

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

**CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA DO SERTÃO (*Myracrodruon urundeuva*
Allemao) EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

PATRÍCIA CAMARGOS KRATKA

ORIENTADORA: CARMEN REGINA MENDES DE ARAÚJO CORREIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PUBLICAÇÃO: 222/2013
BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO – 2013**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA DO SERTÃO (*Myracrodruon urundeuva*
Allemão) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

PATRICIA CAMARGOS KRATKA

Dissertação de mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre.

APROVADA POR:

Carmen Regina Mendes de Araújo Correia, Dr^a. (Orientadora, UnB)

Rosana de Carvalho Cristo Martins, Dr^a. (Examinador interno, UnB)

Maria Cristina de Oliveira, Dr^a. (Examinador externo, UnB – Campus Planaltina)

Brasília, 04 de novembro de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

KRATKA, PATRÍCIA CAMARGOS

Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos / Patrícia Camargos Kratka.

60f., 210 x 297 mm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Crescimento.

3. Recuperação de áreas degradadas.

5. Bioma Cerrado.

I. Kratka, Patrícia Camargos.

2. Sobrevivência.

4. Produção de mudas nativas.

II. Correia, Carmen Regina M. de Araújo, orientadora.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Patrícia Camargos Kratka

TÍTULO: Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos

GRAU: Mestre

ANO: 2013

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

Patrícia Camargos Kratka
e-mail: pckratka@gmail.com

RESUMO

CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA DO SERTÃO (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Autora: Patrícia Camargos Kratka

Orientadora: Carmen Regina Mendes de Araújo Correia

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, novembro de 2013

A preocupação mundial em relação à qualidade ambiental tem se mostrado cada vez mais frequente. Atualmente, tem crescido a demanda por produtos e serviços voltados à recuperação de áreas degradadas, em especial à produção de mudas de espécies florestais nativas. O uso de adubos orgânicos na produção aumenta o crescimento e a qualidade das mudas, o que influencia positivamente na sobrevivência delas após o plantio. Este trabalho buscou avaliar o crescimento de *Myracrodruon urundeuva* Allemão produzida em substratos preparados com lodo de esgoto, composto orgânico e esterco bovino. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação por 120 dias no Viveiro do Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas – CRAD, Brasília-DF. Foram testados quatro tipos de adubos: (1) Osmocote®; (2) esterco bovino; (3) composto orgânico e (4) lodo de esgoto seco. Cada adubo foi submetido a três composições diferentes: (1) 25%; (2) 50%, e (3) 75%, com exceção da testemunha e do Osmocote®, totalizando onze tratamentos com dez repetições cada. As variáveis analisadas foram: Diâmetro do coleto (DC); Altura da muda (H); Número de folhas (NF); Matéria Fresca de Parte Aérea (MFPA); Matéria Seca de Parte Aérea (MSPA); Matéria Fresca de Raiz (MFR); Matéria Seca de Raiz (MSR); Índice de Qualidade de Dickson (IQD). As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados indicaram interação significativa entre os tratamentos. As maiores médias foram obtidas nos tratamentos com esterco bovino, seguidas do tratamento com composto. As plantas produzidas apenas com Osmocote® e com lodo de esgoto morreram. O resultado apontou a importância de incorporar matéria orgânica ao substrato para produção de mudas de *M. urundeuva* e que o composto orgânico na proporção de 25% equivale ao esterco bovino na proporção de 25, 50 e 75%.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas, Cerrado, mudas florestais, bio sólido, compostagem, produção de mudas.

ABSTRACT

INITIAL GROWTH OF AROEIRA SERTÃO (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) IN DIFFERENT SUBSTRATES

Author: Patrícia Camargos Kratka

Supervisor: Carmen Regina Mendes de Araújo Correia

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, november of 2013

There has been a frequent growing global concern about environmental quality. Currently, there is a high demand for products and services geared towards the recovery of damaged areas, especially for the production of seedlings of native forest species. The use of organic fertilizers in production increases the growth and quality of seedlings, which positively influences the survival of them after planting. This study aimed to evaluate the growth of *M. urundeuva* Allemão produced on substrates prepared with sewage sludge, organic compost and cattle manure. The experiment was conducted under greenhouse conditions during 120 days in the Nursery Reference Center for Nature Conservation and Recovery of Degraded Areas - CRAD, Brasília - DF. Four types of fertilizers were tested: (1) Osmocote®, (2) cattle manure, (3) organic compost and (4) dried sewage sludge. Each fertilizer was subjected to three different compositions: (1) 25%, (2) 50% and (3) 75 %, except for control and Osmocote®, totaling eleven treatments with ten replicates each. The variables analyzed were: Seedling diameter (DC); Seedling height (H), Number of leaves (NF); Fresh Matter of Air Part (MFPA); Dried Matter of Air Part (MSPA); Fresh Matter of Root (MFR), Dried Matter of Root (MSR); Dickson Quality Index (IQD). The averages were compared by Tukey test at 5 % probability. The results indicated a significant interaction between treatments. The highest averages were obtained from treatments with cattle manure, followed by treatment with organic compost. The seedlings with Osmocote® and sewage sludge died. The study pointed out the importance of incorporating organic matter in the substrate for growing seedlings and the organic compost in a proportion of 25 % is equivalent to the manure cow in the proportion of 25, 50 and 75%.

Keywords: degradation recuperation, Savannah, forest seedlings, biosolids, composting, seedling production.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. HIPÓTESE	3
1.2. OBJETIVOS	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	4
2.1.1. Legislação pertinente	7
2.2. PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS	9
2.2.1. Substratos utilizados na produção de mudas	11
2.3. COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS	15
2.3.1. Parâmetros físico-químicos importantes	17
2.4. LODO DE ESGOTO	19
2.4.1. Estabilização do lodo.....	21
Tabela 2.1. Parasitas mais comuns encontrados em lodo de esgoto	23
2.4.2. Uso do lodo na agricultura e no setor florestal	24
2.4.3. Uso do lodo na produção de mudas nativas	26
2.5. ESTERCO BOVINO	28
2.6. MYRACRODRUON URUNDEUVA ALLEMÃO	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
4. RESULTADOS	36
5. DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Parasitas mais comuns em lodo de esgoto.....	23
Tabela 3.1. Análises químicas dos adubos testados e do solo (dezembro/2012)	33
Tabela 4.1. Resultados da Análise de Variância para as variáveis estudadas	36
Tabela 4.2. Médias das variáveis analisadas por tratamentos comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Fases da Compostagem (Fonte: CERRI <i>et al.</i> , 2008)	16
--	----

1. INTRODUÇÃO

A preocupação mundial em relação à qualidade ambiental tem se mostrado cada vez mais frequente. Devido aos processos históricos de ocupação do território nacional e ao uso e comercialização de forma indiscriminada dos recursos vegetais, o bioma Cerrado vem sendo gradativamente substituído por áreas de pastagem e lavoura. A cobertura original do Cerrado brasileiro já foi reduzida em mais de 48% da sua área original até 2008, segundo o IBGE (2012), comprometendo muito a sua biodiversidade.

Atualmente, tem crescido a demanda por produtos e serviços voltados à recuperação de áreas degradadas e ou perturbadas, em especial à produção de mudas de espécies florestais nativas. Esta demanda crescente leva à necessidade de se investirem pesquisas que aperfeiçoem a produção de mudas a baixo custo e com qualidade e que sejam capazes de atender aos objetivos dos plantios de recuperação de áreas degradadas. Neste contexto, verificam-se expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas por meio da adubação orgânica, o que pode proporcionar um melhor desenvolvimento, influenciando positivamente a sobrevivência das mudas após o plantio (MELOTTO *et al.*, 2009).

Estudos que visam o uso de resíduos industriais ou urbanos para compor os substratos florestais vêm aumentando nos últimos anos. O uso dos resíduos, além de colaborar com a diminuição do problema ambiental, é uma alternativa viável economicamente e que possui garantia de fornecimento de matéria-prima em longo prazo e baixo custo (MARTINS *et al.*, 2011). A atividade florestal, por não envolver produção de alimentos para consumo humano, é considerada uma alternativa promissora para a utilização destes materiais, sem apresentar riscos à saúde.

Os adubos orgânicos são ricos em matéria orgânica, que é de elevada importância na produção de mudas florestais de qualidade. Entre outros fatores, a matéria orgânica permite o desenvolvimento de microrganismos benéficos, aumentando a disponibilidade de nutrientes ao longo do tempo. Além disso, propicia o aumento do pH e da capacidade de troca catiônica, assim como a redução na densidade aparente e aumento da porosidade do meio.

A compostagem é um processo puramente microbiológico e natural de decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal. Para o produtor rural, a compostagem possui grande importância econômica, pois resíduos de sua propriedade, como esterco de animais, palhas, folhas de árvores e outros resíduos orgânicos são

reciclados, transformando-se em fertilizantes ou húmus, que podem ser utilizados na produção de mudas florestais. No entanto, alguns fatores devem ser observados para que o processo de compostagem seja satisfatório, como condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração, pH, o tipo de compostos orgânicos existentes, a relação carbono e nitrogênio (C/N), a granulometria do material, as dimensões das leiras, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2008b).

A aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) tem seu emprego muito difundido na construção rural por possuir madeira resistente. No entanto, sua exploração comercial tem sido feita de forma predatória, o que a fez ser declarada espécie ameaçada de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente, conforme Instrução Normativa MMA nº 6, de 23 de setembro de 2008 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008). Neste sentido, a aroeira do sertão tem sido estudada e recomendada para recuperação de ecossistemas degradados e/ou perturbados, considerando seu caráter de pioneirismo. Além do mais, é uma espécie altamente exigente do ponto de vista nutricional, necessitando de uma adubação com macro e micronutrientes na produção de mudas desta espécie (MENDONÇA *et al.*, 1999).

1.1. Hipótese

H1: As plantas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, por se tratar de uma espécie exigente do ponto de vista nutricional, apresentam bom crescimento inicial quando cultivadas em composto orgânico, lodo de esgoto e esterco bovino, devido à alta concentração de fontes nutritivas nesses substratos.

H0: O composto orgânico e o lodo de esgoto comprometem o desenvolvimento inicial de *Myracrodruon urundeuva* Allemão.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de plantas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, produzidas em substratos preparados em diferentes proporções de lodo de esgoto, composto orgânico, esterco bovino e fertilizante químico.

Os objetivos específicos constituem:

- Comparar o crescimento das plantas, com base em algumas características morfológicas submetidas a diferentes regimes de adubação;
- Recomendar a dosagem adequada dos substratos analisados, para o bom desenvolvimento de mudas desta espécie.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recuperação de Áreas Degradadas

A recuperação de áreas degradadas no Brasil teve início em 1862, com o reflorestamento da floresta da Tijuca no Rio de Janeiro, um dos primeiros maciços florestais heterogêneos que se tem notícia no mundo (LEÃO, 2000). Mais de cem mil árvores foram plantadas ao longo de 13 anos, a fim de recuperar e proteger os mananciais que abasteciam a cidade. Martins (2009) afirma que, de um modo geral, a principal razão do atual estado de degradação das florestas é a exploração de produtos florestais, durante a expansão das atividades econômicas pelo homem.

A conceituação de área degradada é ampla e diversa na literatura. Genericamente, qualquer alteração do meio natural pode ser considerada uma forma de degradação. O conceito de área degradada remete-se àquela área que sofreu, em algum grau, perturbações em sua integridade, sejam elas de natureza física, química ou biológica (CORRÊA, 2009).

O tema se fortaleceu no Brasil na década de 1980. No entanto, as conceituações genéricas trouxeram alguma confusão em torno dos termos empregados. Corrêa (2009) destaca duas definições pertinentes à recuperação: 1) Caso o ambiente não se recupere sozinho em um tempo razoável, considera-se que ele esteja **degradado**, e a intervenção humana é necessária; 2) se o ambiente mantém sua capacidade de regeneração ou depuração – resiliência – pode-se considerar que ele esteja apenas **perturbado**, e a intervenção humana apenas acelera o processo de recuperação.

A necessidade ou não de intervenção humana para a recuperação de uma área dependerá do grau de alteração que o ambiente sofreu. Felfili *et al.* (2009) afirmam ser imprescindível a elaboração de projetos de recuperação que possam, primariamente, avaliar o grau de perturbação no ambiente. Para estes autores, devem ser consideradas como áreas degradadas aquelas onde, além da cobertura vegetal, foram também eliminados os seus meios de regeneração, como banco de sementes, de plântulas, chuva de sementes e possibilidade de rebrota, já que nestes casos, a vegetação apresenta baixa resiliência e a sua regeneração sem intervenção seria muito lenta. Nestes ecossistemas, a intervenção humana é imprescindível para a recuperação, pois a revegetação pode não ocorrer ou ser extremamente lenta (BERTONI & DICKFELDT, 2007).

A literatura apresenta quatro processos distintos que devem ser observados em um plano de revegetação de uma área degradada:

- Restauração: este processo tem sido empregado no sentido de restauração ecológica, que tem como prerrogativa repor as condições ecológicas da área ou retornar ao *status quo ante* (ao estado original). Corrêa (2009) afirma que a restauração de um ecossistema é extremamente difícil e onerosa, só justificável para ambientes raros.
- Reabilitação: este processo consiste em atribuir a uma área que foi degradada uma função adequada ao uso humano, restabelecendo suas principais características, e conduzindo-a a uma situação alternativa e estável (MARTINS, 2009). De acordo com Primack & Rodrigues (2001), o termo reabilitação consiste em devolver pelo menos algumas das funções do ecossistema e algumas espécies originais.
- Recuperação: é a reversão de uma condição degradada por uma condição não degradada, independentemente de seu estado original e de sua destinação futura (RODRIGUES & GANDOLFI, 2000). Para Corrêa (2009), neste caso, não há o compromisso ecológico. É um processo que objetiva, sobretudo, alcançar a estabilidade do ambiente.
- Redefinição: é a conversão de uma área degradada em uma nova paisagem com uso completamente distinto e sem vínculo com o ecossistema original, como por exemplo, área minerada convertida em campo de *golf* ou em reservatório de água. Martins (2009) afirma ser esse processo bastante criticado, pelo fato de a maioria dos projetos com essa abordagem não assumirem um compromisso com aspectos ecológicos como sucessão, sustentabilidade, biodiversidade, etc. Contudo, segundo o autor, este processo pode, em algumas situações, ser a melhor estratégia para se transformar áreas degradadas em áreas de uso humano, com um viés ambiental.

