56	445	445

*A fórmula de cálculo é $A \text{ [Kg/ha]} = \frac{NLS \text{ [ton / ha]} \times 10^3 \times \alpha \text{ [mg / kg]}}{10^0}$ em que A é a carga acumulada do elemento após aplicação com o lodo; NLS é a taxa de aplicação do lodo; e α é a concentração do elemento no lodo.

** As cargas teóricas acumuladas ao solo para estes elementos foram calculados com base nos valores de seus respectivos limites de quantificação (LQ) das metodologias empregadas, pois as concentrações efetivas destes elementos não foram detectadas.

4.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em um fatorial inteiramente casualizado 3 x 2, três espécies e dois períodos (Figura 6). Foram utilizadas as espécies: Angico, Aroeira e Ipê roxo, em dois períodos de plantio: início do período chuvoso e final do período chuvoso,

com cinco repetições. Dentro de cada parcela foram plantadas 8 indivíduos de Angico (2 x 1m), 20 de Aroeira (2 x 1m) e 10 de Ipê Roxo (2 x 1m).

Angico FC	Ipê IC	Ipê FC	Aroeira IC	Ipê FC	Angico FC	Angico IC	Aroeira FC	Aroeira IC	Ipê IC
Ipê FC	Aroeira IC	Angico IC	Angico FC	Aroeira FC	Aroeira IC	Ipê IC	Angico IC	Ipê IC	Angico FC
Aroeira FC	Angico IC	Ipê IC	Aroeira IC	Ipê FC	Angico FC	Aroeira FC	Ipê FC	Angico IC	Aroeira FC

Figura 4. Delineamento experimental em campo para três espécies e dois períodos. Em que: IC = Início da chuva e FC = final da chuva.

Para avaliar normalidade dos resíduos foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (w) e para avaliação da homocedasticidade entre os tratamentos, ou seja, se variâncias são homogêneas, foi utilizado o teste de Levene (l). Quando algum dos dois testes apresentaram significância foram utilizados a correção usando a transformação dos dados sendo:

$$x' = \log_{10} x$$

Foi utilizado a análise de variância para as variáveis de crescimento em diâmetro e altura, em valores absolutos e em porcentagem. Todas as análises foram executadas no software *R project* usando as funções `shapiro.test`, `leveneTest` e a análise de variância usando o pacote `ExpDes` (FERREIRA et al., 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO

Conforme a Resolução CONAMA 375/06 e a Resolução CONAM/DF 003/062, lodos de esgotos apresentam as características necessárias à aplicação em atividades de recuperação de áreas mineradas, seja em função de seus parâmetros agronômicos (Tabela 5), de substâncias inorgânicas (Tabela 6) e dos microbiológicos (Tabela 7).

Tabela 5. Composição dos lodos de esgotos quanto aos parâmetros agronômicos, expressos em base seca.

Parâmetros	Unidade	Concentração (base seca)	
		ETEB Norte	ETEB Sul
pH em água destilada (1:5)	-	7,7	7,23
Umidade	%	87,2	86,6
Fósforo Total	%	7,56	4,66
Matéria Orgânica Total	%	57,95	54,41
Carbono Orgânico Total	%	32,93	30,92
Nitrogênio Total Kjeldahl	%	4,47	4,98
Nitrogênio Amoniacal	%	2,54	1,33
Nitrogênio de Nitrato	mg/kg	3,36	3,36
Nitrogênio de Nitrito	mg/kg	3,36	3,39
Nitrogênio Total	%	4,47	4,98
Enxofre	%	0,26	0,14
Sólidos Totais	%	12,8	13,4
Sólidos Totais Fixo	%	4,1	4,1
Sólidos Totais Volátil	%	8,9	9,3
Cálcio Total	%	2,02	2,03
Magnésio Total	%	1,41	1,83
Potássio Total	%	0,38	0,68
Sódio Total	%	0,57	0,25
Alumínio Total	%	4,05	3,3
Ferro Total	%	2,56	2,44

Tabela 6. Composição dos lodos de esgotos quanto às substâncias inorgânicas, expressos em base seca.

Parâmetros	Unidade	Concentração (base seca)	
		ETEB Norte	ETEB Sul
Antimônio Total *	mg/kg	<29,10	<22,60
Arsênio Total *	mg/kg	<3,02	<2,35
Bário Total	mg/kg	129,3	90,8

Parâmetros	Unidade	Concentração (base seca)	
		ETEB Norte	ETEB Sul
Cádmio Total	mg/kg	3,78	3,81
Chumbo Total	mg/kg	29,41	33,9
Cobre Total	mg/kg	247,9	169,49
Cromo Total	mg/kg	33,61	38,14
Mercúrio Total	mg/kg	8,18	1,22
Molibdênio Total *	mg/kg	<18,60	<14,50
Níquel Total	mg/kg	21,01	21,19
Selênio Total *	mg/kg	<15,10	<11,70
Zinco Total	mg/kg	760,5	796,61

Nota: * Os valores apresentados para estes elementos referem-se aos respectivos limites de quantificação (LQ) das metodologias empregadas, pois as concentrações efetivas destes elementos não foram detectadas.

Tabela 7. Composição dos lodos de esgotos quanto aos parâmetros microbiológicos, expressos em base seca.

