

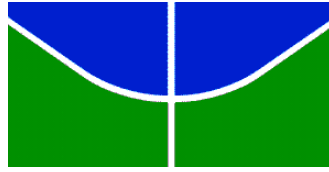
Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Efeitos da Aplicação de Biossólido e Resíduos de Poda na Revegetação de
Área de Empréstimo no Distrito Federal**

Leonardo Pereira Fraga

Brasília-DF

Abril 2016



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Efeitos da Aplicação de Biossólido e Resíduos de Poda na Revegetação de
Área de Empréstimo no Distrito Federal**

Leonardo Pereira Fraga

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Isabel Belloni Schmidt

Dissertação submetida ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Brasília-DF

Abril 2016



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Dissertação de Mestrado

**Efeitos da Aplicação de Biossólido e Resíduos de Poda na Revegetação de
Área de Empréstimo no Distrito Federal**

LEONARDO PEREIRA FRAGA

Aprovada por:

Prof^ª. Dr^ª. Isabel Belloni Schmidt

Presidente/PPGECL UnB

Prof^ª. Dr^ª. Gabriela Bielefeld Nardoto

Membro Titular/PPGECL UnB

Prof. Dr. Rodrigo Studart Corrêa

Membro Titular Externo/PPGCA UnB

Prof. Dr. Daniel Luis Mascia Vieira

Membro Suplente/PPGECL UnB

**"A maior riqueza do homem
é sua incompletude.**

**Não aguento ser apenas
um sujeito que abre
portas, que puxa
válvulas, que olha o
relógio...**

**Perdoai. Mas eu
preciso ser Outros."**

- Manoel de Barros

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília (UnB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia pelo incentivo à pesquisa.

À minha orientadora Profa. Isabel B. Schmidt, pelos ensinamentos, pela amizade e motivação diuturna durante a orientação deste trabalho.

Ao Exmo. Sr. General Lauro Luís Pires da Silva e toda a equipe da Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA), pelo apoio e incentivo.

Ao Analista Ambiental Alexandre B. Sampaio, do ICMBio, pelo apoio na concepção e contribuições constantes durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Daniel Luis M. Vieira, pelo apoio na concepção e contribuições constantes durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. José Ricardo Peixoto, Profa. Maria Lucrécia G. Ramos e Profa. Alessandra M. de Paula, da FAV-UnB, pelas contribuições na realização deste trabalho.

À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) na pessoa da Coordenadora Leiliane Saraiva Oliveira, por todo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

À Companhia Imobiliária de Brasília (TERRACAP) na pessoa do Engenheiro Henrique Vaz de Oliveira, por todo apoio na implantação do experimento.

À Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP) na pessoa do Servidor Raimundo Silva, por todo apoio na implantação do experimento.

À Embrapa Cerrados na pessoa do Dr. José Felipe Ribeiro, pela doação de mudas para o experimento.

À Bióloga Patrícia C. Kratka pela doação de mudas para o experimento.

Ao Engenheiro Ambiental José Antônio e toda equipe de campo envolvida na recuperação do Pátio da antiga Rodoferroviária de Brasília pela paciência e apoio na implantação do experimento.

Aos integrantes da Seção de Meio Ambiente da DPIMA e “agregados”, em especial à Ana Paula e Ribeiro, por estarem presentes em todas as etapas deste trabalho. Ao Felipe Fôro pelo apoio com o programa de SIG.

A todos os “companheiros de jornada” do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Grupo Restaura Cerrado e do Laboratório de Ecologia Vegetal pelos anos de convivência, apoio e aprendizado mútuos.

Aos professores membros da Banca Examinadora que aceitaram participar da avaliação deste trabalho.

Aos meus pais por terem proporcionado um ambiente de amor e constância além de valores tão caros na minha “bagagem como pessoa”.

Aos meus sogros, Maria Mônica e Luís (*in memoriam*) pelo interesse, apoio, preocupação e, sobretudo, pelas conversas agradáveis sempre em clima de “sábado à tarde na varanda”. Muitas saudades sogrão!!!

Por fim, à minha esposa Dani, meu amor, companheira de todas as horas e à minha Julinha, meu maior presente, por representarem fontes de regozijo e o “porto seguro” nesta vida. Amo vocês!!!

Resumo

Ações de recuperação de comunidades vegetais, em áreas mineradas, podem contribuir para a conservação de espécies. Áreas de empréstimo são áreas mineradas, geralmente localizadas no ambiente urbano e periurbano, caracterizadas pela remoção total da cobertura vegetal para retirada do subsolo. Nas áreas urbanas, também há a questão da destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos. O processo de tratamento de esgotos sanitários gera um subproduto conhecido como lodo de esgoto ou biossólido. A poda de árvores nos centros urbanos também gera grandes volumes de resíduos sólidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso do biossólido e dos resíduos de poda na recuperação de área de empréstimo, no Distrito Federal. Foram avaliados: (i) os efeitos de diferentes dosagens de lodo e de resíduos de poda, e sua combinação, na sobrevivência e crescimento inicial de mudas de espécies arbóreas de dez espécies nativas do Cerrado; (ii) o estabelecimento de gramíneas exóticas invasoras e outras espécies espontâneas nas parcelas experimentais; e (iii) as condições de fertilidade e de reestruturação do solo em recuperação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e um grupo controle, e três réplicas de cada tratamento, totalizando 27 parcelas experimentais. Foram testados os efeitos de três níveis (doses) dos dois fatores (Lodo - L e Poda - P): L0P0; L0P1 (122,5 Mg.ha⁻¹ de poda); L0P2 (245 Mg.ha⁻¹ de poda); L1P0 (270 m³.ha⁻¹ de lodo); L1P1; L1P2; L2P0 (1.080 m³.ha⁻¹ de lodo); L2P1; e L2P2. Em cada parcela experimental foram plantadas aleatoriamente 60 mudas de espécies arbóreas (6 indivíduos por espécie). As espécies de formações florestais do Cerrado *Anadenanthera colubrina*, *Copaifera langsdorffii*, *Handroanthus impetiginosus*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Senegalia polyphylla* apresentaram alto percentual de sobrevivência e elevadas taxas de crescimento inicial nos tratamentos constituídos por dosagens combinadas dos resíduos e/ou constituídos somente por dosagens de lodo. As espécies de formações savânicas apresentaram as menores taxas de crescimento relativo em altura (*Alibertia edulis* e *Alibertia sessilis*) e em diâmetro (*Tabebuia aurea*) em todos os tratamentos testados. Plantas de *T. aurea* apresentaram o menor percentual de sobrevivência do experimento (tratamento L2P2). As condições edáficas nos tratamentos testados apresentaram melhorias nos parâmetros de fertilidade principalmente com dosagens de lodo. A colonização das parcelas experimentais por espécies espontâneas indicou necessidade de previsão de métodos de controle semelhantes aos praticados em projetos de restauração de forma geral. A recuperação de área de empréstimo, localizada em ambiente urbano, com utilização de lodo e poda e plantio de mudas de espécies arbóreas, apresentou bons resultados quanto à recomposição da cobertura vegetal.

Palavras-chave: recuperação, áreas de empréstimo, resíduos sólidos urbanos, espécies nativas

Abstract

Actions for plants communities recovery, in mining areas, might contribute to species conservation. Lending areas are mined areas, generally located in urban or periurban environment, characterized by the complete removal of the vegetation for subsoil withdrawal. In urban areas there is also the matter of adequate destination of urban solid residues. The process of sewage treatment generates a byproduct known as sewage sludge or biosolid. The pruning of trees in urban centers also generates massive volumes of solid residues. The objective of this work was to assess the effects of biosolids and pruning residues on the recovering of lending areas in Distrito Federal, Brazil. There were evaluated: (i) the effects of different quantities of sewage sludge and pruning residues, and their combination, on the survival and initial growth of saplings of 10 native arboreal species of cerrado; (ii) the settlement of exotic invasive grasses and other spontaneous species in the experimental allotments; e (iii) the fertility and restructuring conditions of the recovering soil. The experimental design occurred in random blocks with eight treatments and a control group, and three replicates per treatment, resulting in 27 experimental allotments. There were tested the effects of three levels (dosages) of each factor (sludge - L and pruning - P): L0P0; L0P1 (122,5 mg.ha⁻¹ of pruning); L0P2 (245 mg.ha⁻¹ of pruning); L1P0 (270 m³.ha⁻¹ of sludge); L1P1; L1P2; L2P0 (1.080 m³.ha⁻¹ of sludge); L2P1; L2P2. In each experimental allotment 60 saplings of each arboreal species were planted (six individuals per species). The species *Anadenanthera colubrina*, *Copaifera langsdorffii*, *Handroanthus impetiginosus*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* and *Senegalia polyphylla*, of Cerrado's forest formations, displayed high survival percentage and high rates of initial growth in the treatments of combined dosages of both residues and/or those of sludge only. The species of savanna formations displayed smaller relative growth rates of height (*Alibertia edulis* and *Alibertia sessilis*) and diameter (*Tabebuia aurea*) in all tested treatments. Plants of *T. aurea* displayed the smaller percentage of survival of the experiment (treatment L2P2). The edaphic conditions in the tested treatments displayed improvement in the fertility parameters mainly with sludge dosages. The settlement of experimental allotments by spontaneous species indicated the need of prediction of control methods similar to those of general restauration projects. The recovery of lending area in urban environment using sewage sludge and pruning, and planting saplings of arboreal species displayed good results for the restoration of the plant cover.

Keywords: recovery, mining areas, urban solid residues, native species

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL E CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.1	UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO URBANA NO CERRADO	19
1.2	ESPÉCIES ESPONTÂNEAS E CONDIÇÕES EDÁFICAS DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO URBANA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO COM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS.....	22
2	OBJETIVOS DA PESQUISA	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	26
3.1.1	Unidades Fornecedoras de Resíduos e de Mudas de Espécies Arbóreas	30
3.1.2	Delineamento Experimental	31
3.1.3	Preparo das Parcelas Experimentais	33
3.2	MEDIÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS.....	37
3.3	TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM ALTURA E DIÂMETRO	37
3.4	SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS	38
3.5	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PERMUTACIONAL MULTIVARIADA (PERMANOVA)	39
3.6	QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO.....	39
3.6.1	Método de Interceptação de Linha	39
3.6.2	Biomassa de Espécies Espontâneas	40
3.6.3	Percentual de Cobertura do Solo	41
3.7	ANÁLISES INICIAIS DOS RESÍDUOS EMPREGADOS E DO SOLO	42
3.8	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS	43
4.2	CRESCIMENTO VEGETAL TOTAL EM ALTURA E DIÂMETRO - POR TRATAMENTOS	46

4.3	CRESCIMENTO VEGETAL EM ALTURA E DIÂMETRO - POR ESPÉCIES E TRATAMENTOS	47
4.4	TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM ALTURA (PERMANOVA).....	55
4.5	TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM DIÂMETRO (PERMANOVA).....	59
4.6	COBERTURA DO SOLO E COMUNIDADE VEGETAL EM RECUPERAÇÃO.....	63
4.6.1	Interceptação de Linha.....	63
4.6.2	Biomassa de Espécies Espontâneas e Percentual de Cobertura do Solo	65
4.7	ANÁLISES INICIAIS DO SUBSTRATO E RESÍDUOS	71
4.8	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO NAS PARCELAS EXPERIMENTAIS.	73
4.9	CONSIDERAÇÕES ECOLÓGICAS DA COMUNIDADE VEGETAL EM RECUPERAÇÃO.....	75
5	CONCLUSÃO	77
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE 1	101
APÊNDICE 2	102
APÊNDICE 3	103
APÊNDICE 4	104
APÊNDICE 5	105
APÊNDICE 6	106
APÊNDICE 7	107
APÊNDICE 8	108
APÊNDICE 9	109
APÊNDICE 10	110

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Principais definições relacionadas ao processo de lodos ativados e ao reaproveitamento do biossólido

TABELA 2 - Principais definições relacionadas às práticas de utilização e reaproveitamento de resíduos vegetais

TABELA 3 - Cargas de substâncias inorgânicas incorporadas ao solo pela aplicação de biossólido e cargas teóricas permitidas pela Resolução 375/06 - CONAMA e Resolução 03/06 - CONAM/DF

TABELA 4 - Relação e características das espécies arbóreas utilizadas no experimento

TABELA 5 - Características gerais e ecológicas das espécies arbóreas do experimento para a recuperação de áreas degradadas

TABELA 6 - Análise Permanova para a variável TCR_{AP}

TABELA 7 - Análise Permanova para a variável TCR_{DC}

TABELA 8 - Pesos médios dos materiais vegetais coletados nas parcelas experimentais

TABELA 9 - Percentual médio de cobertura do solo

TABELA 10 - Espécies espontâneas encontradas nas parcelas experimentais

TABELA 11 - Características físico-químicas do substrato antes do estabelecimento do experimento, em fevereiro de 2014. Amostragem de substratos efetuada nas camadas 00-20 e 00-40 cm de profundidade

TABELA 12 - Composição química do lodo de esgoto utilizado nos tratamentos

TABELA 13 - Composição química dos resíduos vegetais

TABELA 14 - Características químicas dos solos nos tratamentos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Área de empréstimo no Distrito Federal

FIGURA 2 - Precipitação total (barras) e temperaturas médias (linha) em Brasília

FIGURA 3 - Disposição das parcelas experimentais

FIGURA 4 - Preparo das parcelas experimentais

FIGURA 5 - Imagens dos blocos casualizados (09 tratamentos) da área experimental geradas com sobrevoo (drone)

FIGURA 6 - Percentual de sobrevivência total, por espécie, nos 9 tratamentos e repetições

FIGURA 7 - Sobrevivência da espécie *Tabebuia aurea*, por tratamento, após 610 dias do plantio

FIGURA 8 - Crescimento total em altura (m) e área basal (m²) por tratamentos testados

FIGURA 9 - Altura média e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados

FIGURA 10 - Diâmetro médio e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados

FIGURA 11 - Taxa de Crescimento Relativo em Altura (TCR_{AP})

FIGURA 12 - Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro (TCR_{DC})

FIGURA 13 - Pontos levantados segundo o método de interceptação de linha

1 INTRODUÇÃO GERAL E CONTEXTUALIZAÇÃO

A restauração de áreas urbanas degradadas pode contribuir para a conservação de espécies. Para Grimm *et al.* (2000), a urbanização é hoje “uma tendência demográfica dominante e um componente importante no processo de transformação da paisagem”. Habitats como florestas, parques e cursos d’água, localizados no espaço urbano, podem representar conectividade entre áreas protegidas e prestação de bens e serviços ambientais (De Groot 1992; Bolund & Hunhammar 1999; Cook 2002).

Segundo Timan *et al.* (2001) a destruição de ecossistemas é a maior causa de impactos sobre a biodiversidade. Os efeitos da fragmentação de habitats são mais fracos quando comparados às perdas de habitats (Henein *et al.* 1998; Fahrig 2003). Com o surgimento da estratégia dos corredores ecológicos, como ferramenta para a conservação (Wilson & Willis 1975), as paisagens urbanas passaram a ser relevantes na conectividade da paisagem. Na legislação brasileira corredores ecológicos são definidos como “porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas” (Brasil 2000).

O restabelecimento de espécies e comunidades biológicas tem sido uma das principais metas dos planos de restauração (Primack & Rodrigues 2010). Segundo Choi (2007), a restauração ecológica é uma das áreas de maior crescimento na ecologia aplicada. O termo restauração ecológica pode ser definido, de forma geral, como o “processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER 2004). A capacidade de regeneração natural de uma área impactada pode ser denominada resiliência ambiental (Holling 1973; Folke 2006). Kageyama *et al.* (1992) definem como área perturbada a que manteve meios de regeneração biótica (meios naturais) após distúrbios e área degradada aquela que teve eliminados seus meios de regeneração biótica após distúrbios.

Como definições relacionadas ao termo recuperação ambiental, entende-se como restauração (“restoration”) a restituição de um ecossistema degradado o mais próximo possível de sua condição original (Higgs 1997; Brasil 2000). Nesse processo são recriadas a estrutura e a função do ecossistema (Higgs 1997). Recuperação (“reclamation”) consiste na restituição de um ecossistema degradado para uma condição não degradada e diferente de sua condição original (Brasil 2000). Na reabilitação ou substituição (“rehabilitation” ou “replacement”) ocorre retorno de algumas funções do ecossistema (Bradshaw 1984; Primack & Rodrigues 2010), como a função produtiva da terra por meio da revegetação (Corrêa 2005). Situações de abandono ou de “nenhuma ação” (“neglect”) em ambientes a serem recuperados, após a interrupção de distúrbios, podem indicar o reconhecimento da capacidade de regeneração natural (Bradshaw 1984; Primack & Rodrigues 2010).

Para Angelis Neto *et al.* (2004) a recuperação de áreas degradadas, com uso de técnicas de revegetação, “pressupõe o conhecimento de dois componentes de fundamental importância: o solo e a própria vegetação”. Considerações quanto ao controle de espécies espontâneas, com potencial de colonizar áreas em recuperação, devem integrar projetos de recuperação. O diagnóstico das condições edáficas consiste numa etapa fundamental no planejamento da recuperação de áreas degradadas.

Em ambientes urbanos e periurbanos, geralmente estão localizadas áreas degradadas abandonadas resultantes de atividades de mineração. Essa situação é decorrente, na maioria dos casos, da inexistência de legislação ambiental específica à época da exploração (Bradshaw 1997; Corrêa 2006). Áreas mineradas abandonadas podem representar uma série de problemas socioambientais tais como perda de qualidade do solo, alteração no escoamento superficial, erosões pela água e vento, ocupações clandestinas e deposição irregular de rejeitos (Macedo *et al.* 1993; Sánchez 2000).

Um tipo de área minerada muito comum em áreas urbanas resulta da retirada de horizontes superficiais do solo para utilização em aterros e/ou na pavimentação. Como resultado, ocorre a formação das chamadas “áreas de empréstimo” caracterizadas pela remoção total da cobertura vegetal para retirada do subsolo (Alves & Souza 2008). Nessas áreas mineradas, a camada remanescente, pós-lavra, apresenta ausência de banco de sementes e de estruturas subterrâneas, além de escassez de nutrientes e de matéria orgânica (Corrêa & Leite 1998; Corrêa *et al.* 2007; Corrêa 2009). Esses fatores limitantes dificultam o estabelecimento de espécies vegetais resultando numa regeneração natural insignificante mesmo décadas após o término da exploração (Rodrigues *et al.* 2007; Corrêa 2009).

Nas áreas urbanas, também há a questão do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e da destinação final de rejeitos. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 50,8% dos municípios brasileiros ainda destinam seus resíduos para aterros estruturalmente inadequados e precariamente operados (vazadouros ou lixões) (IBGE 2010). Os serviços públicos de limpeza urbana envolvem atividades de esgotamento sanitário e de capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos (Brasil 2007).

O processo de lodos ativados é o processo biológico mais utilizado no mundo no tratamento de esgotos municipais (Kraume *et al.* 2005; Sant’Anna 2010). Desenvolvido na Inglaterra por Ardem e Locket, em 1914 (Metcalf & Eddy 1991), consiste na utilização de microrganismos capazes de decompor compostos orgânicos em condições aeróbicas (Jeppsson 1996). Nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), microrganismos mantidos no Reator de Lodo Ativado metabolizam a matéria orgânica oriunda dos efluentes residenciais. Posteriormente, os poluentes da solução, já sedimentados pela ação da massa microbiológica (lodo ativado), podem ser removidos por meio da precipitação (Metcalf & Eddy 1991).

Como desvantagem, o processo de tratamento de esgotos sanitários gera um subproduto conhecido como lodo de esgoto (Conama 2006). As etapas de processamento e destinação final

do lodo são as mais onerosas no processo funcional das ETE (Webber & Shames 1984). Segundo Saby *et al.* (2003) estas despesas podem alcançar até 60% dos custos operacionais de uma ETE. O lodo bruto é tratado em digestores e centrífugas de desidratação ou desaguamento que diminuem o teor de umidade e a carga orgânica do resíduo (Caesb 2013a). As destinações intermediárias e finais mais comuns do lodo são pátios ou lagoas de armazenagem, aterros sanitários, incineração, “landfarming” ou reciclagem agrícola (Ferreira *et al.* 1999) (Tabela 1).

A reutilização do lodo de esgoto estabilizado ou bio sólido (Tsutiya 1999) é recomendada devido ao alto teor de matéria orgânica e nível de nutrientes disponíveis (Byrom & Bradshaw 1991; WEF 1993). No entanto, sua utilização depende de adequações às condições físico-sanitárias reguladas, no tocante a organismos patogênicos, metais pesados e atração de vetores. Devem ser observadas, ainda, restrições locais (unidades de conservação, áreas de preservação permanente, áreas de proteção de mananciais, etc) e de aptidão do solo (solos hidromórficos, solos com aquífero freático superficial, etc) no planejamento das destinações intermediárias e finais do lodo (EPA 1994; Conama 2006; Conam 2006).

O conhecimento de termos e de possíveis condições de reaproveitamento são fundamentais no manejo do lodo de esgoto (Tabela 1).

TABELA 1 – Principais definições relacionadas ao processo de lodo ativado e ao reaproveitamento do biossólido.

CONCEITO	DESCRIÇÃO
Lodo Primário	Sólidos sedimentados nos decantadores primários
Lodo Secundário	Sólidos sedimentados nos decantadores secundários
Lodo Bruto ou Lodo <i>in natura</i>	Formado por lodo primário e secundário. Também denominado de lodo de retorno descartado ou lodo de excesso
Lodo Ativado	Sólidos misturados, agitados e aerados com o esgoto afluyente. Pode retornar ao processo de tratamento ou ser retirado para tratamento específico e destino final
Lodo de Esgoto Estabilizado	Lodo de esgoto após passar por processos de tratamento que promovam sua estabilização biológica. Não deve apresentar potencial de geração de odores e de atração de vetores
Lodo de Esgoto Higienizado	Lodo de esgoto submetido a processos de tratamentos para redução de patógenos de acordo com os critérios estabelecidos
Biossólido	Sólidos residuários (secundários) em condições de serem utilizados de maneira benéfica e segura
<i>Landfarming</i>	Método de remediação que consiste na degradação biológica de constituintes do lodo de esgoto na camada superior do solo
Lodo Classe A	Atende aos limites de concentração de metais, organismos patogênicos, atração de vetores e outros critérios estabelecidos para a classe
Lodo Classe B	Atende aos limites de concentração de metais, organismos patogênicos, atração de vetores e outros critérios estabelecidos para a classe
Lodo Classe C	Não atende às especificações das Classes A e B
Lodo Base Seca	Sólidos totais presentes no lodo desconsiderando a umidade
Lodo Base Úmida	Lodo desaguado oriundo de centrífugas do sistema de secagem

Adaptado de Metcalf & Eddy (1991); WEF (1993); EPA (1993); EPA (1994); Conama (2006); Conam-DF (2006).

A arborização constitui um importante elemento de ecossistemas urbanos (Veras 1986 *apud* Meira 2010). Os benefícios da arborização urbana incluem redução de ruídos e poluição, promoção de recreação e lazer, ornamentação e alteração do campo visual, modificações no microclima e melhoria de habitats para a fauna silvestre (Souza 1995; Silva *et al.* 2007). Segundo Milano & Dalcin (2000) a abordagem de espaços abertos e da vegetação no contexto urbano é a abordagem da própria cidade e de suas estruturas.

A poda de árvores nos centros urbanos também gera resíduos sólidos que, apesar do baixo potencial poluidor, apresentam grandes volumes, dificultando sua destinação final. Os resíduos vegetais oriundos dos serviços públicos de capina e poda da vegetação urbana apresentam altos teores de matéria orgânica (Reis *et al.* 2000) e podem ser fonte de Carbono, lignina e celulose (Fialho *et al.* 2007). Compostos de resíduos vegetais podem ser aplicados em solos promovendo vantagens sobre fertilizantes químicos (Fialho *et al.* 2005) em relação a custos e impactos ambientais.

Diversas práticas de utilização e reaproveitamento de resíduos vegetais ocorrem em áreas urbanas e propriedades rurais. Algumas definições e termos, relacionados a essas práticas, constam na Tabela 2.

TABELA 2 – Principais definições relacionadas às práticas de utilização e reaproveitamento de resíduos vegetais

CONCEITO	DESCRIÇÃO
Resíduos Vegetais	Quaisquer resíduos ou subprodutos de origem vegetal. São exemplos de resíduos vegetais: serrapilheira, relva cortada, folhas e ramos de poda, serragem, maravalha, chips, cavacos e a palhada
Serrapilheira	Camada de matéria orgânica vegetal em diferentes estágios de decomposição. Constitui uma das principais vias de transferência para o solo de nutrientes como Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Cálcio e Potássio
Resíduos de Poda ou Resíduos Vegetais <i>in natura</i>	Biomassa vegetal ou resíduos brutos de poda sem tratamento (não submetidos a processo de estabilização ou compostagem)
Compostagem	Processo de biodegradação aeróbio de transformação de resíduos orgânicos em produto estabilizado. É considerado uma alternativa para o tratamento da matéria orgânica presente em resíduos sólidos urbanos
<i>Mulching</i>	Cobertura com vegetação morta ou resíduos vegetais utilizados na proteção superficial do solo que constitui barreira física à transferência de energia e vapor de água para a atmosfera
Plantio Direto	Técnica agrícola na qual o plantio é realizado em solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem niveladora). A palhada e demais restos de culturas anteriores são deixados na superfície do solo. A eficácia do sistema está relacionada com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos pela palhada e plantas de cobertura

Adaptado de Cole & Rapp (1980); Golueke (1981); Streck *et al.* (1994); Gama-Rodrigues (1997); Kiehl (1998); Salton *et al.* (1998); Reis *et al.* (2000); Silveira *et al.* (2010).

Segundo Moretti (2013), a deposição do lodo e dos resíduos vegetais em aterros, além de ocupar considerável espaço físico, pode favorecer a ocorrência de incêndios. Essa destinação do lodo não é ambientalmente recomendável pois o resíduo pode ser fonte de patógenos para pessoas, animais e plantas (Soccol 2000; Frac 2014). A deposição contínua do lodo, em solos de aterros, também pode resultar na contaminação, por nitrato, de lençóis freáticos e cursos de água (Dyenia *et al.* 2006).

Dentre as alternativas para destinação do lodo de esgoto, a reciclagem agrícola tem se constituído numa das formas mais utilizadas por diversos países (Neiva 1999). Na Europa, a produção de lodo de esgoto base seca foi estimada em 8 a 10 milhões de toneladas/ano (Iranpour *et al.* 2004), com o uso agrícola representando cerca de 50% das destinações finais (LeBlanc *et al.* 2008). A reciclagem agrícola do lodo também pode representar benefícios tais como

diminuição do consumo de fertilizantes nitrogenados e redução de emissões de gases do efeito estufa provenientes de aterros (Frank 1998; EPA 2014).

Estima-se que a produção de lodo base seca no Brasil seja de 150 a 220 mil toneladas por ano (Andreoli & Pinto 2001). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, em apenas 15,5% dos municípios ocorre algum tipo de reaproveitamento do lodo de esgoto (IBGE 2010). Como iniciativas pioneiras no país, na busca de destinações adequadas para o lodo, podem ser citadas pesquisas nas áreas atendidas pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (Andreoli *et al.* 1994; Andreoli & Fernandes 1997; Andreoli *et al.* 1999) e pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) (Barbosa 1997). Segundo Maciel *et al.* (2009), no Brasil são poucas as cidades servidas por ETE, o que restringe pesquisas de incorporação dos resíduos de esgoto nos solos.

No Distrito Federal são produzidas uma média de 340 toneladas de lodo base úmida por dia (Caesb 2013a). Por ter origem predominantemente doméstica, o lodo base úmida, no Distrito Federal, geralmente apresenta adequação às normas sanitárias no tocante à concentração de metais pesados (Conama 2006; Conam 2006; Caesb 2013c). Com relação às tecnologias de tratamento biológico, verifica-se uma baixa eficiência das ETEs da CAESB quanto à redução de patógenos (Batista 2015). Segundo (Batista 2015) os principais microrganismos persistentes no lodo gerado no Distrito Federal são bactérias coliformes termotolerantes e helmintos.

Com a Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) definiu critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo no Brasil (Conama 2006). A Resolução nº 03/06, do Conselho de Meio Ambiente do Distrito Federal (Conam/DF) disciplinou o uso do lodo no Distrito Federal. Essas normas regulam o reaproveitamento agrícola do lodo (exceto em culturas olerícolas, de tubérculos, raízes ou inundadas) de acordo com a presença de metais pesados e de patógenos (Conam 2006).

Muitas cidades do mundo possuem sistemas de recolhimento e separação dos resíduos vegetais da poda urbana (Belyaeva & Haynes 2009). No Brasil, reaproveitamentos de resíduos vegetais urbanos incluem a compostagem (Reis 2005), a confecção de substratos para mudas vegetais (Baratta-Júnior & Magalhães 2010) e a destinação para canteiros e viveiros municipais (Quevedo Melo *et al.* 2009).

Segundo a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), o Distrito Federal possui 4 milhões de árvores urbanas (Novacap 2015). Os resíduos oriundos desta vegetação são triturados e utilizados nas “coroas” de plantio (espaço entre a árvore e a área gramada) beneficiando o controle de ervas daninhas e a manutenção da umidade no solo (Novacap 2015). No entanto, essa destinação não oferece solução para todo o volume de resíduos de poda gerado no Distrito Federal, o que acarreta sua deposição em aterros (Semarh 2014).