Segundo Felfili *et al.* (2000), devem-se adotar plantios heterogêneos de espécies nativas do local a ser recuperado, a fim de criar um microclima e aumentar a oferta de recursos similares às condições anteriormente encontradas. Segundo os autores, este processo difere do reflorestamento, onde o objetivo principal é obter uma cobertura florestal.

Para a recomposição da vegetação de uma área degradada ou perturbada pode-se adotar várias técnicas, como regeneração natural, regeneração artificial (FELFILI *et al.* 2009), nucleação, isolamento da área, recondução da rebrota, semeadura direta (MARTINS, 2009), dentre outras. A decisão de qual método usar depende do grau de

degradação ou perturbação da área, além de fatores externos como, presença de remanescentes florestais, aporte de sementes e presença de vetores de dispersão.

Deve-se ter em mente que a sucessão florestal é um processo que demanda tempo e, muitas vezes, o simples ato de proteger uma área degradada, não garante sua recuperação. Bertoni & Dickfeldt (2007) afirmam que deve ser realizado um acompanhamento em que envolva tratamentos silviculturais tradicionais, como corte de cipós, desbaste, enriquecimento e proteção contra o fogo. Pode-se dizer que a recuperação de uma área degradada e/ou perturbada é atingida no momento em que a intervenção humana não é mais necessária e a sucessão secundária passa a atuar sobre o ecossistema, levando ao aumento de sua complexidade estrutural e funcional (BROWN & LUGO, 1994).

Atualmente, tem sido crescente o uso de plantios de enriquecimento, que visam melhorar a qualidade da regeneração da área, através da introdução de espécies de interesses ecológicos e econômicos (VENTUROLI *et al.*, 2011). Os autores apontam vários estudos que indicam o potencial de sucesso para plantios de enriquecimento em florestas secundárias no Brasil. Em experimento realizado em 2003 utilizando *Myracrodruon urundeuva* e *Dipteryx alata*, os autores destacam o potencial dessas espécies para compor sistemas de enriquecimento de capoeiras.

Atualmente, no Distrito Federal, tem sido largamente empregada a técnica da regeneração artificial por meio do plantio de mudas nativas do bioma Cerrado, conforme preconiza o Decreto Distrital nº 14.783/93. A referida norma legal institui a Compensação Florestal, instrumento de Política Pública, que determina o plantio de 30 (trinta) mudas nativas para cada árvore nativa suprimida, em detrimento da implantação ou funcionamento de empreendimentos ou atividades potencialmente poluidoras (DISTRITO FEDERAL, 1993).

Assim, para o sucesso de um projeto de recuperação de áreas degradadas, é fundamental a produção de mudas florestais com qualidade, quantidade e diversidade suficientes para o estabelecimento de bons povoamentos com espécies florestais nativas. Entretanto, a obtenção de mudas nativas do Cerrado em quantidade suficiente para o plantio é o primeiro, e um dos principais pontos de estrangulamento dos programas de recuperação ambiental (VIANI & RODRIGUES, 2007).

2.1.1. Legislação pertinente

A Constituição Federal diz em seu artigo 225 que:

todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

(...)

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:
I - preservar e **restaurar os processos ecológicos essenciais** e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas (grifo nosso).

A recuperação de áreas degradadas, qualquer que seja o estado de degradação, constitui um dos pilares da Política Nacional do Meio Ambiente. Em seu artigo 2º, a Lei 6.938/1981, determina que:

Art. 2º. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

(...)

VIII - recuperação de áreas degradadas;

O artigo 2º, Inciso VIII da Lei nº. 6.938/81, foi regulamentado no final da década de 1980 pelo Decreto nº 97.632/89, que estabelece:

Art. 2º: Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º: A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

No Distrito Federal, o Decreto nº. 12.379, de 16 de maio de 1990, restringiu o número de soluções possíveis, ao determinar a recondução de áreas degradadas ao *status quo ante* (no estado original), o que muitas vezes é inoportuno, pela urbanização da vizinhança, por mudança de uso do solo ou até mesmo pela impossibilidade de se reconstruir um fragmento de ecossistema com estrutura ecológica igual à natural (CORRÊA, 2009).

Segundo o Decreto nº 3.420, de 20 de abril de 2000, que dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Florestas - PNF, e dá outras providências:

Art. 2º O PNF tem os seguintes objetivos:

(...)

II – fomentar as atividades de **reflorestamento**, notadamente em pequenas propriedades rurais;

III – **recuperar** florestas de preservação permanente, de reserva legal e áreas alteradas; (grifo nosso)

A legislação sobre áreas degradadas evoluiu também em outros aspectos. Após duas décadas de pesquisa e trabalhos de recuperação, definições mais realistas foram adotadas pela legislação brasileira. A Lei 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, objetiva, entre outros, recuperar e restaurar os ecossistemas degradados. Em seu artigo 2º, o SNUC entende que:

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original;

Ainda, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa e substitui o Código Florestal, alterada pela Medida Provisória nº 571, de 25 de maio de 2012, trata em diversos artigos (por exemplo, nos artigos 1º-A, 7º, 17, 41, 44, 46, 51, 54, 58, 61-A, 64, 65 e 66) de ações organizadas entre o setor público e a sociedade civil para promover a recuperação de áreas degradadas.

Com o objetivo de promover a recuperação de áreas degradadas, o Ministério do Meio Ambiente, por intermédio do Departamento de Florestas (DFLOR) e do Departamento de Revitalização de Bacias Hidrográficas (DRB), e o Ministério da Integração Nacional (MI), por meio da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), no âmbito do Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PRSF), criaram os Centros de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRADs). Os objetivos dos CRADs estão ligados ao desenvolvimento de modelos de recuperação de áreas degradadas em áreas demonstrativas, à definição e documentação de procedimentos para facilitar a replicação de ações de recuperação de áreas degradadas e à promoção de cursos de capacitação para a formação de recursos humanos (coleta de sementes, produção de mudas, plantio, tratamentos silviculturais) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

A política ambiental brasileira objetiva conceder a exploração do ambiente natural

sem permitir, contudo, que o passivo ambiental seja transferido para a sociedade e para os cofres públicos (CORRÊA, 2009). Atualmente existem diversos instrumentos normativos com o fim de promover a recuperação e o monitoramento de ambientes degradados pelo homem. Essas normas buscam formas de responsabilizar o agente degradador pelo ônus da recuperação, pois a falta ou atraso em se iniciarem os esforços de recompor a vegetação no presente significa que as gerações futuras terão um trabalho mais difícil e oneroso que a geração responsável pela degradação (BARTH, 1989).

2.2. Produção de Mudanças Florestais Nativas

A demanda por mudas de espécies nativas tem crescido bastante nos últimos anos, tanto pela valorização das espécies quanto pela necessidade de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APP e das Áreas de Reserva Legal – RL (OLIVEIRA *et al.*, 2008a). Entretanto, a tendência atual dos projetos de recomposição florestal em formar florestas com elevada diversidade de espécies nativas, tem esbarrado na dificuldade de se encontrar mudas nativas de espécies variadas (MARTINS, 2009), seja pela falta de conhecimento de como produzi-las ou de como coletar e beneficiar as sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2008a).

As mudas podem ser classificadas tanto em relação às características internas (classificação fisiológica), quanto a sua forma externa (classificação morfológica), sendo que esta última vem sendo largamente utilizada, devido à facilidade que oferece (STURION & ANTUNES, 2000). Os parâmetros morfológicos mais utilizados são: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação entre o diâmetro do coleto e a altura da parte aérea, relação entre as partes aérea e subterrânea, peso de matéria seca e verde, peso total das partes aéreas e subterrânea e rigidez da haste.

No entanto, nenhuma das variáveis morfológicas deve ser usada como critério técnico na classificação de mudas, apesar de o diâmetro do coleto ser reconhecido como o melhor dos indicadores de padrão de qualidade de mudas (STURION & ANTUNES, 2000). Segundo os autores, mudas com pequeno diâmetro do coleto e muito altas são consideradas de qualidade inferior quando comparadas àquelas que possuem diâmetro de coleto maior e são mais baixas. Em geral, o maior diâmetro de coleto está associado a um desenvolvimento maior do sistema radicular, o que favorece a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio.

A altura das mudas, por muito tempo foi considerada o único critério de análise de

qualidade das mudas (GOMES *et al.*, 2002) e ainda continua apresentando uma contribuição importante, podendo assim ser indicada como um parâmetro para essa avaliação de qualidade de mudas. No entanto, há que se observar que muitos viveiristas utilizam adubação nitrogenada em quantidade excessiva, no intuito de proporcionar às mudas, um crescimento maior em altura. Em decorrência deste processo, ocorre a redução de atividades fisiológicas das mudas, comprometendo a sobrevivência após o plantio (NOVAES, 1998).

Uma das dificuldades enfrentadas pelos produtores de mudas nativas é o crescimento lento de muitas delas, especialmente as classificadas como tardias ou clímax (CUNHA *et al.*, 2005). Geralmente não há conhecimento das exigências nutricionais da maioria das espécies nativas (PORTELA *et al.*, 2001). Em face disso, é de fundamental importância a definição de protocolos e estratégias que favoreçam a produção de mudas com qualidade, em menor espaço de tempo e em condições acessíveis aos pequenos e médios produtores (CUNHA *et al.*, 2005).

Para Lopes *et al.* (2007) o plantio de espécies florestais nativas é uma atividade que pode repor e manter não só os recursos florestais, como também conservar o equilíbrio econômico, social e ambiental. Por essas razões, deve-se investir em pesquisas que apontem substratos alternativos, bem como recipientes adequados, visando minimizar os custos de produção de mudas nativas (STURION & ANTUNES, 2000).

Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da adubação orgânica, levando a um melhor desenvolvimento, além de influenciar positivamente na sobrevivência pós-plantio. Isso pode ser facilmente observado no trabalho de Bertoni & Dickfeldt (2007) em que os autores avaliaram o desenvolvimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) quando plantadas em área alterada e manejada com tratamentos silviculturais. A pesquisa concluiu que o plantio de aroeiras em consorciação com espécies de crescimento mais rápido melhoram o crescimento em altura e a alta sobrevivência é resultado da rusticidade da espécie. Observaram também que, até o décimo ano do experimento, a aroeira teve um bom desenvolvimento e sobrevivência, indicando que as mudas se adaptaram perfeitamente às condições em que foram plantadas, mesmo competindo com a vegetação nativa por luz, água e nutrientes.

Os nutrientes fazem parte de uma série de fatores que atuam sobre o crescimento das plantas juntamente com luz, temperatura, ar, água, manejo, propriedades e características do solo ou substrato (MELOTTO *et al.*, 2009). Os autores afirmam que, ainda que os sintomas de deficiências não sejam visíveis, os viveiristas devem preocupar-

se com o estado nutricional das mudas, pois, mesmo não ocorrendo sintomas visuais de deficiência, o desenvolvimento delas torna-se reduzido. Por outro lado, a adubação excessiva pode ter efeitos prejudiciais, como a indisponibilidade de alguns nutrientes ou a presença de efeitos tóxicos.

A análise do crescimento constitui uma parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das plantas, sendo muito deles relacionados com a atividade fotossintética (BENICASA, 2004). O Índice de Qualidade de Dickson – IQD é considerado uma promissora medida morfológica e é apontado como bom indicador da qualidade de plantas, devido ao fato de considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo que ao mesmo tempo são ponderados vários parâmetros importantes (BINOTTO, 2007).

O diâmetro do coleto é uma variável importante, pois, além de influenciar na resistência a choques mecânicos quando na ocasião do plantio, ela participa na composição de vários índices de qualidade de mudas que não necessitam destruí-las. Carneiro (1995) afirma que a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo. O mesmo autor ressalta existir forte correlação entre o diâmetro do coleto e a percentagem de sobrevivência das mudas no campo. Após o plantio, a razão entre a altura da parte aérea e o respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, também denominado de quociente de robustez, sendo considerado um dos mais precisos, pois fornece informações de quão delicada é a muda.

2.2.1. Substratos utilizados na produção de mudas

O substrato é o fator que exerce influência significativa no desenvolvimento das mudas. Vários são os materiais que podem ser usados na sua composição original ou combinados (CALDEIRA *et al.*, 2008). Por ser utilizado em um estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico, as qualidades físicas e químicas do substrato para produção de mudas florestais nativas são importantes (OLIVEIRA *et al.*, 2008a). Segundo os autores, a boa formação de mudas destinadas à recuperação de áreas degradadas, está relacionada com o nível de eficiência dos substratos. A germinação de sementes e o início do crescimento radicular e da parte aérea estão associados à boa capacidade de aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água apresentada pelos substratos.

Substratos agrícolas são produtos usados como meio de crescimento de plantas, sendo a estabilidade biológica fundamental, pois altas relações entre carbono e nitrogênio (C/N) podem levar à competição entre plantas e microrganismos por nutrientes, principalmente N, fazendo com que as plantas apresentem sérias deficiências (LOPES *et al.*, 2007). O substrato ideal deve ser uniforme em sua composição, ter baixa densidade, ser poroso, apresentar adequada capacidade de retenção de água e capacidade de troca catiônica (CTC) e ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes de plantas daninhas (DANTAS *et al.*, 2009).

Na escolha de um substrato, devem-se observar, principalmente, suas características físicas e químicas, a espécie a ser plantada, além dos aspectos econômicos – baixo custo e grande disponibilidade. A utilização de um substrato que promova um rápido crescimento inicial das mudas é fundamental para melhorar a tecnologia de produção na fase de viveiro, com uma expectativa de atender a demanda de mudas para um mercado em franca expansão (ASSENHEIMER, 2009).

Segundo Kämpf (2005), condicionador de substrato é o componente que visa melhorar as propriedades do meio de cultivo, sendo que este componente participa de uma mistura em fração igual ou menor que 50%. Entre os principais condicionadores estão a areia, diversos produtos resultantes do processo de compostagem, serapilheira, casca de arroz carbonizada, poliestireno expansível (isopor), fibra de xaxim, casca de árvores, entre outros. Segundo a autora, para preparar um substrato, é preciso conhecer a qualidade dos componentes que serão empregados, a partir do exame de suas propriedades físicas e químicas. Entre as propriedades físicas destacam-se a densidade, a porosidade e a disponibilidade de ar e água. As químicas incluem valor de pH, capacidade de troca de cátions e salinidade.