Parâmetros	Unidade	Resultados	
		ETEB Norte	ETEB Sul
Coliformes termotolerantes	NMP / 4g MS	$1,7 \times 10^6$	$4,0 \times 10^7$
Ovos viáveis de helmintos	Nº ovos viáveis / g MS	70,0	1,2

As três espécies apresentam crescimento superior no período de início da chuva (Tabela 8, Figura 7). Por sua vez, oipê roxo apresentou o maior crescimento em diâmetro em porcentagem nos dois períodos. Em relação à altura em porcentagem para o IC a espécie mais bem sucedida foi o ipê roxo e para o FC o angico. Em relação ao crescimento em copa a espécie que apresentou o maior crescimento para o IC foi o angico e a espécie mais bem sucedida para o FC foi a aroeira.

Tabela 8. Valores médios dos crescimentos em diâmetro e altura de três espécies em dois períodos em um plantio. Em que: D = crescimento em diâmetro em centímetro; D% = crescimento em diâmetro em porcentagem; H = crescimento em altura em metro; H% = crescimento em altura em porcentagem.

Espécies	Início Chuva				Final Chuva			
	D	D%	H	H%	D	D%	H	H%
Angico	0,02	4.288,10	2,450	566,13	0,001	129,92	0,78	181,37
Aroeira	0,01	1.409,47	1,530	320,73	0,004	851,77	0,84	177,81
Ipê roxo	0,03	4.800,27	11,910	2.193,71	0,010	1.578,74	0,48	89,20

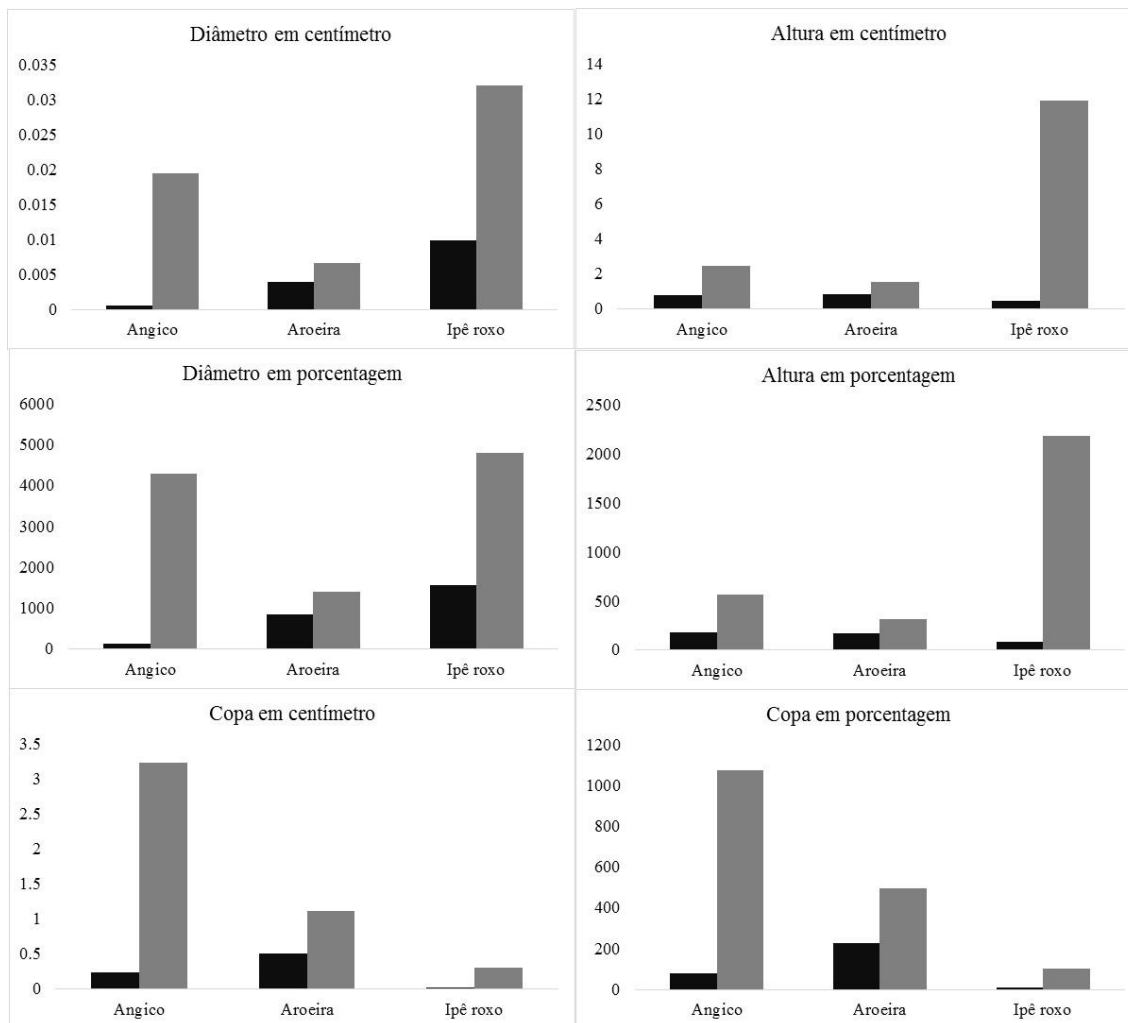


Figura 4. Valores médios dos crescimentos em diâmetro e altura de três espécies em dois períodos em um plantio. Onde: **Cinza início da chuva e preto final da chuva.**

5.2 CRESCIMENTO EM DIÂMETRO ABSOLUTO

Em relação à análise de variância houve diferença significativa no diâmetro em valores absolutos para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	0,0012788	0,00063938	92,697	5,1e-12
Período	1	0,0016054	0,00160540	232,750	1,00e-13
Espécies*Período	2	0,0005507	0,00027533	39,917	2,32e-08
Resíduos	24	0,0001655	0,00000690		
Total	29				

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 10).