Outra possível alternativa para a destinação do lodo de esgoto tratado e dos resíduos vegetais são iniciativas visando à recuperação de áreas urbanas degradadas pela mineração. Nos Estados Unidos da América (EUA), metade do lodo produzido é aplicada no solo sendo destinada para atividades agrícolas, silviculturais e recuperação de áreas degradadas (Khai 2007; LeBlanc *et al.* 2008).

A utilização do lodo como fonte de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) aliado aos resíduos vegetais como fonte de Carbono (C) e de material estruturante gera um composto rico em substâncias húmicas (variáveis de acordo com o tipo de tratamento) (Aquilar *et al.* 1994; Ferreira *et al.* 1999, D’Orazio *et al.* 2005) com potencial para recuperar solos degradados (Bento 2009).

Desde que atendidas às condições sanitárias e de concentrações de metais pesados (Conama 2006; Conam 2006), as principais limitações, para a destinação adequada de resíduos sólidos urbanos, serão os custos (Daskalopoulos 1998). Segundo Silva *et al.* (2002) e Sugimoto

(2005), a distância máxima, economicamente viável, no transporte do lodo de uma ETE até o local de aplicação, deve representar custos inferiores aos gastos com fertilizantes minerais.

Nesse sentido, áreas de empréstimo, localizadas no ambiente urbano e periurbano, constituem opções promissoras para o recebimento de resíduos sólidos urbanos visando à recuperação ambiental. Ações de recuperação de comunidades vegetais, em áreas mineradas, podem aumentar sua capacidade de suporte e contribuir para a conservação da biodiversidade (Anand & Desrochers 2004).

1.1 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO URBANA NO CERRADO

O crescimento vegetal é resultante das condições morfofisiológicas da planta, de acordo com a dinâmica da produção fotossintética (Magalhães 1979). A presença de matéria orgânica e nutrientes no solo constitui uma condição fundamental para o crescimento vegetal. No caso de áreas degradadas, as condições do solo devem ser diagnosticadas antes da promoção do crescimento vegetal por meio de técnicas de revegetação (Angelis Neto *et al.* 2004).

Segundo Bradshaw (1990) decisões sobre acelerar a regeneração de um ecossistema degradado devem avaliar estratégias como recuperação, reabilitação ou abandono da área (não interferência). Para Bitar (1997) negligenciar uma área degradada pode levar tanto à sua recuperação espontânea quanto à permanência e intensificação dos processos de degradação. Nesse sentido, a sucessão secundária pode não ocorrer em determinadas condições e o abandono da área degradada pode dificultar a regeneração natural (Rodrigues & Gandolfi 1998).

O plantio de espécies arbóreas constitui uma técnica de recuperação ecológica em ambientes degradados (Bradshaw 1997; Kageyama & Gandara 2001; Wong 2003). Intervenções são necessárias em ecossistemas que perderam sua resiliência e, em consequência,

sua capacidade de regeneração natural. Silva & Corrêa (2008) ressaltam, entretanto, que há necessidade de aprimoramento dos métodos de plantio principalmente na utilização de espécies nativas em áreas mineradas no Cerrado.

O Cerrado apresenta um complexo de formações vegetais savanícolas e intermediárias entre formações campestres e florestais (Coutinho 1976, 1978). Essas formações apresentam fitofisionomias próprias (Coutinho 1976, Ribeiro & Walter 1998) adaptadas a características locais de solo (Haridasan 1992), altura do lençol freático (Eiten 1993) e regime de fogo (Furley 1999).

Segundo (Haridasan 2000) variações na composição florística, fitossociologia e produtividade, entre as fitofisionomias do Cerrado, ocorrem devido a diferenças de fertilidade e características físicas dos solos. Espécies de formações savânicas, como o cerrado sentido restrito, geralmente apresentam baixo requerimento nutricional estando adaptadas a latossolos distróficos (Haridasan 2000). Nas formações florestais do Cerrado observa-se um extrato arbóreo mais desenvolvido e uma maior diversidade de espécies (Oliveira-Filho & Ratter 2002) sobre solos mais férteis.

Para Durigan *et al.* (2003) florestas e cerrados também respondem de modo diferente às perturbações. No cerrado, a dependência da dispersão e da germinação de sementes é menor devido à permanência, conforme o grau de degradação do solo, de estruturas do sistema radicular de plantas (Corrêa 2009). Essas estruturas possibilitam uma rebrota rápida e vigorosa após perturbações, como o corte ou o fogo, promovendo a sucessão secundária (Durigan *et al.* 2003; Durigan *et al.* 2004).

No entanto, a remoção de horizontes de solos em áreas mineradas no Cerrado eliminam as estruturas subterrâneas das plantas restringindo a regeneração natural (Durigan 1999). Segundo Corrêa (2009), o número de plantas que podem regenerar naturalmente em uma área minerada diminui em função da profundidade da lavra. Além disso, a capacidade de rebrota das

espécies do Cerrado vai depender das propriedades físicas e químicas do solo (Durigan *et al.* 1998).

Em áreas urbanas, os serviços públicos de limpeza e de manejo de resíduos sólidos urbanos envolvem, dentre outras ações, o conjunto de atividades de esgotamento sanitário e de limpeza e poda de árvores em vias e logradouros (Brasil 2007). O tratamento de esgotos urbanos gera um resíduo sólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica denominado lodo de esgoto (Andrade 1999). A poda de árvores nos centros urbanos também gera resíduos vegetais ricos em matéria orgânica (Reis *et al.* 2000).

A destinação do lodo de esgoto para jazidas exploradas representa menos restrições sanitárias, ambientais e legais do que sua utilização em solos agrícolas (Paula *et al.* 2011). A incorporação de fertilizantes ou de fontes de matéria orgânica (camada superficial do solo - *topsoil*, lodo de esgoto, resíduos diversos, entre outros), na camada pós-lavra, constitui uma técnica de recuperação de áreas mineradas (Bradshaw 1997; Wong 2003; Ferreira *et al.* 2015). Nos EUA, a aplicação do lodo de esgoto em áreas degradadas chega a atingir dosagens de 495 t/ha (EPA 1995).

Os resíduos vegetais podem ser aplicados em solos degradados como material estruturante (Reis *et al.* 2000). Esses resíduos, principalmente quando na forma de cavacos triturados (material fibroso com alto teor de lignina), apresentam decomposição lenta (Fialho *et al.* 2005) e conservam a umidade nas covas de plantio de espécies lenhosas (Bradshaw & Chadwick 1980; Silva & Corrêa 2008).

O lodo de esgoto tratado ou biossólido apresenta nutrientes orgânicos e inorgânicos com possibilidade de substituição da fertilização mineral (Hart *et al.* 1988; Singh & Agrawal 2008). O biossólido também pode promover o desenvolvimento de micorrizas e facilitar o estabelecimento de comunidades de plantas (Wong 2003). Essas características, aliadas à liberação de nutrientes de forma lenta (Hart *et al.* 1988), por meio da mineralização da matéria

orgânica (Carvalho & Barral 1981), favorecem a utilização do lodo em plantios de mudas de espécies lenhosas para a recuperação de áreas mineradas.

O crescimento vegetal está voltado para a manutenção das necessidades metabólicas da estrutura já existente e para o armazenamento ou construção de novo material estrutural (Benincasa 2003). Segundo Benincasa (1988) a análise do crescimento é o meio mais acessível para avaliar o desenvolvimento vegetal e inferir sobre as contribuições de diferentes processos fisiológicos no comportamento geral de plantas.

Trabalhos envolvendo o crescimento de mudas de espécies arbóreas, em casas de vegetação, com utilização de substratos de lodo de esgoto e resíduos vegetais compostados, são comuns (Mclachlan *et al.* 2004; Wilson *et al.* 2006; Scheer *et al.* 2010; Scheer *et al.* 2012). No entanto, pesquisas relacionadas ao desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em áreas de empréstimo, após incorporação de resíduos urbanos não compostados ou “in natura”, são escassas.

1.2 ESPÉCIES ESPONTÂNEAS E CONDIÇÕES EDÁFICAS DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO URBANA EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO COM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS

A recuperação de ambientes, com uso de técnicas de revegetação, deve diagnosticar o estado de dois componentes: o solo e a vegetação remanescente (Angelis Neto *et al.* 2004). A presença de espécies invasoras é um dos parâmetros utilizados para estimar o grau de distúrbios em comunidades naturais (Pivello *et al.* 1999). Melhorias nas condições do solo devem preceder outras etapas sob pena do processo de recuperação falhar depois de algum tempo (Bradshaw 1997).

Para Corrêa *et al.* (2004) cerca de 3.419 hectares da área do Distrito Federal (0,6%) foram degradados pela extração mineral (porcentagem cinco vezes maior que a média nacional). Os latossolos representam 55% da área do Distrito Federal e sua mineração visa à

extração de material argiloso e cascalho (Corrêa 2006). Estima-se que existam mais de dois mil hectares de lavras não recuperadas no Distrito Federal (Corrêa *et al.* 2004).

O biossólido pode ser usado como fertilizante e condicionador de solos empobrecidos ou degradados (Byrom & Bradshaw 1991; WEF 1993; Andreoli *et al.* 2001; Singh & Agrawal 2008). O lodo melhora condições edáficas de fertilidade devido aos níveis de macro e micronutrientes presentes e ao aumento na atividade microbiana (Aquilar *et al.* 1994; Stamatiadis *et al.* 1999). Como condicionador de solos, o resíduo melhora características químicas (nutrientes, carbono orgânico, pH e capacidade de troca catiônica - CTC) (Aquilar *et al.* 1994; Melo & Marques 2000), e físicas (presença de matéria orgânica, redução da densidade, aumento da porosidade e retenção de água) (Stamatiadis *et al.* 1999; Melo & Marques 2000).

O biossólido geralmente apresenta altos teores de N e P sendo recomendada sua suplementação em Potássio (K) quando utilizado na produção de mudas (Guerrini & Trigueiro 2004) ou como fonte de adubação (Melo *et al.* 1997). Resíduos vegetais “in natura” apresentam alta estabilidade e lenta decomposição devido à presença de materiais ricos em lignina e celulose (Herman *et al.* 1977; Maia 2003). Contudo, segundo Gama-Rodrigues (1997), o K constitui um dos nutrientes de mais rápida liberação, por resíduos vegetais, em todos os ecossistemas.

Os resíduos vegetais também podem ser fonte de C e de Magnésio (Mg) (Reis *et al.* 2000; Silveira *et al.* 2010). Segundo Silveira *et al.* (2010), a adição de resíduos vegetais no solo pode promover aumento dos níveis de Cálcio (Ca), Mg e K e ocasionar elevação da Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Nesse sentido, o uso de resíduos orgânicos de diferentes fontes urbanas pode promover efeitos sinérgicos entre os nutrientes disponíveis facilitando a absorção pelas plantas (Zysset *et al.* 1996; Sikora & Yakovchenko 1996).

A incorporação prévia de fontes de matéria orgânica, em substratos minerados, pode recuperar a estrutura física (Oliveira Filho *et al.* 1987) e as condições de fertilidade do solo

(Silva *et al.* 2001) promovendo o crescimento de mudas de espécies arbóreas. No entanto, etapas de preparo do substrato em projetos de recuperação (revolvimento, escarificação, incorporação de matéria orgânica, etc) também podem favorecer espécies não plantadas, tanto nativas quanto exóticas.

Segundo Close *et al.* (2003) a presença de plantas daninhas é uma das principais causas de insucesso em plantios de recuperação ambiental. Estudos de Hoffmann *et al.* (2004a), realizados na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal, relataram maior ocorrência de gramíneas invasoras em áreas com solo revolvido, às margens de estradas. No Parque Nacional de Brasília foi verificada maior incidência de flora exótica ao longo de estradas e em áreas perturbadas ou degradadas (Horowitz *et al.* 2012). Espécies espontâneas também podem promover efeitos inibitórios à germinação de sementes e ao desenvolvimento de plantas (alelopatia) (Souza Filho *et al.* 2005; Andrade *et al.* 2009).

De forma geral, podem ser entendidas como espécies espontâneas, espécies ruderais, ervas daninhas, espécies exóticas e invasoras que colonizem espontaneamente a área em recuperação. Espécie ruderal é aquela que ocorre em ambientes altamente perturbados pela ação humana podendo ser espécies nativas ou exóticas (Moro *et al.* 2012). Erva daninha é toda planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano prejudicando atividades (Blanco 1972). Espécie exótica é toda espécie que se encontre fora de sua área natural de ocorrência (CDB Decisão VI/23, 2002). Os termos espécie alienígena, alóctone, introduzida, não nativa e não indígena são sinônimos (Moro *et al.* 2012). Espécie exótica invasora é toda espécie que se encontre fora de sua área natural de ocorrência e constitua ameaça para ecossistemas, habitats e outras espécies (CDB Decisão VI/23, 2002).

Espécies espontâneas, principalmente gramíneas exóticas invasoras, competem com sucesso com espécies arbóreas nativas do Cerrado (Pilon & Durigan 2013). O sombreamento por gramíneas invasoras representa um obstáculo ao desenvolvimento de plantas nativas do

bioma (Hoffmann & Haridasan 2008). A biomassa vegetal, acrescida por espécies espontâneas, especialmente gramíneas de metabolismo C4, pode alterar o regime natural do fogo no Cerrado e aumentar a mortalidade de plântulas e de mudas de espécies lenhosas (Berardi 1994; Hoffman 1996; Pivello 2008).

Segundo Douglas (1983) ambientes urbanos apresentam diminuição na riqueza de espécies e aumento de espécies agressivas adaptadas às condições de perturbação. A urbanização e o grande número de espécies exóticas encontradas no espaço viário podem promover extinção local de espécies nativas (Lorenzi 1998; Koh & Sodhi 2004).

2 OBJETIVOS DA PESQUISA

A presente pesquisa teve como objetivo geral avaliar os efeitos do uso do bio-sólido e dos resíduos vegetais de arborização na recuperação de área de empréstimo urbana, no Distrito Federal. Especificamente, foram avaliados os efeitos de diferentes dosagens de lodo e de resíduos de poda, e sua combinação, nos seguintes parâmetros:

- 1 - Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de dez espécies arbóreas nativas do Cerrado, na área em recuperação;
- 2 - Estabelecimento de gramíneas exóticas invasoras e outras espécies espontâneas (nativas e exóticas) nas parcelas experimentais; e
- 3 - Condições de fertilidade e de reestruturação física do solo em recuperação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos está localizada no Distrito Federal, no pátio degradado da antiga Rodoferroviária de Brasília. Está situada ao Norte da DF-087 (Via Estrutural) e a Oeste da DF-003 (EPIA), próxima ao Setor de Armazenagem e Abastecimento Norte (SAAN) ($15^{\circ}46'32''\text{S}$; $47^{\circ}56'56''\text{W}$).

Nessa área, durante as décadas de 1950 e 1960, houve extração de solos para aterros e pavimentação de diversas obras de infraestrutura para construção da nova capital do país (TV Justiça 2014). Com a retirada dos horizontes superficiais do solo (cortes) e o tráfego de veículos pesados houve aumento da densidade e compactação do material exposto (Fenner 2008). Além disso, o pátio da Rodoferroviária foi, durante muitos anos, local de deposição irregular de resíduos domésticos e da construção civil (Ibram 2012; Caesb 2013c). Essas atividades resultaram na formação de uma área de empréstimo abandonada de 185 hectares com regeneração de vegetação nativa insignificante (Caesb 2013c) (Figura 1).

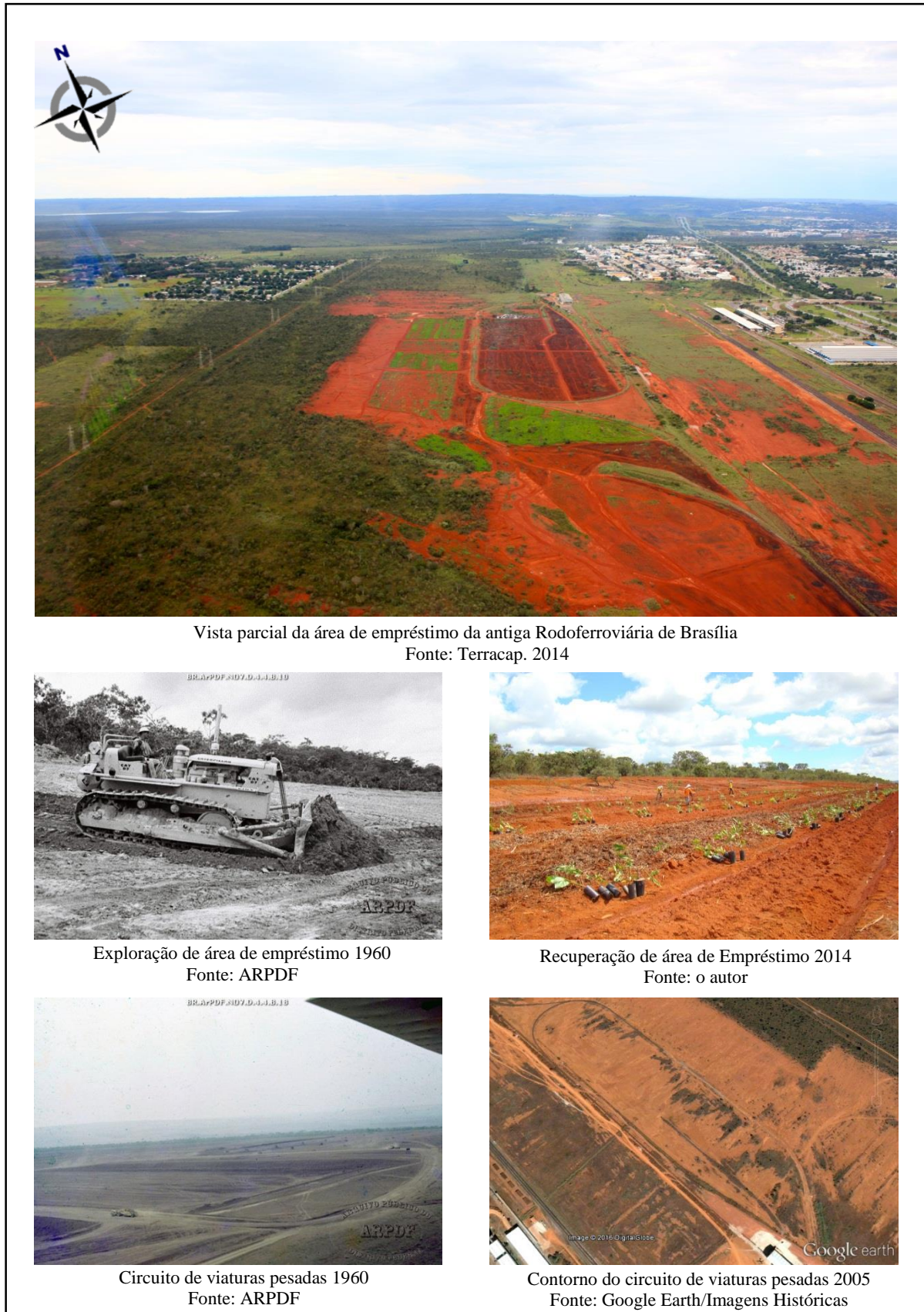


FIGURA 1 – Áreas de empréstimo no Distrito Federal. Acima, imagem de sobrevoo no pátio degradado da Rodoferrviária. Ao centro, imagens da exploração (década de 1960) e recuperação de área de empréstimo (2014). Abaixo, trânsito de viaturas pesadas (década de 60) e contorno formado em área de empréstimo.

O solo da região é classificado como latossolo vermelho distrófico, textura média (Embrapa 1999). O clima é estacional, com inverno seco e verão úmido, classificado como Cwa de acordo com Köppen (1948), com média de precipitação de cerca de 1.500mm/ano (Adámoli *et al.* 1987) concentrada entre os meses de outubro a abril.

A média de temperatura e a precipitação total foram de 21,4°C e 1.067,74mm no período de março a dezembro de 2014. Entre janeiro e novembro de 2015, esses resultados foram de 22,1°C e 937,9mm (Inmet 2016) (Figura 2).

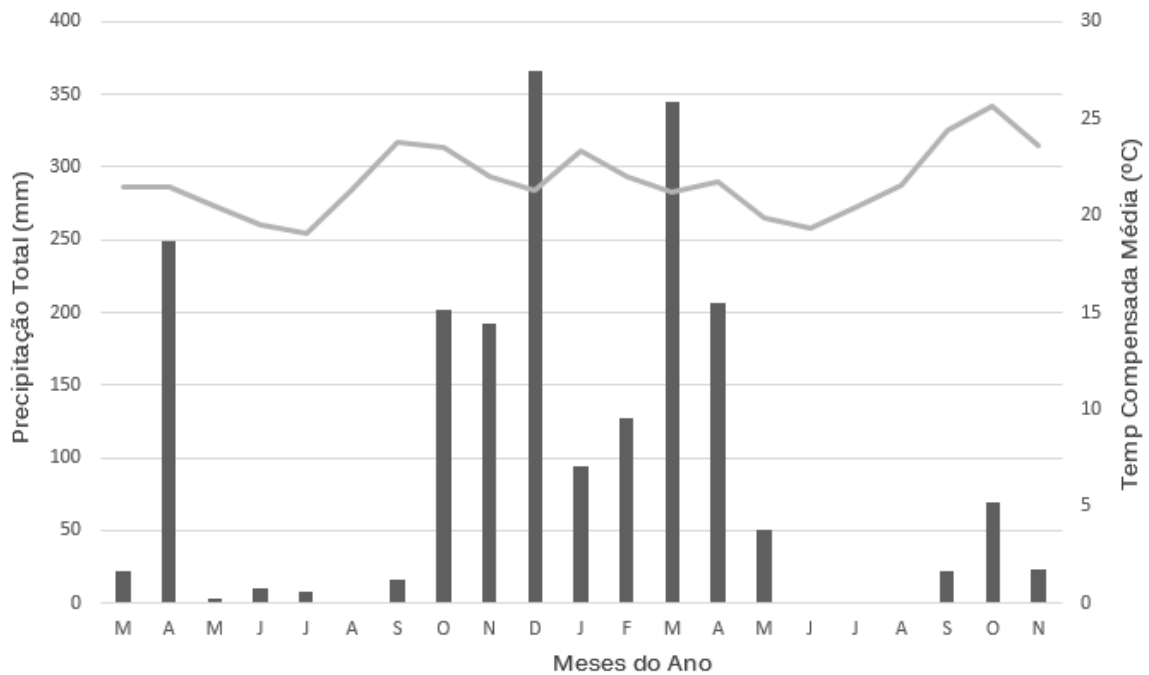


FIGURA 2 – Precipitação total (barras) e temperaturas médias (linha) em Brasília, no período de março de 2014 (plantio) a novembro de 2015 (última medição do percentual de sobrevivência das mudas de espécies arbóreas).

Na porção oeste da Rodoferroviária existem fragmentos de vegetação nativa com formações de cerrado denso e cerrado sentido restrito. Em levantamento florístico realizado na área foram identificadas 61 espécies de árvores (Caesb 2013b). As famílias de maior ocorrência foram Fabaceae (10 espécies) e Vochysiaceae (5 espécies). As espécies com maiores densidades de indivíduos foram *Kielmeyera coriacea* (Spreng.) Mart., *Dalbergia miscolobium*

Benth, *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker, *Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex. Juss., *Eremanthus glomerulatus* Less., *Aspidosperma tomentosum* Mart. e *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill.

Na área de empréstimo abandonada da Rodoferroviária ocorreu intenso estabelecimento e proliferação de espécies espontâneas (exóticas e exóticas invasoras no bioma Cerrado), tais como *Eucalyptus* spp. (eucalipto), *Pinus* spp. (pinheiro), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena), *Arundo donax* L. (cana-do-reino), *Ricinus communis* L. (mamona), capins do gênero *Urochloa* (braquiárias), *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura), *Andropogon* spp. (capim-andropogon), *Cyperus rotundus* L. (tiririca), dentre outras.

Desde 2012, o pátio da Rodoferroviária está em processo de recuperação ambiental, por meio de um projeto de reaproveitamento do bio-sólido que envolve a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), a Companhia Imobiliária de Brasília (TERRACAP) e o Exército Brasileiro (Brasil 2012). A metodologia de recuperação, utilizada em uma área de cerca de 185 ha. do pátio rodoferroviário, consiste na aplicação e incorporação de bio-sólido, plantio de sementes de leguminosas - feijão-guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp), crotalaria (*Crotalaria* spp.) e/ou estilosantes (*Stylosanthes* spp.) - como adubos verdes, seguida da incorporação da biomassa vegetal e plantio de mudas de espécies arbóreas (Ibram 2012; Caesb 2013c).

Essa metodologia, definida para a recuperação ambiental da área de empréstimo urbana, baseou-se nos trabalhos de Corrêa (2006) e não envolveu o teste de diferentes quantidades de lodo e/ou a utilização de outros resíduos urbanos. Com o objetivo de testar diferentes dosagens de lodo e sua interação com resíduos vegetais, um experimento específico foi estabelecido em 27 parcelas de 100m², num desenho experimental fatorial completo, com combinação de três quantidades de lodo e três quantidades de resíduos vegetais (09 tratamentos a 03 repetições).

3.1.1 Unidades Fornecedoras de Resíduos e de Mudanças de Espécies Arbóreas

Neste experimento utilizou-se lodo de esgoto base úmida, proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Sul (ETEB Sul), localizada no Setor de Clubes Esportivos Sul, s/nº, Asa Sul, Brasília, Distrito Federal. Por ter origem predominantemente doméstica, o lodo base úmida da ETEB Sul geralmente apresenta adequação às normas sanitárias no tocante à presença de metais pesados (Caesb 2010) (Tabela 3).

TABELA 3 – Cargas de substâncias inorgânicas incorporadas ao solo pela aplicação de biossólido e cargas teóricas permitidas pela Resolução 375/06 - CONAMA e Resolução 03/06 - CONAM/DF

Parâmetros	Resultados	Limites estabelecidos para metais (kg/ha)	
		RES 003/06 - CONAM/DF	RES 375/06 - CONAMA
Antimônio Total *	1,66	-	-
Arsênio Total *	0,17	41	30
Bário Total *	6,68	265	265
Cádmio Total	0,28	4	4
Chumbo Total	2,49	41	41
Cobre Total	12,46	137	137
Cromo Total	2,80	154	154
Mercúrio Total	0,09	17	1
Molibdênio Total *	1,07	-	13
Níquel Total	1,56	74	74
Selênio Total *	0,86	100	13
Zinco Total	58,56	445	445

*Cargas teóricas calculadas com base nos limites de quantificação da metodologia empregada. As concentrações efetivas destes elementos não foram detectadas. Fonte: adaptado de Oliveira (2015).

A autorização para pesquisa com biossólidos na área, fornecida pela CAESB e pelo Exército, foi baseada na Autorização Ambiental nº 55 - IBRAM/DF, de setembro de 2012, emitida pelo Instituto Brasília Ambiental (Ibram 2012).

Os resíduos vegetais foram recebidos do Viveiro II da NOVACAP, localizado na Quadra 01, Setor de Oficinas Norte, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal. Os resíduos eram constituídos por cavacos e folhas trituradas, tipo resíduos vegetais “in natura”, oriundos dos serviços de poda de árvores, em vias públicas, no Distrito Federal.

As mudas foram doadas pelo Viveiro Embrapa Cerrados, localizado na BR-020, Km 18, Planaltina, Distrito Federal: *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC., *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum., *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose, *Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin. e *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook f. Ex S. Moore; e Viveiro Irmãos Radel (contratado da TERRACAP) localizado na GO-010, km 14, Luziânia, Goiás: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. Cebil (Griseb.) Altschul, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Schinus terebinthifolius* Raddi (Tabela 4).

TABELA 4 – Relação e características das espécies arbóreas utilizadas no experimento.

Família	Nome Científico	Nome Popular	Idade Mudas* (meses)
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira-pimenteira	02
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-roxo	02
	<i>Tabebuia aurea</i>	Caraíba	24
Fabaceae Caesalpineoideae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	02
	<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	02
Fabaceae Mimosoideae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	02
	<i>Senegalia polyphylla</i>	Monjoleiro	12
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i>	Chichá	08
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	Marmelada-preta	12
	<i>Alibertia sessilis</i>	Marmelada	12

* Idade das mudas no plantio (março de 2014)

As espécies foram selecionadas pela disponibilidade de mudas no mercado e por serem recomendadas para plantios de recuperação ambiental incluindo projetos de revegetação de jazidas mineradas no Cerrado (Tabela 5).

3.1.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e um grupo controle, com três réplicas para cada tratamento, totalizando 27 parcelas experimentais. Os tratamentos testados foram alocados em parcelas experimentais, adjacentes umas às outras, em cada bloco (Figura 3).