Solos e substratos são meios porosos, formados por sólidos e poros preenchidos por água e ar (KÄMPF, 2005). Os poros são responsáveis pelas trocas gasosas entre o substrato e a atmosfera, bem como determinam os movimentos da água no vaso e a drenagem (LACERDA *et al.*, 2006). Portanto, entender a dinâmica das relações entre os sólidos e os poros é fundamental para se obter sucesso na produção de mudas.

Diversos materiais de origem vegetal e animal têm sido utilizados no preparo de substratos para produção de mudas. A escolha do substrato, quando da sua formulação, deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, suas características físicas e químicas, seu peso e custo (CERRI *et al.*, 2008). Os mesmos autores afirmam que entre os diversos materiais utilizados como substratos, é muito comum a recomendação de misturas

a partir da utilização de terra, areia, serragem de *Pinus* e adubos químicos, podendo-se alterar a proporção desses materiais até certo limite.

As características químicas mais importantes nos substratos são: pH e salinidade. Os substratos devem apresentar valores de pH dentro de uma faixa considerada adequada para o cultivo de plantas, pois valores inadequados, podem dificultar a absorção de nutrientes pela planta (LACERDA *et al.*, 2006). Conforme Kämpf (2005), em substratos onde predomina a matéria orgânica a faixa ideal de pH recomendada é de 5,0 a 5,8 e, quando for à base de solo mineral, entre 6,0 e 6,5.

A condutividade elétrica tem um importante papel no crescimento das plantas. É definida como um método utilizado para determinar a capacidade de condução de corrente elétrica, no extrato de saturação de uma amostra de solo, estimando-se a salinidade da solução do solo (FONTES & FONTES, 1992). Brito (2007) define a condutividade elétrica como sendo a capacidade de transmitir corrente elétrica devido à presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, portanto, um parâmetro químico indicativo da quantidade de sais dissolvidos.

O efeito adverso da salinidade está relacionado com o aumento da pressão osmótica da solução do solo, o que leva ao acúmulo de sais no interior das células vegetais, podendo causar a plasmólise, prejudicando a absorção dos nutrientes e diminuição do sistema radicular (NOVAIS *et al.*, 2007), reduzindo o crescimento e desenvolvimento da planta. Isso acontece porque uma maior concentração da solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico) prejudicando seus processos metabólicos essenciais (BRANDÃO & LIMA, 2002). A condutividade elétrica (Ec) é usada para medir a salinidade presente na solução do solo. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de condutividade elétrica obtido.

A concentração de nutrientes na planta reflete o seu estado nutricional, estando intimamente ligada à fertilidade do solo. Embora o equilíbrio nutricional seja a situação desejável, nem sempre é possível conciliar condições ideais com viabilidade econômica. Portanto, a escolha de um substrato deve considerar também a disponibilidade local do material a ser empregado. Os resíduos orgânicos surgem como uma alternativa para diminuir os custos com a adubação química. Entre os materiais com alto potencial de utilização em viveiros, encontram-se resíduos como o bagaço de cana e coco, as tortas e os esgotos urbanos (CUNHA *et al.*, 2005).

Em experimento analisando as características físicas e químicas ocorridas em substratos com diferentes concentrações de pó de coco, resíduo de sisal e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, Lacerda *et al.* (2006) recomendam o uso de pó de coco como componente para substratos para produção de mudas da espécie estudada. No entanto, não recomendam o uso do resíduo de sisal como componente para substratos na produção de mudas, pois esse resíduo revelou valores de condutividade elétrica e pH inadequados ao cultivo.

Em outro estudo, Santos *et al.* (2000) analisaram o desenvolvimento das mudas de *Cryptomeria japonica* produzidas em diferentes tipos de tubetes e de substratos. Os autores indicaram que, para a produção de mudas desta espécie, o substrato de solo adicionado de vermiculita foi o que apresentou melhor crescimento das plantas.

Já Caldeira *et al.* (2008), analisando a influência do composto orgânico na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi, observaram que, de um modo geral, houve efeito da adição do composto orgânico no substrato no desenvolvimento das mudas desta espécie. Porém, altas proporções de composto orgânico no substrato tiveram um efeito negativo nas mudas produzidas, tanto no comprimento de raiz como na produção de biomassa seca de raiz.

Nos estudos de Costa *et al.* (2005), em que foram analisados os substratos para crescimento de mudas de *Genipa americana*, em condições de viveiro, os autores concluíram que os substratos à base de terra preta e esterco bovino, na proporção de 1:1, e de terra preta, casca de arroz carbonizada e esterco bovino, na proporção de 1:1:1, proporcionaram maior crescimento às mudas de *G. americana*.

E finalmente, Guerrini & Trigueiro (2004), analisando os atributos físicos e químicos de substratos com diferentes doses de bio sólido e de casca de arroz carbonizada, com vistas em obter um meio de crescimento adequado para o desenvolvimento de mudas concluíram que com a elevação da dose de bio sólido no substrato houve aumento da densidade e do percentual de microporos e, conseqüentemente, da capacidade de retenção de água. O bio sólido apresentou teores razoáveis de nutrientes com destaque para N e P, mas baixos teores de K.

2.3. Compostagem de Resíduos Orgânicos

A reciclagem de resíduos orgânicos consiste no processo de compostagem, onde ao final deste processo, obtém-se o composto que é um excelente adubo orgânico, equilibrado contendo todos os nutrientes importantes para as atividades biológicas (CORREIA, 2009).

Os compostos orgânicos possuem propriedades biológicas adequadas para seu uso como substratos, pois podem fornecer os nutrientes necessários ao crescimento de várias culturas e possuem, geralmente, CTC mais elevada do que a turfa, elevando o efeito corretivo do pH (CALDEIRA *et al.*, 2008). Correia (2009) afirma que além dos nutrientes, o composto contém matéria orgânica humificada, importante para a manutenção de características físicas adequadas ao solo. Além disso, existe na literatura a evidência de que os compostos podem estimular a proliferação de antagonistas a organismos fitopatogênicos, ajudando a controlar algumas doenças do sistema radicular (LEAL *et al.* 2007).

A compostagem é definida como um processo aeróbico ou anaeróbico, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas (bioestabilização); a segunda (fase mesofílica), quando ocorre o processo de humificação (Figura 2.1), sendo que o produto final é considerado estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo, não oferece riscos ao meio ambiente (VALENTE *et al.*, 2009). Segundo Correia (2009) o processo de transformação pelo qual passa o composto é semelhante ao que acontece na natureza com a camada de serrapilheira, onde, os resíduos vegetais, ao caírem no solo, em contato com os microrganismos presentes, são decompostos e transformados em húmus.

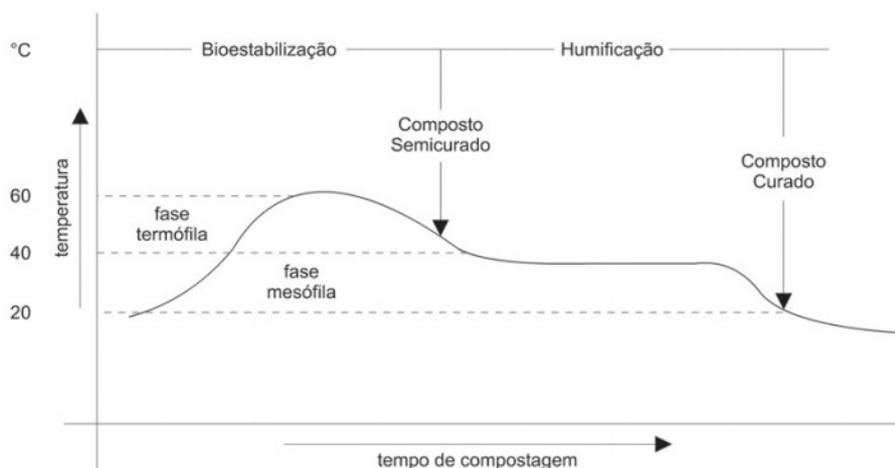


Figura 2.1. Fases da Compostagem (Fonte: CERRI *et al.*, 2008)

A compostagem é geralmente aplicada a resíduos não fluidos, como resíduos urbanos, agroindustriais e agropecuários, podendo ser também aplicada aos resíduos líquidos, sendo que para isso devem-se alterar as características físicas destes, através de agentes estruturantes como cama de frango, casca de arroz, serragem e maravalha (VALENTE *et al.*, 2009).

A eficiência do processo de compostagem aeróbica está diretamente relacionada a fatores que proporcionam condições ótimas para que os microrganismos aeróbios possam se multiplicar e atuar na transformação da matéria orgânica. O conjunto de fatores condicionantes para o bom desenvolvimento de um sistema biologicamente complexo como a compostagem deve ser balizado por uma série de parâmetros, sendo que cada tipo de material a ser compostado exige uma combinação ótima de umidade, aeração, relação C/N, pH, granulometria e altura de leira (OLIVEIRA *et al.*, 2008a).

O composto estabilizado, além de ter temperatura igual à ambiente, apresenta-se quebradiço quando seco e moldável quando úmido, não atrai moscas e não tem cheiro desagradável (OLIVEIRA *et al.*, 2008a).

2.3.1. Parâmetros físico-químicos importantes

➤ Aeração

Durante a compostagem aeróbica, a demanda por O₂ pode ser bastante elevada e a falta deste elemento pode se tornar um fator limitante para a atividade microbiana e prolongar o ciclo de compostagem (CERRI *et al.*, 2008). O fornecimento de ar para a pilha de compostagem é de fundamental importância à atividade microbiana, pois os microrganismos aeróbios têm necessidade de O₂ para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento.

O arejamento evita a formação de maus odores e a presença de moscas, o que é importante tanto para a compostagem como para o meio ambiente (CERRI *et al.*, 2008). A aeração influencia a velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emissão de odores, pois havendo falta de oxigênio o sistema pode tornar-se anaeróbio, que leva à produção de mau cheiro, devido a não liberação completa do nitrogênio aminado como amônia.

➤ Temperatura

A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e que reflete a eficiência do processo. O desenvolvimento da temperatura está relacionado com fatores como, materiais ricos em proteínas, baixa relação C/N, umidade e outros. Segundo Correia (2009), a temperatura alta indica que o processo de decomposição começou e, que para que ele continue normalmente, deve-se apenas manter as condições ideais do processo.

O ideal é que a pilha registre temperatura entre 40-60°C no segundo ou terceiro dia. Após iniciada a fase termófila, o ideal é controlar a temperatura entre 55 e 65 °C, pois é a faixa que permite a máxima intensidade de atividade microbiológica. Acima de 65°C os microrganismos começam a morrer (CORREIA, 2009) e o ciclo de compostagem fica mais longo.

➤ Umidade

A água é fundamental para a vida microbiana. No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garante a atividade microbiológica, pois, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água e todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (CERRI *et al.*, 2008).

No composto, o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se em torno de 50%

(CORREIA, 2009). Na prática, verifica-se que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração e das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose (CERRI *et al.*, 2008). Contudo, segundo o autor, se o teor de umidade de uma mistura é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação.

Como há perdas de água devido à aeração, em geral, o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo. O teor de umidade é um dos parâmetros que devem ser monitorados durante a compostagem para que o processo se desenvolva satisfatoriamente (OLIVIERA *et al.*, 2008a).

➤ Relação C/N

Os microrganismos necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas. É por esta razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos (CERRI *et al.*, 2008).

Quanto maior a diversidade de resíduos orgânicos para compor a pilha, mais se aproxima da relação C/N ideal, obtendo-se um produto final mais rico em teores de nutrientes e compostos húmicos (CORREIA, 2009). Teoricamente, a relação C/N inicial ótima do substrato deve se situar em torno de 30. Resíduos com relação C/N baixa perdem nitrogênio na forma amoniacal durante o processo de compostagem, prejudicando a qualidade do composto. Quando ocorre o contrário, ou seja, a matéria prima possui relação C/N alta, o processo torna-se demorado e o produto final apresentará baixos teores de matéria orgânica (CERRI *et al.*, 2008).

➤ Estrutura

Quanto mais finas forem as partículas do material utilizado, maior será a área exposta à atividade microbiana. Resíduos muito grandes retardam a decomposição por reterem pouca umidade e apresentarem menor superfície de contato com os microrganismos (CERRI *et al.*, 2008). No entanto, se todo o material disponível for muito fino, há tendência de não ficarem poros na pilha, comprometendo a aeração (CORREIA, 2009). A autora, afirma que é bom que o material contenha pedaços maiores (cerca de 5 cm) permitindo assim que fiquem bolhas de ar no interior do composto.

➤ pH

É fato conhecido que níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou até inibem a atividade microbiana. O pH do composto pode ser indicativo do estado de

compostagem dos resíduos orgânicos. Cerri *et al.*(2008) afirma que valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem. Para Rodrigues *et al.*(2006), a faixa de pH considerada ótima situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH.

A ação dos fungos e bactérias liberam ácidos que se acumulam e acidificam o meio, abaixando o pH. Este processo favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose e da lignina do material em decomposição. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. Portanto, se houver escassez de oxigênio o pH poderá cair abaixo de 4,5 e limitar a atividade microbiana, retardando, assim, o processo de compostagem (CERRI *et al.*, 2008).

2.4. Lodo de Esgoto

Os esgotos ou efluentes são, atualmente, um grave problema a ser incluído na gestão pública de uma cidade. A composição dos efluentes domésticos varia de acordo com o uso ao qual a água foi submetida, sendo que os fatores que podem influenciar a composição são o clima, a situação social e econômica e os hábitos da população (SAITO, 2007). Mesmo com composição variada, os efluentes domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, além de microrganismos, que juntos representam toda carga poluidora, fazendo necessário o tratamento deste material antes de lançá-lo nos corpos d'água (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011).