Tabela 10. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em diâmetro (cm)
Ipê roxo	0,0320 a
Angico	0,0199 b
Aroeira	0,0066 c

Dentro do período final de chuva (FC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 11).

Tabela 11. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no final da chuva.

Espécie	Crescimento em diâmetro (cm)
Ipê roxo	0,0099a
Angico	0,0006 b
Aroeira	0,0040 b

Entre os períodos todas as espécies apresentaram médias de crescimento diferente para cada período. Para todas as espécies o crescimento foi maior no período de Início da Chuva (IC).

5.3 CRESCIMENTO EM DIÂMETRO EM PORCENTAGEM

Entre os períodos todas as espécies apresentaram médias de crescimento diferente para cada período. Para todas as espécies o crescimento foi maior no período de Início da Chuva (IC).

Em relação à análise de variância houve diferença significativa no diâmetro em porcentagem para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	21256635	10628318	37,880	3,75e ⁻⁸
Período	1	53436145	53436145	190,450	1,0e ⁻¹²
Espécies*Período	2	17988669	8994334	32,056	1,67e ⁻⁷
Resíduos	24				
Total	29				

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 13).

Tabela 13. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em diâmetro (%)
Ipê roxo	4800,029 a
Angico	4368,353 b
Aroeira	1409,47 c

Dentro do período final de chuva (FC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 14).

Tabela 14. Teste de Tukey para o crescimento em diâmetro do plantio no final da chuva.

Espécie	Crescimento em diâmetro (%)
Ipê roxo	1579,029 a
Angico	139,580 b
Aroeira	851,775 ab

Entre os períodos todas as espécies apresentaram médias de crescimento diferente para cada período. Para todas as espécies o crescimento foi maior no período de Início da Chuva (IC).

5.4 CRESCIMENTO EM ALTURA ABSOLUTO

Em relação à análise de variância houve diferença significativa na altura em valores absolutos para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 15).

Tabela 15. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	154,14	77,071	4,8816	0,0166419
Período	1	158,10	158,096	10,0137	0,0041855
Espécies*Período	2	176,36	88,181	5,5853	0,0101949
Resíduos	24	378,91	15,788		
Total	29	867,51			

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 16).

Tabela 16. Teste de Tukey para o crescimento em altura do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em altura (m)
Angico	2,45 b
Aroeira	1,52 c
Ipê roxo	11,90 a

Dentro do período início de chuva (FC), o teste de Tukey não apresentou diferença significativa. E apenas para o *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) o período de início da chuva apresentou diferença significativa em relação ao período final da chuva.

5.5 CRESCIMENTO EM ALTURA EM PORCENTAGEM

Em relação à análise de variância houve diferença significativa no diâmetro em valores absolutos para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 17).

Tabela 17. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	4664316	2332158	4,3517	0,0244017
Período	1	5776281	5776281	10,7783	0,0031392
Espécies*Período	2	5718124	2859062	5,3349	0,0121095
Resíduos	24	12862061	535919		
Total	29	29020781			

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 18).

Tabela 18. Teste de Tukey para o crescimento em altura do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em altura (m)
Angico	567,712 b
Aroeira	320.732 b
Ipê roxo	2193,713 a

Dentro do período início de chuva (FC), o teste de Tukey não apresentou diferença significativa. E apenas para o *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) o período de início da chuva apresentou diferença significativa em relação ao período final da chuva.

5.6 CRESCIMENTO NA COPA ABSOLUTO

Em relação à análise de variância houve diferença significativa na copa em valores absolutos para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 19).

Tabela 19. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	12,763	6,3814	98,427	2,71e-12
Período	1	12,617	12,6165	194,598	5,21e-13
Espécies*Período	2	11,263	5,6316	86,862	1,02e-11
Resíduos	24	1,556	0,0648		
Total	29	38,199			

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie Angico apresentou a melhor média de crescimento, seguido pela Aroeira e posteriormente o Ipê-roxo (Tabela 20).

Tabela 20. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em copa (cm)
Angico	3,26399 a
Aroeira	1,11475 b
Ipê-roxo	0,30022 b

Dentro do período início de chuva (FC), o teste de Tukey identificou que as espécies Aroeira e Angico apresentaram a melhor média de crescimento, e posteriormente o Ipê-roxo (Tabela 21).

Tabela 21. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no final da chuva.

Espécie	Crescimento em copa (cm)
Aroeira	0,51231 a
Angico	0,24464 a
Ipê roxo	0,03102 b

Todas as espécies apresentaram crescimento maior no período de Início da Chuva (IC).