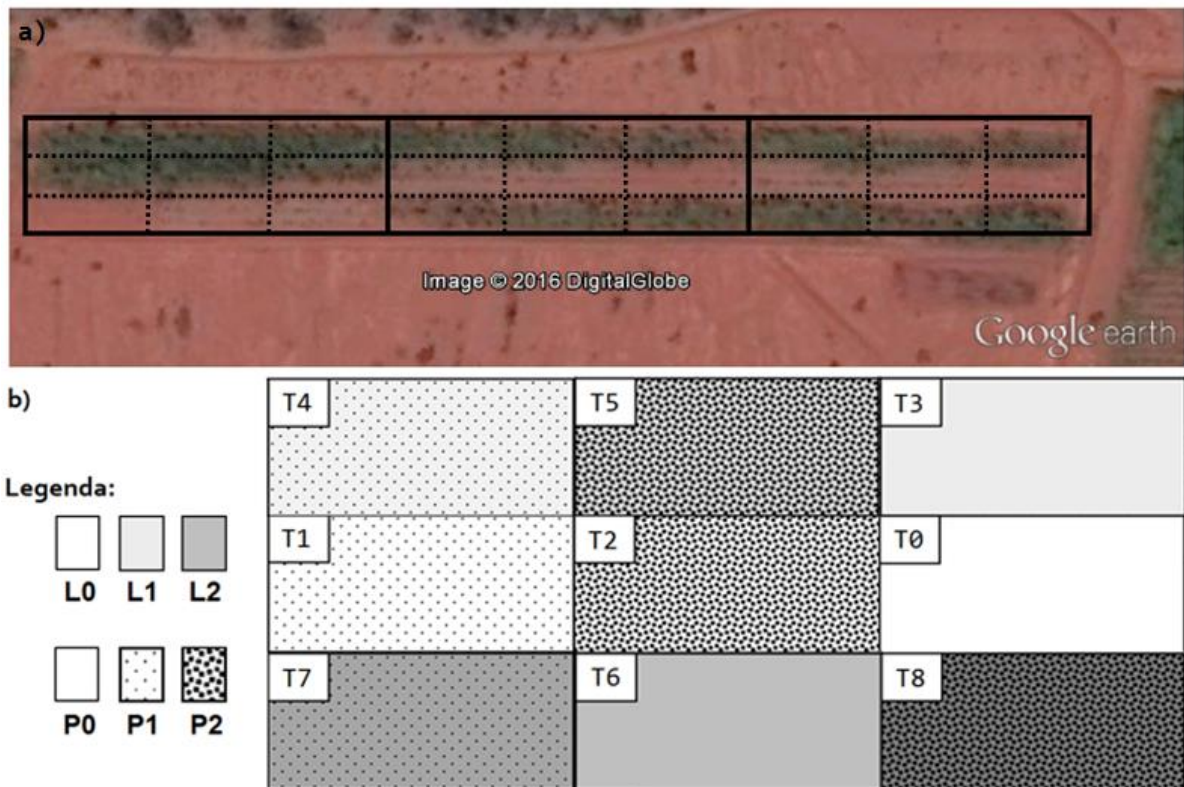


FIGURA 3 – Disposição das parcelas experimentais. 3a) Área de estudos com 03 réplicas (blocos casualizados) dos tratamentos testados (60x15m cada bloco) e subdivisões das 09 parcelas experimentais (20x5m cada parcela). Fonte: adaptado de GoogleEarth. 3b) Representação esquemática de um dos blocos casualizados com os oito tratamentos (T1-T8) e o controle (T0).

Foram testados os efeitos de três níveis (doses) dos dois fatores (Lodo - L e Poda - P) no crescimento inicial e na sobrevivência das mudas:

- T0: L0P0 - grupo controle;
- T1: L0P1 - poda parcial ($122,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$);
- T2: L0P2 - poda total ($245 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$);
- T3: L1P0 - lodo parcial ($270 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$);
- T4: L1P1 - lodo parcial + poda parcial;
- T5: L1P2 - lodo parcial + poda total;
- T6: L2P0 - lodo total ($1.080 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$);
- T7: L2P1 - lodo total + poda parcial; e
- T8: L2P2 - lodo total + poda total.

3.1.3 Preparo das Parcelas Experimentais

Cada parcela experimental ocupou uma área de 100 m² (20 x 5m) que foi recoberta, por meio de uma retroescavadeira, das diferentes dosagens de lodo e poda, de acordo com os tratamentos testados. Para a incorporação dos resíduos foi utilizada uma grade aradora e um arado de quatro discos, acoplados a trator. Esta metodologia proporcionou o rompimento da camada compactada superficial do substrato e a incorporação dos resíduos a uma profundidade média de 20cm (Figura 4).

Após a incorporação dos resíduos foi realizada caleação (deposição de cal hidratada) nas parcelas com lodo. Esta aplicação de cal foi realizada por espalhadeira, acoplada em trator, e visou inibir a ocorrência de vetores e minimizar o odor característico do resíduo, conforme práticas realizadas pela CAESB para utilização do lodo de esgoto (Caesb 2010).

O lodo de esgoto tem sido usado em plantios de recuperação de áreas degradadas no Distrito Federal com dosagem de 70 ton.ha⁻¹, base seca, correspondente a 540m³ de substâncias inorgânicas a serem incorporadas ao substrato (Corrêa 2006; Caesb 2010). Neste trabalho, visou-se testar os efeitos da adição do dobro (1.080 m³.ha⁻¹) e da metade desta dose (270 m³.ha⁻¹), com o objetivo de comparar resultados relativos à sobrevivência e ao crescimento vegetal além de interações com resíduos vegetais de poda. Para a definição das dosagens dos resíduos de poda foi verificada a capacidade máxima de incorporação no substrato (245 Mg.ha⁻¹), com os implementos agrícolas utilizados, e a metade desta quantidade (122,5 Mg.ha⁻¹).

Após a incorporação dos esíduos houve um intervalo de tempo visando à maturação do lodo de esgoto e à diminuição da intensa atividade microbiana reativada pelo biossólido. Quinze dias após a incorporação dos resíduos foram confeccionadas, em cada parcela experimental, 03 linhas de plantio, utilizando-se um moto-coveador, com 20 covas em cada linha, em espaçamento 2 x 1m (Figura 4).

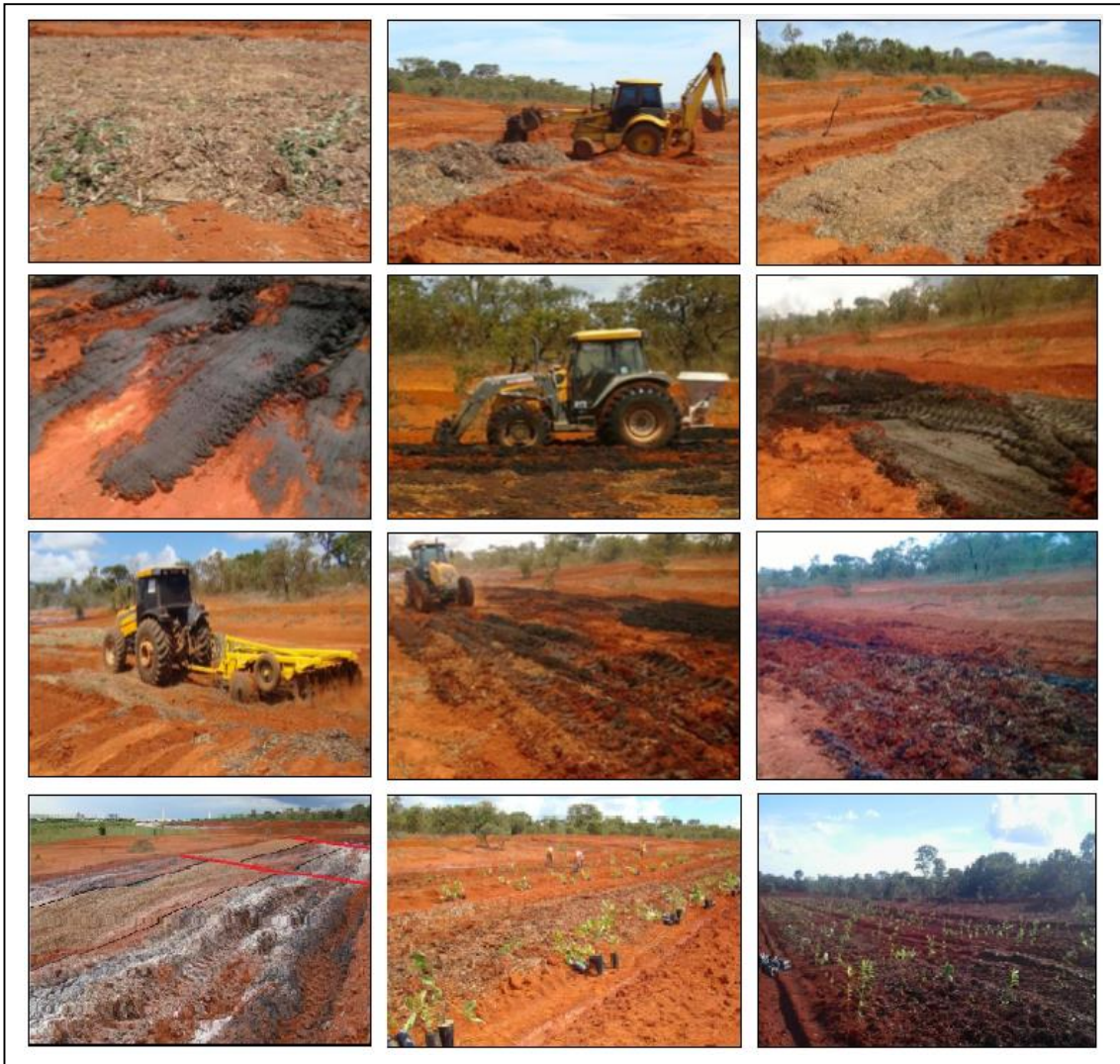


FIGURA 4 – Preparo das parcelas experimentais. Deposição e incorporação dos resíduos de poda e do bio-sólido, seguidas pelo plantio de mudas de espécies arbóreas no pátio da antiga Rodoferroviária de Brasília (fevereiro-março de 2014).

Em março de 2014, foram plantados 6 indivíduos de cada uma das 10 espécies estudadas (60 plantas por parcela), totalizando 1.620 mudas (162 mudas por espécie) (Tabela 4). As espécies foram classificadas como pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias, conforme Gandolfi *et al.* (1995), e de acordo com os trabalhos de Felfili (1993), Lorenzi (1998), Lorenzi (2002), Durigan (2003), Silva Júnior (2005), Lorenzi (2009a), Lorenzi (2009b), Scabora *et al.* (2011) e Medeiros (2011) (Tabela 5).

Por motivos logísticos e de disponibilidade dos recursos fornecidos pelos diferentes parceiros, não foi possível observar, no presente experimento, a recomendação geral para execução de plantios de recuperação no Cerrado no início da estação chuvosa (Corrêa 2005). Com o plantio ocorrido em março de 2014, a área experimental recebeu, aproximadamente, 423mm de chuvas na 1ª estação chuvosa (cerca de 25% das chuvas do período chuvoso 2013-2014) (Inmet 2014) (Figura 2). Houve irrigação adicional com caminhões pipa (seis aplicações de 9.000L), nos meses de maio a junho de 2014, equivalendo a um acréscimo de 20mm de precipitação.

TABELA 5 – Características gerais e ecológicas das espécies arbóreas do experimento para a recuperação de áreas degradadas.

Espécie	Classificação Ecológica	Ocorrência Formação Cerrado	Ocorrência Tipo Solo	Usos na Recuperação de Áreas Degradadas
<i>Alibertia edulis</i>	Secundária inicial	Savânica/Florestal	Distrófico	Recomendada para plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas (Lorenzi 2009a). O gênero <i>Alibertia</i> inclui espécies lenhosas do Cerrado já utilizadas na recuperação de áreas mineradas (Corrêa 2009)
<i>Alibertia sessilis</i>	Pioneira	Savânica/Florestal	Distrófico	Recomendada para plantios de reflorestamentos visando à recuperação de áreas degradadas (Lorenzi 2002)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Pioneira	Florestal	Fértil	Indicada para recuperação de terrenos bem drenados e erodidos (Durigan 2003)
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Secundária tardia	Savânica/Florestal	Distrófico/ Fértil	Recomendada para plantios mistos destinados à recomposição vegetal de áreas degradadas (Duboc & Guerrini 2009). Apresenta crescimento lento sob quaisquer condições de plantio (Lorenzi 1992)
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Secundária tardia	Florestal	Fértil	Recomendada para reflorestamentos com fins ecológicos (Lorenzi 2009b). Apresenta rápido desenvolvimento em campo (Lorenzi 2009b)
<i>Peltophorum dubium</i>	Pioneira	Florestal	Fértil	Indicada para plantios mistos destinados ao reflorestamento de áreas de preservação permanente (Lorenzi 1992). Apresenta rápido crescimento em campo (Lorenzi 1992)
<i>Tabebuia aurea</i>	Pioneira	Savânica/Florestal	Distrófico	Recomendada para plantios de reflorestamento (Lorenzi 1998). O desenvolvimento das mudas em campo é lento (Lorenzi 2009b)
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pioneira	Florestal	Fértil	Recomendada para revegetação no Cerrado incluindo jazidas mineradas (Corrêa 2009). Apresenta rápido desenvolvimento em campo (Lorenzi 2009b)
<i>Senegalia polyphylla</i>	Pioneira	Florestal	Fértil	Recomendada para recuperação de áreas degradadas (Lorenzi 2009b). Apresenta alta colonização micorrízica sendo indicada para revegetação de áreas degradadas no Cerrado (Scabora <i>et al.</i> 2011)
<i>Sterculia striata</i>	Pioneira	Florestal	Fértil	Indicada para plantios mistos destinados à recomposição vegetal de áreas degradadas (Lorenzi 2002). Apresenta rápido crescimento em campo (Lorenzi 2009b)

Adaptado de Gandolfi *et al.* (1995); Felfili (1993); Lorenzi (1998); Lorenzi (2002); Durigan (2003); Silva Júnior (2005); Lorenzi (2009a); Lorenzi (2009b); Scabora *et al.* (2011); e Medeiros (2011)

3.2 MEDIÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

As plantas foram medidas em diâmetro (no coleto, com paquímetro digital) e altura (até o meristema apical, com trena), em março de 2014 (plantio), maio de 2014 (final da 1ª estação chuvosa), novembro de 2014 (final da estação seca) e em junho de 2015 (final da 2ª estação chuvosa).

Foram avaliados o crescimento médio em altura (AP) e diâmetro caulinar (DC), nos indivíduos vivos, aos 460 dias após o plantio (junho de 2015). O incremento em altura e diâmetro dos indivíduos, considerando as espécies e tratamentos testados, foi calculado como a diferença percentual (%), em relação ao porte inicial médio (percentual da diferença média em altura - cm e diâmetro - mm), de acordo com as medições obtidas no plantio (março de 2014).

Além das medidas e comparações de crescimento, realizadas por espécie nos diferentes tratamentos, foram calculados o crescimento total, em altura (m) e área basal (m²), das mudas plantadas em cada parcela experimental. Este somatório objetivou uma apresentação rápida e geral das mudanças ocorridas na estrutura das árvores plantadas, em resposta aos tratamentos aplicados, independentemente da espécie.

3.3 TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM ALTURA E DIÂMETRO

A Taxa de Crescimento Relativo (TCR) foi estabelecida por Briggs (1920) para expressar uma taxa de crescimento segundo o incremento de matéria seca por unidade de massa inicial, em um dado intervalo de tempo (g.g⁻¹.dia⁻¹). Segundo Radford (1967) este índice de crescimento vegetal permite comparar os efeitos de diferentes manejos de solos nas plantas, sem depender de pressupostos matemáticos.

A TCR também é utilizada, em diversos estudos, com base em outras medidas biométricas, tais como altura da planta ($\text{cm.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) (George & Bazzaz 1999; Baraloto *et al.* 2005) e área foliar ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) (Martins *et al.* 1985; Lameira 2011). Dessa forma, a TCR pode ser utilizada para expressar o crescimento por unidade de tempo, tendo como base altura inicial ou diâmetro inicial, através da seguinte fórmula: $\text{TCR} = \ln X_2 - \ln X_1 / t_2 - t_1$, onde, \ln é o logaritmo natural; X_1 e X_2 representam os parâmetros de crescimento adotados, obtidos pela diferença nos tempos t_2 (tempo final) e t_1 (tempo inicial).

As taxas de crescimento foram estimadas a partir dos dados de AP e DC obtendo-se a Taxa de Crescimento Relativo em Altura (TCR_{AP}) e em Diâmetro (TCR_{DC}), no período ($t_2 - t_1$), aos 460 dias após o plantio, conforme equações (1) e (2), adaptadas de Hunt (1990):

$$\text{TCR}_{\text{AP}} = \ln \text{AP}_2 - \ln \text{AP}_1 / (t_2 - t_1) \text{ (cm.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}) \quad (1)$$

$$\text{TCR}_{\text{DC}} = \ln \text{DC}_2 - \ln \text{DC}_1 / (t_2 - t_1) \text{ (mm.mm}^{-1}.\text{dia}^{-1}) \quad (2)$$

As taxas de crescimento relativo possibilitam avaliar a velocidade com que uma planta cresce em comparação ao seu porte inicial (Benincasa 2003). Assim, conforme outros trabalhos (Baraloto *et al.* 2005; Melotto *et al.* 2009) foram obtidas as TCRs do período de quinze meses (março de 2014 - plantio - a junho de 2015) para as dez espécies nativas do Cerrado.

3.4 SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

A sobrevivência dos indivíduos plantados foi avaliada em todas as amostragens e em novembro de 2015, aos 610 dias de plantio (final da 2ª estação seca).

3.5 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PERMUTACIONAL MULTIVARIADA (PERMANOVA)

Análises de Variância Permutacionais Uni e Multivariadas (PERMANOVA) foram aplicadas para verificar se os efeitos dos tratamentos testados na TCR_{AP} e TCR_{DC}, aos 460 dias após o plantio, e na sobrevivência, aos 610 dias, foram significativos a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). A PERMANOVA apresenta robustez estatística similar à MANOVA tradicional, mas não requer que sejam atendidos os pressupostos de normalidade e homogeneidade das matrizes de covariância (Anderson 2001; Anderson & Walsh 2013).

3.6 QUANTIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO

A fim de acompanhar a dinâmica da comunidade vegetal em recuperação, foram levantados dados de inventário, amostragem e quantificação da biomassa de plantas que colonizaram espontaneamente os tratamentos testados. Não foram realizadas capinas ou qualquer outro método de controle de espécies espontâneas, nas parcelas experimentais, durante a realização do experimento.

3.6.1 Método de Interceptação de Linha

Para a quantificação da cobertura do solo, por espécies espontâneas, em maio de 2014 (dois meses após o estabelecimento do experimento), foi utilizado o método de interceptação de linha (Canfield 1941). Foram amostradas as entrelinhas de plantio em cada parcela amostral (cada uma com 20m de comprimento), com auxílio de trena graduada. Como ponto amostral, foi adotado a interseção de uma linha perpendicular à trena, a cada 20cm, até o solo. Assim, foram anotadas espécies vegetais encontradas ou condição de solo exposto, em cada ponto amostral.

As espécies vegetais encontradas foram identificadas em campo ou foram coletadas amostras botânicas para consulta a especialistas. Foi determinada a Frequência Absoluta (FA) de cada espécie, de acordo com Munhoz & Araújo (2011), desprezando o percentual de solo exposto. Posteriormente, as plantas foram agrupadas nas seguintes categorias: (i) espécies relacionadas aos resíduos (os propágulos vegetativos foram considerados como originários do lodo e da poda), (ii) gramíneas espontâneas, (iii) dicotiledôneas herbáceas espontâneas, (iv) arbóreas nativas e (v) arbóreas exóticas.

3.6.2 Biomassa de Espécies Espontâneas

Em junho de 2015, após 15 meses do estabelecimento do experimento, foi amostrada a biomassa de espécies espontâneas presentes nas parcelas experimentais. O elevado grau de cobertura do solo e altura das espécies espontâneas presentes impossibilitou a utilização do método anterior. Com auxílio de um quadrado de 1 x 1m, foram amostradas aleatoriamente três unidades de 1m², nas entrelinhas de plantio, de cada parcela experimental.

Todos os materiais vegetais coletados foram separados e classificados em gramíneas, dicotiledôneas e liteira. Algumas espécies mais comuns foram separadas das demais devido à sua grande ocorrência na área, como *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (girassol-mexicano) e *Baccharis dracunculifolia* DC. (alecrim-do-campo). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa, a 60°C por 72 horas. Posteriormente, o material foi pesado para determinação da massa seca.

As espécies espontâneas identificadas foram agrupadas, conforme a família/espécie, nome vulgar, se nativa ou exótica no bioma Cerrado e quantidade de parcelas com ocorrência no experimento. Também foram classificadas, de acordo com o hábito de crescimento, em gramíneas, herbáceas e/ou arbustivas, trepadeiras e arbóreas (adaptado de Eiten 1972, Tabela 10).

3.6.3 Percentual de Cobertura do Solo

A cobertura do solo por espécies espontâneas e espécies-alvo da revegetação, também foi estimada com auxílio do Software *SamplePoint*. Para isso, foram captadas imagens das parcelas experimentais, em agosto de 2015, a trinta metros de altura, com auxílio de câmera DJI H3-3D GoPro, acoplada em plataforma drone Hero 3 (tipo hexacóptero).

As imagens foram separadas por tratamento e parcelas experimentais, sendo criados Bancos de Dados para análise e classificação. Cada imagem (parcela amostral) foi dividida em 100 pontos sendo criadas categorizações, conforme classificação visual. As categorizações definidas foram: solo (pontos de cor ocre), gramíneas (pontos cinza-esbranquiçados), arbóreas (pontos verdes) e inflorescências de *Tithonia diversifolia* (pontos amarelos).

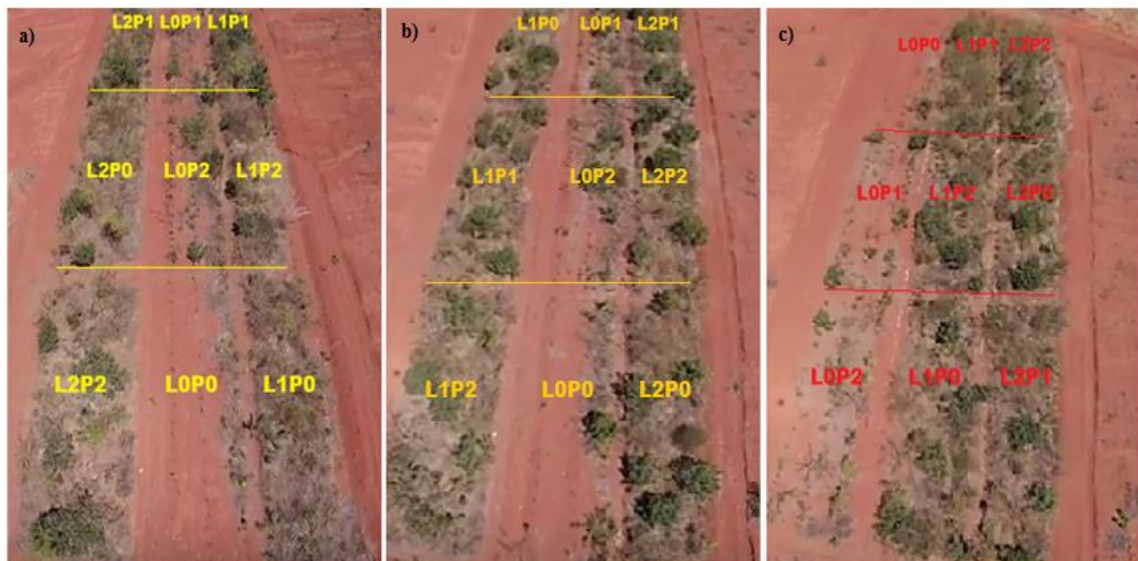


FIGURA 5 – Imagens dos blocos casualizados (09 tratamentos) da área experimental geradas com sobrevoo (drone). a) Bloco I - parcelas ao norte; b) Bloco II - parcelas centrais; e c) Bloco III - parcelas ao sul.

Para facilitar a identificação da cobertura vegetal foram utilizadas imagens de um segundo voo, a quinze metros de altura. Assim, os arquivos finais gerados disponibilizaram o percentual de cobertura do solo, em cada categoria, por parcela e tratamento.

3.7 ANÁLISES INICIAIS DOS RESÍDUOS EMPREGADOS E DO SOLO

Foram realizadas análises laboratoriais em amostra dos resíduos vegetais formada por 06 subamostras das dosagens utilizadas nos tratamentos com poda. O material vegetal foi coletado antes da mistura com lodo e antes da incorporação no solo. Foram determinados os teores de P, K^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} no material vegetal (poda), extraídos pelo ataque nitroperclórico; teor de N titulado com hidróxido sódio $0,02 \text{ molL}^{-1}$; e Carbono Orgânico. Para os dados do lodo de esgoto, foram utilizados resultados fornecidos pela CAESB (lodo base seca) relativos à macronutrientes, umidade, pH e matéria orgânica (Caesb 2013).

Foi realizada análise química e textural de rotina para os atributos do solo (Lemos & Santos 1996; Embrapa 2006) em amostras coletadas antes do estabelecimento do experimento (fevereiro 2014). A coleta inicial (pré-tratamentos) foi realizada em “zigue-zague”, no interior da área destinada aos tratamentos, de acordo com metodologia descrita em Embrapa (1997). Foram coletadas, com auxílio de trado holandês, 20 subamostras de 00-20 e 20-40cm de profundidade. Posteriormente, as subamostras foram misturadas, por profundidades coletadas, compondo 02 amostras de 200g.

3.8 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS

Após 15 meses do estabelecimento do experimento (junho de 2015) foram coletadas 08 subamostras (04 em cada entrelinha de plantio), na profundidade de 00-10cm, por parcela amostral. As subamostras de cada parcela foram peneiradas manualmente em malha 2,0mm e misturadas, compondo 27 amostras de 200g.

Foram coletadas, também, amostras de solo em fragmento de cerrado denso, situado à oeste das parcelas experimentais. Para isto, foram definidas 03 parcelas de 900m^2 (60x15m), equivalentes aos blocos casualizados do experimento. Foram coletadas 08 subamostras por

parcela, na profundidade de 00-10cm, de acordo com Embrapa (1997). As subamostras de cada parcela foram peneiradas manualmente, em malha 2,0mm e misturadas, compondo 03 amostras de 200g.

Na caracterização química do solo, foram determinados os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} extraídos pelo ataque de Cloreto de Potássio (KCl); P e K^+ extraídos com Mehlich-1; Carbono Orgânico, determinado pelo método de redução do Dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), de acordo com Yeomans & Bremner (1988); a análise do pH seguiu a proporção solo-líquido de 1:2,5; além da CTC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SOBREVIVÊNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

Após 610 dias do plantio, a sobrevivência das mudas utilizadas no experimento variou entre espécies e tratamentos. A maioria das espécies apresentou percentual de sobrevivência maior que 88% no período. Somente a espécie *Tabebuia aurea* apresentou sobrevivência menor que 88% (mortalidade de 41 indivíduos, Figura 6).

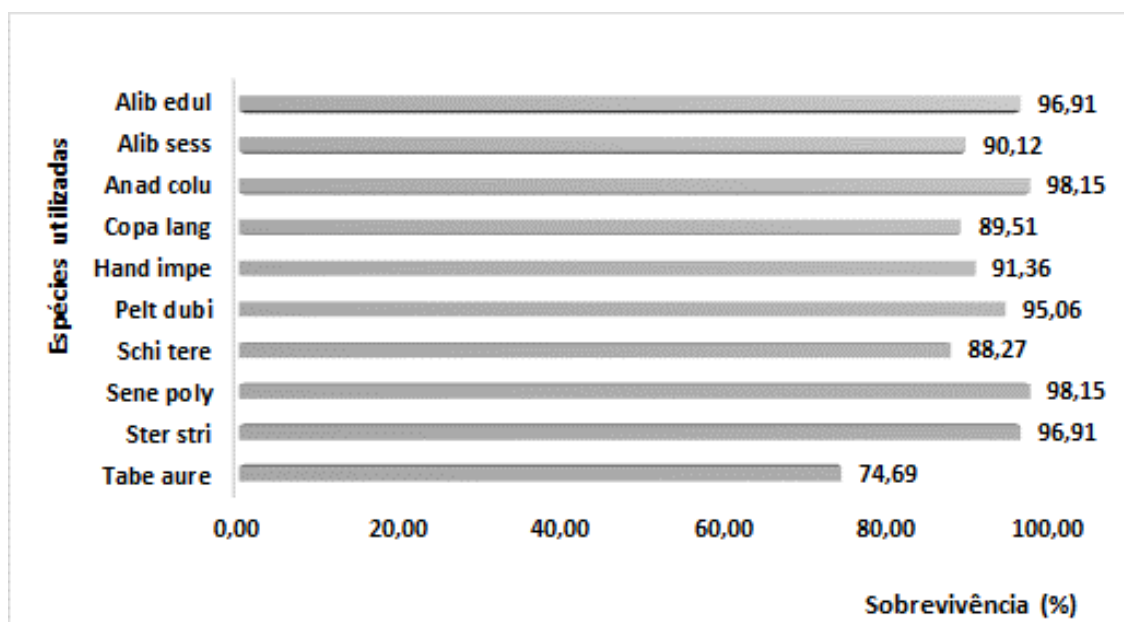


FIGURA 6 – Percentual de sobrevivência total, por espécie, nos 9 tratamentos e repetições (após 610 dias do plantio).