Nos grandes centros urbanos, os efluentes são tratados em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que operam com diferentes sistemas tecnológicos e conseguem retornar a água aos mananciais com bom grau de pureza (BOEIRA, s.d.). A ETE remove as cargas poluentes do esgoto através de processos físicos, químicos ou biológicos, devolvendo ao ambiente o produto final, efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental (CAESB, 2013). No entanto, este processo produz um material semi-sólido, pastoso e de natureza predominantemente orgânica, chamado de lodo de esgoto (BOEIRA, s.d.). O Conselho de Meio Ambiente do Distrito Federal, por meio da Resolução CONAN n.º 003/2006, define o lodo de esgoto como *um sedimento secundário dos sistemas de tratamento de efluentes que, pode ser chamado de biossólido caso seja utilizado de maneira benéfica e segura.*

Algumas definições são apresentadas pela Resolução CONAN n.º 003/2006:

- Lodo estabilizado: material sólido que se obtém no processo de tratamento de esgoto com estabilização através do processo de biodegradação evidenciando suas características indesejáveis a níveis toleráveis.
- Lodo Caleado: lodo de esgoto tratado e higienizado pelo processo de secagem, centrífuga e leitos de secagem, ou por estabilização e higienização, com a adição de cal.
- Lodo Compostado: lodo de esgoto submetido ao processo de compostagem, onde os ovos de helmintos são removidos e há produção de material estável e decomposição da matéria orgânica.
- Lodo ativado: lodo de esgoto produzido em massa ativada de microrganismos. Consiste no processo de recirculação das células de microrganismos ao tanque de aeração, onde é misturada com o efluente, estabilizando a matéria orgânica que há nele.
- Lodo de esgoto Classe A: lodo de esgoto que atende aos limites estabelecidos para concentração de metais, patógenos, atração de vetores (característica inerente ao lodo de esgoto é atrair roedores, insetos ou outros vetores de agentes patogênicos) e outros critérios.
- Lodo de Esgoto Classe B: lodo de esgoto que atende a todos os limites estabelecidos para concentração de metais, patógenos, atração de vetores e outros.
- Lodo de esgoto Classe C: lodo de esgoto que não atende as especificações das Classes A e B.

Corrêa *et al.* (2007) afirmam que quanto mais avançado e eficiente for o processo de tratamento de esgoto, maior será a quantidade de lodo produzido, que deve ser gerenciado e disposto adequadamente no meio ambiente. Atualmente, os grandes centros urbanos têm-se defrontado com dificuldades em gerenciar e dispor adequadamente o lodo gerado.

O gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos maiores desafios dos municípios brasileiros, os quais enfrentam problemas relacionados à questão ambiental, aliados às dificuldades financeiras do País (RICCI *et al.*, 2010). No Distrito Federal, a Companhia de Saneamento Ambiental – CAESB opera, atualmente, 5.169 km de redes e 17 Estações de Tratamento de Esgotos. O tratamento de esgotos domésticos é dividido em tratamento preliminar (ou pré-tratamento) e tratamento a nível primário, secundário e terciário, sendo

que em cada etapa de tratamento existe a geração de lodo, que, na Caesb, corresponde a aproximadamente 340 toneladas por dia (CAESB, 2013).

O lodo de esgoto pode ser caracterizado como um material rico em matéria orgânica, com alto teor de umidade que possui concentrações elevadas de nitrogênio, fósforo e micronutrientes, e por esse motivo passa a ter grande importância como insumo agrícola (SAITO, 2007). A composição do lodo de esgoto é variável, de acordo com a origem, estado físico e umidade e em matéria seca é significativamente rico, contendo de 40 a 60% de matéria orgânica, de < 0,1 - 17,6% de nitrogênio e fósforo variando de < 0,1 - 14,6%, além de cobre, zinco, ferro, manganês e potássio (LOPES, 2008).

Uma alternativa técnica viável é o uso do resíduo orgânico como adubo, aproveitando principalmente o nitrogênio, que é um importante e caro nutriente para as plantas (BOEIRA, s.d.). No entanto, para a disposição ou o uso seguro do lodo de esgoto, devem ser considerados três aspectos básicos: o nível de estabilização da matéria orgânica, a quantidade de metais pesados e o grau de patogenicidade (SAITO, 2007). Para este autor, tais fatores podem superar largamente as possíveis vantagens como fertilizante, colocando em risco a qualidade do solo agrícola e da cadeia alimentar.

Ao considerar as características do esgotamento sanitário no DF, especialmente a de não possuir fontes industriais expressivas que contribuam para a carga das águas residuais tratadas pela Caesb, os lodos de esgotos, em geral, possuem concentrações de substâncias químicas dentro dos limites estabelecidos pela legislação correlata. Desse modo, a Caesb incentiva a destinação ambientalmente equilibrada desses lodos por meio de sua incorporação ao solo agricultável, isto é, por meio da reciclagem dos seus nutrientes e matéria orgânica em atividades de agricultura, de silvicultura ou de recuperação de áreas mineradas (CAESB, 2013).

2.4.1. Estabilização do lodo

O termo estabilização tenta expressar a condição do lodo na qual este não sofre biodigestão em proporções tais que gere gases, odor e atraia vetores. A discussão sobre a definição do termo ainda é grande, pois parte dos técnicos da área defendem que estabilizar estaria mais atrelado a digerir a matéria biodegradável e não em minimizar a quantidade de patógenos (RAMOS *et al.*, 2009) – processo este que pode ser obtido por desinfecção. A estabilização do lodo pode ocorrer por processos químicos, físicos e biológicos.

Segundo Andreoli *et al.* (2001), no processo de estabilização biológica, são

utilizados os mecanismos naturais de biodegradação que transformam a parte mais putrescível do lodo, por vias anaeróbia ou aeróbia ou podendo também ocorrer por sistemas de compostagem. Na estabilização química são adicionados ao lodo produtos que podem inibir a atividade biológica ou oxidar a matéria orgânica (PAEZ, 2011). O mesmo autor afirma que o tratamento químico mais utilizado é a via alcalina, em que uma base, normalmente o cal, é misturada ao lodo, elevando seu pH e destruindo a maior parte dos microrganismos patogênicos, sendo que o uso de outros produtos químicos, como cloro, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio, também é possível, porém em pequena escala.

Segundo Corrêa (2009), em locais de clima quente e seco, como no Cerrado, a irradiação solar do lodo por uma semana é capaz de reduzir substancialmente a quantidade de água, diminuindo significativamente o volume original, cujo processo permite a concentração de sólidos na massa do lodo tornando-o economicamente mais atrativo para ser transportado e utilizado.

Após a secagem, o lodo pode adquirir aspecto granular e apresentar teor de sólidos de 90% a 95% (PAEZ, 2011). O processo é eficiente para bloquear a atividade biológica no lodo devido à secagem, porém, como não há mudanças substanciais na matéria orgânica, uma vez que o lodo se reidrata no solo, a atividade biológica é retomada e podem ocorrer problemas de odores (ANDREOLI *et al.*, 2001).

Das alternativas de tratamento de lodo, visando à destruição de microrganismos patogênicos, a compostagem tem se mostrado como uma das mais eficientes. A intensa atividade microbiológica durante o processo permite o desenvolvimento de uma população de microrganismos termófilos já no início do processo, o que faz com que a temperatura do meio se mantenha elevada por vários dias, destruindo grande parte dos patógenos e assim, garantindo que o composto obtido não ameace a saúde pública ou o meio ambiente (CERRI *et al.*, 2008). Segundo o autor, a eficiência da inativação térmica dos patógenos depende de ambos, temperatura e tempo de exposição a uma dada temperatura.

A compostagem pode ser conduzida até a estabilização final do lodo, ou ser interrompida após a fase termófila, na qual os patógenos já foram eliminados. Se conduzida até o fim, o material orgânico resultante estará estabilizado e parcialmente humificado, produzindo efeitos muito superiores sobre a estrutura e condicionamento dos solos (PAEZ, 2011). Quando interrompida após a fase termófila, no entanto, o material resultante, ainda “verde”, revela-se como melhor fonte de nutrientes e substrato para a atividade biológica, e, assim como o lodo caleado, atuará secundariamente como

condicionador do solo, após a humificação de sua matéria orgânica (ANDREOLI *et al.*, 2001).

Os lodos de esgoto constituem fonte potencial de riscos à saúde pública e ao ambiente porque podem conter elementos químicos e patogênicos danosos à saúde e ao meio ambiente e potencializam a proliferação de vetores de moléstias e organismos nocivos (CORRÊA, 2009). Segundo o autor, ainda que o lodo esteja tratado, há uma considerável incidência de inúmeros tipos de patógenos que podem ser transmitidos, a exemplo da bactéria do gênero *Salmonella* e protozoários e vermes que geralmente são mais resistentes, além de vírus e ovos de helmintos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Parasitas mais comuns encontrados em lodo de esgoto

Grupo	Parasito	Hospedeiro
Nematóides	<i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Ascaris suum</i> <i>Ancylostomas duodenale</i> <i>Necator americanus</i> <i>Tricuris trichiura</i> <i>Toxocara canis</i> <i>Trichostrongylus axei</i>	Homem Suíno Homem Homem Homem Cães, Homens Bovinos, eqüinos, homem
Cestóides	<i>Taenia solium</i> <i>Taenia saginata</i> <i>Hymenolepis nana</i> <i>Echinococcus granulosus</i>	Suínos, Homens Bovinos, homens Artrópodos, homens Cães, ovinos e homens
Protozoários	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Toxoplasma gondii</i> <i>Balantidium coli</i> <i>Cryptosporidium sp</i>	Homem Homens, cães e gatos Gatos, homens, mamíferos, aves Homens e suínos Homens e suínos

FONTE: adaptado de Thomaz-Soccol *et al* (2000).

2.4.1.1. O Lodo de Esgoto da CAESB

O lodo de esgoto da Caesb é processado por meio de secagem por radiação solar. O lodo da maioria das unidades de tratamento de esgoto da Caesb é classificado por meio da norma ABNT – NBR 10004 como Resíduo Classe II A – Não Inerte. Essa classificação foi confirmada por meio de análises de Caracterização Físico-Química do lodo, que têm como objetivo classificá-los quanto aos riscos potenciais à saúde e ao meio ambiente, quanto à sua manipulação e disposição final. Com base na citada norma, os resíduos Classe II A - Não Inerte são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos

perigosos e podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (CAESB, 2013).

Com relação aos resultados das análises dos parâmetros inorgânicos e agentes patogênicos, o lodo processado da Caesb é classificado como lodo de esgoto Classe B. Com estas características, tanto o lodo fresco como o irradiado ao sol, apesar de serem considerados pela Resolução CONAMA nº 375/2006 inapropriados para uso agrícola, são muito eficientes em projetos de recuperação de áreas degradadas, apresentando vantagem econômica e ambiental (CAESB, 2013).

A eficiência do uso do lodo em Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD e reflorestamentos já é extremamente reconhecida nas áreas de silvicultura e biologia do solo. Esse reconhecimento vem auxiliando a Caesb nas solicitações de autorização ambiental junto aos órgãos ambientais. No período de 2004 a 2012, a Superintendência de Operação e Manutenção de Esgotos (POE/CAESB), com o auxílio da Superintendência de Meio Ambiente (EMR/CAESB), conseguiu obter um total de 24 Autorizações Ambientais para aplicação de lodo em áreas degradadas e em reflorestamentos de eucaliptos e espécies nativas do bioma Cerrado (CAESB, 2013).

2.4.2. Uso do lodo na agricultura e no setor florestal

A destinação adequada do lodo de esgoto é uma etapa problemática no processo operacional de uma estação de tratamento. As práticas usuais de disposição do lodo de esgoto, como os “aterros sanitários e controlados” ou os despejos “a céu aberto”, são alternativas de custo elevado ou têm potencial para produzirem impactos ambientais indesejáveis (SAITO, 2007). Além de se constituírem, frequentemente, em focos de problema de saúde pública, pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e pela proliferação de animais e insetos vetores de doenças (MORAES NETO *et al.*, 2007).

O uso agrícola é uma forma mundialmente aceita para destinação final do lodo de esgoto, pois este é constituído de teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes para as plantas (PADOVANI, 2006). A autora afirma que o interesse pela aplicação do lodo de esgoto na agricultura vem aumentando principalmente pelo baixo custo dessa prática.

Entre as diversas alternativas existentes para a disposição do lodo de esgoto, a utilizada para fins agrícola e florestal apresenta-se como uma das mais convenientes e é amplamente recomendada sua aplicação (LAPERUTA NETO, 2006). Os benefícios que

poderiam ser obtidos com sua aplicação seriam quanto à reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes ao solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e a produtividade agrícola (SAITO, 2007). Segundo Lapureta Neto (2006) a disposição agrícola ou florestal do lodo de esgoto, incluído os custos de transporte até 100 km, seria mais vantajoso pelo aspecto econômico do que as alternativas de disposição, como o despejo em aterro sanitário ou sua incineração.

Para incentivar o uso de lodo de esgoto e seus derivados, sobretudo na agricultura, o termo biossólido foi criado e divulgado em todo o mundo. Biossólidos são definidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) como qualquer produto orgânico resultante do tratamento de esgotos, que pode ser benéficamente utilizado ou reciclado (CORRÊA *et al.*, 2007). Benéficamente implica ausência de danos ambientais e de prejuízos para a saúde de animais e humanos.

Os Estados Unidos, Canadá e alguns países da União Européia, por incorporarem biossólido há cerca de 20 anos, desenvolveram algumas normas preventivas contra possíveis problemas com os contaminantes presentes no lodo, com ênfase nos metais tóxicos e patógenos (SAITO, 2007). Segundo a autora, os contaminantes orgânicos não têm recebido a devida atenção dos órgãos reguladores do Brasil, o que preocupa muitos especialistas e ambientalistas, pois a quantidade de contaminantes orgânicos persistentes e potencialmente tóxicos presentes no lodo de esgoto não é desprezível. Esses contaminantes são oriundos de substâncias que estão presentes na nossa rotina diária, como os derivados de petróleo, medicamentos, materiais de limpeza, etc.

No Brasil, desde dezembro de 2003, em decorrência de um acidente ambiental em Brasília-DF (contaminação de solo e de corpos d'água por coliformes fecais levando à morte de animais domésticos), o Conselho Nacional de Meio Ambiente/Ministério do Meio Ambiente instalou o Grupo de Trabalho sobre Regulamentação de Uso Agrícola de Lodo de Esgoto, para elaboração de uma legislação brasileira que regulamente o uso seguro deste material na agricultura (MORAES NETO *et al.*, 2007). Em 12 de abril de 2005, a Câmara Legislativa do DF criou a Lei Distrital n° 3.581, que estabelece princípios, normas e procedimentos para a expedição, distribuição e uso de biossólido no Distrito Federal, visando o controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais.

Em 2004, o Decreto Federal n°. 4.954, de 14 de janeiro de 2004, entrou em vigor restringindo o uso agrícola de insumos e resíduos que contenham significativas concentrações de metais e patógenos. Em 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente –

CONAMA aprovou a Resolução nº. 375, de 29 de agosto de 2006, que estabelece, dentre outros critérios, os cuidados a serem dispensados ao se produzir lodo de esgoto, como a redução de patógenos através de processo específico e atratividade de vetores que podem causar danos ao ambiente (BRASIL, 2006).