5.7 CRESCIMENTO NA COPA EM PORCENTAGEM

Em relação à análise de variância houve diferença significativa na copa em valores relativos para as espécies e para o período, além da interação que foi significativa (Tabela 22).

Tabela 22. Análise de variância para a variável diâmetro em valores absolutos.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Espécies	2	1387014	693507	96.767	3.25e-12
Período	1	1552305	1552305	216.597	1,64e-13
Espécies*Período	2	1162315	581158	81.090	2,10e-11
Resíduos	24	172003	7167		
Total	29	4273637			

Dentro do período início de chuva (IC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 23).

Tabela 23. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no início da chuva.

Espécie	Crescimento em copa (cm)
Ipê roxo	103,6276 c
Angico	1082,736 a
Aroeira	496,4744 b

Dentro do período final de chuva (FC), o teste de Tukey identificou que a espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi apresentou a melhor média de crescimento (Tabela 24).

Tabela 24. Teste de Tukey para o crescimento na variável copa do plantio no final da chuva.

Espécie	Crescimento em copa (cm)
Ipê roxo	10,74955 c
Angico	80,5019 b
Aroeira	226,7546 a

Entre os períodos todas as espécies apresentaram médias de crescimento diferente para cada período. Para todas as espécies o crescimento foi maior no período de Início da Chuva (IC).

Avaliando então todas as análises de variâncias podemos verificar que a época de plantio foi determinante para o crescimento das espécies. A espécie de ipê-roxo foi a que obteve maior crescimento em quase todas as variáveis.

Araújo et al. (2010) encontrou que o crescimento inicial de ipê roxo em solos degradados foram de altura total do ipê roxo, 0,58 m após 12 meses. Porém, para este trabalho o crescimento médio do ipê-roxo foi de 0,48 m na estação seca e de aproximadamente 0,12 m na estação úmida.

Já Nunes et al. (2010) que avaliou o crescimento inicial de aroeira e registrou 1,35 m de altura total média aos 18 meses (7,5 cm/mês). Porém neste trabalho o valor da altura total média foi superior (0,22 cm/mês Início da chuva e 0,14 cm/mês Final da chuva). No mesmo experimento Nunes et al. (2010) avaliou o diâmetro do coleto da espécie aroeira que apresentou 3,12 cm aos 18 meses (0,17 cm/mês) neste trabalho os valores foram superiores à média do diâmetro nos primeiros 6 meses do plantio 0,32 cm/mês no Início da chuva e 0,15 cm/mês no Final da chuva.

A espécie Angico apresentou crescimento de 18 cm em 6 meses após o plantio na altura e 2,0 cm no diâmetro do coleto (FERREIRA et al., 2012). Valores inferiores aos encontrados neste trabalho, com o mesmo período após o plantio, onde o crescimento médio foi de 2 metros na altura e 4,92 cm no diâmetro do coleto.

O sucesso no uso do lodo já havia sido observado em outro plantio. Em 2006, em uma área próxima com aproximadamente 12 hectares, fora do limite dos 185 hectares avaliados neste trabalho, foi submetida à recuperação pelo Departamento de Estradas e Rodagem do DF (DER/DF) sob a luz da Autorização Ambiental 132/2005 – SEMARH-DF. Neste levantamento os resultados foram expressivos no desenvolvimento de cobertura vegetal a partir da incorporação de lodos de esgotos.

6. ASPECTOS GERAIS DA RECUPERAÇÃO

Quando a recuperação da área é obrigatória, por exemplo, decorrente de compensação florestal como é a nossa situação, o Órgão Ambiental deverá atestar se a recuperação ocorreu a contento, assim para o monitoramento de áreas naturais ou sua avaliação enquanto recuperação, são utilizados vários indicadores. Bons indicadores ecológicos para projetos de restauração ou de recuperação de áreas degradadas, em qualquer região ecológica ou por qualquer técnica, são exemplificados na tabela seguinte.

Tabela 25. Características consideradas para a seleção de indicadores

Características	Indicadores
Composição	Número e proporção entre espécies
	Presença e abundância de invasoras
	Formas de vida (árvore, erva, arbusto, trepadeira, epífitas).
Estrutura	Cobertura (projeção de copas ou gramíneas)
	Biomassa
	Densidade
	Estratificação (distribuição vertical das plantas)
Funcionamento	Taxa de recrutamento e mortalidade
	Capacidade de infiltração de água no solo

Os indicadores elencados na tabela acima são pertinentes para um monitoramento simples e objetivo de ecossistemas florestais em recuperação.

Esse conjunto de indicadores foi escolhido por representar os parâmetros ecológicos mais importantes e indicar a qualidade da área em restauração, independente da técnica (ou estratégia) utilizada para a recuperação.

Desta feita, analisou-se por meio de 5(cinco) indicadores universais, a área em recuperação, conforme tabela abaixo:

Tabela 26. Tabela de indicadores avaliados.