Tratamentos constituídos somente por dosagens de poda apresentaram os maiores percentuais de sobrevivência entre os tratamentos testados. Nos tratamentos LOP1 e LOP2, a maioria das espécies obteve 100% de sobrevivência no período do experimento.

Oito espécies apresentaram sobrevivência maior que 88% no grupo controle (LOP0): *Alibertia edulis* (100%), *Anadenanthera colubrina* (100%), *Copaifera langsdorffii* (100%), *Sterculia striata* (100%), *Senegalia polyphylla* (94,44%), *Handroanthus impetiginosus* (88,89%), *Peltophorum dubium* (88,89%) e *Tabebuia aurea* (88,89%). As espécies *Alibertia sessilis* e *Schinus terebinthifolius* apresentaram, respectivamente, 72,22% e 50% de sobrevivência no tratamento LOP0.

A espécie *Tabebuia aurea* apresentou menor percentual de sobrevivência, após 610 dias do plantio, nos tratamentos que envolveram dosagens de lodo. No tratamento L2P2, a espécie apresentou sobrevivência de 44,44% (mortalidade de 10 indivíduos) (Figura 7). Esta mortalidade ocorreu, principalmente, durante a 2ª estação seca após o plantio (9 indivíduos).

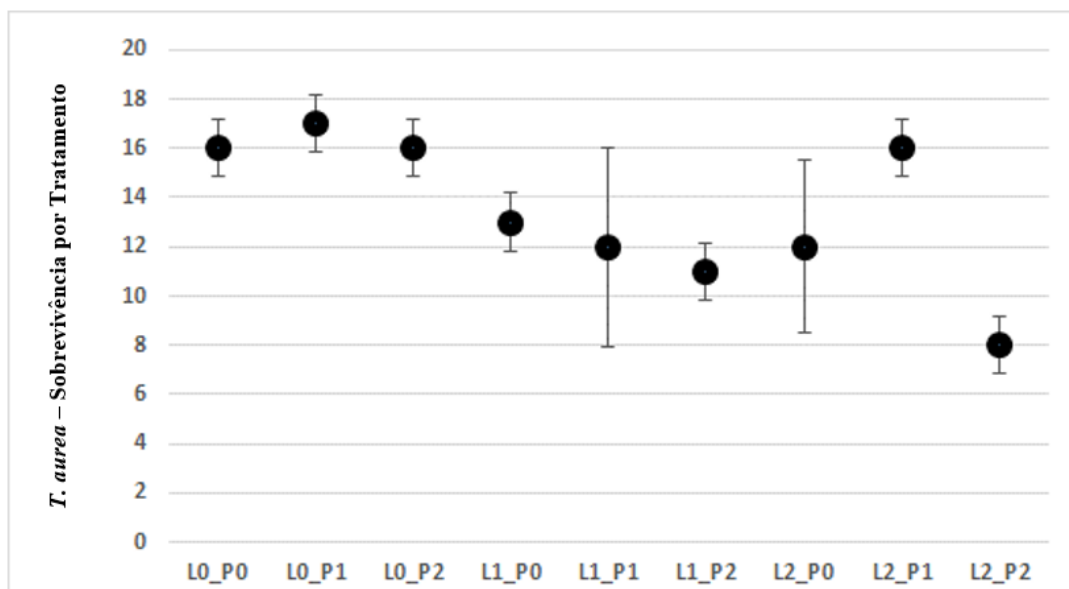


FIGURA 7 – Sobrevivência da espécie *Tabebuia aurea*, por tratamento, após 610 dias do plantio.

Os resultados da PERMANOVA para os percentuais de sobrevivência das espécies, testando esta variável para todas as espécies conjuntamente, apresentaram resultados

significativos para os três níveis dos dois fatores e seu cruzamento: Lodo ($F_{2,18}=3,20$; $p=0,001$); Poda ($F_{2,18}=2,30$; $P=0,014$); e Lodo:Poda ($F_{4,18}=1,65$; $P=0,046$).

Os testes de hipóteses (PERMANOVA) individuais para cada espécie, não identificaram diferenças significativas entre os tratamentos na sobrevivência de seis das dez espécies testadas: *Alibertia edulis*, *Alibertia sessilis*, *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium*, *Senegalia polyphylla* e *Sterculia striata*. Outras duas espécies, *Handroanthus impetiginosus* e *Copaifera langsdorffii*, apresentaram variações nos percentuais de sobrevivência entre os tratamentos de forma não consistentes. Essas variações, provavelmente, foram causadas por fatores externos, como qualidade das mudas no plantio.

Finalmente, duas espécies tiveram a sobrevivência das mudas afetadas de forma consistente pelos tratamentos aplicados. As mudas de *Schinus terebinthifolius* tiveram maior mortalidade no controle (LOP0) em relação aos demais tratamentos. As mudas de *Tabebuia aurea* tiveram a sobrevivência negativamente afetada pelos tratamentos com adição de lodo de esgoto.

Kratka (2013), ao avaliar o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae), na presença de diferentes proporções de lodo de esgoto, observou aquecimento e mau cheiro nos substratos. A autora concluiu que a intensa atividade microbiana (reativada pela presença de lodo e umidade) ocasionou a morte da maioria das plantas. No presente experimento, não foi observada essa tendência para as espécies testadas, mesmo nas maiores dosagens de lodo (tratamentos L2). Essas espécies apresentaram, ao final da 1ª estação chuvosa, percentual de sobrevivência $\geq 88,89\%$. Após a 2ª estação chuvosa, o percentual de sobrevivência das mudas nos tratamentos L2 também foi alto (aproximadamente 80%).

Segundo Corrêa (2004) uma mortalidade de até 40% é considerada normal, para plantios de quinze meses, em áreas mineradas no Cerrado. No presente experimento, todas as espécies utilizadas apresentaram percentuais de sobrevivência maiores que 72%, em todos os

tratamentos testados, no período de março de 2014 (plantio) a junho de 2015 (Apêndices 1 a 10).

4.2 CRESCIMENTO VEGETAL TOTAL EM ALTURA E DIÂMETRO - POR TRATAMENTOS

Quinze meses após o estabelecimento do experimento, a estrutura da vegetação nas parcelas experimentais estava muito diferente da situação inicial (pré-tratamentos) em que praticamente não havia vegetação estabelecida.

Uma análise inicial, somando o crescimento vegetal total em altura (m), de todos os indivíduos arbóreos, nos 09 tratamentos testados e nas repetições, indicou maiores valores de crescimento vegetal durante a 2ª estação chuvosa (novembro de 2014 a junho de 2015) (Figura 8). Neste período, maiores crescimentos ocorreram nos tratamentos L2P1 (261,01m) e L1P1 (243,45m) e menores no L0P1 (169,42m) e no controle (L0P0) (107,04m).

Durante a estação seca (junho a outubro de 2014) maiores crescimentos em altura ocorreram nos tratamentos com dosagens de lodo (L2 e L1) e menores nos tratamentos constituídos somente por poda (L0P1 e L0P2) e no controle (L0P0).

Para o crescimento total em área basal (m^2), os resultados do somatório do crescimento total, nos tratamentos testados, também indicaram maior crescimento durante a 2ª estação chuvosa. Maiores valores foram observados nas dosagens L2P2 ($49,01m^2$) e L2P1 ($37,05m^2$) e menores no L0P1 ($13,15m^2$) e no controle ($7,04m^2$). Maior crescimento em área basal, observados nesta estação, correspondem à tendência de incremento sazonal do caule para espécies lenhosas de formações savânicas do Cerrado (Sarmiento 1984; Sarmiento *et al.* 1985).

Incrementos em altura, observados nos tratamentos com lodo de esgoto, durante a estação seca, podem estar relacionados à capacidade de retenção de umidade do resíduo. Diversos estudos relatam aumento da capacidade de infiltração e de retenção de umidade em

solos recuperados com lodo (Aquilar *et al.* 1994; Alves *et al.* 2007). Sampaio e colaboradores (2012) observaram progressão dos níveis de umidade no solo, em função do aumento da deposição de doses de lodo.

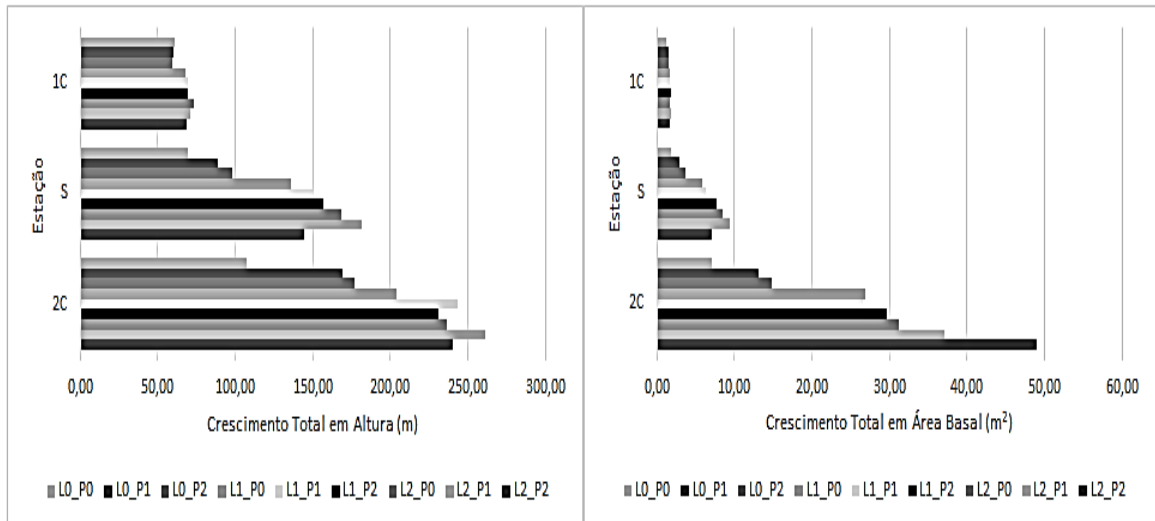


FIGURA 8 – Crescimento total em altura (m) e área basal (m²) por tratamentos testados - com somatório de parâmetros de 180 indivíduos arbóreos por tratamento - e estações do Cerrado. Legenda: 1C (1ª Estação Chuvosa); S (Estação Seca); e 2C (2ª Estação Chuvosa).

Outro possível fator contribuinte para o crescimento vegetal durante a estação seca pode estar relacionado à irrigação adicional no experimento. Essa irrigação prolongou-se, do plantio, até o mês de junho de 2014, de forma a beneficiar a fase adaptativa e o desenvolvimento radicular das mudas em campo (Assad & Assad 1999).

4.3 CRESCIMENTO VEGETAL EM ALTURA E DIÂMETRO - POR ESPÉCIES E TRATAMENTOS

Os crescimentos em altura e diâmetro caulinar das plantas variaram entre espécies e tratamentos no período de março de 2014 a junho de 2015. Maiores valores médios de altura foram observados, em junho de 2015, para as espécies *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Anadenanthera colubrina*, em todos os tratamentos testados e no controle. *Peltophorum dubium* apresentou maior altura média (cm) e incremento em altura (%) no tratamento L2P2 (284,28cm ± 73,35; 2.445,77%); *Schinus terebinthifolius* no tratamento L1P1

(242,33cm \pm 54,55; 1.299,87%); e *Anadenanthera colubrina* no tratamento L2P1 (181,06cm \pm 48,40; 1.545,99%).

A espécie *Sterculia striata* apresentou maior altura média (cm) no tratamento L0P2 (68,61cm \pm 26,75). *Handroanthus impetiginosus* apresentou maior altura média e incremento em altura (%) no tratamento L2P1 (109,35cm \pm 44,44; 925,18%). *Copaifera langsdorffii* apresentou maior altura média no tratamento L1P1 (56,43cm \pm 28,26) e maior incremento no tratamento L1P2 (506,59%). As espécies *Alibertia edulis* e *Alibertia sessilis* apresentaram os menores incrementos em altura, entre todas as espécies, em todos os tratamentos testados (Figura 9).

Nos crescimentos médios em diâmetro caulinar, maiores incrementos foram observados, em junho de 2015, para as espécies *Senegalia polyphylla*, *Schinus terebinthifolius*, *Peltophorum dubium* e *Anadenanthera colubrina* em todos os tratamentos testados e no controle. *Senegalia polyphylla* apresentou maior diâmetro médio (mm) e incremento em diâmetro (%) no tratamento L2P2 (105,18mm \pm 66,34; 1.423,16%); *Schinus terebinthifolius* apresentou maior diâmetro médio no tratamento L2P2 (97,85mm \pm 47,85) e maior incremento em diâmetro no tratamento L2P1 (3.333,90%); *Peltophorum dubium* apresentou maior diâmetro médio e incremento no tratamento L2P2 (61,33mm \pm 18,86; 1.647,14%); e *Anadenanthera colubrina* no tratamento L2P1 (30,18mm \pm 16,27; 1.283,27%).

A espécie *Tabebuia aurea* apresentou o menor incremento em diâmetro, entre todas as espécies, em todos os tratamentos testados (Figura 10). Todas as espécies apresentaram maior incremento em altura e diâmetro nos tratamentos testados, em relação às plantas do grupo controle.

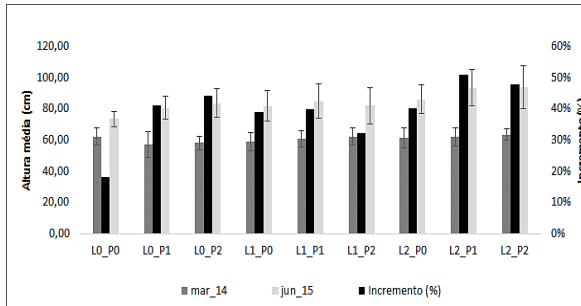
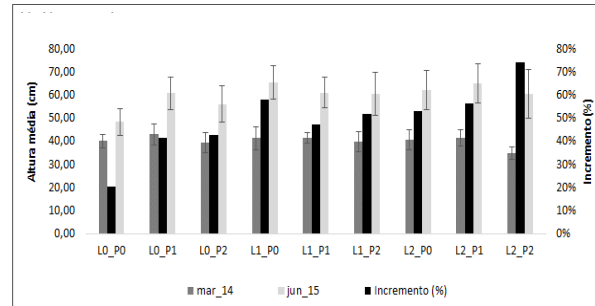
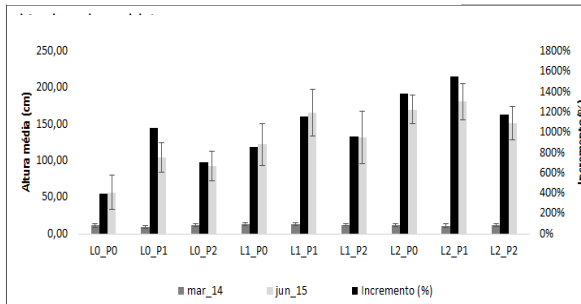
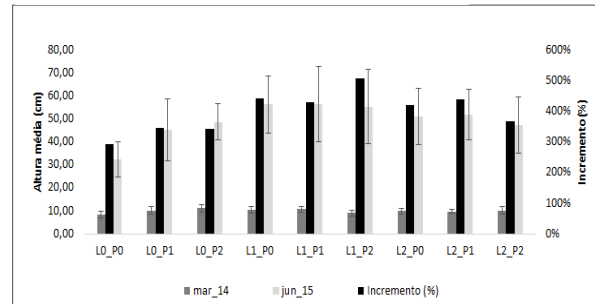
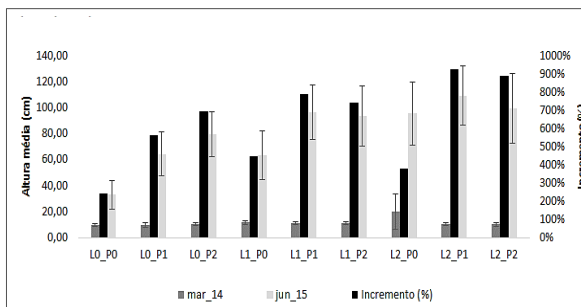
a) *Alibertia edulis*b) *Alibertia sessilis*c) *Anadenanthera colubrina*d) *Copaifera langsdoffii*e) *Handroanthus impetiginosus*

FIGURA 9 – Altura média e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

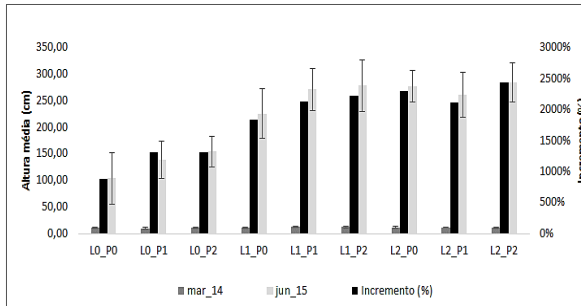
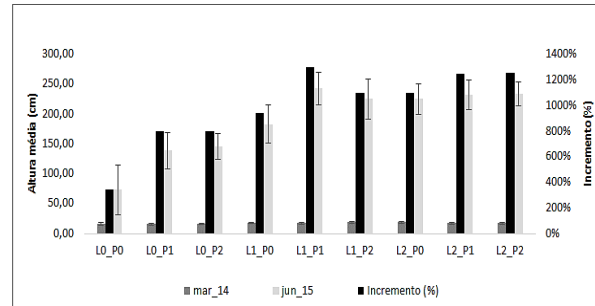
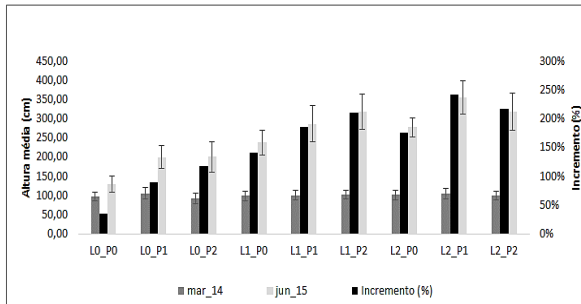
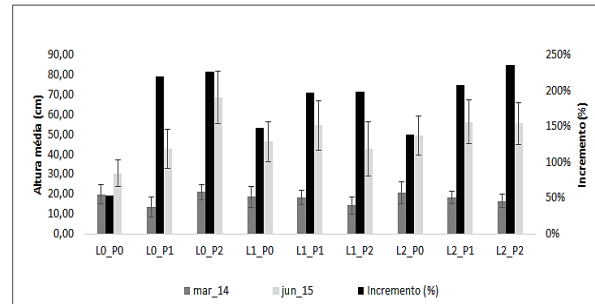
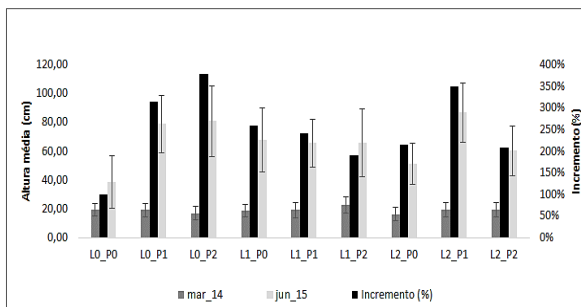
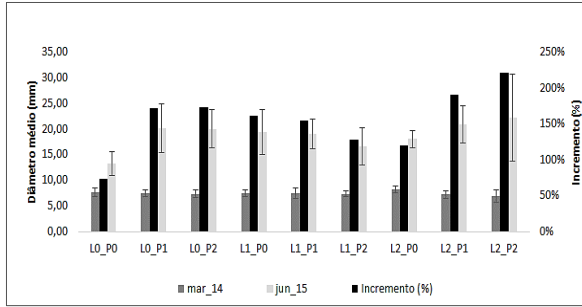
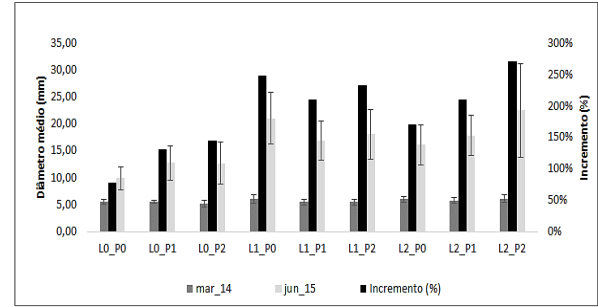
f) *Peltophorum dubium*g) *Schinus terebinthifolius*h) *Senegalia polyphylla*i) *Sterculia striata*j) *Tabebuia aurea*

FIGURA 9 (Continuação) – Altura média e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

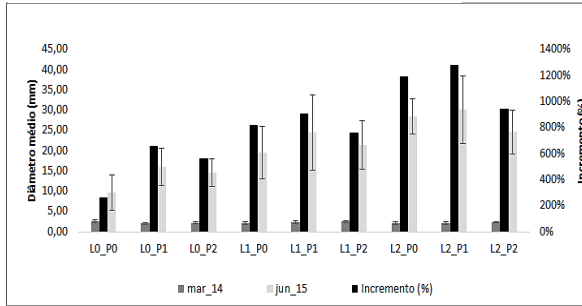
a) *Alibertia edulis*



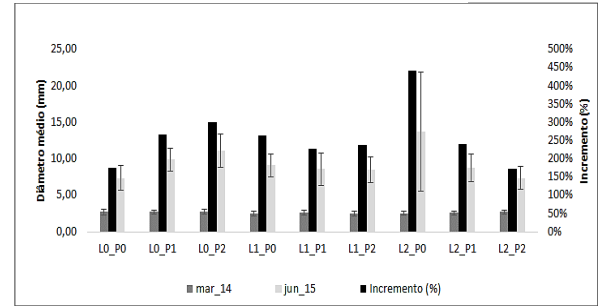
b) *Alibertia sessilis*



c) *Anadenanthera colubrina*



d) *Copaifera langsdoffii*



e) *Handroanthus impetiginosus*

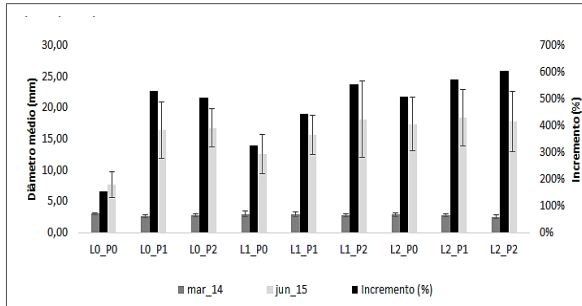


FIGURA 10 – Diâmetro médio e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

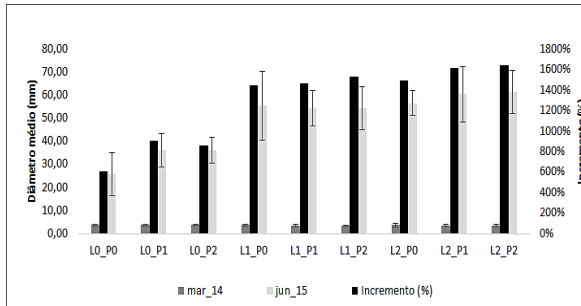
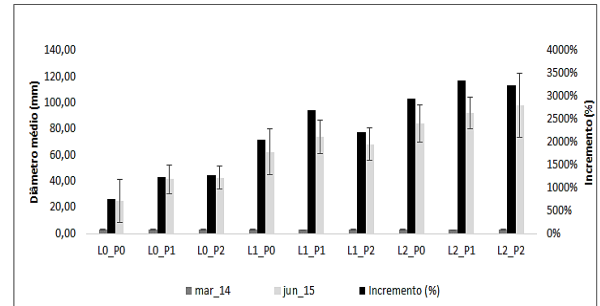
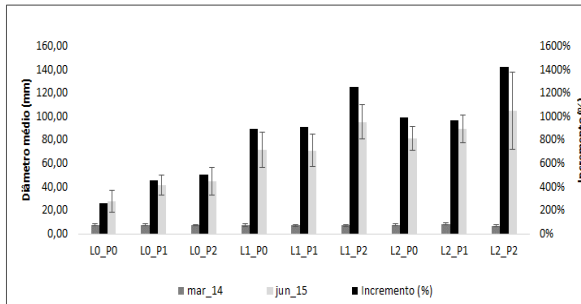
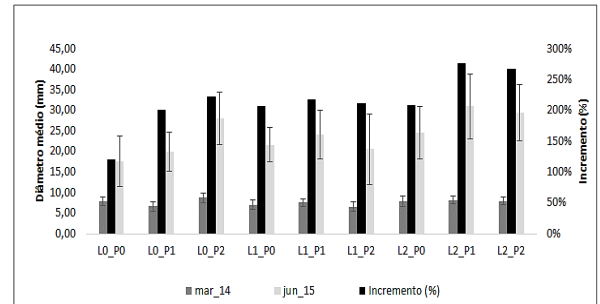
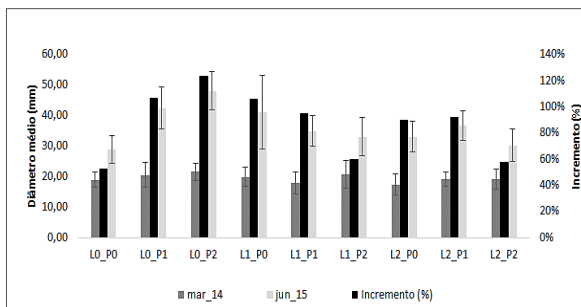
f) *Peltophorum dubium*g) *Schinus terebinthifolius*h) *Senegalia polyphylla*i) *Sterculia striata*j) *Tabebuia aurea*

FIGURA 10 (Continuação) – Diâmetro médio e percentual de incremento por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

O crescimento das plantas em altura decorre da ação do meristema apical (Glória & Guerreiro 2003). O crescimento do caule representa a adição de novos tecidos vasculares na planta, com conseqüente aumento do coleto em diâmetro (Burguer & Ritcher 1991).

Segundo Haridasan (2000) a composição florística e a fitossociologia, no Cerrado, variam entre solos distróficos e mesotróficos. A maioria das espécies arbóreas de formações florestais requerem solos mais férteis e, geralmente, apresentam maior potencial de crescimento e/ou síntese de biomassa na parte aérea (Oliveira-Filho *et al.* 1994; Corrêa *et al.* 2001). No experimento, esta tendência foi observada para as espécies *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Senegalia polyphylla*. Essas espécies são pioneiras heliófitas (Tabela 5) e apresentam, na fase inicial de crescimento, maior capacidade de absorção de nutrientes do que espécies climácicas (Vitousek 1984; Furtini Neto *et al.* 2000).

Segundo Valcarcel & Silva (1997), a utilização de princípios teóricos da sucessão vegetal, na recuperação de ecossistemas degradados, constitui uma ferramenta de reabilitação. Espécies pioneiras favorecem a quebra de substratos escavados, por meio das raízes, possibilitando condições para o estabelecimento de organismos secundários (Corrêa 2004). Em estudo desenvolvido em casa de vegetação, verificando o crescimento de mudas de espécies arbóreas adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto e fertilização mineral, Paiva *et al.* (2009) observaram maior crescimento em mudas de espécies de fases iniciais da sucessão (entre elas *Schinus terebinthifolius*). Sampaio (2010) também observou melhor resposta à aplicação do lodo para *S. terebinthifolius* e *Peltophorum dubium*.

A maioria das espécies de formações florestais do Cerrado, utilizadas no experimento (Tabela 5), apresentou maior crescimento nos tratamentos com maiores dosagens de lodo de esgoto. *Peltophorum dubium* apresentou maiores alturas, diâmetros e incrementos no tratamento L2P2. Sampaio (2010) também verificou, em trabalho de recuperação de neossolo

quartzarênico, maior crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* em tratamentos com maiores dosagens de lodo.

A espécie *Senegalia polyphylla* apresentou maiores incrementos nos tratamentos L2P2 (diâmetro) e L2P1 (altura). Em trabalho conduzido em casa de vegetação, Modesto e colaboradores (2009) verificaram maior crescimento vegetativo e maiores porcentagens de colonização micorrízica desta espécie em tratamentos com lodo de esgoto. Segundo Scabora *et al.* (2011), a espécie apresenta altas proporções de colonização de raízes por micorrizas, sendo indicada para revegetação no Cerrado. Melo (2006) também considerou a espécie muito recomendável para plantios de recuperação, em área de cerrado sentido restrito, empregando lodo de esgoto e adubação química.

Melhores resultados de crescimento médio em diâmetro e altura para a espécie *Anadenanthera colubrina* foram obtidos no tratamento L2P1. Scheer *et al.* (2012) verificaram bons resultados nestes parâmetros para mudas da espécie, utilizando substratos com lodo de esgoto e poda de árvores trituradas, tanto em casa de vegetação como em área de rustificação de mudas para plantio.

Os benefícios da utilização do lodo de esgoto para o crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* foram verificados em diversos estudos conduzidos em casa de vegetação (Nóbrega *et al.* 2007; Paiva *et al.* 2009; Trigueiro & Guerrini 2014). Os resultados obtidos para a espécie, no presente experimento em campo, indicaram maior crescimento médio e incremento em altura no tratamento L1P1. Já Nóbrega *et al.* (2007), ao avaliar o desenvolvimento de mudas de *S. terebinthifolius* em substrato composto de biossólido, latossolo e casca de arroz, verificaram tendência de aumento do crescimento em altura a partir da primeira dose de lodo adicionada ao substrato.