Segundo CORRÊA *et al.* (2007) os lodos de esgoto produzidos no DF possuem potencial para uso agrícola, pois apresentam concentrações de metais aquém dos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAN/DF nº. 003, de 18 de julho de 2006 (DISTRITO FEDERAL, 2006). Segundo os autores, apesar do perigo sanitário intrínseco do lodo de esgoto, a utilização criteriosa desse material em projetos de reflorestamento e de revegetação de áreas mineradas tem-se mostrado ambientalmente viável no Distrito Federal. Algumas diferenças que favorecem a aplicação do bio sólido em plantios florestais em relação a grande parte das culturas agrícolas são as aplicações espaçadas em longos períodos e o fato dos produtos obtidos nesses sistemas não serem destinados ao consumo humano ou animal (MORAES NETO *et al.*, 2007). Porém, no Brasil, ainda são poucas e recentes as informações sobre a aplicação do bio sólido em plantios florestais.

Bento (2009) defende o uso de lodo de esgoto em áreas mineradas. Este autor, analisando a qualidade dos substratos minerados em cinco cascalheiras no Distrito Federal, conclui que a incorporação de lodo no solo é necessária, pois aumenta os teores de matéria orgânica, além de aumentar a capacidade de água disponível para as plantas. Contudo, o autor ressalta que deve-se atentar para as condições sanitárias de uso deste material devido à existência de patógenos e metais pesados.

2.4.3. Uso do lodo na produção de mudas nativas

A produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos com espécies nativas. No entanto, para a qualidade na produção de mudas florestais, há que se considerar vários fatores, como a qualidade da semente, o tipo de recipiente, substrato, adubação e manejo das mudas em geral (CALDEIRA *et al.*, 2008). Os substratos orgânicos utilizados na fase de viveiro em silvicultura são, na sua maioria, pobres em nutrientes essenciais ao crescimento da planta e, nesse sentido, a fertilização é um dos fatores mais importantes para garantir um bom desenvolvimento das mudas (ASSENHEIMER, 2009).

Uma das alternativas de uso do lodo de esgoto pode ser o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais. Um

dos aspectos mais promissores na utilização de lodo de esgoto é a disponibilidade de macro e micronutrientes (SCHEER *et al.*, 2010). Os autores afirmam que, além do benefício ambiental, o uso de lodo de esgoto na composição de substratos permite uma economia na adubação suplementar e melhorias no percentual de aproveitamento do viveiro. No entanto, devem-se considerar os arranjos percentuais destes componentes, já que resultam em diferentes quantidades de nutrientes, oxigênio e capacidades de retenção hídrica (TRIGUEIRO & GUERRINI, 2003).

O uso de lodo de esgoto na produção de mudas florestais ainda é incipiente. Scheer *et al.* (2010) ressaltaram que são raras as experiências documentadas na literatura nacional e internacional sobre o uso de lodos de esgotos na produção de mudas florestais. Dentre os poucos estudos, pode-se citar Paiva *et al.* (2009) que, testando o uso de lodo de esgoto na produção de quatro espécies (*Schinus terebinthifolia* Raddi, *Myroxylon peruiferum* L. f., *Cytarexylum myrianthum* Cham e *Bauhinia forficata* Link), concluíram que a aplicação das diferentes doses de lodo de esgoto estimulou o crescimento das mudas em altura e na produção de biomassa. A maior dose de lodo de esgoto (seco termicamente à temperatura de 105°C – granulado) aplicada (20g/dm³) propiciou respostas em crescimento equivalentes à promovida pela fertilização mineral.

Em outro experimento, Scheer *et al.* (2012a), analisando o crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* A. St.-Hil, concluíram que os melhores resultados para crescimento em diâmetro, altura e biomassa, para Índice de Qualidade de Dickson - IQD, eficiência no uso de nutrientes e para quantidade de nutrientes nas mudas se deram com a utilização de lodo de esgoto compostado com podas de árvores trituradas. Os autores afirmam que de maneira geral, o melhor potencial de crescimento, qualidade e eficiência no uso de nutrientes para a produção de mudas de *Lafoensia pacari* foi obtido com o composto 2:1 com 2,7 g/dm³ de fertilizante granulado (N; P₂O₅; K₂O – 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses).

Scheer *et al.* (2012b) também analisando o uso de compostos de lodo de esgoto com podas de árvores trituradas e substrato comercial na produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan com diferentes doses de fertilizante químico – testemunha (sem fertilizante); dose padrão - 2,7 g de fertilizante granulado (N; P₂O₅; K₂O - 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) por dm³; e dose alta - 4 g de fertilizante por dm³ – concluíram que os compostos de poda de árvores triturados e lodo de esgoto possuem boas características físico-hídricas e nutricionais, permitindo bons resultados no crescimento (altura, diâmetro, massa seca de folhas e ramos). Os nutrientes presentes nos substratos à

base de lodo sem fertilização mineral já são suficientes para promover um bom crescimento das plantas. Entretanto, estes apresentam ainda resposta positiva à fertilização adicional. Os resultados observados para os compostos à base de lodo comprovaram que estes podem ser usados para substituir substratos comerciais, em razão da economia de insumos, da sustentabilidade e do adequado crescimento das mudas.

2.5. Esterco Bovino

Os esterco de animais são os mais importantes adubos orgânicos, devido à composição, disponibilidade relativa e benefícios da aplicação (MARQUES, 2006). Segundo o autor, os esterco vêm sendo utilizados desde os tempos remotos, mas com o advento dos adubos químicos o interesse pelos fertilizantes orgânicos diminuiu. Atualmente, em decorrência da disseminação da agricultura sustentável e da preocupação com a degradação ambiental, o interesse pelo uso dos esterco foi renovado (RODRIGUES *et al.*, 2008).

O aproveitamento dos resíduos orgânicos de origem animal como fertilizante, especialmente do esterco de bovinos, é um tema relativamente pouco estudado no Brasil (PRESTES, 2007). O mesmo autor afirma que existem dúvidas em relação às quantidades a serem aplicadas nas culturas a fim de obter rendimentos satisfatórios, tanto para o seu uso exclusivo como fertilizante quanto associado à adubação mineral.

Estudos têm mostrado que o uso do esterco de gado aumenta a capacidade de troca catiônica, além da capacidade de retenção da água, a porosidade do solo e a agregação do substrato (PRESTES, 2007). A composição dos esterco é muito variável dependendo de fatores, tais como: espécie do animal, idade, raça, alimentação, material usado como cama e tratamento da matéria prima inicial (RODRIGUES *et al.*, 2008). A eficiência do esterco depende do grau de decomposição, da origem do material, dos teores de elementos essenciais às plantas e da dosagem empregada (SILVA *et al.*, 2005). A adubação com esterco também proporciona uma redução nos custos de produção pelo menor uso de adubos químicos (PRESTES, 2007).

A composição do esterco de curral é variável conforme a alimentação dos animais, mas pode-se dizer que, de maneira geral, tem 0,4 a 0,5 % de N; 0,4 a 0,6 % de K₂O e 0,2 a 0,3 % de P₂O₅ (RODRIGUES *et al.*, 2008). Segundo os autores, dependendo das condições de manejo à que o gado é submetido, pode-se observar variações no conteúdo de macro e micronutrientes do esterco bovino. Apesar de ter uma relação C/N

maior que os esterco de caprinos (21,6) e ovinos (24,2), o esterco bovino (27,1) é o que apresenta maior taxa de decomposição (MARQUES, 2006). Segundo o autor, isso pode ser atribuído, provavelmente, a sua estrutura que favorece o ataque dos microrganismos.

2.6. *Myracrodruon urundeuva* Allemão

A espécie *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Sinônimo: *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl., *Astronium juglandifolium* Griseb.) é conhecida popularmente como aroeira-do-sertão e pertence à família Anacardiaceae. É nativa do Brasil e possui larga distribuição geográfica, podendo ser encontrada no México, Argentina, Bolívia e Paraguai, associada a ambientes secos como cerrado, savanas e caatingas (LORENZI, 1992). No Brasil, pode-se encontrar esta espécie principalmente na Região Nordeste, variando entre 5 e 20 m de altura na Caatinga, Cerrado e em zonas de transição Cerrado-Floresta Estacional e até 35 m nas Florestas Pluviais (AWEB, 2012). Nas fitofisionomias do Cerrado destaca-se sua ocorrência nas Matas Ciliares, Matas Secas e Cerradões (RIBEIRO & WALTER, 1998).

É uma espécie decídua, heliófita e seletiva xerófila. Geralmente, a espécie floresce entre julho e setembro, e a maturação dos frutos ocorre de setembro a outubro (LORENZI, 1992). A polinização de *M. urundeuva* é realizada por abelhas e a dispersão dos diásporos é anemocórica (NUNES *et al.*, 2008). Seus frutos são do tipo drupa globosa ou ovóide, com cálice persistente, considerado um fruto-semente (FIGUEIRÔA, 2004). A semente é única (0,2 a 0,4 cm de diâmetro), globosa, desprovida de endosperma, com epicarpo castanho-escuro, mesocarpo castanho, carnoso, resinífero, com odor característico e tegumento membranáceo (ALMEIDA *et al.*, 1998).

A época de coleta dos frutos é entre os meses de agosto e outubro. Os frutos devem ser colhidos diretamente da árvore quando tiver início a queda espontânea; e o acondicionamento deve ser em local sombreado e ventilado para completar o ciclo de maturação (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Scalon *et al.* (2012) afirmam que sementes de aroeira não necessitam de pré-embebição em água ou em giberelina antes da semeadura. A germinação ocorre de 8 a 12 dias após a semeadura e a porcentagem de germinação é superior a 90% (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O desenvolvimento das mudas é rápido, porém, o das plantas no campo é médio (LORENZI, 1992). Possui característica de terrenos secos e rochosos, ocorrendo em agrupamentos densos, tanto em formações abertas e secas, como em formações fechadas e

úmidas (CARVALHO, 2003). Sua classificação, segundo o grupo ecológico, é de espécie secundária tardia, mas também pode ser classificada como secundária/pioneira antrópica – espécies secundárias e normalmente raras na floresta primária, mas que em áreas antrópicas fazem o papel de pioneiras (KAGEYAMA *et al.*, 2002).

É uma espécie de grande importância econômica, em razão da extração de taninos e da utilização na farmacologia, além do uso na apicultura. A entrecasca da espécie possui propriedades antiinflamatórias, adstringentes, antialérgicas e cicatrizantes (CARLINI *et al.*, 2010). O uso tópico da solução, obtida por cozimento da entrecasca, é indicado para combater inflamações da garganta, gengiva, pele e colo do útero (SILVA *et al.*, 2001). As raízes são usadas no tratamento de reumatismo e as folhas são indicadas para o tratamento de úlceras (NUNES *et al.*, 2008). Além disto, também há grande aproveitamento da madeira, pois apresenta alta densidade e resistência ao ataque de cupins e fungos. Por ser uma madeira pesada (1,00 a 1,21g/cm³), de alta durabilidade e dificuldade de putrefação, é muito usada na construção civil como postes ou dormentes para ferrovias, moirões para cercas, na confecção de móveis de luxo e moendas de engenho (PACHECO *et al.*, 2006). Devido à presença de lignina e celulose pode ser usada na produção de álcool combustível, carvão e coque metalúrgico, além de poder ser utilizada para trabalhos em forno (SILVA *et al.*, 2001).

Em decorrência de seus múltiplos usos, a espécie *M. urundeuva* vem sofrendo um processo de exploração intensa, de forma predatória, tornando-se escassa, e está na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008). Deve-se salientar que a exploração seletiva da aroeira para uso na indústria madeireira praticamente extinguiu os indivíduos de grande porte (PACHECO *et al.*, 2006), além de gerar perdas de material genético e comprometer a preservação e a conservação das populações de *M. urundeuva* dentro de seus habitats (SCALON *et al.*, 2012). Diante disso, torna-se imprescindível estimular o uso da espécie em reflorestamentos, além do desenvolvimento de estudos ecológicos básicos, principalmente os estudos relacionados aos aspectos ecofisiológicos de sementes e mudas, pois são essenciais para a preservação, manejo e restauração de populações dessa espécie (NUNES *et al.*, 2008).

Em pesquisa pioneira, Monteiro *et al.* (2012) estabeleceram um valor econômico para *M. urundeuva* Allemão, baseado na disposição máxima a pagar (DAP) das pessoas que frequentam a feira de Caruaru em Pernambuco. Os resultados mostraram que a maioria (95%) dos entrevistados concorda que a espécie estudada deve ser preservada. Segundo a

pesquisa, 491 pessoas (80,1%) estariam dispostas a pagar um valor de R\$ 40,32 por ano para apoiar projetos de conservação da aroeira. No entanto, o autor aponta que o valor médio da DAP seja considerado baixo quando comparado com outros estudos econômicos realizados no Brasil (o autor compara com os estudos de Fonseca & Drummond na Lagoa de Itaipu, Niterói-RJ). Tal fato é devido a uma parcela significativa da população analisada (64%) ser de baixa renda (1 a 3 salários mínimos).

Em relação aos requerimentos nutricionais, a aroeira do sertão é uma planta exigente de solo fértil. Mendonça *et al.* (1999) que concluíram que a omissão de N, P, K, Ca e Mg foram limitantes ao desenvolvimento das plantas, enquanto a omissão de Cu, Fe, Mn e Zn não afetou o crescimento das mudas até o quarto mês após a repicagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação por 120 dias, entre novembro de 2012 e março de 2013, em área pertencente ao viveiro do Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas – CRAD, localizada no Laboratório da Termobiologia da Universidade de Brasília, no Distrito Federal.

A área do trabalho localiza-se nas coordenadas 15° 46' 14.47''S e 47° 52' 05.51''O, a uma altitude de 1.045 m. O clima da região, segundo Köppen, é Aw (tropical chuvoso), com temperatura média anual entre 20 e 22 °C e com precipitação anual média entre 800 e 2.000 mm.

Quatro tipos de adubos foram testados: (1) dose de 8 g/dm³ de Osmocote® - fertilizante peletizado (N; P₂O₅; K₂O – 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) - seguindo recomendação do fabricante para desenvolvimento de mudas nativas; (2) esterco bovino obtido em loja especializada ensacado em 50 kg já curtido; (3) composto orgânico preparado no viveiro do CRAD e (4) lodo de esgoto seco recolhido na ETE Melchior/CAESB, Samambaia, Distrito Federal.