Indicador ecológico	Método	Unidade de Medida	Avaliação
Cobertura	Cobertura de copas e gramíneas	Percentual de cobertura (visual + imagens de satélites)	Acima de 60% de cobertura de copas
Estratificação	Avaliação visual dos estratos presentes	Presença ou ausência de estratos	Presença de mais de 2 estratos, composto por espécies pioneiras e não pioneiras. Percebe-se ainda, o recrutamento de espécies não plantadas e estabelecimento de plântulas em locais bem sombreados.

Fitofisionomia	Aparência e arranjo das espécies	Presença ou ausência de fitofisionomia	Capoeira baixa, com formação de serapilheira. Pioneiras com mais de 3 metros de altura.
Espécies lenhosas invasoras	Amostragem	Presença ou ausência de invasoras	Não há espécies lenhosas invasoras.
Espécies de animais	Avaliação visual	Presença ou ausência de animais.	Presença abundante de avifauna e mamíferos.

Para corroborar as informações elencadas nas tabelas acima, foram apresentados, indicadores complementares, que, apesar de simples, são citados com frequência por especialistas em recuperação florestal, como bons fatores de análise do sucesso da recuperação (Figura 9), quais sejam:

1. Formas de vida: foram observadas diferentes formas de vida vegetal na área em recuperação, como: árvores, arbustos, leguminosas e ervas/herbáceas;
2. Presença de fauna: constante presença de aves diversas, répteis e mamíferos, foram encontradas cobras, patas de capivaras e antas;
3. Serapilheira: solo com bom percentual de matéria orgânica e umidade local;
4. Recrutamento: presença de diferentes formas de vida que não foram inseridas durante o plantio de mudas.

Figura 8. Imagens sobre os indicadores de recuperação apresentados.







7. CONCLUSÃO

As espécies apresentaram maior crescimento nas três variáveis (altura, diâmetro e copa) quando plantadas no início do período chuvoso.

Todas as espécies responderam de forma positiva ao uso do lodo de esgoto, o lodo melhorou o crescimento das três espécies e é possível observar a circulação de diferentes espécies de animais, o que nos permite acreditar que a área está em rápido estágio de recuperação.

Assim, recomenda-se o lodo para a adubação em plantio de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA LS (2005) Avaliação Morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST. (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 105p.
- ALVES, W.L.; MELO, W.J.; FERREIRA, M.E. Efeito do composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.729-736, 1999.
- ARAUJO, J.W.P.; SACRAMENTO, A. S.; SOUZA, D. R. . Crescimento inicial do ipê roxo em solos degradados. *In: Reunião Regional da SBPC, 2010, Cruz das Almas. I Reunião Regional da SBPC, 2010.*
- ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I; FERNANDES, F. Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999.
- ANDREOLI, C. V. et al. Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico. *Engenharia e Construção*, Curitiba, n. 24, 1998.
- ANTEZANA, F. L. Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina-DF. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. 2008, 84p.
- BITAR, O. Y., BRAGA, T. O. O meio físico na recuperação de áreas degradadas. *In: BITAR, O. I., coord.. curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE/IPT-Digeo, 1995. P. 165-179. (Série Meio Ambiente).*
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006 – *In: Resoluções, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 09 de agosto, 2014.*
- BRASIL, Instituto Brasileira do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. 96p., Brasília: IBAMA,1990.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 375/2006 do Conama que dispõe sobre a Regulamentação do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf> > Acesso em: 12 agosto de 2014.
- BORLAUG, N.E. 2002. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. *In: R. Bailey (ed.). Global warming and other eco-myths. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA.*
- BLAIKIE, P., BrookWeld, H.C. (Eds.), 1987. *Land Degradation and Society*. Methuen, London

- CAMPOS, J. R. et al. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, PROSAB/FINEP, 1999.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira. Brasília: EMBRAPA-CNPQ. 1994. 640 p.
- CLARK, D. A. Plant demography. *In*: La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest (McDade, L. A.; Bawa, K. S.; Hespdenheide, H. A. e Hartshorn, G. S., eds.). University of Chicago Press, Chicago, EUA, 1994. pp. 90-105.
- CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de bio-sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.4, p.420-426, 2007.
- CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação**. Brasília: Universa, 2006. 187p.
- CORRÊA, R.S.; BIAS, E.S. & BAPTISTA, G.M.M. Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal. *In*: CORRÊA, R.S. & BAPTISTA, G.M.M., orgs. Mineração e áreas degradadas no Cerrado. Brasília, Universa, 2004. p.9-21
- CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B. Aspectos ecológicos da sucessão secundária em áreas mineradas no cerrado, *in* CORRÊA, R.S.; BAPTISTA, G.M.M., Mineração e áreas degradadas no cerrado, Editora Universa, Brasília, cap 7. p. 123-158, 2004c.
- De Maria, I. C.; Castro, O. M.; Dias, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, n.3, p.703-709, 1999.
- DEDECEK, R. A. – A dinâmica dos solos em áreas degradadas – *in* Anais do I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas – Maurício BALENSIEFER (coordenador). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Silvicultura e Manejo e Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), 25 a 29 de outubro de 1992, [520p.il](#) editora da UFPR.
- DEGÁSPARI CH, WASZCZYNSKYJ N, PRADO MRM (2005) Atividade antimicrobiana de *Schinus terebenthifolius* Raddi. Ciênc. agrotec. 29: 617-622.
- DEGÁSPARI CH (2004) Propriedades antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebenthifolius* Raddi). Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 104f.
- DENSLOW, J. S. Functional group diversity and responses to disturbance. *In*: Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests (Orlans, G. H.; Dirzo, R. e Cushman, J. H., eds.). Springer-Verlag, Berlin, Alemanha, 1996. pp. 127-151.
- DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. – Conceituação e caracterização de áreas degradadas – *in* Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - Editado por Luiz Eduardo DIAS, Jaime Wilson Vargas de MELLO. Universidade Federal de