A espécie *Sterculia striata*, também pioneira e com ocorrência em formações florestais do Cerrado, apresentou maior crescimento médio em altura no tratamento L0P2. A espécie

respondeu aos tratamentos com diferentes quantidades de poda, com maiores incrementos em altura nos tratamentos com dosagens combinadas dos resíduos.

Espécies secundárias tardias e climácicas podem enriquecer projetos de recuperação, porém apresentam crescimento inicial lento (Sampaio 2010; Duboc & Guerrini 2009). As demais espécies de formações florestais do Cerrado empregadas no experimento (*Copaifera langsdorffii* e *Handroanthus impetiginosus*) apresentaram menores crescimentos médios e incrementos. Essas espécies são classificadas como secundárias tardias, com crescimento lento em relação às espécies pioneiras. *H. impetiginosus* apresentou interação com a poda e melhores resultados de crescimento médio em altura nos tratamentos com dosagens combinadas dos resíduos (Apêndice 5).

Segundo Hoffmann *et al.* (2004b), espécies de formações savânicas do Cerrado investem inicialmente no desenvolvimento do sistema radicular e de órgãos de reserva para garantir a sobrevivência durante a seca. As espécies de formações savânicas do gênero *Alibertia*, utilizadas no experimento, apresentaram maiores incrementos da parte aérea nos tratamentos com maiores dosagens combinadas de resíduos (Apêndices 1 e 2). As plantas de *Tabebuia aurea* responderam pouco aos tratamentos com adição de lodo, com exceção de um aumento relativo no crescimento médio em altura no tratamento L2P1 (Apêndice 10). Essas plantas (*A. edulis*, *A. sessilis* e *T. aurea*) apresentaram, no período do experimento, os menores incrementos de parte aérea e diâmetro entre todas as espécies testadas.

4.4 TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM ALTURA (PERMANOVA)

Os resultados da PERMANOVA para a Taxa de Crescimento Relativo em Altura (TCR_{AP}), aos 460 dias após o plantio, testando esta variável para todas as espécies conjuntamente, a um nível de significância de 5%, indicaram que houve efeitos significativos no crescimento das mudas entre níveis de lodo, poda e especialmente entre espécies (Tabela 6).

TABELA 6 – Análise Permanova para a variável TCR_{AP}

tcr_ap	GL	SQ	QM	F	p-valor
lodo	2	1,559E-04	7,796E-05	41,762	0,010
poda	2	1,076E-04	5,380E-05	28,818	0,010
spp	9	4,748E-03	5,276E-04	282,616	0,010
lodo:poda	4	1,126E-04	2,815E-05	15,078	0,010
Resíduos	1602	2,991E-03	1,870E-06		
Total	1619	8,115E-03			

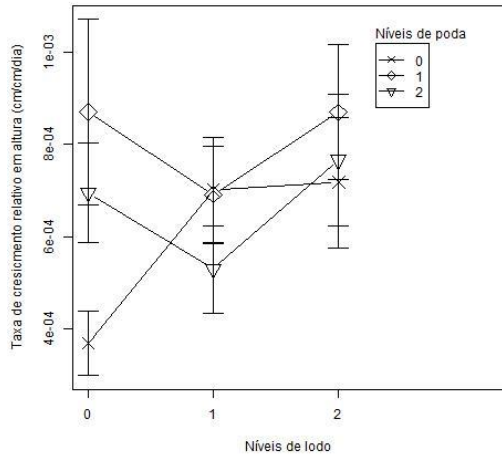
A partir deste resultado, foram realizadas comparações do crescimento em altura dos indivíduos segregados por espécie, entre os diferentes tratamentos usando PERMANOVA. Para as espécies *Alibertia edulis* e *Copaifera langsdorffii* não foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos testados.

Handroanthus impetiginosus e *Tabebuia aurea* apresentaram diferenças significativas na variável TCR_{AP} , em resposta aos diferentes níveis de poda ($F_2=4,10$; $p=0,018$; e $F_2=5,18$; $p=0,008$; respectivamente). Os testes *post-hoc* PERMANOVA indicaram aumento no crescimento das mudas com o acréscimo na quantidade de poda principalmente nos tratamentos P1 para as duas espécies (Figura 11).

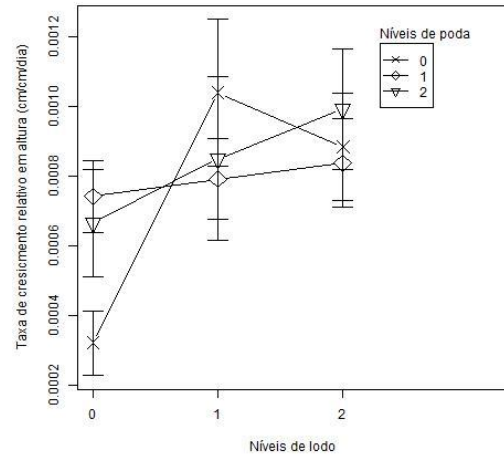
O crescimento em altura das mudas de *Alibertia sessilis* foi afetado significativamente pelas dosagens de lodo nas parcelas ($F_2=4,18$; $p=0,02$). O teste *post-hoc* PERMANOVA indicou que as diferenças no crescimento de indivíduos desta espécie começaram a surgir a partir do primeiro nível de lodo (L1) (Figura 11).

As mudas de outras cinco espécies: *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium*, *Senegalia polyphylla*, *Sterculia striata* e *Schinus terebinthifolius* tiveram o crescimento relativo em altura afetado significativamente por diferenças nas quantidades de lodo e poda nos tratamentos testados. Para *S. striata* e *S. terebinthifolius* a interação entre níveis de lodo e poda foram significativas (Figura 11).

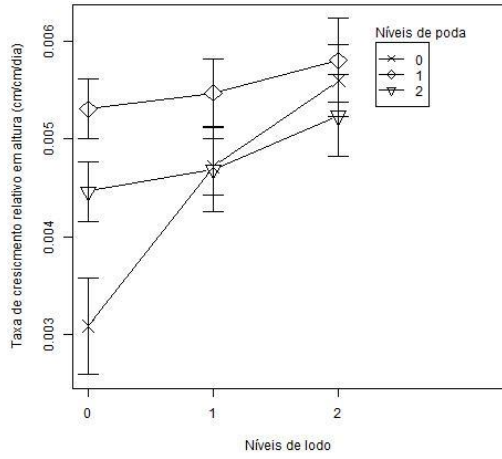
a) *Alibertia edulis*



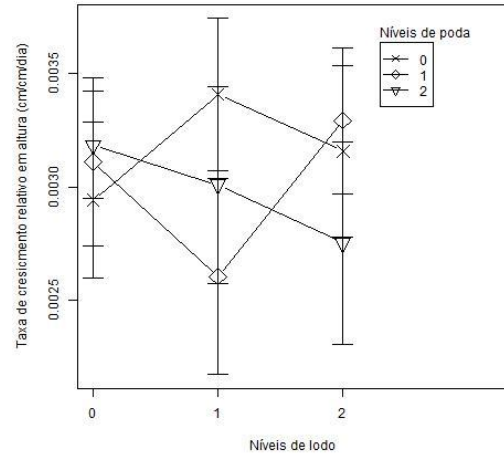
b) *Alibertia sessilis*



c) *Anadenanthera colubrina*



d) *Copaifera langsdoffii*



e) *Handroanthus impetiginosus*

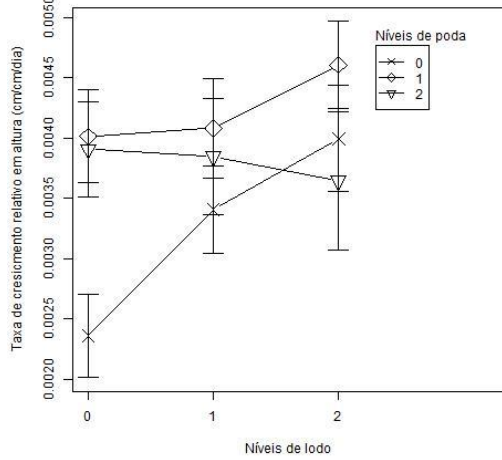


FIGURA 11 – Taxa de crescimento relativo em altura (TCRAP), por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

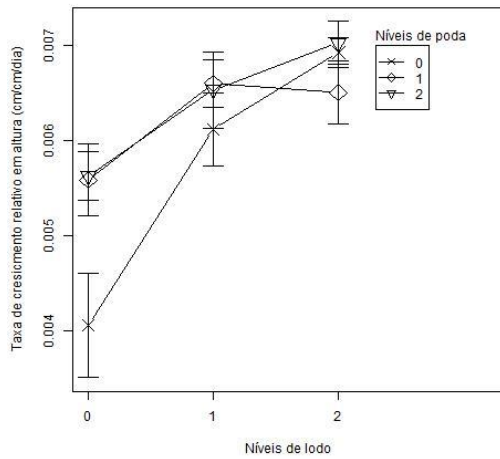
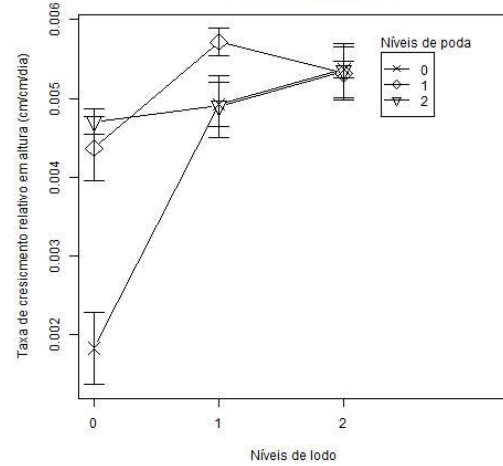
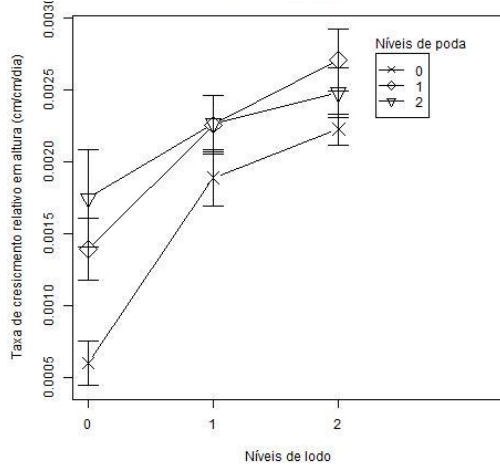
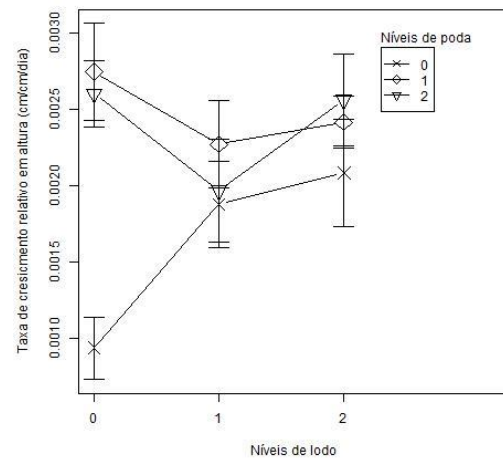
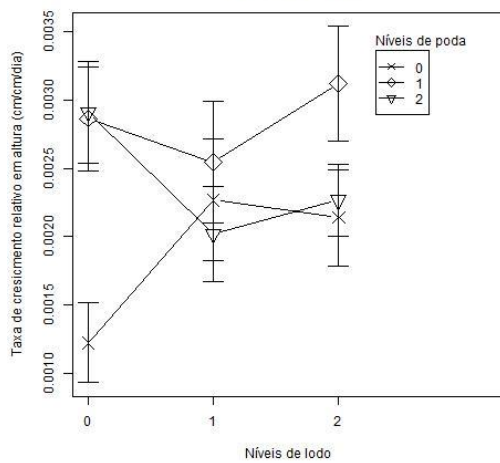
f) *Peltophorum dubium*g) *Schinus terebinthifolius*h) *Senegalia polyphylla*i) *Sterculia striata*j) *Tabebuia aurea*

FIGURA 11 (Continuação) – Taxa de crescimento relativo em altura (TCRAP), por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

4.5 TAXAS DE CRESCIMENTO RELATIVO EM DIÂMETRO (PERMANOVA)

Os resultados da PERMANOVA para a Taxa de Crescimento Relativo em Diâmetro (TCR_{DC}), aos 460 dias após o plantio, testando esta variável para todas as espécies conjuntamente, a um nível de significância de 5%, apresentaram resultados significativos para os três níveis dos dois fatores e especialmente entre espécies (Tabela 7).

TABELA 7 – Análise Permanova para a variável TCR_{DC}

tcr_dc	GL	SQ	QM	F	p-valor
lodo	2	2,750E-04	1,375E-04	74,80	0,010
poda	2	6,350E-05	3,176E-05	17,28	0,010
spp	9	4,038E-03	4,487E-04	244,12	0,010
lodo:poda	4	1,277E-04	3,194E-05	17,38	0,010
Resíduos	1602	2,944E-03	1,840E-06		
Total	1619	7,449E-03			

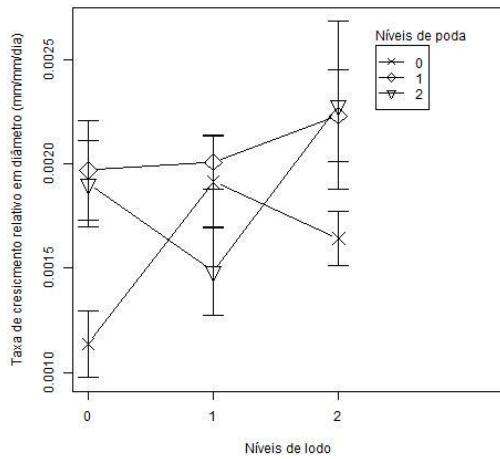
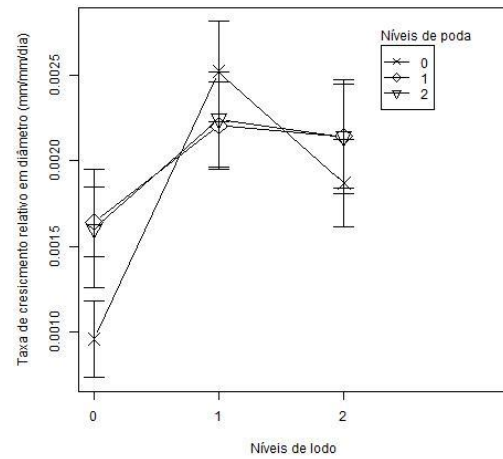
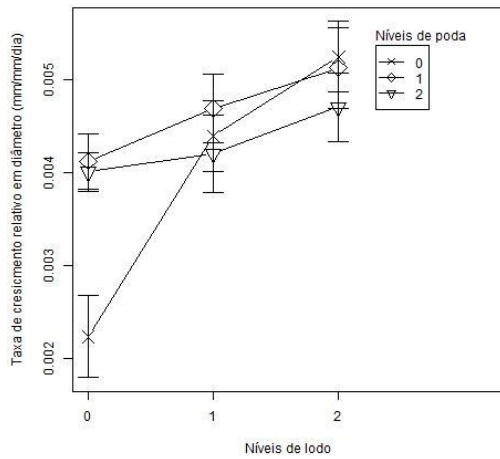
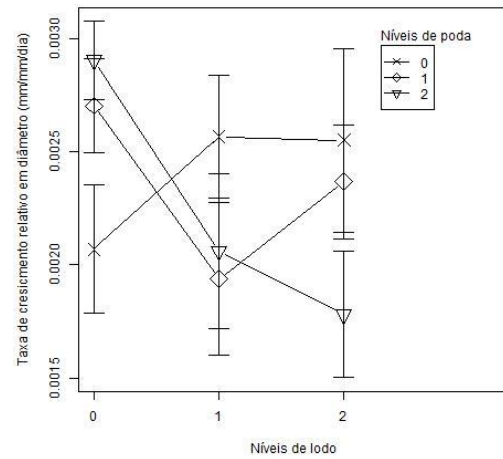
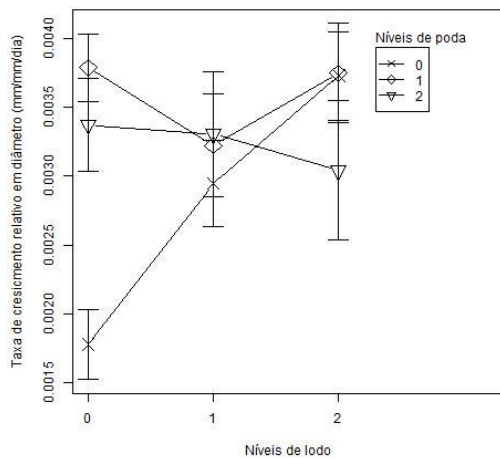
A partir da análise anteriormente descrita, foram realizados testes de hipóteses (PERMANOVA) individuais para cada espécie, de forma a identificar quais tratamentos apresentaram diferenças significativas. Para a espécie *Tabebuia aurea* não foram identificadas diferenças significativas no crescimento relativo em diâmetro entre os tratamentos testados. O crescimento em diâmetro das mudas de *Alibertia edulis* foi significativamente afetado pelo aumento na quantidade de poda ($F_{2,153}=3,83$; $p=0,024$), a partir do tratamento P1.

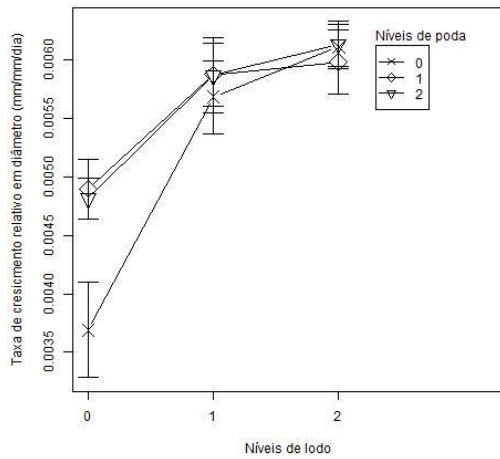
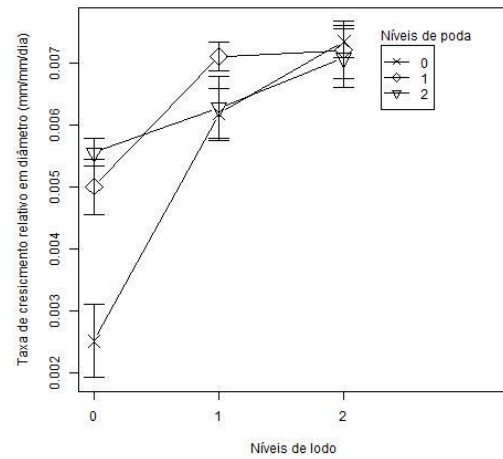
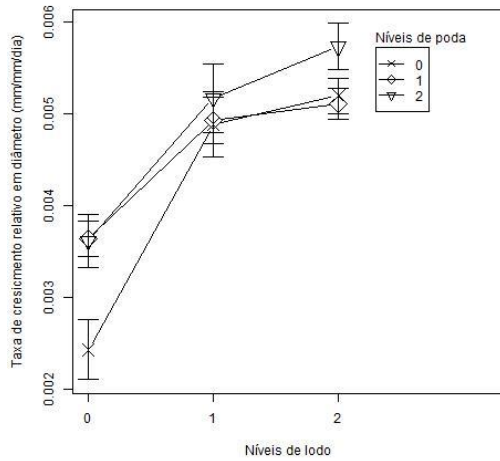
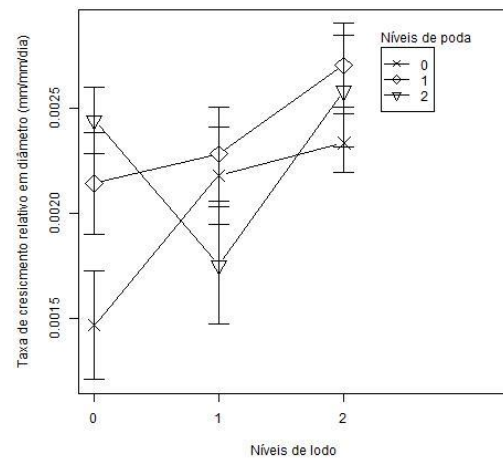
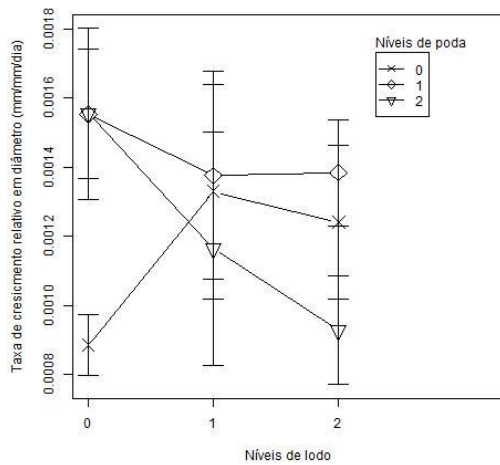
As quantidades de lodo nas parcelas experimentais afetaram significativamente o crescimento em diâmetro das mudas de *Alibertia sessilis*, *Peltoporum dubium* e *Sterculia striata*, sendo que o teste *post-hoc* PERMANOVA indicou, para as duas primeiras espécies, aumento significativo no crescimento em diâmetro, a partir do tratamento com a primeira dosagem de lodo (L1); enquanto que a diferença de crescimento em diâmetro para mudas de *S. striata* foi significativa apenas nos tratamentos com o dobro da dosagem de lodo (L2) (Figura 12).

Senegalia polyphila apresentou diferenças significativas de crescimento relativo em diâmetro, tanto em resposta a aumentos da quantidade de lodo, em que os tratamentos L1 e L2

apresentaram crescimentos significativamente maiores do que os tratamentos sem adição de lodo (L0), quanto em relação à adição de poda. As mudas desta espécie tiveram maiores incrementos em diâmetro apenas nos tratamentos com maiores doses de poda (P2), em relação aos tratamentos sem poda (P0) e com metade da quantidade de poda (P1) (Figura 12).

As quatro demais espécies: *Copaifera langsdorffii*, *Anadenanthera colubrina*, *Handroanthus impetiginosus* e *Schinus terebinthifolius* tiveram o crescimento relativo em diâmetro afetado por interações entre os níveis de lodo e poda adicionados às parcelas experimentais, com tendências a maiores crescimentos em diâmetro nas maiores quantidades de resíduos utilizados (Figura 12).

a) *Alibertia edulis*b) *Alibertia sessillis*c) *Anadenanthera colubrina*d) *Copaifera langsdoffii*e) *Handroanthus impetiginosus*FIGURA 12 – Taxa de crescimento relativo em diâmetro (TCR_{DC}), por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

f) *Peltophorum dubium*g) *Schinus terebinthifolius*h) *Senegalia polyphylla*i) *Sterculia striata*j) *Tabebuia aurea*FIGURA 12 (Continuação) – Taxa de crescimento relativo em diâmetro (TCR_{DC}), por espécie e tratamentos testados (15 meses após o estabelecimento do experimento).

4.6 COBERTURA DO SOLO E COMUNIDADE VEGETAL EM RECUPERAÇÃO

4.6.1 Intercepção de Linha

Foram levantados, por meio do método de interseção de linha, 5.400 pontos amostrais em todas as parcelas experimentais (200 pontos por parcela). Após dois meses do estabelecimento do experimento, aproximadamente 83,5% (4508) dos pontos correspondiam a condição de solo exposto.

Do total de pontos sem cobertura vegetal, aproximadamente 65% (2.925) estavam presentes em parcelas com dosagens de poda. Nestas parcelas, apenas 18,75% (675) dos pontos apresentavam cobertura vegetal. No entanto, não é possível inferir sobre possíveis efeitos de inibição, por “mulching”, dos resíduos de poda na germinação de espécies espontâneas. Nas parcelas sem resíduos de poda somente 18% dos pontos apresentaram cobertura vegetal.

As parcelas que receberam a maior quantidade de lodo (tratamentos L2) apresentaram, aproximadamente, 70% de solo exposto. Segundo Siqueira & Franco (1988), o incremento de lodo no solo provoca aumento no consumo de oxigênio e maior concentração de gás carbônico (devido à ação da comunidade microbiana). Altas concentrações de gás carbônico no solo podem resultar em dormência secundária de sementes (Popinigis 1985). Esses efeitos, previstos com a aplicação de lodo no solo, podem explicar a baixa taxa inicial de emergência de plântulas e o percentual de solo exposto nos tratamentos L2.

Ao final da 1ª estação chuvosa, espécies vegetais foram encontradas em 16,5% (892) dos pontos amostrados. Entre as espécies encontradas, 71,4% (637) foram classificadas como espécies relacionadas aos resíduos. Foram classificadas como espécies relacionadas aos resíduos: *Solanum* spp. (tomateiro) (38,23%), *Citrullus* spp. (melancia) (FA=13,45%), *Carica* spp. (mameiro) (FA=6,28%), *Cucurbita* spp. (abóbora) (FA=3,47%) e *Physalis angulata* L. (camambu) (FA=2,69%), de amplo uso na alimentação humana, possivelmente com origem no lodo; *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (capim-pé-de-galinha) (FA=5,16%), *Tarenaya spinosa*

(Jacq.) Raf. (mussambê) (FA=1,90%) e *Eucalipto* sp. (eucalipto) (FA=0,22%), de usos paisagístico e florestal, possivelmente com origem nos resíduos de poda (Figura 13).

Foram encontradas 16 espécies de dicotiledôneas espontâneas. As espécies mais representativas foram: *Amaranthus lividus* L. (caruru) (FA=4,71%), *Euphorbia prostrata* Aiton (quebra-pedra-rasteira) (FA=3,92%), *Chenopodium ambrosioides* L. (mastruz) (FA=2,24%), *Solanum americanum* Mill. (maria-pretinha) (FA=2,02%) e *Bidens pilosa* L. (picão-preto) (FA=1,68%).

As cinco espécies de gramíneas espontâneas identificadas foram: *Rhynchelytrum repens* (Willd) (capim-favorito) (FA=2,69%), *Cynodon dactylon* L. Pers (capim-bermuda) (FA=1,68%), *Digitaria* spp. (capim-colchão) (FA=1,00%), *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura) (FA=1,00%) e *Andropogon* spp. (capim-andropogon) (FA=0,78%).

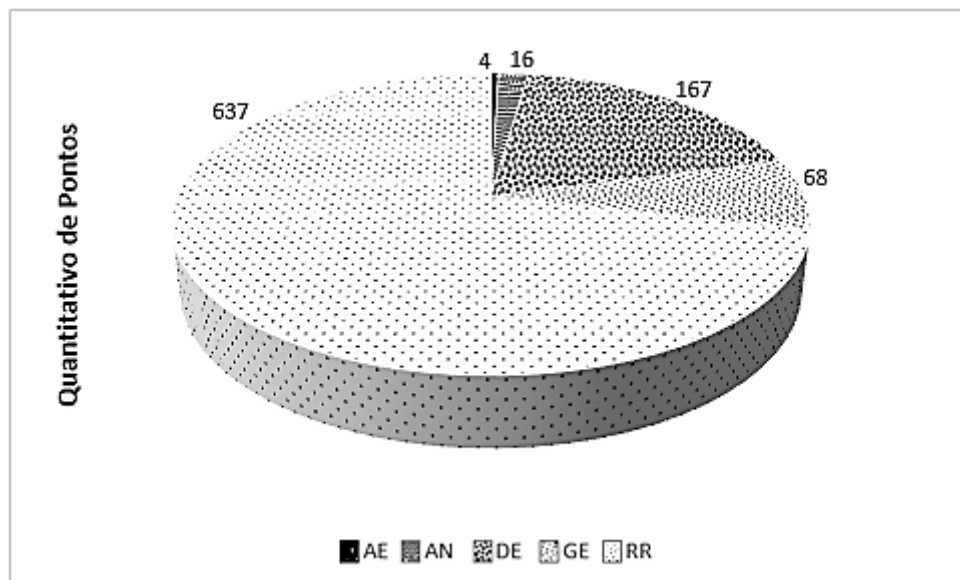


FIGURA 13 – Pontos levantados segundo o método de interceptação de linha (02 meses após o estabelecimento do experimento). Legenda: AE (arbóreas exóticas); AN (arbóreas nativas); DE (dicotiledôneas espontâneas); GE (gramíneas espontâneas); e RR (espécies relacionadas aos resíduos).

Como espécies arbóreas nativas, foram identificadas 14 plântulas de *Dalbergia miscolobium*. Benth. (jacarandá-do-cerrado) (FA=1,60%) e 02 de *Solanum lycocarpum* St. Hill (lobeira) (FA=0,22%). Estas duas espécies são comuns no fragmento de cerrado próximo à área

de plantio e podem ter sido dispersadas pelo vento (*D. miscolobium*) ou por animais (*S. lycocarpum*). *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit. (leucena) (FA=0,45%) foi a única espécie arbórea exótica que colonizou a área de forma espontânea. Esta espécie é conhecida mundialmente por seu alto potencial de colonização e estabelecimento em diferentes condições (Noble 1989; Yoshida & Oka 2004), além de ser uma espécie frequente nas áreas degradadas ao redor do experimento.