A amostra de solo usada para compor o substrato foi retirada da camada sub superficial (20-40 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Cerrado sentido restrito, localizado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, Distrito Federal (15° 57'16.0'' S; 47° 55'52,4'' W). A amostra de solo foi previamente peneirada e depois misturada à areia lavada na proporção de 3:1/2 em volume para todos os tratamentos. Todos os adubos, com exceção do Osmocote®, foram peneirados em malha de 4 mm antes de serem misturados à porção de solo + areia lavada. A mistura foi feita manualmente com auxílio de enxadas sobre lona plástica de uso único para cada tratamento de adubo.

A composteira foi montada no CRAD em julho de 2012 conforme metodologia descrita por Correia & Morais (2006), contendo os seguintes materiais: esterco de ovelha, cama de bovino e equino, restos vegetais frescos da CEASA, poda de árvores e folhas de bambu triturados e resíduos de composteiras anteriores produzidas no CRAD e na Fazenda Água Limpa. As leiras foram reviradas no primeiro mês semanalmente e na fase mesófila, quinzenalmente. De julho a setembro ela foi monitorada pela umidade e temperatura, sendo que o processo final de cura deu-se em novembro de 2012.

Os substratos continham três composições diferentes dos adubos orgânicos: (1) 25%; (2) 50%, e (3) 75%, com exceção da testemunha e do Osmocote®, totalizando onze tratamentos com dez repetições cada, assim distribuídos:

- T1: solo + areia (3:1/2);
- T2: solo + areia (3:1/2) + osmocote;
- T3-A: solo + areia (3:1/2) + 25% de esterco bovino;
- T3-B: solo + areia (3:1/2) + 50% de esterco bovino;
- T3-C: solo + areia (3:1/2) + 75% de esterco bovino;
- T4-A: solo + areia (3:1/2) + 25% de composto orgânico;
- T4-B: solo + areia (3:1/2) + 50% de composto orgânico;
- T4-C: solo + areia (3:1/2) + 75% de composto orgânico;
- T5-A: solo + areia (3:1/2) + 25% de lodo de esgoto;
- T5-B: solo + areia (3:1/2) + 50% de lodo de esgoto;
- T5-C: solo + areia (3:1/2) + 75% de lodo de esgoto.

As variáveis analisadas foram: Diâmetro do coleto (DC); Altura da muda (H); Número de folhas (NF); Matéria Fresca de Parte Aérea (MFPA); Matéria Seca de Parte Aérea (MSPA); Matéria Fresca de Raiz (MFR); Matéria Seca de Raiz (MSR); Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

As análises químicas dos componentes dos substratos testados estão na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Análises químicas dos tratamentos e do solo (dezembro/2012)

Características	Esterco bovino		Composto Orgânico		Lodo de esgoto		Solo
	Base Seca	Base Úmida	Base Seca	Base Úmida	Base Seca	Base Úmida	Base Úmida
pH	6,3	6,3	6,9	6,9	6,3	6,3	5,66
Umidade (65° C) (%)	34,6	-	49,5	-	7,6	-	-
Matéria Orgânica (%)	70,8	46,3	27,4	17,9	54,4	35,6	1,30
Nitrogênio (N) (%)	3,06	2	1,09	0,71	3,91	2,56	0,03
Fósforo total (P) (%)	0,53	0,35	0,33	0,22	0,28	0,18	0,03
Potássio (K) (%)	0,61	0,4	0,56	0,37	0,56	0,37	0,28
Cálcio (Ca) (%)	1,57	1,03	1,76	1,16	1,47	0,96	10,00
Magnésio (Mg) (%)	0,39	0,25	0,51	0,33	0,52	0,34	Traços
Enxofre (S) (%)	0,32	0,21	0,28	0,18	0,35	0,23	
Carbono Orgânico (C) (%)	39,3	25,7	15,2	9,9	30,2	19,8	72,55

Características	Esterco bovino		Composto Orgânico		Lodo de esgoto		Solo
	Base Seca	Base Úmida	Base Seca	Base Úmida	Base Seca	Base Úmida	Base Úmida
Boro (B) (ppm)	30,3	19,8	25	16,3	31,48	20,5	
Cobre (Cu) (ppm)	0,4	0,3	6,7	4,4	11,7	7,6	
Ferro (Fe) (ppm)	4.298	2.809	14.648	9.573	14.130	9.234	
Manganês (Mn) (ppm)	121	79	102	67	54	35	
Zinco (Zn) (ppm)	88	58	57,8	38	530	346	
Condutividade Elétrica (CE, dS/m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,018
CTC (mE/100g)	67	43	65	42	63	41	
Relação C/N	12,9	8,4	14	9,1	7,7	5,1	
DQO (mg/g)	1.049	685	406	265	806	527	
Alumínio (Al)	N.A.		N.A.		N.A. N.A.		Traços
H ⁺ + Al ³⁺ (mmol _c /dm ³)	N.A.		N.A.				3,63
Arsênio (As) (mg/kg)	0,0005		0,0005		0,0005		
Cádmio (Cd) (mg/kg)	0,01		0,01		0,01		
Chumbo (Pb) (mg/kg)	0,1		0,01		0,01		
Cromo (Cr) (mg/kg)	0,1		0,01		0,01		
Níquel (Ni) (mg/kg)	0,01		0,01		0,01		
Mercúrio (Hg) (mg/kg)	0,030		0,030		0,030		
Selênio (Se) (mg/kg)	5,48		5,48		5,48		

As sacolas plásticas utilizadas tinham as dimensões de 18cm de altura e 8 cm de diâmetro, contendo um volume total de substrato de 904,78 mL. As sacolas foram preenchidas manualmente com os materiais misturados previamente nas devidas proporções, observando-se a compactação do material. Após o preenchimento, e antes do transplante, todo o volume foi irrigado até total umidificação do substrato.

As sementes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão foram coletadas em aproximadamente 20 indivíduos provenientes da região de Cavalcante-GO, em Outubro de 2012, e doadas ao CRAD. Estas foram semeadas manualmente, sem tratamento prévio, em bandejas de fitocela contendo vermiculita. Foram colocadas duas sementes a 0,5 cm de profundidade em cada célula. Quando as plântulas apresentavam um par de folhas (cerca de 15 dias), foram transplantadas para as sacolas plásticas contendo os substratos nos tratamentos citados. A irrigação foi realizada manualmente uma vez por dia, com água destilada na quantidade de 50 mL por unidade experimental. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em 10 repetições. A escolha desta espécie se baseou no seu alto grau de exigência nutricional e no fato de ser uma espécie ameaçada de extinção.

O rodízio das unidades experimentais foi realizado a cada 15 dias. Alternadamente ao rodízio, a cada 15 dias, tomaram-se as medidas de diâmetro do coleto e altura das plantas, assim como a contagem do número de folhas. O diâmetro do coleto foi tomado com auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm) e a altura foi medida com auxílio de uma régua graduada, desde o coleto até a inserção do primeiro par de folhas.

As unidades amostrais foram cortadas no coleto, separando-se parte aérea e raiz para obtenção dos dados de matéria seca e matéria fresca. Para a obtenção da matéria fresca, a parte aérea foi pesada e acondicionada em embalagens de papel, enquanto as raízes foram cuidadosamente separadas do substrato com auxílio de peneira e pinça, lavadas em água corrente. Ambos os materiais foram pesados em balança analítica (precisão 0,01) e submetidos à secagem em estufa a 70 °C por 72 horas. Após este período, os materiais foram pesados para obtenção da matéria seca.

Para avaliar a qualidade das plantas, foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson– IQD, em função da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do coleto (DIAM), matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST) por meio da fórmula:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DIAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico R versão 3.0.

4. RESULTADOS

Das 110 amostras cultivadas, apenas 68 sobreviveram. Nos tratamentos com adubação química (T2) e com lodo de esgoto (T5A, T5B e T5C) as plantas morreram após 15 dias do transplante, restando apenas as que foram transplantadas nos tratamentos sem adubação (T1), com esterco de gado (T3A, T3B, T3C) e com composto (T4A, T4B, T4C).

Os resultados da análise de variância indicam interação significativa entre os tratamentos (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Resultados da Análise de Variância para as variáveis estudadas

	FV	GL	MQ	F	Valor-P
DC	Substrato	6	9,195	14,8	2,36e-10 **
	DC	61	0,621		
H	Substrato	6	22,157	35,665	5,52e-11 **
	H	61	0,621		
NF	Substrato	6	2,526	9,16	0,000332 **
	NF	61	0,2758		
MFPA	Substrato	6	33,38	10,23	8,19e-08 **
	MFPA	61	3,26		
MSPA	Substrato	6	2,7946	10,46	5,97e-08 **
	MSPA	61	0,2672		
MFR	Substrato	6	8,59	7,459	5,15e-06 **
	MFR	61	1,153		
MSR	Substrato	6	0,28423	7,183	8e-06 **
	MSR	61	0,03957		
IQD	Substrato	6	0,3383	6,841	1,39e-05 **
	IQD	61	0,0495		

** significativo a 5%. DC: diâmetro do coleto (mm); H: altura (cm); NF: número de folhas; MFPA: matéria fresca de parte aérea (g); MSPA: matéria seca de parte aérea (g); MFR: matéria fresca de raiz (g); MSR: matéria seca de raiz (g); IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

Observou-se que as plantas que apresentaram as maiores médias em diâmetro do coleto foram as cultivadas nos tratamentos com esterco bovino (Tabela 4.2), sendo que, as médias destes tratamentos não diferem estatisticamente do tratamento com composto a 25% (T4A). O tratamento sem adubação (T1) apresentou a menor média para DC com valor semelhante aos obtidos nos tratamentos com composto a 50% e 75%.

Tabela 4.2. Médias das variáveis analisadas por tratamentos comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

	DC	H	NF	MFPA	MSPA	MFR	MSR	IQD
T1	1,44 b	2,32 b	7,78 c	0,60 b	0,13 b	0,40 b	0,06 b	0,05 b
T3A	3,80 a	3,27 a	15,40 a	4,86 a	1,37 a	2,51 a	0,46 a	0,52 a
T3B	3,73 a	3,22 a	16,80 a	4,95 a	1,35 a	2,17 a	0,37 a	0,40 a
T3C	3,24 a	3,03 a	15,20 a	3,67 a	1,04 a	1,61 a	0,27 a	0,28 a
T4A	3,02 a	3,07 a	14,33 a	3,49 a	0,95 a	1,00 b	0,16 b	0,17 a
T4B	2,10 b	3,15 a	10,50 b	1,72 b	0,41 b	0,39 b	0,07 b	0,06 b
T4C	1,67 b	2,86 a	9,50 b	0,68 b	0,15 b	0,17 b	0,02 b	0,02 b

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. DC: diâmetro do coleto (mm); H: altura (cm); NF: número de folhas; MFPA: matéria fresca de parte aérea (g); MSPA: matéria seca de parte aérea (g); MFR: matéria fresca de raiz (g); MSR: matéria seca de raiz (g); IQD: Índice de Qualidade de Dickson. T1: tratamento sem adubação; T3A: tratamento com esterco a 25%; T3B: tratamento com esterco a 50%; T3C: tratamento com esterco a 75%; T4A: tratamento com composto a 25%; T4B: tratamento com composto a 50%; T4C: tratamento com composto a 75%

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. DC: diâmetro do coleto (mm); H: altura (cm); NF: número de folhas; MFPA: matéria fresca de parte aérea (g); MSPA: matéria seca de parte aérea (g); MFR: matéria fresca de raiz (g); MSR: matéria seca de raiz (g); IQD: Índice de Qualidade de Dickson. T1: tratamento sem adubação; T3A: tratamento com esterco a 25%; T3B: tratamento com esterco a 50%; T3C: tratamento com esterco a 75%; T4A: tratamento com composto a 25%; T4B: tratamento com composto a 50%; T4C: tratamento com composto a 75%

De maneira geral, os tratamentos com esterco de gado nas três proporções (T3A, T3B e T3C) apresentaram os melhores resultados para todas as variáveis analisadas. É interessante observar que para a variável altura (H), o resultado do Teste de Tukey não apontou diferença significativa entre os tratamentos, exceto para T1, que apresentou a menor média (Tabela 4.2).

Os resultados permitiram observar que das oito variáveis analisadas, cinco (DC, NF, MFPA, MSPA, IQD) apontam que os tratamentos com esterco de gado (T3A, T3B e T3C) são estatisticamente iguais ao tratamento com composto 25% (T4A) (Tabela 4.2).

Para todas as variáveis analisadas, o tratamento sem adubação foi o que apresentou os resultados mais baixos, sendo estes estatisticamente considerados iguais aos tratamentos com composto a 50% e 75% (T4B e T4C).

5. DISCUSSÃO

A morte de todas as plantas tratadas com adubo químico indica que a dosagem utilizada neste trabalho foi alta, mesmo sendo a indicada pelo fabricante para produção de espécies nativas. Tal fato pode ter levado à fitotoxicidade, cujos sintomas mais evidentes são a clorose e a necrose foliar, sendo esta última observada neste trabalho, para as mudas cultivadas no tratamento sem adubação.

O Osmocote® é um fertilizante de liberação lenta dos nutrientes, devido à membrana orgânica presente no entorno dos grânulos do fertilizante (WILSEN NETO & BOTREL, 2009). No entanto, esta liberação é diretamente relacionada com a temperatura e umidade do substrato. Umidade ou temperatura elevada acarreta uma maior liberação dos nutrientes, e o inverso, pode ser considerado para temperatura e umidade inferiores (SGARBI *et al.*, 1999). Como a temperatura e umidade do substrato não foram monitoradas neste trabalho, é possível que a dosagem utilizada de 8g/dm³, tenha sido prejudicial para o desenvolvimento das plantas de *M. urundeuva*, mesmo tratando-se de uma espécie exigente do ponto de vista nutricional.

Em experimento semelhante ao aqui apresentado Scheer *et al.* (2012a e 2012b) analisaram o desenvolvimento de *Lafoensia pacari* e *Anadenanthera colubrina* em substrato composto por lodo de esgoto aeróbio compostado com podas de árvores trituradas, com diferentes níveis de fertilização, a saber: 1) testemunha (sem fertilizante); 2) dose padrão (2,7 g de fertilizante granulado (N; P₂O₅ ; K₂O - 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) por dm³); 3) dose alta (4 g de fertilizante granulado (N; P₂O₅ ; K₂O - 15-9-12) de liberação lenta (5-6 meses) por dm³). A dose padrão de fertilizantes refere-se ao que é utilizado em viveiros da SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), enquanto a dose de 4 g/dm³ foi escolhida para verificar se maiores níveis de fertilizante resultam em maior crescimento de mudas. Os autores concluíram que a dose menor de 2,7 g/dm³ de fertilizante é capaz de promover um crescimento adequado às mudas, obtendo resultados bastante próximos à adubação com 4 g/dm³ para a maioria das variáveis testadas no experimento (altura, diâmetro do coleto e massa seca da parte aérea (folhas e ramos)), representando economia de fertilizante.