- Viçosa (UFV), Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, MG, 1998. 1-8p.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta a fertilização. *Energia Agrícola*. Botucatu, vol. 22, n. 1, 2007. p. 42-60.
- DUDA, G.P.; CAMPELLO, E.F.C.; MENDONÇA, E.S.; LOURES, J.L. & DOMINGOS, M. Avaliação de frações da matéria orgânica do solo para caracterização de áreas degradadas. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:723-728, 1999.
- DURIGAN, G. & SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Forestalis*, n.56, 1999, p.135-44.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. A plain english guide to the EPA part 503 biosolids rule. Washington, DC : EPA, 1994. 176 p.
- ETTORI, L.C.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; SATO, A.S.; CAMPOS, O.R. Variabilidade genética em populações de ipê-roxo - *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. - para conservação *ex situ*. **Revista do Instituto Florestal**, v.8, n.1, p.61-70, jul.1996.
- FAO - Poverty Alleviation and Food Security in Asia: Land Resources - (Food and agriculture organization of the United Nations). This preliminary report was prepared by FAO-AGL in reference to FAO Regional Office for Asia and the Pacific, July 1999. RAP Publication 1999/2. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/swlwpnr/reports/v_a/a.htm#hla>Acessado em 25 de agosto de 2014:
- FELFILI, M J.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Recuperação de Áreas degradadas no cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. *In*: FELFILI, M J.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. A. Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas da Bacia do São Francisco. Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD), 2008a, 216p.
- FELFILI, M J.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R. R. Recuperação de áreas degradadas. *In*: FELFILI, M. J.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. A. Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia do São Francisco: treinamento e sensibilização. 1ª Edição, 2008b. p. 51-62.
- FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SILVA, J.C.S.; OLIVEIRA, E.C.; PINTO, J.R.R.; SILVA JÚNIOR, M.C.; RAMOS, K.M.O. Plantas da APA Gama e Cabeça de Veado: espécies, ecossistemas e recuperação. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2002, 52p.
- FELFILI, M. C.; FELFILI, M. J. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto da Chapada Pratinha, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo-SP, v. 2, n. 15, 2001, p. 243-254.

- FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. (2013). ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2. <http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes>.
- FERREIRA, W.N.; RANDAVALLI, R.B.; BEZERRA, A.M.E.; MEDEIROS FILHO, S. Crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (Mimosaceae) e *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altshul (Mimosaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Acta Botanica Brasílica*, v. 26, p. 397-403, 2012.
- FERREIRA, J. A. Resíduos Sólidos e Lixo Hospitalar: Uma Discussão Ética. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro, v. 11 n. 2, p. 314-320, 1995.
- FERNANDES, C. & MURAOKA, T. Absorção de P por híbridos de milho cultivados em solo de Cerrado. *Sci. Agr.*, 59:781-787, 2002.
- FONSECA, M.G.D, et al. Biotecnologia Vegetal e Produtos Afins. *In: Silveira, J.M.F.J Da, Dal Poz, M.E; Assad, A. (Eds.) Biotecnologia e Recursos Genéticos: Desafios e Oportunidades para o Brasil. Campinas: FINEP/Instituto de Economia da Unicamp, 1ª ed, 2004.*
- FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). Manual de saneamento, 3a ed, Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 2006, 408 p.
- GONÇALVES, R. F.; DA SILVA, A. L. B.; PASSAMANI, F. R. F.; SPAVIER, L. C.; CRIBARI, B. S. Influência da difusividade térmica na eficiência da Pasteurização de lodos de esgoto. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais eletrônicos: ABES/SC, 2001.
- GRUBB, P. J. A theoretical background to the conservation of ecologically distinct groups of annuals and biennials in the chalk grassland ecosystem *Biol.Conserv.* (10), 53 – 76, 1976.
- HARTSHORN, G.S., 1978. Treefalls and tropical forest dynamics, pp. 617-638. *In: P.B. Tomlinson & M.H. Zimmermann (eds), Tropical trees as living systems, Cambridge Univ. Press, New York.*
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *R. Bras. Fisiol.*, 12:54-64, 2000.
- IBAMA. Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação. Brasília: IBAMA, 1990, 96 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2000. Departamento de Populações e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro, 2002.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2005. 932 p.