A maior parte das espécies relacionadas aos resíduos, identificadas ao final da 1ª estação chuvosa, era composta por plantas de ciclo de vida curto. Plantas como o tomateiro, por exemplo, foram encontradas em grande quantidade (FA=38,23%) nas parcelas com lodo.

4.6.2 Biomassa de Espécies Espontâneas e Percentual de Cobertura do Solo

Aos quinze meses após o plantio, decorridas uma estação seca e a 2ª estação chuvosa, quase a totalidade da cobertura vegetal espontânea, presente nas parcelas experimentais, era constituída por espécies não relacionadas aos resíduos (Tabela 10). O quadro inicial (com a maior parte das espécies relacionadas ao lodo e a poda) foi sendo alterado devido ao estabelecimento de gramíneas e dicotiledôneas ruderais.

Tratamentos com maiores dosagens de resíduos (lodo e poda) apresentaram maiores valores médios de massa seca de gramíneas (Tabela 8). De forma geral, o estabelecimento de dicotiledôneas espontâneas não foi afetado pelas doses de resíduos utilizadas, tendo o tratamento L1P2 apresentado o maior valor médio de massa seca (187,97 g/m²). A ocorrência de *Tithonia diversifolia* (girassol-mexicano) e *Baccharis dracunculifolia* (alecrim-do-campo) foi verificada somente nas parcelas com lodo.

Maiores pesos médios de liteira ocorreram nos tratamentos com maiores dosagens de resíduos, com exceção do L1P0 que apresentou o segundo maior valor (162,29 g/m²). Possivelmente, contribuíram para esses resultados, além do estabelecimento de espécies

espontâneas, maiores taxas de crescimento e desenvolvimento vegetal das mudas de espécies arbóreas empregadas nos tratamentos (Figuras 11 e 12).

TABELA 8 – Pesos médios dos materiais vegetais coletados nas parcelas experimentais (15 meses após o estabelecimento do experimento).

Tratamento	Gram	Dico	Gira	Alec	Lite	Total
	Massa Seca (g/m ²)					
L0P0	36,99 ^c	11,04 ^c	0 ^b	0 ^a	13,36 ^c	61,39 ^c
L0P1	50,29 ^c	65,16 ^{cb}	0 ^b	0 ^a	20,16 ^c	135,61 ^c
L0P2	35,81 ^c	39,05 ^c	0 ^b	0 ^a	18,33 ^c	93,19 ^c
L1P0	341,61 ^b	51,85 ^{cb}	0 ^b	74,82 ^a	162,29 ^{ba}	630,57 ^b
L1P1	383,93 ^b	121,91 ^{cba}	0 ^b	0 ^a	54,15 ^{cb}	559,99 ^b
L1P2	322,61 ^b	187,97 ^{ba}	0 ^b	51,4 ^a	38,37 ^c	600,35 ^b
L2P0	323,57 ^b	39,56 ^c	11,11 ^b	24,55 ^a	58,55 ^{cb}	457,34 ^b
L2P1	326,66 ^b	215,91 ^a	114,04 ^a	0 ^a	47,83 ^{cb}	704,44 ^{ba}
L2P2	552,05 ^a	98,56 ^{cba}	37,38 ^b	0 ^a	241,86 ^a	929,85 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Legenda: Gram (gramíneas); Dico (dicotiledôneas); Gira (*Tithonia diversifolia*); Alec (*Baccharis dracunculifolia*); Lite (liteira).

Em agosto de 2015, auge da 2ª estação seca, espécies de gramíneas representaram o maior percentual de cobertura do solo, em todos os tratamentos testados (Tabela 9). O aspecto ressecado e a deposição sobre o solo da biomassa de gramíneas em decomposição, criaram tons cinza-esbranquiçados facilmente identificáveis, nas medidas de cobertura do solo, por meio do programa *SamplePoint*.

Maiores percentuais de cobertura do solo por espécies arbóreas foram identificados nos tratamentos L2P1 (44,33%) e L1P2 (43%). Nas parcelas L2P2 e L1P1, localizadas mais ao sul do experimento (Figura 5), o percentual de cobertura do solo por espécies arbóreas foi incrementado pela presença de indivíduos de *Leucaena leucocephala* (espécie arbórea espontânea).

Tratamentos compostos somente por poda (L0P2 e L0P1) e o controle apresentaram maiores percentuais de solo exposto (29; 43 e 72% respectivamente). Os tratamentos L0P1 e L0P2 apresentaram, após 15 meses do estabelecimento do experimento, os menores percentuais

de pesos médios de materiais vegetais coletados (Tabela 8) e de cobertura do solo por espécies vegetais (Tabela 9).

TABELA 9 – Percentual médio de cobertura do solo (15 meses após o estabelecimento do experimento)

Tratamento	Solo	Gram	Gira	Arbo
	Cobertura do Solo (%)			
L0P0	72,67 ^a	16,33 ^d	0 ^b	11 ^c
L0P1	43,33 ^b	34,67 ^c	0 ^b	22 ^{cb}
L0P2	29,67 ^c	37,67 ^{cb}	0 ^b	32,67 ^{ba}
L1P0	8,33 ^d	49,67 ^{ba}	1,67 ^a	40,33 ^a
L1P1	4 ^d	55,33 ^a	0 ^b	40,67 ^a
L1P2	3,67 ^d	53,33 ^a	0 ^b	43 ^a
L2P0	3,67 ^d	53,33 ^a	2,33 ^a	40,67 ^a
L2P1	1 ^d	54,67 ^a	0 ^b	44,33 ^a
L2P2	3 ^d	56,33 ^a	1,67 ^a	39 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.
 Legenda/Categorizações: Solo (solo exposto); Gram (gramíneas); Gira (*Tithonia diversifolia*); Arbo (arbóreas).

Tarrasón *et al.* (2014) estudando a recuperação de áreas perturbadas com lodo de esgoto, em clima mediterrâneo, verificaram tendência de rápida cobertura do solo por espécies herbáceas e ruderais, em locais anteriormente afetados por incêndios. Suchkovaa e colaboradores (2014) observaram contínuo estabelecimento de espécies herbáceas nativas em área de deposição de lodo (“landfarming”).

Espécies espontâneas estabelecidas representam um importante componente no processo de recuperação de áreas degradadas (Carpanezzi 2005). Idealmente, plantios de árvores em projetos de recomposição vegetal devem favorecer o restabelecimento dos processos naturais de regeneração (Durigan *et al.* 2004). Espécies espontâneas podem contribuir para o restabelecimento da cobertura inicial do solo e das condições iniciais da sucessão vegetal (Lima 1986; Chapin & Eviner 2003).

As gramíneas, por apresentarem raízes fasciculadas (entrelaçadas na camada superficial do solo), conferem reforço mecânico ao solo degradado (Gylssels & Poesen 2003). A vegetação ruderal, devido à capacidade de estabelecimento em ambientes altamente perturbados, pode

contribuir para o incremento de matéria orgânica e de sementes no solo (Medeiros *et al.* 1987), além de propiciar microclimas favoráveis a outros grupos ecológicos (Grime 2002; Neto 2010).

No entanto, algumas espécies espontâneas podem comprometer o desenvolvimento da comunidade vegetal em recuperação. Gramíneas como o *Pennisetum setaceum* (capim-texas), *Melinis minutiflora* (capim-gordura) e *Andropogon* spp. (capim-andropogon), encontradas nas parcelas experimentais estudadas, podem apresentar comportamento agressivo característico de espécies invasoras (Garcia-Galo *et al.* 1999; Martins 2006; Sampaio & Schmidt 2013) e inibir a sucessão vegetal (Connell & Slatyer 1977). Além disso, essas espécies contribuem para a ocorrência de incêndios devido ao acréscimo de biomassa na comunidade vegetal e sobre o solo (D'Antonio & Vitousek 1992; Klink & Solbrig 1996) (Tabela 8/Figura 5).

Algumas espécies ruderais podem apresentar efeitos deletérios na comunidade vegetal em recuperação por serem hospedeiras de nematóides e agentes causadores de doenças (Silva & Silva 2007) ou liberarem aleloquímicos no solo (Rice 1984). *Solanum viarum* (mata-cavalo), *Emilia sonchifolia* (serralha) e *Taraxacum officinale* (dente-de-leão), são algumas das espécies, identificadas no experimento, que podem conter agentes causadores de doenças e nematóides (Baruffaldi *et al.* 1984; Ferraz 1985; Cattelan 2008). Espécies com potencial alelopático, identificadas no experimento, foram: *Bidens pilosa* (picão-preto), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Solanum americanum* (maria-pretinha) (Gusman *et al.* 2011; Borella *et al.* 2011), *Solanum lycocarpum* (lobeira) (Oliveira *et al.* 2012), dentre outras (Tabela 10).

TABELA 10 – Espécies espontâneas encontradas nas parcelas experimentais (15 meses após o estabelecimento do experimento).

Família/Espécie	Nome Vulgar	Hábito ⁽¹⁾	N/E ⁽²⁾	Qtd Parcelas ⁽³⁾
AMARANTHACEAE				
<i>Amaranthus lividus</i> L.	Caruru	herb	E	06
<i>Amaranthus hybridus</i> (L.) Thell.	caruru-roxo	herb	E	02
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	mastruz	herb	E	09
ASTERACEAE				
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	mentrasto	herb	N	05
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	alecrim-do-campo	arb	N	14
<i>Bidens pilosa</i> L.	picão-preto	herb	N	22
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	serralha	herb	N	16
<i>Eupatorium laevigatum</i> Lam.	mata-pasto	arb	N	02
<i>Galinsoga parviflora</i> . Cav.	picão-branco	herb	E	05
<i>Pterocaulon lanatum</i> Kuntze	branqueja	herb	N	04
<i>Porophyllum ruderales</i> Cass.	couve-cravinho	herb	N	11
<i>Taraxacum officinale</i> Weber ex F.H. Wigg.	dente-de-leão	herb	E	07
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	girassol-mexicano	herb	E	06
<i>Tridax procumbens</i> L.	erva-de-touro	herb	N	06
<i>Vernonanthura ferruginea</i> (Less.) H.Rob.	assa-peixe	arb	N	02
CAPPARACEAE				
<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	mussambê	herb	N	02
CARICACEAE				
<i>Carica</i> spp.	mamoeiro	arb	E	09
CONVOLVULACEAE				
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth. Voucher.	corda-de-viola	trep	E	04
CUCURBITACEAE				
<i>Cayaponia floribunda</i> (Cogn.) Cogn.	melanciazinha	trep	E	02
<i>Cucurbita</i> spp.	abóbora	ras	E	02
CYPERACEAE				
<i>Cyperus rotundus</i> L.	tiririca	herb	E	04
EUPHORBIACEAE				
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	amendoim-bravo	herb	N	11
<i>Euphorbia hirta</i> L.	burra-leiteira	herb	N	06
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	erva-andorinha	herb	N	09
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	quebra-pedra-rasteira	herb	N	13
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	quebra-pedra	herb	N	16
<i>Ricinus Communis</i> L.	mamoneira	arb	E	13
FABACEAE				
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	leucena	arv	E	02
<i>Dalbergia miscolobium</i> . Benth.	jacarandá-do-cerrado	arv	N	11
LAMIACEAE				
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	cordão-de-frade	arb	E	01
MYRTACEAE				
<i>Eucalypto</i> sp.	eucalypto	arv	E	02

<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	arv	N	16
<i>Psidium</i> spp.	Araçá	arv	N	04
POACEAE				
<i>Andropogon</i> spp.	andropogon	gram	E	08
<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers	capim-bermuda	gram	E	12
<i>Digitaria</i> spp.	capim-colchão	gram	E	04
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	capim-pé-de-galinha	gram	E	19
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	capim-gordura	gram	E	15
<i>Pennisetum setaceum</i> Rubrum	capim-do-texas	gram	E	02
<i>Pennisetum setosum</i> (Swartz) L. Rich	capim-custódio	gram	E	09
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd)	capim-favorito	gram	E	09
<i>Urochloa decumbens</i> Stapf.	capim-braquiária	gram	E	02
POTYVIRIDAE				
<i>Citrullus</i> spp.	melancia	ras	E	01
SOLANACEAE				
<i>Physalis angulata</i> L.	camambu	herb	N	08
<i>Solanum americanum</i> Mill.	maria-pretinha	herb	N	11
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hill.	lobeira	arv	N	02
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	tomateiro	herb-arb	E	04
<i>Solanum paniculatum</i> L.	jurubeba	arb	N	02
<i>Solanum pimpinellifolium</i> (L.) Mill.	tomatinho-do-mato	herb	N	01
<i>Solanum viarum</i> Dunal	mata-cavalo	herb	N	01

⁽¹⁾ Hábito: arv (arbóreo); arb (arbustivo); herb (herbáceo); gram (graminóide); ras (rasteiro); trep (trepadeira). ⁽²⁾ Origem: N (nativa do bioma Cerrado); E (exótica no bioma Cerrado). ⁽³⁾ Quantidade total de parcelas experimentais com ocorrência da espécie. Fontes: Lorenzi (2000); Silva Júnior (2005); Gazziero *et al.* (2006); Moreira (2010); Lorenzi (2014).

A espécie herbácea *Tithonia diversifolia* (girassol-mexicano) é uma planta nativa da América do Norte e América Central e apresenta potencial invasor em regiões tropicais (Yang *et al.* 2012). Segundo Iqbal *et al.* (2007) a planta apresenta boa adaptabilidade a solos ácidos e pouco férteis. A ocorrência de *T. diversifolia* nas parcelas experimentais foi verificada principalmente nos tratamentos com maiores dosagens de resíduos (Tabela 8/Tabela 9). Maior peso médio de biomassa seca da planta ocorreu no tratamento L2P1 (Tabela 8).

A espécie arbórea *Leucaena leucocephala* (leucena) apresenta características de espécies invasoras, como pioneira heliófita, crescimento rápido e produção de sementes em grandes quantidades (Noble 1989; Rejmánek 1999). Além disso, a planta possui compostos aleloquímicos na parte aérea (Budelman 1988). O estabelecimento de indivíduos de *L. leucocephala* ocorreu, inicialmente, em apenas uma das parcelas do tratamento L2P2. Em novembro de 2015, indivíduos da espécie já formavam um maciço denso nas parcelas ao sul do

experimento (Figura 5). A partir deste período, ocorreu diminuição de plantas daninhas nessas parcelas e mortalidade de espécies arbóreas empregadas nos tratamentos.

No experimento foi possível observar prevalência de indivíduos de *T. diversifolia* e *L. Leucocephala* nas parcelas com lodo de esgoto. Nesse sentido, conforme relatado em outros trabalhos, a presença do lodo possivelmente favoreceu o estabelecimento das espécies. Lobo & Grassi Filho (2007) verificaram aumento na produtividade de culturas de girasol-mexicano fertilizadas com lodo de esgoto. Já segundo Iqbal *et al.* (2007) substratos de lodo doméstico e solo, na proporção 1:1, apresentaram excelentes resultados de germinação de sementes e crescimento de plântulas de leucena em campo.

4.7 ANÁLISES INICIAIS DO SUBSTRATO E RESÍDUOS

O substrato remanescente na área apresentou textura argilosa e baixo teor de matéria orgânica e nutrientes (Embrapa 1999, Tabela 11). Antes do estabelecimento do experimento, a camada superficial também apresentava compactação e ausência de cobertura vegetal.

TABELA 11 – Características físico-químicas do substrato antes do estabelecimento do experimento, em fevereiro de 2014.

Elemento	pH (H ₂ O)	CTC Cmol/dm ³	MO ----- g/kg -----	CO	Ca	Mg ----- Cmol/dm ³ -----	K	Al	P mg/dm ³
00-20	5	3,52	9	5	0,6	0,3	0,07	0	0,3
20-40	5,1	3,14	7,4	3,3	0,4	0,2	0,02	0	0,2
Granulometria	Argila		Areia			Silte			
	----- g/Kg -----								
00-20	550		250			200			
20-40	575		250			175			

Amostragem de substratos efetuada nas camadas 00-20 e 00-40 cm de profundidade

Análises da composição de lodo de esgoto base úmida e base seca indicam relativa correspondência entre os parâmetros agrônômicos, com exceção do percentual de umidade (Silva *et al.* 2008). Segundo Boeira (2004) 80% da composição do lodo base úmida corresponde

a água. Os atributos químicos do lodo utilizado no experimento, expressos em base seca, constam na Tabela 12.

Os tratamentos L2 ($1.080 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) receberam, proporcionalmente, quantidades de nutrientes quatro vezes maiores do que L1 ($270 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Como parâmetro do estado de maturação do lodo, no estabelecimento do experimento, a relação C/N resultou em $< 5/1$, indicando decomposição rápida do resíduo (adaptado de Kiehl 1985; Kiehl 1998).

TABELA 12 – Composição química do lodo de esgoto utilizado nos tratamentos (expressos em base seca).

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

Fonte: Caesb 2010

Os resíduos vegetais de poda incorporados ao solo nos tratamentos apresentavam composição constante da Tabela 13. Nos tratamentos P2 ($122,5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foram disponibilizados, proporcionalmente, o dobro dos nutrientes de P1 ($245 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$). O indicador

de maturação (C/N) resultou em $> 55/1$, com previsão de decomposição muito lenta dos resíduos.

TABELA 13 – Composição química dos resíduos vegetais

Elemento	CO	Ca	Mg	K	P	N
Unidade	--- % ---	-----g/Kg-----				
Resultado	56,41	23,5	3,25	9,6	1,37	10,1

4.8 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO NAS PARCELAS EXPERIMENTAIS

Após 15 meses do estabelecimento do experimento, houve aumento dos teores de MO e CO em todos os tratamentos testados em relação ao grupo controle (camada 00-10 cm de profundidade). Maiores valores ocorreram nos tratamentos L2P2 e L2P1 (Tabela 14). Esses tratamentos, também apresentaram maior capacidade de troca de cátions (CTC), corroborando a relação da MO com a CTC, prevista para solos tropicais (Brady & Weil 2002). Dosagens combinadas de lodo e poda contribuíram para a elevação da MO e CO, nos tratamentos com as duas fontes de matéria orgânica, os quais apresentaram teores mais elevados do que a classificação prevista como “alta” para solos argilosos (Camargos 2005).

TABELA 14 – Características químicas dos solos nos tratamentos (15 meses após a aplicação incorporada das diferentes doses de resíduos).

Parâmetros	Cerrado	LOP0	LOP1	LOP2	L1P0	L1P1	L1P2	L2P0	L2P1	L2P2
PH _(em H2O)	4,83 ^d	5,87 ^{bc}	6,37 ^{ab}	6,77 ^a	5,4 ^{cd}	6 ^{abc}	5,73 ^{bc}	5,77 ^{bc}	5,93 ^{bc}	5,87 ^{bc}
CTC _(cmolc/dm3)	6,62 ^b	2,85 ^d	5,93 ^{bc}	3,86 ^{cd}	4,73 ^{bcd}	7,3 ^{ab}	4,76 ^{bcd}	4,65 ^{bcd}	6,5 ^{bc}	10 ^a
CO _(g/Kg)	44,23 ^{bc}	4,27 ^d	46,7 ^{bc}	35,5 ^c	26,63 ^{cd}	41,67 ^{bc}	37,13 ^c	43,4 ^{bc}	66,2 ^b	211,67 ^a
MO _(g/Kg)	76,07 ^{bc}	7,37 ^d	80,3 ^{bc}	61,1 ^c	45,77 ^{cd}	71,63 ^{bc}	63,9 ^c	74,7 ^{bc}	113,87 ^b	364,07 ^a
Ca _(cmolc/dm3)	0,37 ^c	0,4 ^c	3,2 ^{ab}	1,17 ^{bc}	0,4 ^c	2,2 ^{bc}	0,4 ^c	0,27 ^c	1,97 ^{bc}	5,3 ^a
Mg _(cmolc/dm3)	0,23 ^c	0,2 ^c	0,6 ^{bc}	0,47 ^{bc}	0,2 ^c	0,4 ^{bc}	0,23 ^c	0,17 ^c	0,8 ^{ab}	1,1 ^a
Al _(cmolc/dm3)	1,17 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
K _(cmolc/dm3)	0,03 ^a	0,03 ^a	0,12 ^a	0,07 ^a	0,09 ^a	0,17 ^a	0,09 ^a	0,09 ^a	0,23 ^a	0,1 ^a
P _(ppm)	0,37 ^c	0,33 ^c	17,3 ^c	2,3 ^c	2.064,33 ^a	770,67 ^{bc}	1.398 ^{ab}	2.188,33 ^a	1.921,67 ^a	790,33 ^{bc}

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Amostragem de solos efetuada na camada 00-10 cm de profundidade

Para a maior parte dos cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺), com exceção do Al³⁺, foram observados acréscimos nas concentrações, em relação ao grupo controle. Para o Ca²⁺, maiores valores ocorreram nos tratamentos L2P2 e LOP1, sendo possível observar relação de aumento

do nutriente na presença da poda. A mesma relação ocorreu para o Mg^{2+} , com os menores teores do nutriente sendo observados nos tratamentos constituídos apenas por dosagens de lodo (L1P0 e L2P0).

O K^+ também apresentou maiores concentrações em todos os tratamentos testados, em relação ao controle. Maiores valores foram observados nos tratamentos L2P1 e L1P1, indicando um aumento de concentração de K^+ nos tratamentos com combinações dos resíduos. Teores de Al^{3+} foram verificados somente no fragmento de Cerrado.

Foram observados aumentos muito expressivos de P nos tratamentos com dosagens de lodo. Tratamentos com dosagens de lodo (L1 e L2) apresentaram teores de P lábil em concentrações extremamente elevadas (superiores a 6.400% do teor máximo recomendado em adubações fosfatadas, para solos argilosos) (Souza & Lobato 2004). Os resíduos vegetais, utilizados nos tratamentos, mostraram-se pobres em P e parecem ter contribuído para a diminuição dos teores deste nutriente nos tratamentos com combinações de lodo e poda (por exemplo, L2P2).

Em condições naturais, a disponibilidade do P nos solos do Cerrado é muito baixa (Souza *et al.* 2004). No entanto, para Souza *et al.* (2004), os teores de P presentes em solos não degradados do Cerrado estão em condições de aproveitamento pelas plantas. A área experimental apresentava, em março de 2014 (pré-tratamentos), concentração muito baixa de P na camada 00-20cm (Souza & Lobato 2004).

Segundo Anghinoni (2003), a eficiência na utilização de P por uma espécie vegetal reflete seu potencial de converter o nutriente em biomassa. Espécies pioneiras apresentam melhores respostas à adubações fosfatadas do que espécies climácicas (Resende *et al.* 2005). As espécies *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium* e *Senegalia polyphylla* (pioneiras) apresentaram maiores crescimentos médios em altura nos tratamentos com maiores dosagens de P (L2).

No entanto, plantas da espécie *Tabebuia aurea* não responderam satisfatoriamente aos tratamentos com adição de lodo, apresentando maior incremento em altura no tratamento LOP2. Estes resultados corroboraram os trabalhos de Freire *et al.* (2015), os quais verificaram melhores parâmetros de crescimento da espécie em tratamentos com menores dosagens de P.

Tratamentos com dosagens combinadas de lodo e poda apresentaram maiores taxas de crescimento vegetal para a maioria das espécies arbóreas testadas. Estes resultados indicam possíveis efeitos sinérgicos entre os nutrientes disponibilizados resultando em incremento de biomassa nas plantas (Zysset *et al.* 1996). Maiores concentrações de Mg no solo, por exemplo, favorecem a absorção de P pelas plantas (Wilkinson *et al.* 1999).

A combinação do lodo e dos resíduos de poda nos tratamentos também pode apresentar benefícios para as plantas no longo prazo. O grau de maturação do lodo utilizado no experimento ($< 5/1$) indica uma disponibilização rápida de nutrientes no solo. Já os resíduos de poda, constituídos na sua maior parte por cavacos triturados, apresentaram indicador de maturação $> 55/1$ e degradação lenta. Essas características dos resíduos utilizados podem beneficiar as espécies arbóreas plantadas. Após a completa mineralização dos elementos presentes no lodo, os resíduos vegetais ainda constituirão fontes de nutrientes para as plantas.

4.9 CONSIDERAÇÕES ECOLÓGICAS DA COMUNIDADE VEGETAL EM RECUPERAÇÃO

A utilização dos resíduos sólidos urbanos no experimento, principalmente do lodo de esgoto, beneficiou espécies arbóreas de formações florestais do Cerrado. Essas espécies apresentam maiores demandas por nutrientes e água principalmente na fase inicial de crescimento. Maiores dosagens de resíduos utilizados nos tratamentos resultaram, na maioria dos casos, em maiores incrementos das espécies de formações florestais. No entanto, não

houveram diferenças muito significativas no incremento médio em altura e diâmetro dessas espécies, em relação às diferentes dosagens utilizadas de lodo de esgoto.

Espécies como *Schinus terebinthifolius* e *Senegalia polyphylla* apresentaram crescimento muito ramificado resultando em sombreamento das demais mudas de espécies arbóreas utilizadas. Nesse sentido, essas espécies podem prejudicar o crescimento de plantas heliófitas (Hoffmann & Franco 2003) principalmente em plantios de recuperação com espaçamento reduzido.

As espécies de formações savânicas do Cerrado, utilizadas no experimento, apresentaram os menores incrementos em altura (*Alibertia edulis* e *Alibertia sessilis*) e em diâmetro (*Tabebuia aurea*), nos tratamentos com lodo, entre todas as espécies testadas. Mudanças de *T. aurea* apresentaram o menor percentual de sobrevivência no tratamento L2P2. Por serem espécies adaptadas à solos distróficos, melhorias das condições de fertilidade, observadas principalmente nos tratamentos com lodo, podem ter concorrido para esses resultados.

Parcelas com melhores resultados de MO apresentaram maior percentual de cobertura do solo por espécies vegetais. As melhorias das condições de fertilidade e reestruturação física do solo, nas parcelas experimentais, também favoreceram o estabelecimento de espécies espontâneas. Espécies de gramíneas constituíram o maior peso médio, entre a biomassa vegetal coletada, em todos os tratamentos testados, com exceção do L2P1. Além de gramíneas, muitas espécies de dicotiledôneas herbáceas também colonizaram os tratamentos principalmente aqueles com maiores dosagens combinadas dos resíduos.

O favorecimento de espécies arbóreas de formações florestais aliado ao intenso estabelecimento de espécies herbáceas e de gramíneas indicam a necessidade de monitoramento quanto às condições de resistência e resiliência do ambiente em recuperação. Espécies espontâneas estabelecidas podem favorecer à ocorrência de incêndios. Espécies arbóreas florestais são menos resistentes a distúrbios dessa natureza. Assim, é necessária à continuidade

do monitoramento das parcelas experimentais visando a um maior conhecimento da comunidade vegetal em recuperação.

5 CONCLUSÃO

A maioria das espécies arbóreas testadas apresentou elevados percentuais de sobrevivência e de crescimento inicial nas parcelas experimentais. Tratamentos constituídos somente por dosagens de poda apresentaram maiores percentuais de sobrevivência. As plantas de *Tabebuia aurea* apresentaram a maior mortalidade entre as espécies testadas, principalmente no tratamento L2P2.

Para a maioria das espécies de formações florestais do Cerrado, tratamentos com dosagens combinadas de lodo e poda resultaram em maiores taxas de crescimento relativo e de incremento. As espécies *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium* e *Senegalia polyphylla* apresentaram maiores crescimentos médios em altura nos tratamentos com maiores dosagens de lodo. A espécie *Schinus terebinthifolius* apresentou maior crescimento médio em altura no tratamento L1P1.

Espécies de formações savânicas utilizadas nos tratamentos apresentaram os menores incrementos em altura (*Alibertia edulis* e *Alibertia sessilis*) e diâmetro entre as espécies testadas. A espécie *Tabebuia aurea* respondeu melhor aos tratamentos constituídos por dosagens de poda isoladamente.

As espécies florestais *Anadenanthera colubrina*, *Copaifera langsdorffii*, *Handroanthus impetiginosus*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Senegalia polyphylla* apresentaram, de forma geral, altos percentuais de sobrevivência e de incremento em altura nos tratamentos com dosagens combinadas dos resíduos e/ou constituídos somente com dosagens de lodo.

As condições edáficas dos tratamentos testados apresentaram melhorias nos parâmetros de fertilidade principalmente nos tratamentos com dosagens de lodo. Tratamentos com dosagens de lodo também apresentaram teores muito expressivos de P. Já as dosagens de poda contribuíram para a elevação das concentrações de Ca e Mg.

A maioria das espécies vegetais estabelecidas espontaneamente nas parcelas experimentais, cujos propágulos tinham origem no lodo ou na poda, era constituída por plantas de ciclo de vida curto (que não persistiram nas parcelas após uma estação seca). Posteriormente, as espécies que colonizaram os tratamentos (ruderais, exóticas e exóticas invasoras) são comuns a áreas perturbadas ou áreas em recuperação. Nesse sentido, os métodos de controle de espécies espontâneas, em áreas a serem recuperadas com incorporação de lodo e poda, devem ser semelhantes aos previstos em projetos de restauração de forma geral.