Verificou-se que a dose de fertilizante químico utilizada no presente trabalho (8,0 g/dm³) foi o dobro da maior dosagem utilizada por Scheer *et al.* (2012a e 2012b) e não foi encontrado na literatura, estudos que confirmem esta recomendação, apesar de constar na embalagem do fabricante. Desta forma, recomenda-se que novos experimentos sejam

realizados a fim de testar diferentes dosagens de Osmocote® para produção de mudas de *M. urundeuva*.

Quanto às plantas mortas com tratamento de lodo de esgoto, observou-se que o lodo recolhido na CAESB não estava estabilizado. Sabe-se que o único tratamento que o lodo recebeu na ETE Melchior foi a secagem a pleno sol em pátio aberto, sendo que o material era revolvido a cada semana com ajuda de uma retroescavadeira. Quando da irrigação das plantas transplantadas para os tratamentos com este componente, a água reativou a ação dos microrganismos. Observou-se que os substratos se aqueceram, o volume aumentou até extravasar dos recipientes, além de desenvolverem mau cheiro. Estas características indicam atividade microbiana, o que pode ter ocasionado a morte das plantas (SAITO, 2007).

Outra questão relevante é que a análise química do lodo de esgoto indicou baixa relação C/N (7,7), o que, por sua vez, também pode favorecer a atividade microbiana. Cerri *et al.*, (2008) consideram que os limites de 26/1 a 35/1 são os mais recomendados para uma rápida e eficiente compostagem. Segundo os autores, resíduos com relação C/N baixa, como o observado para o lodo (Tabela 3.1), perdem nitrogênio na forma amoniacal durante o processo de compostagem, prejudicando a qualidade do composto. Nesse caso, recomenda-se juntar restos vegetais celulósicos para elevá-la a um valor próximo do ideal.

Neste trabalho observou-se que o lodo de esgoto, da maneira como é tratado na CAESB (ETE Melchior), não é recomendado para a produção de mudas. Ademais, Scheer *et al.*, 2012a e 2012b indicam o uso de lodo de esgoto associado a algum outro tipo de matéria orgânica, como poda de árvore triturada, na composição do substrato para produção florestal e, principalmente, utilizado após o processo de compostagem.

No trabalho desenvolvido por Scheer *et al.*, (2012a e 2012b) foi utilizado o lodo de esgoto compostado. Este material foi misturado em betoneiras em diferentes proporções com resíduos de podas de árvores triturados e dispostas em leiras estáticas aeradas de aproximadamente 1,1 m de altura, 2,2 m de base e 4 m de comprimento, onde após por quatro meses, os compostos já estavam prontos para a utilização. Desta forma, acredita-se que, no caso específico do lodo de esgoto da CAESB, o mesmo deve primeiramente receber algum tratamento de estabilização que neutralizasse a ação dos microrganismos, para depois ser utilizado como fonte de macro e micronutrientes na produção de mudas florestais.

Pela análise química dos materiais analisados neste trabalho (Tabela 3.1), pode-se observar que o lodo de esgoto apresenta salinidade média (0,5 dS/m), o que pode ter sido

outro fator que contribuiu para a morte das plantas cultivadas com lodo de esgoto. Brito (2007) define que salinidade baixa é aquela que apresenta condutividade elétrica entre 0 e 0,25 dS/m. O autor afirma que nesta faixa pode ser utilizada para a maioria das culturas, com pouca probabilidade de ocasionar efeitos adversos da salinidade às plantas. Já a salinidade média está na faixa de 0,250 e 0,75 dS/m e pode ser usada para cultivar plantas com moderada tolerância aos sais, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade.

Observou-se que, no geral, as plantas apresentaram melhor desenvolvimento inicial nos tratamentos com esterco bovino nas três proporções, enquanto o menor crescimento das plantas foi no tratamento sem adubação (Tabela 4.2). A análise química dos compostos orgânicos (Tabela 3.1) permitiu observar que, dentre todos os materiais utilizados, o esterco de gado apresentou o maior teor de matéria orgânica (70,8 g/dm³), enquanto o composto apresentou o menor (27,4 g/dm³).

No entanto, mesmo com baixo teor de matéria orgânica, o tratamento com composto a 25% apresentou resultados estatisticamente iguais aos tratamentos com esterco de gado nas três proporções (Tabela 4.2). Este fato pode ser explicado pelo fato de que os adubos orgânicos, além de fornecerem nutrientes às plantas, atuam como condicionadores que melhoram as características físicas do solo e, portanto, melhoram a absorção de nutrientes, levando ao bom desenvolvimento delas (KÄMPF, 2005). Maria *et al.* (2007) avaliaram a aplicação do lodo de esgoto como condicionador do solo, por meio de seu efeito sobre a agregação do solo agrícola, visando sua utilização na recuperação de áreas degradadas e concluíram que este adubo agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo.

Os resultados deste trabalho permitiram indicar que a incorporação de matéria orgânica no substrato melhora significativamente o desenvolvimento da planta, uma vez que o tratamento sem adubação apresentou médias significativamente mais baixas em todas as variáveis analisadas (Tabela 4.2).

Segundo Caldeira *et al.* (2008), a matéria orgânica é um dos componentes fundamentais dos substratos, pois possui a finalidade básica de aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas, além de apresentar outras vantagens como: redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio. Os mesmos autores, avaliando o desenvolvimento de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) utilizando composto orgânico no substrato, concluíram que mudas produzidas com altas proporções de composto orgânico (100%) no substrato tiveram um

efeito negativo, tanto no comprimento de raiz como na produção de biomassa seca de raiz, o que corrobora os resultados apresentados aqui.

Valente *et al.* (2009) afirmam que o fertilizante orgânico deve apresentar as seguintes características para ser comercializado: matéria orgânica total (mínimo de 40%), nitrogênio total (mínimo de 1%), pH (mínimo de 6,0), relação C/N (máximo de 18/1) e umidade (máximo de 50%). O composto utilizado no presente trabalho apresenta estas características, exceto para a matéria orgânica total que só foi maior que 40% no esterco bovino (Tabela 3.1).

O maior crescimento em diâmetro do coleto foi observado nos tratamentos com esterco bovino nas três proporções, obtendo-se 3,80 mm para a proporção de 25%; 3,73 mm a 50% e 3,24 mm a 75% (Tabela 4.2). Resultados semelhantes foram apontados por Artur *et al.* (2007). Os autores testaram quatro níveis de adubação (correspondentes a 0, 2, 4 e 6 partes que, em massa, equivalem a 0, 101, 175 e 229 kg m⁻³) com esterco bovino em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss) e obtiveram valores médios de crescimento de diâmetro do coleto de 3,75 mm.

Cunha *et al.* (2005), analisando o desenvolvimento de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl, observaram que as plantas cultivadas apenas com terra de subsolo apresentaram diâmetro do coleto inferior ao daquelas que receberam composto orgânico. No entanto, cabe ressaltar que neste trabalho, nos tratamentos com composto a 50% e 75%, o desenvolvimento de diâmetro de coleto foi baixo, sendo comparado estatisticamente ao tratamento sem adubação. Acredita-se que tal fato possa ser explicado pela porosidade do material que foi maior que o desejado. Porém esta característica não foi avaliada neste trabalho.

É interessante que no trabalho de Daniel *et al.* (1997) os autores apontam que o diâmetro do coleto da espécie *Acacia mangium* em torno de 2 mm é considerado ideal para comercialização. No entanto, Gonçalves *et al.* (2000) consideram que o diâmetro do coleto adequado a mudas de espécies florestais de qualidade está entre 5 e 10 mm. Neste trabalho, nenhum das plantas apresentou valores superiores a 5 mm. No entanto, com 120 dias as plantas cultivadas em esterco bovino (em todas as proporções) e em composto a 25% atingiram o padrão de comercialização apontado pelo primeiro autor. O intervalo de valores de diâmetro do coleto sugerido por Gonçalves *et al.* (2000) parece não ser aplicável para *M. urundeuva* nas condições testadas neste trabalho.

As alturas médias das plantas foram iguais estatisticamente em todos os tratamentos, com exceção daquele sem adubação. Este resultado difere do encontrado por

Caldeira *et al.* (2008), onde ficou evidente que a adição de esterco representou aumento no desenvolvimento em altura das plantas de *Schinus terebinthifolius*. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Carvalho Filho *et al.* (2003), onde os autores apontaram que plantas de *Hymenaea courbaril* L, produzidas em substrato de solo+areia+esterco na proporção de 1:2:1 apresentaram maiores médias de altura de planta do que as cultivadas em solo + areia na proporção 1:1. A média da altura das plantas foi a única variável neste trabalho que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com composto e com esterco.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável número de folhas. Neste trabalho, os tratamentos com esterco bovino nas proporções 25, 50 e 75% obtiveram as maiores médias em número de folhas (15,4; 16,8 e 15,2 respectivamente), que são estatisticamente iguais ao tratamento com composto a 25% (14,33). Este resultado também foi encontrado por Carvalho Filho *et al.* (2002), em que os melhores resultados para número de folhas de canafístula (*Cassia grandis* L.) foram encontrados nos substratos composto por solo + esterco (proporção 2:1) e solo + areia + esterco (proporção 1:2:1), com 12,4 e 12,0 folhas por planta, respectivamente. Também Caron *et al.* (2007) encontraram o número médio de 15,6 folhas por planta de *M. urundeuva*, cultivadas em substrato com 1/3 de matéria orgânica constituída de palha de café, em 112 dias de experimento. No entanto, Artur *et al.* (2007) encontraram resultados divergentes para plantas de guanandi (*Calophyllum brasiliense*). Estes autores observaram que o maior valor estimado (12 folhas) foi obtido no tratamento que não recebeu esterco. Cabe ressaltar, que os estes autores apontam que os resultados encontrados para o guanandi contrariam as observações verificadas em outras espécies florestais.

As menores médias de matéria seca e fresca de raiz, que foram observadas nos tratamentos com composto a 50 e 75%, podem ser em decorrência da porosidade que este material apresenta naturalmente. Quando a sua proporção na mistura com o substrato é muito alta, o desenvolvimento das raízes pode ficar prejudicado devido ao aumento da aeração no substrato (KÄMPF, 2005). Segundo a autora, a porosidade é responsável pelas trocas gasosas entre o substrato e a atmosfera, bem como determina os movimentos da água no vaso e a drenagem.

Outro fator que contribuiu para encontrar este resultado foi o fato de que, durante o período da pesquisa, à medida que as unidades amostrais foram irrigadas, o material destes tratamentos foi assentando, até a metade do saco plástico, diminuindo assim a quantidade de substrato para desenvolvimento das plantas. As plantas não cresceram

porque não conseguiram passar do nível superior da borda do saco plástico, ficando confinadas dentro deste, com restrição de luz. Os procedimentos no preenchimento das sacolas plásticas deveriam incluir irrigação antes do transplante das plântulas, para melhor assentamento do material.

A análise dos resultados da massa fresca e seca de parte aérea e de raiz indicaram resultados semelhantes aos observados por Artur *et al.* (2007). Eles observaram que as médias dos parâmetros de crescimento diminuíram à medida que aumentaram a proporção de esterco bovino. Os pesos de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) diminuíram com o aumento de esterco bovino e de composto (Tabela 4.2). Caldeira *et al.* (2008) avaliaram a influência do composto orgânico em *Schinus terebinthifolius* e concluíram que os resultados dos índices de qualidade de mudas produzidas com 100% de composto orgânico, no geral, apresentaram os menores índices.

Os resultados encontrados neste trabalho para o IQD apontam que as plantas cultivadas em esterco bovino, nas três proporções, apresentaram as maiores médias, o que permite classificá-las como as de melhor qualidade. Pode ser observado também que, tanto para os tratamentos com esterco quanto com composto, à medida que ocorreu o aumento na dosagem, o Índice decresceu, evidenciando que nem sempre o aumento nas doses de adubação melhora o crescimento das mudas.

De maneira geral, o tratamento com composto a 25% apresentou médias estatisticamente iguais aos tratamentos com esterco de gado nas três proporções (Tabela 4.2), assim sendo, o aumento da dosagem tanto de composto, quanto esterco, não significou aumento nos parâmetros de crescimento das plantas analisadas. Deste modo, a hipótese deste trabalho foi confirmada parcialmente.

As plantas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão apresentam bom crescimento inicial apenas quando cultivadas em esterco bovino, nas três proporções, e em composto orgânico na proporção de 25%. O lodo de esgoto, da maneira que foi utilizado, não foi uma boa fonte nutricional para as plantas de *M. urundeuva*, necessitando de maiores pesquisas para que seja indicado como adubo na produção de mudas florestais.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, ficou evidenciado que o lodo de esgoto, da maneira como ele é ofertado pela CAESB, não pode ser utilizado na produção de mudas florestais. Mais pesquisas devem ser incentivadas, no intuito de avaliar se, após a compostagem do lodo, ou outro processo de inertização, este material pode tornar-se viável para a produção de mudas florestais em viveiro.

A adubação química foi prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Acredita-se que a dosagem utilizada foi alta, mesmo sendo a indicada pelo fabricante para produção de mudas nativas.

Pode-se afirmar que o substrato, sem nenhum tipo de adubação, não deve ser utilizado pelos viveiristas. Ficou evidente, que a incorporação de matéria orgânica ao substrato melhora consideravelmente o desenvolvimento das plantas. Mesmo a incorporação da menor dosagem de composto apresentou resposta semelhante à adubação por esterco bovino em todas as proporções.

As plantas de *M. urundeuva* apresentaram melhores índices de crescimento com o esterco bovino na dosagem recomendada de 25% do substrato utilizado, haja vista que os dados mostraram que o aumento na dosagem não implica no aumento dos parâmetros de crescimento analisados. Fica evidente, que qualquer formulação acima deste percentual seria considerado desperdício.