- KAGEYAMA, P. Y. e GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares, PP. 249-269 *In*: Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª edição (Rodrigues, R. R. e Leitão Filho, H. F., (eds). Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- Klink, C.A. & A.G. Moreira. 2002. Past and current human occupation and land-use. *In*: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna. pp. 69-88. Columbia University Press, New York.
- LANGE, L. C. et al. Estudo comparativo de metodologias para análise físico-químicas de resíduos sólidos urbanos. *In*: CASTILHOS JUNIOR, A. B. et al. Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para Pequenas Comunidades: Coletânea de trabalhos técnicos. Rio de Janeiro : RiMa ABES, 2002. 104 p.
- LENZI M & ORTH AI (2004) Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*. 17: 67-89.
- LIMA, E. P. C. Florística e estrutura de uma área degradada por garimpo de ouro abandonado e do remanescente florestal de entorno, no município de Alta Floresta/MT. Cáceres, 2008 Dissertação (Especialização em Ciências Ambientais)- Departamento de Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Mato Grosso.
- LONGHI, R.A. Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul. 2.ed. Porto Alegre: L&PM, 1995. 176p.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v.1, 4ª ed. Nova Odessa. Editora Plantarum, 367p, 2002.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- LUCCHESI, L. A. C., MORAES, A., SANTOS, H. R. e SOUSA, M. L. P. Pastagens: um sistema de produção para a reabilitação de áreas degradadas - in Anais do I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas – Maurício BALENSIEFER (coordenador). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Silvicultura e Manejo e Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), 25 a 29 de outubro de 1992, 520p.il editora da UFPR.
- LUZ, F. X. R.; GUIMARÃES, C. Resíduos hospitalares. *Revista saúde Publica*. v. 6, p. 405- 426, 1972.
- MACHADO, R.B. M.B, RAMOS NETO. M.B, HARIS, R. Louviral & L.M.S. Aguiar. 2005. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. *In*: Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Pp29-38. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, Brasil.
- MALTA, T. S. Aplicação de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos na agricultura: Estudo do caso do Município de Rio das Ostras –RJ: 2001, Dissertação. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2001.
- MELO, V. G. Uso de espécies nativas do bioma Cerrado na recuperação de área degradada de Cerrado sentido restrito, utilizando lodo de esgoto e adubação química.

- Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2006. 96p.
- MILES, J. Effects of experimental interference with stand atructure on stablishment of seedlings in Callunetum. *J.Ecol.* (62):, 675-87, 1976.
- MILTHORPE, L. Mechanisms in biological competition, SEB Symposium 15, Cambrige University Press. Cambrige, 1961.
- MOURA, A. C. C. Recuperação de áreas degradadas no Ribeirão do Gama o envolvimento da comunidade do núcleo hortícola de Vargem Bonita, DF. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2008. 125p.
- MUNHOZ, C.B.R & FELFILI, J.M, 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo, Fazenda Águas Limpa, Distrito Federal, Brasil. *Acta Botânica Brasília* 19 (4): 979-988.
- MONTEIRO, M.M. 2014. 90 p. Efeito do hidrogel em plantios de mudas nativas do cerrado para recuperação de área degradada pela mineração no Distrito Federal. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.
- MORAES, L. F. D., CAMPELLO, E. F. C., FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. *Oecologia Australis* 14(2): 2010. p. 437-451.
- OLIVEIRA, F. F. Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil. Dissertação (mestrado). Departamento de Ecologia, Programa de pós-graduação em ecologia. 2006, 124p.
- PINTO, J. R. R.; BORDINI, M. C.P.; PORTO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. Princípios e técnicas usadas na recuperação de áreas degradadas. *In: FAGG, C. W.; MUNHOZ, C. B. R.; SOUSA-SILVA, J. C. Conservação de áreas de preservação permanente do Cerrado. Brasília; CRAD, 2011. p. 149-184.*
- REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. 2006. A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: espaço para o imprevisível . *In: Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas com Ênfase em Matas Ciliares e Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas no Estado de São Paulo: Avaliação da Aplicação e Aprimoramento da Resolução SMA 47/03, 2006, São Paulo. Anais do Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas com Ênfase em Matas Ciliares e Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas no Estado de São Paulo: Avaliação da Aplicação e Aprimoramento da Resolução SMA 47/03.*
- REZENDE, R. P.; Recuperação de Matas de Galeria em propriedades rurais do Distrito Federal e entorno. Dissertação (mestrado). Departamento de Ciências Florestais, Universidade de Brasília. 2004, 145p.

- RIBEIRO JF. & Walter BMT (2008) As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP & Ribeiro JF (Eds.) Cerrado: ecologia e flora. Planaltina, Embrapa Cerrados. p.151-212.
- RIBEIRO, LF.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de (ed) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPSC, p.89-166, 1998.
- ROCHA, A. N. C. L. Higienização de lodo anaeróbico por meio alcalino: Estudo de caso da ETE Lages – Aparecida de Goiânia – GO: 2009, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, 2009.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1988. 524 p.
- SANTOS, E. Nossas madeiras. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 313p.
- SANO, E.E., et al. Land cover mapping of the tropical savana region in Brazil. *Environ Monit Assess*, v.166, p.11-124, 2009.
- SANO, E.E., et al. Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultado. Embrapa Cerrados. Planaltina-DF, 2007, 33p.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetation*, 75, 1988, p. 81-86.
- SIQUEIRA, A.C.M.F.; NOGUEIRA, J.C.B. Essências brasileiras e sua conservação genética no Instituto Florestal de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, v.4, n.4, p.1187, 1992. Edição dos Anais do CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, São Paulo, 1992. Edição especial.
- SILVA, J. C. S. Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido no Distrito Federal. Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2007.120p.
- SILVEIRA, M. L. A. et al. Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agrícola*, Piracicaba. v.60, n.4, p.793-806, 2003.
- SOARES, S. R. A.; MATTOS, Z. M. R. DE; BERNARDES, R. S. Modelagem do processo de desidratação de lodo anaeróbico em leitos de secagem simulados. (2001). *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*. V.5, n.2, p.313-319.
- SCHNITZER, S. A.; CARSON, W. P. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology*, 82:913-919, 2001.
- STRAUSS M.; BLUMENTHAL, U.J. Human Waste Use In Agriculture and Aquaculture. Utilization Practices and Health Perspectives. IRCWD Report N 08/89, 1989, 250 p.
- SOUZA, C. C. Estabelecimento e crescimento inicial de espécies florestais em plantios de recuperação de Mata de Galeria do Distrito Federal. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Florestal, UnB. Brasília-DF, 2002, 99p.