A recuperação de áreas mineradas, localizadas em ambientes urbanos e periurbanos, com utilização de lodo e poda, seguida do plantio de mudas de espécies arbóreas, constitui um método eficiente, a custos relativamente baixos, de aceleração da revegetação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, R.; LOFTIN, S.R. Rangeland restoration with treated municipal sewage sludge. In: **Sewage sludge: Land utilization and the environment**. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA. 1994. p. 211-220.
- ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n.32, 2008. p. 2505-2516.
- ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.; SUZUKI, L.E.A.S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n. 31, 2007. p. 617-625.
- ANAND, M.; DESROCHERS, R.E. Quantification of restoration success using complex systems concepts and models. **Restoration Ecology**, n. 12.1, 2004. p. 117-123.
- ANDERSON, M.J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, n. 26, 2001. p. 32-46.
- ANDERSON, M.J.; WALSH, D.C.I. PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test. In: the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? **Ecological Society of America**, n. 83(4), 2013. p. 557-574.
- ANDRADE, C.A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de Eucalyptus grandis após aplicação de biossólido da ETE de Barueri - USP**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- ANDRADE, R.S. et al. Cultura de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, 2009. p. 411-418.
- ANDREOLI, C.V.; BARRETO, C.L.G.; BONNET, B.R.P. et al. **Tratamento e disposição final de lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba: SANARE, v.1, n.1, 1994, p.10-16.
- ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F. (orgs.). **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba: SANEPAR, 1997.
- ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Edição SANEPAR/FINEP, Curitiba, 1999, 300p.
- ANDREOLI, C.V.; PINTO, M.A.T. **Processamento de lodos de estações de tratamento de esgoto (ETE)**. In: **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. PROSAB. Curitiba: ABES, 2001.
- ANGELIS NETO, G.; ANGELLIS, B.L.D.; OLIVEIRA, D.S. **O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas**. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v. 26, n.1, 2004, p.65-73.
- ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: Simpósio Sobre Fósforo Na Agricultura Brasileira, 2003, Piracicaba. *Anais...* Potafos/Anda, 2003.

AQUILAR, R.; LOFTIN, S.R.; FRESQUEZ, P.R. **Rangeland restoration with treated municipal sewage sludge**. 1994. p. 211-220.

ASSAD, E.D., ASSAD, M.L.L. **Cerrado brasileiro: possibilidades e alternativas para produção e preservação**. Texto preparado como subsídio à formulação da Agenda 21, área temática - agricultura sustentável. Brasília, 1999.

BARALOTO, C.; FORGET, P.M.; GOLDBERG, D.E. Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. **Journal of Ecology**. v. 93, 2005, p.1156-1166.

BARATTA-JUNIOR, A.P.; MAGALHÃES, L.M. Aproveitamento de resíduos da poda de árvores urbana da cidade do Rio de Janeiro para compostagem. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, n. 8, 2010. p. 113-125. 2010.

BARBOSA, A.B.D. A experiência da CAESB em recuperação de água de lavagem de filtros e desidratação de lodo de ETA. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, *Anais...* Foz do Iguaçu: ABES. 1997.

BARNETO, A.G.; CARMONA, J.A.; ALFONSO, J.E.M.; BLANCO, J.D. Kinetic models based. In: biomass components for the combustion and pyrolysis of sewage sludge and its compost. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. v. 86, 2009, p.108-114.

BARUFFALDI, R.; PENNA, T.C.V.; MACHOSHVILI, I.A.; A.B.E, L.E. Tratamento químico de hortaliças poluídas. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 18,1984. p. 34-225.

BATISTA, L. F. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Brasília: Universidade Nacional de Brasília. 2015.

BELYAEVA, O.N., HAYNES, R.J. Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green waste with coal fly ash. **Bioresource Technology**, n. 100, 2009. p. 5203-5209.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal, SP, FUNEP, 2003, 42 p.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1988.

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

BERARDI, A. 1994. **Effects of the African grass *Melinis minutiflora* on the plant community composition and the fire characteristics of a central Brazilian savanna**. M. Sc. Thesis, University College, London.

BERTONCINI, E.I.; MORETTI, S.M.L; VITTI, A.C.; ALLEONI, L.R.F; ABREU JÚNIOR, C.H. Efeito residual de uso de lodo de esgoto e composto orgânico em nitossolo cultivado

com cana-de-açúcar e qualidade do produto colhido. In: Symposium on agricultural and agroindustrial waste management, 3, 2013. *Anais...* São Pedro: SIGERA, 2013.

BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 1997, 187 f.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R.M.L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.32, p.975-983, 2008.

BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. **O biológico**, v.38, n.10, 1972, p.343-350.

BOEIRA, R.C. **Uso do Lodo de Esgoto como Fertilizante Orgânico: Disponibilização de Nitrogênio em Solo Tropical**. Comunicado Técnico. 12. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna-SP. abr, 2004.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. 1999. **Ecosystem services. In: urban areas. Ecological Economics** n. 29. p. 293-301.

BORELLA, J.; WANDSCHEER, A.C.D.; PASTORINI, L.H. Potencial alelopático de extratos aquosos de frutos de *Solanum americanum* Mill. Sobre as sementes de rabanete. *Agrária. Revista de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 2, 2011. p. 309-313.

BRADSHAW, A., **Restoration of mined lands - using natural processes. Ecological Engineering**, v.8, 1997, p.255-269.

BRADSHAW, A.D. **Ecological principles and land reclamation practice. Landscape planning** n.11, 1984. p. 35-48.

BRADSHAW, A.D. Restoration: an acid test for ecology. In: W.R. JORDAN III, M.E. GILPIN; J.D. ABER (Ed.). **Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research**. 2. ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1990. p. 23-29.

BRADSHAW, A.D.; CHADWICK, M.J. **The restoration of land. University of California Press**, Berkeley, Calif. 1980.

BRADY, N.; R. WEIL. *The Nature and Properties of Soils*, 13th Edition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 960 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (2006). **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.

BRASIL. Comando do Exército. Estado-Maior do Exército (2012). **Acordo de Cooperação Técnica nº 12-046-00**, publicado no Diário Oficial da União nº 139, de 19 de julho de 2012, Seção 3. p.155.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRIGGS, G.E.; KIDD, F.; WEST, C. **A quantitative analysis of plant growth I e II. Annals of Applied Biology**. Cambridge n. 7, 1920. p. 103-123 e p. 202-223.

BUDELMAN, A. **The performance of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala*, *Flemingia macrophylla* and *Gliricidia sepium*. In: weed control. Agroforestry Systems**, v.6, p.137-145, 1988

BUENO, R.C.R. Processo de redução adicional de patógenos com a utilização de energia solar. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 22 Joinville - SC. *Anais...* Rio de Janeiro: Abes, 2003.

BURGER, L.M.; RITCHER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

BYROM, K.L.; BRADSHAW, A. The potential value of sewage sludge. In: land reclamation.. In: HALL, J.E. (ed.). **Alternative uses for sewage sludge**. Pergamon, Oxford, 1991, p.1-20.

CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). **3º Relatório de Operação. Recuperação de Áreas Degradadas: Projeto Pátio Ferroviário**. Brasília: CAESB, 2013c.

CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). **Levantamento Florístico. Recuperação de Áreas Degradadas: Projeto Pátio Ferroviário**. Brasília: CAESB, 2013b.

CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). **Relatório Técnico de Uso de Lodo de Esgoto - Objeto: Recuperação das superfícies degradadas próximas à Rodoferroviária de Brasília**. Brasília: CAESB, 2010, 29p.

CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). **Sistemas de Esgotamento**. 2013a. Disponível em: <<http://www.Caesb.df.gov.br/esgoto/sistemas-de-esgotamento.html>> Acesso em: dez. 2015.

CAMARGOS, S.L. **Interpretação de Análise de Solo. Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária**. Apostila. Cuiabá: Departamento de Solos e Engenharia Rural. 2005. 11 p.

CANFIELD, R. **Application of line interception. In: sampling range vegetation. Journal of Forestry**, n. 39, 1941. p. 388-394.

CARPANEZZI, A.A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. (Ed.). **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 27-45.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. **Aplicação do Lodo de Esgoto como fertilizante. Fertilizantes**. São Paulo, v.3, n.2. 1981.

CATTELAN, L.V. **Aspectos anatômicos, citogenéticos e palinológicos de espécies de Solanum**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008, 30 f.

CHAPIN, D.M., BLISS, L.C., BLEDSOE, L.J. Environmental-Regulation os nitrogen fixation. In: a high arctic lowland ecosystem. **Canadian Journal of Botany**. Ottawa, v.69, n. 12, 1991. p. 2744-2755.

CHAPIN, F.S.; EVINER, V.T. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, n. 34. p. 455–485.

CHOI, Y.D. Restoration ecology to the future: a call for a new paradigm. **Restoration Ecology**, n. 15, 2007, p.351-353.

CHOI, Y.D. Theories for ecological restoration. In: changing environment: toward “futuristic” restoration. **Ecological Research** n. 19, 2004. p. 75-81.

CLOSE, M.E. et al. Field study of pesticide leaching. In: an allophonic soil. In: New Zealand. 1: Experimental results. **Austr. J. Soil Res.**, v. 41, 2003. p. 809-846.

COLE, D., RAPP, M., Elemental cycling. In: forested ecosystems. In: REICHLE, D. E. (Ed.) **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p. 341-409.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente-MMA/Brasil). **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006.

CONAM-DF (Conselho do Meio Ambiente do Distrito Federal). **Resolução nº 03/2006**, publicada no Diário Oficial do Distrito Federal nº 138, de 20 de julho de 2006, p.10. Disponível em: <<http://www.semarh.df.gov.br/sites/100/162/00000159.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.

CONNELL, J.H.; SLATYER, R.O. 1977. Mechanisms of succession. In: natural communities and their role. In: community stability and organization. **American Naturalist**, n. 111, 1977, p.1119-1144.

COOK, E.A. Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. **Landscape and Urban Planning**, n. 58(2-4), 2002. p. 269-280.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas no Cerrado: técnicas de revegetação - curso**. Brasília: CREA-DF, 31 mai. a 05 jun. 2004. 163p.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração do Cerrado: Manual para revegetação**. 2. ed. Ed. Universa, Brasília-DF, 2009, 174 p.

CORRÊA, R.S. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação. In: CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Relatório Técnico de Uso de Lodo de Esgoto - Objeto: Recuperação das superfícies degradadas próximas à Rodoferroviária de Brasília.** Brasília: CAESB, 2010. 29p.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação.** Brasília: Universa. 2006. 187p.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação.** 2. Ed. Brasília: Universa. 2009. 174p.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de Áreas Degradadas no Cerrado: Diretrizes para Revegetação.** Brasília, GDF/SEMARH, fev. 2005, 151p.

CORRÊA, R.S., MELO FILHO, B. **Desempenho de dois resíduos orgânicos para a sobrevivência de mudas de espécies arbóreas de Cerrado sob condições adversas de área minerada.** Curitiba: Sanare. Revista Técnica de Sanepar, v. 21, n. 21, 2004. p. 59-66.

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.; LEITE, L.L. Ecologia e regeneração em áreas escavadas. p. 29-48. In: Corrêa, R.S.; Melo Filho, B. de (orgs.). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado.** Brasília: Paralelo 15. 1998. 178p.

CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B.; BAPTISTA, M.M. **Avaliação fitossociológica da sucessão autogênica em áreas mineradas no Distrito Federal.** Cerne, Lavras, v. 13, n. 4, out./dez. 2007. p.406- 415.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de bio sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v.11, n.4, 2007. p. 420-426.

CORREIA, J.R. et al. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em Matas de Galeria da região do Cerrado: urna revisão. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.da; SOUZA-SILVA, J.C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Planaltina : Embrapa Cerrados. 2001. p. 51-79.

COUTINHO, L. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, n.1, 1978. p. 17-23.

COUTINHO, L.M. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado.** Tese, Livre Docência em Ecologia Vegetal. São Paulo: EDUSP, 1976. 173 f.

D'ORAZIO, V.; TRAVERSA, A.; BERTONCINI, E.I.; STEFANUTTI, R.; SENESI, N. Acidi umici estratti da matrici organiche di scarto compostate. In: un clima tropicale. In: Convegno Nazionale Sezione Italiana, 6, **Anais...** Perugia: International Humic Substances Society, 2005, p.41-43.

- D'ANTONIO, C.M.; VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass-fire cycle, and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 23, 1992. p. 63–87.
- DASKALOPOULOS, E; BADR, O.; PROBERT, S.D. 1998. **An integrated approach to municipal solid waste management. Resources, Conservation and Recycling**. v. 3, n. 24(1), 1998.
- DE GROOT, R.S. **Functions of nature: evaluation of nature. In: environmental planning, management and decision-making**. Groningen: Wolters-Noordhoff. 1992, 315p.
- DISTRITO FEDERAL, Conselho do Meio Ambiente do Distrito Federal. **Resolução nº 03/2006**, publicada no Diário Oficial do Distrito Federal nº 138, de 20 de julho de 2006, p.10. Disponível em: <<http://www.semarnh.df.gov.br/sites/100/162/00000159.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.
- DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 14.783**, de 17 de junho de 1993, alterado pelo Decreto nº 23.585, de 05 de fevereiro 2003, publicado no Diário Oficial do Distrito Federal, de 06 de fevereiro de 2003. Dispõe sobre o tombamento de espécies arbóreo-arbustivas, e dá outras providências. Disponível em <http://www.tc.df.gov.br/SINJ/Arquivo.ashx?id_fonte=84e3eee4-5fe1-400b-ae1d039332d58422&id_norma=42712>. Acesso em: jun. 2014.
- DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Edward Arnold Ltda, 1983, 229p.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I.A. Desenvolvimento inicial e nutrição da copaíba (*Copaifera langsdorfi* Desf.) em áreas de cerrado degradado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 245. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009, 28 p.
- DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003b, p.185-204.
- DURIGAN, G. Bases e Diretrizes para a Restauração da Vegetação de Cerrado. pp.185 – 204. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu. FEPAF, 2003. 340p.
- DURIGAN, G. Técnicas silviculturais à restauração. In: Simpósio sobre Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais, 1, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1999.
- DURIGAN, G.; BAITELLO, J.B.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. **Plantas do Cerrado Paulista: imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo: Páginas; Letras Editora e Gráfica, 2004, 475p.
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A.; FRANCO, G.A.D.C.; GARRIDO, M.A.O. **Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem**. Assis: Acta Bot. Bras., vol.12, n.3, supl.1, 1998, pp.421-429.
- DURIGAN, G.; MELO, A.C.G.; BÔAS, O.V.; CONTIERI, W.A. **Manual para recuperação da vegetação de Cerrado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2003a, 19p.

DYNIA, J.F.; SOUZA, M.D.; BOEIRA, R.C. **Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto**. *Pesq. Agropec. Bras.*, n. 41, 2006. p. 855-862.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1993. p.9-65.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 2ed. 1997. 212p.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **A plain english guide to the EPA part 503 biosolids rule**. Washington, DC: EPA, 1994. 176p.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Draft Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012**. Washington, DC: EPA, cap. 8, 2014.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Process design manual: land application of sewage sludge and domestic septage**. Washington, 1995. 290p.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency). Title 40 CFR – Part 503. Final rules: Standards for the use or disposal of sewage sludge. **Federal Register**, v.58, 1993. p. 9387-9415.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution of Systematics**, n. 34, 2003. p. 487-515.

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne**, v.3, n.1, 1997. p. 25-44.

FELFILI, J. M. **Structure and dynamics of a gallery forest. In: central Brazil**. Thesis (Ph.D.). Oxford: University of Oxford, 1993.

FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; PINTO, J.R.R. Recuperação de áreas degradadas. In: FELFILI, J.M.; SAMPAIO, J.C.; CORREIA, C.R.M.A. (Orgs.) **Conservação da natureza e recuperação de áreas degradadas na bacia do São Francisco: treinamento e sensibilização**. Brasília, DF: Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas/CRAD, 2008. 96p.

FENNER, P.T. Compactação do solo. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008, p.388-409.

FERRAZ, L.C.C.B., **Comportamento de diversas plantas daninhas, de ocorrência comum no Estado de São Paulo, em relação a duas espécies de nematóides das galhas: Primeira Parte**. *Planta Daninha*, Campinas, 9: 14-20, 1985

FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V.; JÜRGENSEN, D. Produção e características dos bio-sólidos. In: **Uso e Manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999, p.16-33.

FERREIRA, D.F. SISVAR 4.6 **Sistema de Análises Estatísticas**, 2003, 120p.

FERREIRA, M.C.; WALTER, BRUNO M.T.; Vieira, Daniel L.M. Topsoil translocation for Brazilian savanna restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. **Restoration Ecology JCR**, v. early. p. n/a-n/a, 2015.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. **Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 4, out/dez. 2010. p. 913-932.

FIALHO, L.L.; FRANCISCO, R.A.; SIMÕES, M.L.; SILVA, W.T.L.; MARTIN-NETO, L. Interferência da lignina na quantificação de radicais livres no processo de compostagem. In: **Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas - EBSH**, 7, 2007, Florianópolis, SC. As substâncias húmicas podem ajudar a salvar o planeta terra? *Livro de resumos...* Florianópolis: EBSH, 2007, p.40.

FIALHO, L.L.; SILVA, W.T.L.D.; MILORI, M.B.P.; SIMÕES, M.L.; NETO, L.M. **Circular Técnica: Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos**. São Carlos: Embrapa, 2005.

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. **Global Environmental Change**, n. 16, 2006. p. 253-267.

FRAC, M.; OSZUST, K., LIPIEC, J., JEZIEWSKA-TYS, S.; NWAICHI, E.O. Soil Microbial Functional and Fungal Diversity as Influenced by Municipal Sewage Sludge Accumulation. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, n. 11, 2014. p. 8891-8908.

FRANK, R. The use of biosolids from wastewater treatment plants. In: agriculture. **Environmental Management**, New York, v.9, n.4, p.165-169, 1998.

FREIRE, A.L.O.; RAMOS, F.R.; GOMES, A.D.V.; SANTOS, A.S.; ARRIEL, E.F. Crescimento de mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth.; Hook) em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.03, 2015, p.38-45.

FURLEY, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Glob. Ecol. Biogeogr.**, n. 8, 1999. p. 223–241.

FURTINI NETO. A.E. et al. Nutrição, fertilização e microbiologia em espécies florestais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 1999. Belo horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA/Faepe/Cemig. 1999. p. 80-110.

GAMA-RODRIGUES, A.C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil**. Tese (Doutorado). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997, 107 f.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. E. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4. p. 753-767, 1995.

GARCIA-GALLO, A. et al. El xenófito pennisetum setaceum en las islãs Canarias (Magnoliophyta, Poaceae). **Vieraea: Folia scientiarum biologiarum canariensium**, n 27, 1999. p. 133-158.

GAZZIERO, D.L.P. et al. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. Embrapa, 2006.

GEORGE, L.O.; BAZZAZ, F.A. The fern understory as an ecological filter: emergence and establishment of canopy-tree seedlings. **Ecology**, n. 80, 1999. p. 833-845.

GLORIA, B.A.; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. 438 p.

GOLUEKE, C.G. Principles of biological resource recovery. **BioCycle**, n. 22(4), 1981. p. 36-40. 1981.

GRIME, J.P, 2002. **Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties**. New York: John Wiley; Sons, LTD, 2002, 427p.

GRIMM, N.B., GROVE, J.M.; PICKETT, S.T.A.; REDMAN, C.L. Integrated approaches to longterm studies of urban ecological systems. **BioScience**, n. 50, 2000. p. 571-584.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio sólidos e casca de arroz carbonizada. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n. 28, 2004, p.1069-1076.

GUSMAN, G.S.; YAMAGUSHI, M.Q.; VESTENA, S. Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. I **HERINGIA. Sér. Bot.**, Porto Alegre, v.66, n.1, p.87-98. 2011.

GYSSSELS, G.; POESEN, J. The importance of plant root characteristics. In: controlling concentrated flow erosion rates. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 28, 2003. p. 371-384.

HARIDASAN, M. 1991. Solos do Distrito Federal. In: M. N. PINTO (Ed.). **Cerrado, caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991. p. 309-330.

Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral das plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** 12(1): 54-64.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, 2000. p. 54-64.

HARIDASAN, M. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities. In: central Brasil. In: FURLEY, P.A., PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Eds.) **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman and Hall, 1992. p. 309-348.

HART, J.B.; NGUYEN, P.V.; URIE, D.H.; BROCKWAY, D.G. Silvicultural use of wastewater sludge. **Jornal of Forestry, Bethesda**, v.17, 1988. p.17-24.

HENEIN, K.; WEGNER, J.; MERRIAM, G. Population effects of landscape model manipulation on two behaviourally different woodland small mammals. **Oikos**, n. 81, 1998. p. 168-186.

- HERMAN, W.A.; MCGILL, W.B.; DORMAAR, J.F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Canadian Journal of Soil Science*, v.57, p.205-215, 1977.
- HIGGS, E.S. What is good ecological restoration? **Conservation Biology**, v.11, 1997, p.338-348.
- HOFFMAN, W.A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration. In: a Neotropical Savanna. **Austral Ecology, Carlton South**, v. 33, n. 1, 2008. p. 29-36.
- HOFFMANN, W. A.; FRANCO A. C. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology**, n. 91, 2003. p. 475-484.
- HOFFMANN, W.A, The effects of fire and cover on seedling establishment. In: a neotropical savanna. **Journal of ecology**, n. 84, 1996. p. 383-393.
- HOFFMANN, W.A. et al. Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone. In: the Brazilian Cerrado. **Diversity and Distributions**, n. 10, 2004a, p.99-103.
- HOFFMANN, W.A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A.C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Ecologia**, n. 140, 2004b. p. 252-260.
- HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecological Systems**, n. 4, 1973. p. 1-23.
- HOME, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Ann Ver. Ecol. Syst**, 13. ed. 1982, p.221-228.
- HOROWITZ, C.; FRAGA, L.P.; MAXIMIANO, M.R. VIEIRA, D.L.M. Método para o mapeamento da invasão de gramíneas exóticas ao longo de estradas no Parque Nacional de Brasília. In: **IX Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**. IX Simpósio... Sobrade. 2012, CD-ROM.
- HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman. 1990. 112p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB, 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010, 219p.
- IBRAM - Instituto Brasília Ambiental. **Autorização Ambiental nº 55 - IBRAM/DF**, publicada no Diário Oficial do Distrito Federal nº 182, de 06 de setembro de 2012. p. 50.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: dez. 2015.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Relatório nº 034/2014/SADMET/INMET: precipitação pluviométrica (mm) no período de 12 de março a 30 de maio de 2014.** Brasília: INMET, 2014.

IQBAL, G.M.A.; HUDA, S.M.S.; SUJAUDDIN, M.; HOSSAIN, M.K. Effects of sludge on germination and initial growth performance of *Leucaena leucocephala* seedlings. In: the nursery. **Journal of Forestry Research**, n.18(3), 2007. p. 226-230.

IRANPOUR, R.; COX, H. H. J.; KEARNEY, R. J.; CLARK, J. H.; PINCINCE, A. B.; DAIGGER, G. T. Regulations for biosolids land application. In: U.S. and European Union. **Journal of Residuals Science; Technology**, v.1, n.4, 2004, p.209-22.

JEPPSSON, U.; **Modelling aspects of wastewater treatment processes.** Dissertação (Ph.D.). Suécia: Lund Institute of Technology, 1996.

JORNAL CAMPUS ONLINE. **Lixão da Estrutural não tem prazo para fechamento.** Disponível em: <<http://campus.fac.unb.br/arquivo/campus12015/sociedade/lixao-da-estrutural-nao-tem-prazo-para-fechamento/>>. Acesso em: dez. 2015.

KAGEYAMA, P. Y.; REIS, A.; CARPANEZZI, A.A. Potencialidades e restrições da regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. In: Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992, p.1-16.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP, 2004. p.249-269.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2001. p.249-271.

KHAI, N.M. Effects of using wastewater and biosolids as nutrient sources on accumulation and behaviour of trace metals. In: Vietnamese soils. Tese (Doutorado) – Uppsala: Universidade Sueca de Ciências Agrícolas, 2007, 71 f.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos.** 1. ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985, 492p.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto.** Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998.

KLINK, C.A.; SOLBRIG, O.T. Efeito do fogo na biodiversidade de plantas do Cerrado.. In: G. SARMIENTO; M. CABIDO (Eds.). **Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas en América Latina.** Venezuela: CYTED y CIELAT. 1996. p. 231-244.

KOH, L.P.; SODHI, N.S. Importance of reserves, fragments and parks for butterfly conservation. In: a tropical urban landscape. **Ecol Appl**, n. 14, 2004. p. 1695-1708.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Econômica. México, 1948.

KRATKA, P.C., **Crescimento inicial de aroeira do sertão (*myracrodruon urundeuva allemão*) em diferentes substratos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília: Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Florestal, 2013.

KRAUME, M.; BRACKLOW, U.; DREWS, A.; VOCKS, M. Nutrients Removal In: MBRs For Municipal Wastewater Treatment. **Water Science; Technology**, v. 2, n. 51, 2005. p. 391-402.

LAMEIRA, H.L.N. **Morfofisiologia de Graviola (*Annona muricata* L.), Cumaru (*Dipteryx odorata* (Albl.) Willd.) e Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Oeste do Pará. 2011. 106 f.

LEBLANC, R.J.; MATTHEWS, P.; RICHARD, R.P. (Eds.). **Global atlas of excreta, wastewater sludge and biosolids management: moving forward the sustainable and welcome uses of a global resource**. Nairobi, 2008. 608 p.

LEMOS, R.C; SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3ª ed. Campinas – SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996. p. 83.

LIMA, W.P. Entrada de nutrientes pela chuva e pela lixiviação das copas em florestas homogêneas de pinheiros tropicais e em vegetação natural de cerradão. **Acta Limnologica Brasileira**, v. I, 1986. p. 503-525.

LLOYD, J. et al. Edaphic, structural and physiological contrasts across Amazon Basin forest-savanna ecotones suggest a role for potassium as a key modulator of tropical woody vegetation structure and function. *Biogeosciences Discussions*; Vol. 12, 2015. p. 6529–6571.

LOBO, T.F., GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **R. C. Suelo Nutr. Veg**, n. 7, 2007. p. 16-25.

LOPES, J.A.V.; QUEIROZ, S.M.P. Rodovias e meio ambiente no Brasil: Uma resenha crítica. In: Recuperação de Áreas Degradadas, Simpósio Sul-Americano, 1.; Simpósio Nacional, 2., Curitiba, 1994. *Anais...* Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 75-90.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2009a. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. v. 3. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009b. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 7. ed. Editora Plantarum. 2014. p. 384.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 608p.

MACEDO, A.B.; BRAGHIN, M.A.; SALLES, F.A.F.; LIOTTE, S.V. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do impacto ambiental da mineração e planejamento de recuperação na mina do Perau, Adrianópolis, PR**. Bol. IG-USP, Publ. Espec., n.16, 1993. p.29-30,

MACIEL, C.A.C.; SANTOS, A.B.C.R.; ANTÔNIO, F.R.; DUARTE, F.C.; FILHO, M.M. **Reutilização do lodo ETE industrial na cultura de mudas de feijão**. Espírito Santo do Pinhal: UNIPINHAL, 2009. 14 p.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. p. 331-349.

MAIA, C. M. B. F.; et al. **Compostagem de resíduos florestais: um guia para produção de húmus da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais**. Curitiba: EMATER-PR, 2003.

MARTÍNEZ-GARCÍA, L.B.; PUGNAIRE, F.I. Arbuscular mycorrhizal fungi host preference and site effects. In: two plant species. In: a semiarid environment. **Applied Soil Ecology**, n. 48, 2011. p. 313-317.

MARTINS, C.R. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura): uma espécie invasora do cerrado**. Tese (Doutorado). Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MARTINS, C.S.; CASTRO, P.M.; SANTOS, E. et al. **Companhia Energética de Minas Gerais. Manual de arborização**. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. 112p.

MARTINS, G.; VASCONCELLOS, E.F.C.; LUCCHESI, A.A. Correlações entre parâmetros da análise de crescimento de cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **An. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 42, n.2, 1985. p. 401-428.

MCLACHLAN, K. L., et al. Variability of soluble salts using different extraction methods on composts and other substrates. **Compost Science; Utilization**, v. 12, n.2, 2004. p.180-184.

MEDEIROS, J.C., MIELNICZUK, J., PEDO, F. Sistema de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. **R. Bras. Ci. Solo**. V.1, n.2. p. 199-204, 1987.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado, 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, 2011. 532 p.

MEDINA, E.; HUBER, O. The role of biodiversity. In: the functioning of savanna ecosystems. In: WALKER, B.H. (Ed.) **Determinants of tropical savannas**. Oxford: IRL Press, 1992. p. 139-158.

MEIRA, A.M. **Gestão de Resíduos da arborização urbana**. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. Universidade de São Paulo. 2010. 178 f.

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 - UNB**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília: Universidade de Brasília, 2006. 97 f.

MELO, W.J., MARQUES, M.O., SILVA, F.C. BOARETTO, A.E., Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 26. Rio de Janeiro, 1997. **Palestras....** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

MELOTTO, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, mai./jun. 2009. p. 425-432.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill International Editions, 1991.

MILANO, M.S.; DALCIN, E. **Arborizacao de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 206 p.