Quanto ao composto, afirma-se que na proporção de 25%, este material apresentou os mesmos resultados que a adubação com esterco bovino em todas as proporções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P.de; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa – CPAC, 1998. 188p.
- ANDREOLI, C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de Esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFGM, SANEPAR, 2001.
- ARTUR, A.G.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARRETTO, V.C.M.; YAGI, R.; **Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.6, p.843-850, jun. 2007.
- ASSENHEIMER, A. **Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais**. Ambiência Guarapuava, PR v.5 n.2 p.321 - 330 Maio/Ago. 2009.
- AWEB. *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Disponível em: <http://www.alicesoftware.com/webs/trees/aweb/td001/td_00045.htm>. Acesso em: 24 de jan. 2012.
- BARTH, R.C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Boletim Técnico nº 1. SIF/UFV, Viçosa, MG. 41 p. In: Curso Recuperação de áreas degradadas, vol. II. UFPr/FUPEF-Pr/ Associação Paranaense de Engenheiros Florestais. Curitiba, 5 – 15/07/93. 1989
- BENICASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal. FUNEP. 42p. 2004.
- BENTO, M. A. B. **Avaliação da Qualidade dos Substratos Minerados em Cinco Cascalheiras Revegetadas no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-115/09 , Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 128p. Brasília. 2009.
- BERTONI, J.E.A.; DICKFELDT, E.P. **Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira) em área alterada de floresta: Desenvolvimento das mudas e restauração florestal**. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 19, n. 1, p. 31-38, jun. 2007.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. 2007.
- BOEIRA, R. C. **Utilização de lodo de esgoto como adubo nitrogenado: risco ou benefício ao meio ambiente?** Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/356.pdf. Acesso em: 13/01/2013.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C.; **pH e Condutividade Elétrica em Solução do Solo, em áreas de Pinus e Cerrado na chapada, em Uberlândia (MG)**. Caminhos de Geografia - Revista online. 3(6), jun/2002. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade de Uberlândia. 2002.

- BRASIL. **Resolução CONAMA nº. 375, de 29 de agosto de 2006.** Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
- BRITO, M. C. M.; **Qualidade da água para irrigação na bacia do rio Itapicurú e risco de salinização no projeto de irrigação Ponto Novo-Ba.** Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2007.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. **Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development.** Restoration Ecology. 2(2): 97-111, 1994.
- CAESB. **O Lodo de esgoto processado da CAESB.** Jornal POE. Abril/2013
- CALDEIRA, M.V.W., ROSA, G.N., FENILLI, T.A.B., HARBS, R.M.P., **Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha.** Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CARLINI, E. A.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; RODRIGUES, E.; TABACH, R. **Antiulcer effect of the pepper trees *Schinusterebinthifolia* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão,** Anacardiaceae (aroeira-do-sertão). Revista Brasileira de Farmacognosia, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 140-146, abr./maio 2010.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995.
- CARON, B.O.; MEIRA, W.R.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, BG.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.; MÜLLER, L. **Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-Paraná, RO.** Revista da FZVA, Uruguaiana, v. 14, n.1, p. 1-13, 2007.
- CARVALHO, P.E.R.; **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 1039p.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F.; SANTOS NETO, A.L.; AMÂNCIO, V.F. **Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos.** Revista Ceres, v.40, p.341-352, 2002.
- CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F.; RANGEL, M.S.A.; **Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composição de substratos.** Revista Ceres, v.9, N.1, p.109-118, 2003.
- CERRI, C. E.P.; OLIVEIRA, E.C.A.; SARTORI, R.H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem 2008. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.** ESALQ. Piracicaba. 2008.
- CORRÊA, R.S. **Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração no Cerrado – Manual para Revegetação.** Brasília: Universa, 2ª ed. 174 p. 2009.

- CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. **Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem e lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.11, n.4, p.420–426, Campina Grande- PB. 2007.
- CORREIA, C.R.M. de A. Compostagem: Adubação Sustentável. In.: FELFILI, J.M., SAMPAIO, J.C., CORREIA, C.R.M.A., Conservação da natureza e Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia do São Francisco. Universidade de Brasília. CRAD. 2009.
- CORREIA, C. R. M. de A. MORAIS, O. M. de. **Manual de Compostagem: Processo Simplificado.** 35 p. Brasília, DF: UnB, 2006.
- COSTA, M.C.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; ALBRECHT, J.M.F.; COELHO, M.F.B. **Substratos para produção de mudas de Jenipapo (*Genipa americana* L.).** Pesquisa Agropecuária Tropical, 35 (1): 19-24, 2005.
- CUNHA, A.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.S.; SOUZA, V.C. **Efeitos de Substratos e das Dimensões dos Recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. R.** *Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.507-516, 2005.
- DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R.; SOUZA, E.F. **Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Wild.** *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168. 1997.
- DANTAS, B. F., LOPES, A. P., SILVA, F. F. S., LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F., PIRES, M. M. M. L., ARAGÃO, C. A. **Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos.** *Revista Árvore*, 33(3), 413-423. 2009.
- DISTRITO FEDERAL. **Decreto Distrital n. 14.783, de 17 de junho de 1993.** Dispõe sobre o tombamento de espécies arbóreo-arbustivas, e dá outras providências.
- DISTRITO FEDERAL. Resolução CONAN/DF nº. 003, de 18 de julho de 2006.
- 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. **Conservação da natureza e Recuperação de Áreas Degradadas na Bacia do São Francisco.** Universidade de Brasília. CRAD. 2009.
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de Matas de Galeria.** Embrapa Cerrados. Planaltina. n.21, dez, 2000.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. **Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos.** Sociedade Botânica do Brasil. 2004.
- FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **Glossário de Ciência do Solo.** Departamento de Solos. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1992.

- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. **Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada.** R. Bras. Ci. Solo, 28:1069-1076, 2004.
- GUIMARÃES, M.C.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; ARAÚJO, G. S.; SANTOS, M. F.; CÉSAR, F. C. F.; BONFIM, J. A.; JESUS, A. J. **Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob condições de diferentes sombreamentos, no município de Vitória da Conquista, BA.** Rev. Bras. de Agroecologia/out. 2007 Vol.2 n°. 2. 2007.
- GOMES, J.M., COUTO, L.C., LEITE, H. G., XAVIER, A., GARCIA, S.R.L., **Parâmetros Morfológicos na Avaliação da Qualidade de Mudas de *Eucalyptus grandis*.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização.** In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: Ipef. p.309-350. 2000.
- IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2012.
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. **Restauração da Mata Ciliar - Manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Projeto Planágua Semads / GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha. Fevereiro/2002.
- KÄMPF, A.N. **Produção Comercial de Plantas Ornamentais.** 2 ed. Ed. Agro Livros, 2005.
- LACERDA, M.R.B; PASSOS, M.A.A.; RODRIGUES, J.J.V; BARRETO, L.P.; **Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth).** R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.163-170, 2006.
- LAPERUTA NETO, J. **Estudo do uso de lodo de estações de tratamento de água e de esgoto urbano nas propriedades químicas do solo.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, SP. 96p. 2006.
- LEAL, M.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G.; ALMEIDA, D.L. **Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças.** Hortic. Bras., Brasília, v. 25, n. 3, set. 2007.
- LEÃO, R.M. **A floresta e o homem.** Ed. Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 2000.
- LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. **Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 31, n. 4, ago. 2007.

- LOPES, M.A.J.B.M, **Incorporação de Lodo de Esgoto e seus efeitos sobre alguns atributos do solo cultivado com Rabanete**. Dissertação de Mestrado. 99p. 2008.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**, I. Nova Odessa: Plantarum. 370 p. 1992.
- MARIA, I.C.; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S.C.F. **Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto**. *Bragantia*, vol. 66, núm. 2, pp. 291-298, Instituto Agrônômico de Campinas. Brasil. 2007.
- MARQUES, L. F. **Produção e qualidade de beterraba em função de diferentes dosagens de esterco bovino**. 2006. 37f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2006.
- MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; CALDAS, I.G.R.; VIEIRA, I.G. **Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 421-427, jul.-set. 2011.
- MARTINS, S. V. 2009. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Ed. Aprenda Fácil, Viçosa-MG.
- MELOTTO, A.; NICODEMO M.L.; BOCCHESI. R.A.; LAURA, V.A.L.; NETO, M.M.G.; SCHLEDER, D.D.; POTT, A.; SILVA, V.P. **Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris**. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.425-432, 2009.
- MENDONÇA, R.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.N. Flora lenhosa do bioma Cerrado. Pp. 287-556. In SANO, S.M. & Almeida, S.P. (orgs.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-Cerrados, Planaltina. 1999.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE Disponível em <http://www.mma.gov.br/florestas/programa-nacional-de-florestas/item/8705-recuperacao-de-areas-degradadas>. Acesso em 20abril. 2013.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2011.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf. Acesso em 20 abr.2013.
- MONTEIRO, J.M.; ARAUJO, E.L.; AMORIM, E.L.C.; ALBUQUERQUE, U. P. de, **Valuation of the aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão): perspectives on conservation**. *Acta Botânica Brasileira*. 2012. Vol. 26, n1.

- MORAES NETO, S. P.; ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T. **Uso de Biossólidos em Plantios Florestais**. Planaltina-DF. Embrapa Cerrados. 1ª ed. 26p. 2007.
- NOVAES, A.B. de. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e diferentes tipos de recipientes**. Curitiba, 1998. 118p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG. 2007.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H. S.; VELOSO, M. D. M. **Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão - Anacardiaceae): Fenologia e germinação de sementes**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.233-243, 2008.
- OLIVEIRA, R.B.; LIMA, J.S.S.; SOUZA, C.A.M.; SILVA, S.A.; MARTINS FILHO, S. **Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo**. Ciência Agrotécnica. Lavras, v. 32, n. 1. 2008a.
- OLIVEIRA, E.C.A.; SARTORI, R.H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Universidade de São Paulo/Esalq. Piracicaba. 2008b.
- OLIVEIRA, M. C.; PEREIRA, D. J. S. RIBEIRO, J. F. **Manual de Viveiro e Produção de Mudas – Espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Embrapa. Brasília. 2012.
- PACHECO, M.V. MATOS, V.P., FERREIRA, R.L.C., FELICIANO, A.L.P., PINTO, K.M.S. **Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (Anacardiaceae)**. R. Árvore, Viçosa - MG, v. 30, n.3, p.359-367, 2006.
- PADOVANI, V.C.R. **Composto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas** [dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2006.
- PAEZ, D.R.M., **Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do eucalipto (*Eucalyptus* spp)**. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Seropédica, RJ. 2011.
- PAIVA, A.V., POGGIANI, F., GONÇALVES, J.L.M., FERRAZ, A.V. **Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral**. Scientia. Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511, dez. 2009.
- PORTELA, R.C.Q.; SILVA, I.L.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M. **Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento**. Ciência Florestal, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.
- PRESTES, M.T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do Angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2007. Brasília, 2007. 51 p.: il.

- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Planta, 2001. 327p.
- RAMOS, R., DA SILVA, A.P.R., OLIVEIRA, D.P., SANTOS, L.S., MARTINS, S.B. **Avaliação da efetividade da estabilização de lodo de esgoto, térmica e/ou química, objetivando a reciclagem agrícola**. Revista AIDIS de Ingenieria y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 2. n°. 1, 31-40, 2009.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 556p.
- RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; PAULA JUNIOR, D. R. **Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. Atributos físicos e revegetação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v 34, p 535-542. 2010.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. Fapesp, 2000. 249-259p.
- RODRIGUES, M.S., F.C. da SILVA, L.P. BARREIRA, A. KOVACS. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu. p. 63-94. 2006.
- RODRIGUES, G.S.O.; TORRES, S.B.; LINHARES, P.C.F.; FREITAS, R.S.; MARACAJÁ, P.B. **Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L), cultivar cultivada**. Revista Caatinga, v.21, n.1, p.162-168, janeiro/março de 2008.
- SAITO, M.L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**. 35 p. : il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, ; 64). 2007.
- SANTOS, C.B.; LONGHI, S.J.; HOPPE, J.M.; MOSCOVICH, F.A. **Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15. 2000.
- SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.S; MASETTO, T.E. **Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira**. Cerne, lavras, v. 18, n. 4, p. 533-539, out./dez. 2012.
- SCHEER M.B.; CARNEIRO C.; SANTOS K.G. **Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rígida* (Benth.) Brenan**. Scientia Forestalis; (38)88: 637-644. 2010.

- SCHEER M.B.; CARNEIRO C.; SANTOS K.G.; BRESSAN. O.A. **Crescimento e Nutrição de Mudanças de *Lafoensia pacari* com Lodo de Esgoto.** Revista Floresta e Ambiente; 19(1):55-65. 2012a. Disponível em <http://www.floram.org/files/v19n1/v19n1a7.pdf>. Acesso em 20 jan. 2013.
- SCHEER M.B.; CARNEIRO C.; SANTOS K.G. **Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.** CERNE, Lavras, v. 18, n. 4, Dec. 2012b.
- SGARBI. F.; SILVEIRA, R.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA T.A.; MOREIRA, A. RIBEIRO, F.A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: **Simpósio sobre fertilização e nutrição florestal**, 2, 1999. Piracicaba. Anais... Piracicaba: IPEF-ESALQ, 1999. P. 120-125.
- SILVA, M. N. B., BELTRÃO, N. E. M., CARDOSO, G. D.; **Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano.** Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, vol.9, no.2, p.222-228. ISSN 1415-4366. 2005.
- SILVA, J. A.; LEITE, E. J.; SALOMAO, A. N.; FAIAD, M. G. R.; FERREIRA, D. N. M.; VALOIS, A. C. C. **Banco de germoplasma de espécies florestais nativas do Campo Experimental Sucupira: Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, 2001.
- STURION, J.F.; ANTUNES, J.B.M; **Produção de Mudanças de espécies florestais.** Curitiba, EMBRAPA-URPFCS. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 3) 2000.
- THOMAZ-SOCCOL, V. **Aspectos sanitários do lodo de esgoto.** In: Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul, 1., 1998. Curitiba. Anais... Curitiba, PR., 1998. P. 65-72.
- TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I. A. **Uso de bissólido como substrato para produção de mudas de eucalipto.** Scientia Florestalis. n.64, p. 150-162, dez. 2003.
- VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P.O.; LOPES, D.C.N. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** Arch. Zootec. 58 (R): 59-85. 2009.
- VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. **Desenvolvimento Inicial de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária.** Biosci. J.,Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 482-493, Maio/Junho. 2011.
- VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, RR. **Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 42, n. 8, ago. 2007.
- WILSEN NETO, A.; BOTREL, M. C. G. **Doses de fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de *Pinus*.** Agrarian, v.2, n.3, p.65-72, jan./mar. 2009.