- TAVARES, A. B.; CRUZ, S. P.; LOLLO, J. A. Geoindicadores para a caracterização de estado de diferentes ambientes. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 5, n.2, 2008. p. 42-57.
- TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. *Biossólidos na agricultura*. 2. Ed. São Paulo: Abes/SP, 2002. 468 p.
- TSUTIYA, M.T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos, cap 4. *In: Biossólidos na Agricultura*, 2001. 468p.
- Trannin, I. C. de; Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com lodo de esgoto industrial e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.223-230, 2008.
- VALCARCEL, R. - Problemas e Estratégias de Recuperação de Áreas Degradadas na Europa – in *Anais do I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas – Maurício BALENSIEFER (coordenador)*. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Silvicultura e Manejo e Fundação de Pesquisas 133 Florestais do Paraná (FUPEF), 25 a 29 de outubro de 1992, [520p.il](#) editora da UFPR. 40-43p.
- VAN HAANDEL. A. C; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente*. Campina Grande, 1994.
- VAZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1994. Signals for gaps. Exploitation of environmental heterogeneity by plants: Ecophysiological Processes Above and Below Ground(eds. M. CALDWELL & r. PEARCY). Academic Press, New York, pp 261-318.
- VAZQUEZ-YANES, C. & SMITH, H. Phytochrome controlo f seed germination in the tropical rain Forest Pioneer trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. *New Phytologist*. (92)477-485, 1982.
- WHITMORE, T. C. *An introduction to tropical rain forests*. Blackwell, London, 1990.
- WHITMORE, T. C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry, 1996. pp. 3-39. In: M. D. Swaine (ed.), *The ecology of tropical forest seedlings*, UNESCO and Parthenon Publishing Group, Paris, 1996.

Disponível

em:

<<http://r1.ufrj.br/cfar/d/download/Apostila%20de%20areas%20degradadas.pdf>>

Acesso em dezembro de 2014.

<http://appvps6.cloudapp.net/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf> Acesso em dezembro de 2014.

8. ANEXO – OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO

8.1 NOME E ENDEREÇO DA UNIDADE DE GERENCIAMENTO (UGL)

- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) / Superintendência de Manutenção e Operação de Esgotos (POE) / Unidade de Gerenciamento de Lodos (POEGL). Endereço: Centro de Gestão Águas Emendadas – Av. Sibipiruna Lotes 13/21 – Águas Claras – DF CEP 71.928-720 - Contatos: 3213-7184 / 3213-7531.
- Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Norte-ETEB Norte – Avenida das Nações Norte, s/n. Tel.: 3307-1716.
- Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Sul-ETEB Sul – Avenida das Nações Sul, s/n. Tel.: 3346-8096.

8.2 EQUAÇÕES: NECESSIDADE DE LODO DE ESGOTO:

- **Equação 1: necessidade de lodo por hectare em base seca (NL_S):**

$$NL_S = \frac{A \times CA \times DS \times (MO_D - MO_S)}{MO_L} \quad (1)$$

Em que: NL_S = Necessidade de lodo na base seca; A = 10.000 unidade de área considerada para efeitos de cálculo 1 hectare, em m²; CA = Camada arável considerada, em m; DS = densidade do solo ou substrato, em ton/m³, considerada 1, para efeitos de cálculo; MO_D = percentual de matéria orgânica desejada no solo ou substrato, em %; MO_S = percentual de matéria orgânica atual do solo ou substrato, em %; MO_L = percentual de matéria orgânica do lodo de esgoto, em %

- **Equação 2: necessidade de lodo por hectare em base úmida (NL_U):**

$$NL_U = \frac{NL_S}{TS \times \rho} \quad (2)$$

Em que: NL_U = Necessidade de biossólido, base úmida, em tonelada por hectare; NL_S = a necessidade de biossólido, base seca, em tonelada de matéria seca (MS) por hectare; TS = o teor de sólidos presentes no biossólido, em percentagem; e ρ = Densidade do biossólido, em tonelada por m³.

8.3 ANEXO FOTOGRÁFICO



1. Linhas de plantio depois da subsolagem



2. Abertura dos berços de plantio



3. Mudas sendo dispostas em campo



4. Mudas em desenvolvimento em campo



5. Mudas em desenvolvimento em campo