MODESTO, P.T., et al. Alterações em algumas Propriedades de um Latossolo Degradado com Uso de Lodo de Esgoto e Resíduos Orgânicos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n. 33, 2009. p.1489-1498.

MOREIRA, H.J.C.; BRAGANÇA, H.B.N. **Manual de identificação de plantas infestantes: Arroz**. Campinas: FMC, 2010. 854 p.

MORETTI, S.M.L., **Uso de Lodo de Esgoto e Composto de Lodo de Esgoto com Poda de Árvore na Cultura da Cana-de-açúcar - USP**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrícolas) Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2013. 114 f.

MORO, E., et al.. In: vivo Wnt signaling tracing through a transgenic biosensor fish reveals novel activity domains. **Dev. Biol.** n. 366(2), 2012. p. 327-340.

MUNHOZ, C.B.R.; ARAUJO, G.M. Métodos de amostragem do estrato herbáceo-subarbustivo.. In: FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.E.; MELO, M.M.R.F, ANDRADE, L.A.; MEIRA-NETO, J.A.A. (Eds.). **Fitossociologia no Brasil - Métodos e Estudos de caso**. Viçosa, 2011. p. 213-230.

NEIVA, M.R. Reciclagem agrícola de biossólidos da ETE Cetrel: uma experiência ambientalmente correta. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999. p. 469-477.

NETO, M.J. **Levantamento florístico e colonização micorrízica em dois remanescentes de cerrado típico e em plantas ruderais no município de Três Lagoas-MS**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Engenharia (Campus de Ilha Solteira). Ilha Solteira: [s.n.], 2010, 145 f.

NOBLE, I.R. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. In: DRAKE, J.A. et al. (Eds.) **Biological Invasions: a global perspective**. New York: Willey, 1989. p. 301-313.

NÓBREGA, R. S. A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 2, 2007. p. 239-246.

NOVACAP (Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil). **Estudos e Pesquisas em Parques e Jardins**. 2015. Disponível em: <<http://www.novacap.df.gov.br/sobre-a-novacap/dpj.html#top>> Acesso em: dez. 2015

NRC (U.S. National Research Council). Restoration of aquatic ecosystems. Washington, D.C: National Academy Press, 1992. In: HIGGS, E.S. **What is good ecological restoration? Conservation Biology**. v.11. 1997. p. 338-348.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S; MARQUIS, R.J. **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 121-140.

OLIVEIRA FILHO, J.M.; CARVALHO, M.A.; GUEDES, G.A.A. Matéria orgânica no solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, 1987. p. 22-36.

OLIVEIRA, L.S., **Utilização de lodo de esgoto associado a três espécies nativas do cerrado na recuperação de áreas degradadas**. Dissertação (Mestrado). 2015. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal. Brasília: Universidade de Brasília, UnB.

OLIVEIRA, S.C.C. et al. Estudo fitoquímico de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil (Solanaceae) e sua aplicação na alelopatia. **Acta Botanica Brasileira (Impresso)**, v. 26, 2012. p. 607-618.

PAIVA, A.V, et al. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**. v. 37, n.84, 2009. p. 499-511.

PAULA, R.A.; CORRÊA, R.S; COTTA, T.P. (2011) Lixiviação de nitrato de um substrato minerado tratado com lodo de esgoto doméstico. *Bragantia*, v. 70, n. 1. p. 104-112.

PILON, N.A.L; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, n. 41, 2013. p. 389-399.

PIVELLO, V. R., SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. 1999. Alien grasses. In: Brazilian savannas: a threat to biodiversity. **Biodiversity; Conservation**, n. 8, 1999. p. 1281-1294.

PIVELLO, V.R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia Info**, Suécia, n. 33, 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2ª edição. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PRIMACK, R.B; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. 10. ed. Londrina: Planta, 2010.

QUEVEDO MELO, E.F.R.; QUEVEDO MELO, J.H.; BECKER, O. Diagnóstico e otimização do manejo dos resíduos da vegetação urbana de Passo Fundo, RS. Encontro Latino Americano sobre Edificações Sustentáveis, 3, 2009. Recife. *Anais...* Recife, 2009.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: their use and abuse. *Crop Science*, v.7, 1967. p.171-175.

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

REIS, M.F.P.; BIDONE, F.R.A.; GEHLING, G.R. Produção de macro e micro nutrientes através da compostagem de resíduos orgânicos provenientes das podas urbanas codispostos com resíduos da CEASA e lodo de estação de tratamento de esgotos. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, *Anais...* 2000. 9 p.

REIS, M.M.; et al. Crescimento de *Tithonia diversifolia* submetida a doses de biofertilizante bovino na presença e ausência de irrigação. In: XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. *Anais...* São Cristóvão: UFS. 2015.

REJMÁNEK, M. Invasive plant species and invisable ecosystems. In: SANDLUND, O.T.; SCHEI, P.J.; VIKEN, A. (Eds.) **Invasive species and biodiversity management**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 1999. p 79-102.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N. Mineral nutrition and fertilization of native tree species. In: Brazil: research progress and suggestions for management. *Journal of Sustainable Forestry*, v.20, n.2, 2005. p. 45-81.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO SM, ALMEIDA, S.P., RIBEIRO, J.F. (Eds.) **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, Embrapa Cerrados. 2008. p.151-212.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa-CPAC, Planaltina, 1998. p.89-166.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2. ed. London: Academic Press, 1984. 422 p.

RODRIGUES, G.B.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, 2007, p.73-80.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, cap. 15.1, 2001. p. 235-247.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, 1998. p.203-215.

- RODRIGUES, R.R.; NAVE, A. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2001. cap. 4. p. 45-71.
- SABY, S.; DJAFER, M.; CHEN, G.H. Effect of low ORP. In: anoxic sludge zone on excess sludge production oxic-settling-anoxic activated sludge process. **Water Research**, v.37, n.11, 2003. p.11-20.
- SAITO, M.L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: Precauções com os contaminantes orgânicos**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2007. 36 p.
- SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (orgs.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Produção da Informação. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 248 p.
- SAMPAIO, A.B.; HOROWITZ, C.; FRAGA, L.P.; MAXIMIANO, M.R.; VIEIRA, D.L.M.; SILVA, I.S. 2013. African Invasive Grasses Expansion in Brasilia National Park – a 10 years interval. pp. 113. In: **Program: 12th Reunion on Ecology And Management of Alien Plant Invasions**, EMAPi, 22-26 set. 2013, Pirenópolis, Goiás, Brasil.
- SAMPAIO, A.B.; Schmidt, I.B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 3(2), 2013. p. 32-49.
- SAMPAIO, T. F, et al. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.36, n.5. p. 1638, 2012.
- SAMPAIO, T.F. **Crescimento de espécies nativas da Mata Atlântica, modificações de atributos físicos do solo e de metais pesados no solo e na planta, em resposta à aplicação de lodo de esgoto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2010. 84 f.
- SÁNCHEZ, L.E. **Recuperação de Áreas Degradadas na Mineração**. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 2000.
- SANT’ANNA, G.L.J. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2010.
- SANTOS, A.D.; JOHN, V.M. **Reciclagem do lodo de esgoto da região metropolitana de São Paulo - RMSP**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/470, São Paulo: EPUSP, 2007. 19 p.
- SARMIENTO, G. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University, 1984. 235 p.
- SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. Adaptive strategies of woody species. In: **Neotropical savannas**. **Biological Review**, n. 60, 1985. p. 315-355.
- SARTORI, M.S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V.L. Regeneração da vegetação arbórea no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith localizado no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 62, 2002. p. 86-103.

- SCABORA, M.H.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, 2011. p. 289-301.
- SCARPA, F. M. **Crescimento inicial de espécies pioneiras e não pioneiras das florestas semidecíduas do estado de São Paulo**. Campinas, SP: [s. n.], 2002.
- SCHEER, M. B., et al. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rígida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, v. 38, n.88, 2010. p. 637-644.
- SCHEER, M.B; CARNEIRO, C; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K.G. Compostos de Lodo de Esgoto para a produção de Mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, out./dez. 2012. p. 613-621.
- SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal). Disponível em: < <http://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2013/11/03/df-tera-ecopontos-para-substituir-areas-de-bota-fora-clandestino-foto/>> Acesso em: mar. 2014
- SER - Society for Ecological Restoration International Science; Policy Working Group. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. www.ser.org; Tucson: Society for Ecological Restoration Internacional. 2004. 14 p.
- SHEPHERD, M.A. Factors affecting nitrate leaching from sewage sludges applied to a sandy soil. In: **Arable agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 58. 1996. p. 171- 185.
- SIKORA, L.J.; YAKOVCHENKO, V. Soil organic matter mineralization after compost amendment. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, n. 60, 1996, p. 1401-1404.
- SILVA JÚNIOR, M.C. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Distrito Federal, Rede de Sementes do Cerrado. 2005. 278 p.
- SILVA, A. A.; SILVA, F. J. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. da UFV, 2007.
- SILVA, A.G.; PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana. Série Arborização Urbana**. V. 5. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 346p.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 5, mai. 2001. p. 831-840.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o bio-sólido produzido no Distrito Federal. In: Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.26, p.487-495, 2002.
- SILVA, L.C.R.; CORRÊA, R.S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, 2008. p.731-740.

SILVA, L.C.R.; CORRÊA, R.S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.4, 2008, p.731-740.

SILVEIRA, P.M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, 2010. p. 283-290.

SINGH, R.P.; AGRAWAL, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. **Waste Management**, v. 28, 2008. p. 347-358. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2006.12.010>> Acesso em: dez. 2015

SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 230 p.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, ABEAS, ESAL. FEPE, 1988. 236 p.

SOCOL, T.V; PAULINO, R.C.; CASTRO, E.A. Metodologia de análise parasitária em lodo de esgoto e esgoto. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 2000. p. 27-41.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E., (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.147-168.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. **Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira Brachiaria humidicola**. Planta Daninha, v. 23, n. 1, 2005. p. 25-32.

SOUZA FILHO, P.C.; BECHARA, F.C.; FILHO, E.M.C.; BARRETTO, K.D. Regeneração Natural após Diferentes Níveis de perturbação em Sub-Bosque de Eucalyptus sp. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, 2007. p. 96-98.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, M.A.I.B. **Curso sobre arborização urbana**. Belo Horizonte: CEMIG/SBAU/IEF/AMIFLOR, 1995. 33 p.

STAMATIADIS, S., WERNER, M.; BUCHANAN, M. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application. In: A broccoli field (San Benito County, California). **Appl. Soil Ecol.**, n. 12, 1999. p. 217-25.

STRECK, N.A. SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G. Modificações físicas causadas pelo mulching. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, 1994. p.131-142.

SUCHKOVA N.; TSIRIPIDIS, I; ALIFRAGKIS, D; GANOULIS, J; MARAKAS, E; SAWIDIS T. Assessment of phytoremediation potential of native plants during the reclamation of an area affected by sewage sludge. **Ecol Eng**, n. 69, 2014. p. 160-169.

SUGIMOTO, L. **Tratamento com lodo de esgoto faz nascer "oásis" em área deserta**. 2005. Disponível em

<https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/outubro2005/ju307pag09.html>. Acesso em: dez. 2015.

TAMANINI, C.R., **Recuperação de Áreas Degradadas com a Utilização de Biossólido e Gramínea Forrageira - UFPR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. 196 f.

TANSLEY, A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16:284-307. 1935. In: GRIMM, N.B., GROVE, J.M.; PICKETT, S.T.A.; REDMAN, C.L. Integrated approaches to longterm studies of urban ecological systems. **BioScience**, n. 50, 2000. p. 571-584.

TARRASÓN, D. et al. Differences on nitrogen availability. In: a soil amended with fresh, composted and thermally-dried sewage sludge. **Bioresource Technology**, v. 99, 2008. p. 252-259.

TILMAN, D. et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, 2001. p. 281-284.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**. v.38, n.4, 2014.

TSUTIYA M. T. **Metais Pesados: O Principal Fator Limitante Para o Uso Agrícola de Biossólidos das Estações de Tratamento de Esgotos**. ABES – 20° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 1999.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Eds.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo, SABESP, Escola Politécnica - USP, ESALQ, UNESP, 2001. p.133-180.

TV JUSTIÇA. **Programa Meio Ambiente Por Inteiro: recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NKnFRLUrOhU>> Acesso em: dez. 2015.

TV JUSTIÇA. **Programa Meio Ambiente Por Inteiro: Recuperação de Áreas Degradadas**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NKnFRLUrOhU>> Acesso em: mai. 2014.

VALCARCEL, R; SILVA, Z.S. Eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta e Ambiente**. Instituto de Florestas/UFRRJ. Seropédica, Rio de Janeiro, n. 4(68-80), 1997. 154 p.

VITOUSEK, P.M. Litterfall nutrient cycling and nutrient limitation. In: Tropical forests. *Ecology*. **Durhan**, v. 65, n. 1, 1984. p. 285-298.

WEBBER, M.D.; SHAMESS, A. **Land utilization of sewage sludge: a discussion paper**. Toronto: Expert Committee on Soil and Water Management, 1984. p. 48.

WEF (U.S. WATER ENVIRONMENT FEDERATION). **Assessing the risks of recycling to land**. n. 55, v.7, 1993. p. 27-30.

- WIECHETECK, M.; TOMASELLI, I.; DIAS, R.; CUSTÓDIO, A.; BAIDA, M. **Oportunidades de uso da madeira para fins energéticos**. Informativo da STCP, Curitiba, n.10, 2006/2007, p.28-33.
- WILKINSON, S.R.; MAOLCON, E.S.; SUMNER, M.E. Nutrient interactions. In: soil and plant nutrition. In: SUMNER, M. E (Ed.) **Handbook of soil science**. Boca Raton: C R C Press, 1995. p. 89-112.
- WILSON, E.O.; WILLIS, E.O. Applied biogeography. In: CODY, M.L.; DIAMOND, J.M. (Ed.). **Ecology and evolution of communities**. Harvard University Press, Cambridge, 1975. p. 522-534.
- WILSON, S. B., et al. Container and field evaluation of thress native shrubs grow. In: compost-based media. **Compost Science; Utilization**, v.14, n.3, 2006. p.178-183.
- WONG, M.H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. **Chemosphere**, v.50, 2003. p.775-780.
- YANG, J.; TANG, L.; GUAN, Y.; SUN, W. Genetic Diversity of an Alien Invasive Plant Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*). In: China. **Weed Science**, v. 60, n. 4. Oct.-Dec. 2012. p. 552-557.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon. In: **Soil. Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, n. 19, 1988. p. 1467-1476.
- YOSHIDA, K.; OKA, S. Invasion of *Leucaena leucocephala* and its effects on the native plant community. In: **The Ogasawara (Bonin) Islands. Weed Technology**, n. 18, 2004. p. 1371-1375.
- ZYSSET, M.; BRUNNER, I.; FREY, B.; BLASER, P. **Response of european chestnut to varying calcium/aluminium ratios**. **J. Environ. Qual.** n. 25, 1996, p. 702-708.

APÊNDICE 1 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Alibertia edulis* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	62,28 ± 10,68	73,50 ± 10,18	18,02%	7,68 ± 1,72	13,31 ± 4,69	73,36%	100%
L0P1	57,17 ± 16,62	80,72 ± 14,54	41,21%	7,42 ± 1,34	20,18 ± 9,71	172,04%	100%
L0P2	58,06 ± 9,02	83,68 ± 18,25	44,13%	7,32 ± 1,47	20,05 ± 7,35	173,92%	94,44%
L1P0	58,83 ± 11,64	81,78 ± 19,99	39,00%	7,42 ± 1,37	19,38 ± 8,74	161,24%	100%
L1P1	60,61 ± 10,66	84,78 ± 22,22	39,87%	7,49 ± 1,91	19,05 ± 5,71	154,34%	100%
L1P2	62,17 ± 11,30	82,18 ± 22,83	32,19%	7,32 ± 1,16	16,65 ± 7,04	127,50%	94,44%
L2P0	61,50 ± 13,34	86,18 ± 17,52	40,12%	8,21 ± 1,24	18,07 ± 3,36	120,24%	94,44%
L2P1	62,06 ± 11,36	93,61 ± 23,18	50,85%	7,21 ± 1,36	20,97 ± 7,30	190,78%	100%
L2P2	63,39 ± 7,67	93,82 ± 26,69	48,01%	6,92 ± 2,53	22,26 ± 16,40	221,56%	94,44%

APÊNDICE 2 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Alibertia sessilis* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	40,22 ± 5,94	48,50 ± 11,00	20,58%	5,59 ± 0,93	9,94 ± 3,99	77,63%	88,88%
L0P1	43,11 ± 9,39	61,03 ± 14,18	41,56%	5,51 ± 0,50	12,75 ± 6,33	131,49%	100%
L0P2	39,39 ± 8,89	56,28 ± 14,60	42,89%	5,20 ± 1,32	12,72 ± 7,20	144,63%	88,88%
L1P0	41,44 ± 9,94	65,50 ± 14,72	58,04%	6,05 ± 1,63	21,06 ± 9,60	248,30%	100%
L1P1	41,50 ± 4,74	61,24 ± 13,16	47,55%	5,44 ± 0,98	16,87 ± 7,10	210,13%	94,44%
L1P2	40,00 ± 8,94	60,71 ± 18,11	51,76%	5,43 ± 0,97	18,11 ± 9,05	233,26%	94,44%
L2P0	40,72 ± 8,85	62,35 ± 16,66	53,12%	5,97 ± 1,19	16,13 ± 7,38	170,11%	94,44%
L2P1	41,61 ± 7,03	65,06 ± 15,94	56,36%	5,74 ± 1,07	17,82 ± 7,05	210,50%	88,88%
L2P2	34,78 ± 5,53	60,60 ± 19,33	74,25%	6,08 ± 1,45	22,53 ± 15,64	270,85%	83,33%

APÊNDICE 3 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Anadenanthera colubrina* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	11,33 ± 4,37	56,56 ± 47,56	399,02%	2,65 ± 0,71	9,65 ± 8,91	263,57%	100%
L0P1	9,14 ± 3,91	104,44 ± 40,62	1042,86%	2,10 ± 0,43	15,93 ± 9,11	657,55%	100%
L0P2	11,56 ± 3,67	93,06 ± 41,07	705,29%	2,21 ± 0,58	14,60 ± 6,82	560,24%	100%
L1P0	12,83 ± 3,31	122,06 ± 56,95	851,08%	2,11 ± 0,60	19,49 ± 12,96	822,25%	100%
L1P1	13,19 ± 4,38	166,17 ± 64,20	1159,37%	2,43 ± 0,76	24,45 ± 18,81	908,06%	100%
L1P2	12,44 ± 3,42	131,61 ± 71,78	957,59%	2,48 ± 0,63	21,43 ± 12,21	764,05%	100%
L2P0	11,50 ± 4,25	170,12 ± 38,83	1379,28%	2,21 ± 0,72	28,51 ± 8,43	1191,37%	94,44%
L2P1	11,00 ± 5,63	181,06 ± 48,40	1545,99%	2,18 ± 0,60	30,18 ± 16,27	1283,27%	94,44%
L2P2	11,89 ± 3,72	151,71 ± 44,84	1176,03%	2,35 ± 0,44	24,58 ± 10,53	945,96%	94,44%

APÊNDICE 4 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Copaifera langsdorffii* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	8,25 ± 3,21	32,33 ± 15,40	291,92%	2,69 ± 0,80	7,37 ± 3,31	173,96%	100%
L0P1	10,08 ± 3,39	45,00 ± 27,00	346,28%	2,70 ± 0,47	9,87 ± 3,27	265,43%	100%
L0P2	11,03 ± 3,07	48,67 ± 15,88	341,31%	2,78 ± 0,71	11,12 ± 4,54	300,18%	100%
L1P0	10,39 ± 3,11	56,18 ± 24,30	440,74%	2,51 ± 0,63	9,11 ± 3,07	263,30%	94,44%
L1P1	10,67 ± 2,44	56,43 ± 28,26	429,02%	2,63 ± 0,59	8,60 ± 3,86	227,51%	77,77%
L1P2	9,11 ± 2,47	55,27 ± 29,13	506,59%	2,52 ± 0,63	8,52 ± 3,23	238,24%	83,33%
L2P0	9,78 ± 2,82	50,94 ± 22,61	420,95%	2,54 ± 0,59	13,72 ± 15,38	441,04%	88,88%
L2P1	9,61 ± 1,79	51,76 ± 21,51	438,59%	2,58 ± 0,45	8,77 ± 3,64	240,36%	94,44%
L2P2	10,12 ± 3,27	47,26 ± 23,10	366,92%	2,69 ± 0,52	7,36 ± 2,92	173,40%	88,88%

APÊNDICE 5 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Handroanthus impetiginosus* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	9,67 ± 2,32	33,17 ± 22,30	243,10%	3,02 ± 0,42	7,69 ± 4,15	154,72%	100%
L0P1	9,71 ± 3,96	64,56 ± 34,34	565,14%	2,61 ± 0,44	16,44 ± 9,01	530,36%	100%
L0P2	10,06 ± 2,21	79,97 ± 32,46	695,27%	2,77 ± 0,35	16,80 ± 5,68	506,01%	88,88%
L1P0	11,54 ± 2,75	63,44 ± 38,50	449,57%	2,96 ± 0,90	12,57 ± 6,35	324,41%	100%
L1P1	10,86 ± 2,30	96,56 ± 39,93	789,07%	2,89 ± 0,84	15,72 ± 5,88	444,40%	88,88%
L1P2	11,08 ± 1,90	93,69 ± 44,01	745,30%	2,77 ± 0,56	18,19 ± 11,45	555,65%	88,88%
L2P0	19,97 ± 27,11	95,61 ± 48,43	378,72%	2,86 ± 0,70	17,40 ± 8,58	508,73%	100%
L2P1	10,67 ± 2,22	109,35 ± 44,44	925,18%	2,74 ± 0,55	18,44 ± 8,73	573,37%	94,44%
L2P2	10,06 ± 3,08	99,57 ± 46,88	890,21%	2,53 ± 0,55	17,83 ± 8,46	603,90%	77,77%

APÊNDICE 6 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Peltophorum dubium* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	10,53 ± 2,47	103,67 ± 97,17	884,70%	3,65 ± 0,71	25,65 ± 18,69	602,76%	100%
L0P1	9,81 ± 2,97	139,11 ± 71,40	1318,70%	3,59 ± 0,78	36,25 ± 14,47	910,64%	100%
L0P2	10,92 ± 2,15	154,11 ± 58,87	1311,70%	3,79 ± 0,53	36,21 ± 11,30	855,05%	100%
L1P0	11,61 ± 2,09	225,39 ± 94,36	1841,15%	3,58 ± 0,85	55,54 ± 29,95	1451,67%	100%
L1P1	12,19 ± 1,56	271,11 ± 81,16	2123,23%	3,47 ± 0,75	54,45 ± 15,37	1470,06%	100%
L1P2	12,00 ± 2,61	278,61 ± 98,64	2221,76%	3,34 ± 0,64	54,39 ± 18,52	1528,22%	100%
L2P0	11,50 ± 2,77	276,67 ± 59,93	2305,80%	3,56 ± 1,76	56,66 ± 11,23	1492,52%	100%
L2P1	11,77 ± 1,34	260,89 ± 84,74	2117,19%	3,53 ± 0,67	60,40 ± 24,13	1612,22%	100%
L2P2	11,17 ± 2,57	284,28 ± 73,35	2445,77%	3,51 ± 0,58	61,33 ± 18,86	1647,14%	100%

APÊNDICE 7 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Schinus terebinthifolius* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	16,50 ± 4,29	73,04 ± 68,35	342,66%	2,93 ± 0,47	24,94 ± 26,72	751,65%	72,22%
L0P1	15,42 ± 3,70	138,68 ± 59,03	799,52%	3,12 ± 0,57	41,46 ± 20,92	1230,63%	94,44%
L0P2	16,19 ± 2,63	144,94 ± 43,59	795,03%	3,13 ± 0,64	42,79 ± 17,88	1269,37%	100%
L1P0	17,61 ± 2,35	182,94 ± 64,40	938,80%	2,91 ± 0,47	62,50 ± 35,31	2046,54%	100%
L1P1	17,31 ± 2,93	242,33 ± 54,55	1299,87%	2,64 ± 0,39	73,77 ± 25,53	2692,58%	100%
L1P2	18,83 ± 3,65	225,24 ± 65,23	1095,94%	2,95 ± 0,77	68,30 ± 24,33	2218,71%	94,44%
L2P0	18,83 ± 2,87	224,94 ± 51,76	1094,40%	2,76 ± 0,63	84,08 ± 28,92	2946,40%	100%
L2P1	17,22 ± 2,67	232,35 ± 48,19	1249,15%	2,68 ± 0,53	92,09 ± 23,92	3333,90%	94,44%
L2P2	17,28 ± 2,65	233,59 ± 38,81	1251,96%	2,93 ± 0,85	97,85 ± 47,85	3235,66%	94,44%

APÊNDICE 8 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Senegalia polyphylla* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	97,11 ± 20,50	130,61 ± 42,65	34,50%	7,69 ± 1,55	27,47 ± 19,17	257,07%	100%
L0P1	105,78 ± 29,23	200,50 ± 59,97	89,55%	7,41 ± 1,71	41,36 ± 16,75	458,14%	100%
L0P2	92,20 ± 26,13	201,19 ± 81,05	118,22%	7,45 ± 0,91	44,81 ± 23,33	501,23%	100%
L1P0	98,89 ± 25,61	238,11 ± 64,95	140,79%	7,18 ± 2,35	71,26 ± 30,37	892,04%	100%
L1P1	100,44 ± 25,71	287,67 ± 93,51	186,39%	7,04 ± 1,89	70,99 ± 27,49	908,83%	100%
L1P2	102,28 ± 23,96	318,29 ± 89,68	211,21%	7,08 ± 1,99	95,55 ± 28,59	1248,76%	94,44%
L2P0	101,06 ± 23,05	278,61 ± 50,16	175,70%	7,44 ± 1,73	81,39 ± 20,78	993,54%	100%
L2P1	104,22 ± 28,68	356,61 ± 88,17	242,16%	8,36 ± 1,32	89,43 ± 24,36	969,63%	100%
L2P2	100,22 ± 22,04	319,06 ± 97,47	218,35%	6,91 ± 1,57	105,18 ± 66,34	1423,16%	100%

APÊNDICE 9 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Sterculia striata* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	19,89 ± 9,77	30,50 ± 13,90	53,35%	7,95 ± 2,03	17,59 ± 12,23	121,33%	100%
L0P1	13,36 ± 10,02	42,74 ± 19,24	219,85%	6,62 ± 2,55	19,95 ± 9,25	201,37%	94,44%
L0P2	20,94 ± 7,90	68,61 ± 26,75	227,59%	8,71 ± 2,37	28,07 ± 13,00	222,19%	100%
L1P0	18,67 ± 10,63	46,41 ± 19,37	148,63%	7,06 ± 2,39	21,64 ± 8,09	206,44%	94,44%
L1P1	18,33 ± 7,37	54,56 ± 25,25	197,58%	7,56 ± 2,04	24,06 ± 11,93	218,07%	100%
L1P2	14,33 ± 8,70	42,75 ± 25,73	198,26%	6,61 ± 2,21	20,55 ± 16,22	211,19%	88,88%
L2P0	20,67 ± 11,56	49,50 ± 20,16	139,52%	7,97 ± 2,54	24,56 ± 12,86	208,32%	100%
L2P1	18,33 ± 6,12	56,44 ± 22,42	207,88%	8,23 ± 1,77	30,96 ± 15,75	276,07%	100%
L2P2	16,56 ± 6,55	55,59 ± 20,50	235,77%	8,00 ± 1,91	29,37 ± 13,30	267,17%	94,44%

APÊNDICE 10 – Crescimento inicial e sobrevivência da espécie *Tabebuia aurea* (15 meses)

Tratamento	Altura Plantio	Altura 15 meses	Incremento	Diâmetro Plantio	Diâmetro 15 meses	Incremento	Sobrevivência
L0P0	19,29 ± 8,25	38,44 ± 36,43	99,34%	18,88 ± 5,12	28,84 ± 9,03	52,71%	100%
L0P1	19,06 ± 9,63	78,88 ± 38,62	313,96%	20,52 ± 7,98	42,45 ± 13,50	106,86%	94,44%
L0P2	16,94 ± 9,36	81,00 ± 46,26	378,03%	21,51 ± 5,67	48,11 ± 12,02	123,59%	88,88%
L1P0	18,78 ± 9,01	67,60 ± 40,15	260,00%	19,89 ± 6,51	41,05 ± 21,70	106,41%	83,33%
L1P1	19,22 ± 10,70	65,63 ± 31,42	241,51%	17,89 ± 7,40	34,89 ± 9,40	95,06%	88,88%
L1P2	22,67 ± 11,55	66,06 ± 44,15	191,45%	20,64 ± 8,97	33,05 ± 11,98	60,15%	88,88%
L2P0	16,28 ± 9,59	51,20 ± 25,79	214,54%	17,34 ± 6,77	32,94 ± 9,02	90,04%	83,33%
L2P1	19,28 ± 10,27	86,88 ± 40,51	350,69%	19,10 ± 4,68	36,75 ± 9,59	92,40%	94,44%
L2P2	19,50 ± 9,78	60,24 ± 33,26	208,90%	19,15 ± 6,45	30,20 ± 10,36	57,67%	94,44%