



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Unidade Universitária de Dourados

Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

**EFEITO DO LODO DE ESGOTO NA GERMINAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE DIFERENTES ESPÉCIES
NATIVAS**

Acadêmica: Michele Aparecida dos Santos Nobrega

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais”.

Dourados – MS
Fevereiro/2015





Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Unidade Universitária de Dourados

Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

**EFEITO DO LODO DE ESGOTO NA GERMINAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE DIFERENTES ESPÉCIES
NATIVAS DO CERRADO**

Acadêmica: Michele Aparecida dos Santos Nobrega

Orientador: Profº Dr. Etenaldo Felipe Santiago

Co-orientador: Dr. Ivo de Sá Motta

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais”.

Dourados – MS

Fevereiro/2015





N675e Nobrega, Michele Aparecida dos Santos

Efeito do lodo de esgoto na germinação e desenvolvimento inicial de diferentes espécies nativas/ Michele Aparecida dos Santos Nobrega. Dourados, MS: UEMS, 2015. 59f.

Dissertação (Mestrado) – Recursos Naturais –
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2015.
Orientador: Prof^o Dr. Etenaldo Felipe Santiago

1. Lodo de esgoto 2. Germinação 3. Desenvolvimento inicial I. Título
CDD 23.ed. - 631.869



O filósofo Kierkegaard me ensinou que cultura
é o caminho que o homem percorre para se conhecer.
Sócrates fez o seu caminho de cultura e ao fim
falou que só sabia que não sabia de nada.

Não tinha as certezas científicas. Mas que aprendera coisas
di-menor com a natureza. Aprendeu que as folhas
das árvores servem para nos ensinar a cair sem
alardes. Disse que fosse ele caracol vegetado
sobre pedras, ele iria gostar. Iria certamente
aprender o idioma que as rãs falam com as águas
e ia conversar com as rãs.

E gostasse mais de ensinar que a exuberância maior está nos insetos
do que nas paisagens. Seu rosto tinha um lado de
ave. Por isso ele podia conhecer todos os pássaros
do mundo pelo coração de seus cantos. *Estudara
nos livros demais. Porém aprendia melhor no ver,
no ouvir, no pegar, no provar e no cheirar.*

Chegou por vezes de alcançar o sotaque das origens.
Se admirava de como um grilo sozinho, um só pequeno
grilo, podia desmontar os silêncios de uma noite!
Eu vivi antigamente com Sócrates, Platão, Aristóteles —
esse pessoal.

Eles falavam nas aulas: Quem se aproxima das origens se renova.
Píndaro falava pra mim que usava todos os fósseis linguísticos que
achava para renovar sua poesia. Os mestres pregavam
que o fascínio poético vem das raízes da fala.

Sócrates falava que as expressões mais eróticas
são donzelas. E que a Beleza se explica melhor
por não haver razão nenhuma nela. O que mais eu sei
sobre Sócrates é que ele viveu uma ascese de mosca.

“Aprendimentos” – Manoel de Barros



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Unidade Universitária de Dourados

Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

As grandes conquistas devem ser oferecidas para aqueles que jamais desistiram de nos acompanhar em nossas lutas, mesmo quando nós mesmos já estamos cansados de lutar.

Logo, dedico essa conquista aos meus pais, minha irmã, minhas avós e tias.
Dedico também àquele amigo, que mesmo por um breve momento, com um ato breve me deu o estímulo necessário para perceber que objetivos só são alcançados por quem insiste mesmo depois de várias quedas.



AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, pelo constante apoio, estímulo e ensinamentos diários, pois sem seus ensinamentos não teria chegado onde estou hoje. A vocês os meus sinceros agradecimentos.

Às minhas irmãs Thainara Santos Nobrega e Erika Gomes Carvalho pela ajuda na redação dos textos, pela motivação e determinação em estar sempre pronta para ajudar no que fosse necessário.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais pela oportunidade de enriquecimento acadêmico.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

À Embrapa Agropecuária Oeste e aos técnicos de laboratório pelo auxílio nas análises. Ao Prof^o Etenaldo Felipe Santiago pela orientação, paciência, por oferecer o seu melhor para contribuir em minha formação acadêmica, ensinando, corrigindo, estando sempre aberto a ouvir opiniões e mostrando que em tudo que vivenciamos seja em campo, laboratório ou em conversas, é possível aprender algo novo desde que tenhamos a mente aberta para isso.

Ao Pesquisador Ivo de Sá Motta pela orientação e disponibilidade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais pelos ensinamentos que direto ou diretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Aos colegas de laboratório pela ajuda em campo, execução de experimentos e análise de dados. Em especial à Vanessa de Mauro Barbosa, Montcharles Pontes, Shaline Sefara e Maiane Jardim Pereira.

Aos colegas do laboratório de química Eliane Sousa, Érica Amorim e Rafael Dias.

Aos meus amigos Mariana dos Santos Teixeira, Mônica J. Anater, Luan Dias e Paula Mirella, que mesmo não estando no laboratório, contribuíram grandiosamente para a conclusão desse curso de mestrado e desse trabalho.

Aos funcionários do CInAM, em especial ao Vitor, pelas contribuições na execução dos experimentos. Aos colegas de curso pelo apoio.

E todos que direta ou diretamente colaboraram para execução deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
LODO DE ESGOTO	3
INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA PLANTAS..	6
REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 2 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Maclura tinctoria</i> E <i>Psidium guineense</i> TRATADAS COM LODO DE ESGOTO.	
RESUMO	15
CHAPTER 2 - SEED GERMINATION OF <i>Maclura tinctoria</i> E <i>Psidium guineense</i> SOAKED IN SEWAGE SLUDGE	16
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAIS E MÉTODOS	18
RESULTADOS	21
DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO INICIAL E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE <i>Ocotea pulchella</i> (Ness) Mez. (Lauraceae) EM SUBSTRATO DE LODO DE ESGOTO.....	
RESUMO.....	32
CHAPTER 3 - INITIAL DEVELOPMENT AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF <i>Ocotea pulchella</i> (Ness) Mez. (Lauraceae) IN SEWAGE SLUDGE SUBSTRATE.	33
ABSTRACT.....	33
INTRODUÇÃO	33
MATERIAIS E MÉTODOS	34
RESULTADOS	37
DISCUSSÃO	40
CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	44

RESUMO GERAL

A disposição final dos resíduos sólidos tem sido um agravante nas questões ambientais, pois seu despejo incorreto promove danos à saúde pública e ao meio ambiente. Baseado em suas características químicas, os bio-sólidos têm potencial para uso em substratos de plantas, demandando estudos de espécies que sejam tolerantes, passíveis de ser utilizadas em modelos de produção, bem como para recuperação de áreas degradadas. Neste sentido, foram avaliadas as respostas germinativas, fisiológicas e de desenvolvimento inicial de espécies nativas de Cerrado, plantadas em substratos contendo lodo de esgoto. O trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira constituiu em avaliar as respostas germinativas de duas espécies nativas: *Maclura tinctoria* e *Psidium guineense*. As sementes foram submetidas a soluções de lodo nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100%. A germinação das sementes foi afetada pelas soluções tal como as médias de porcentagem de germinação, porcentagem relativa de sementes germinadas (RSG) e o índice de germinação (GI) diferiram entre os tratamentos e entre as espécies. Constatou-se que *P. guineense* é mais sensível aos efeitos fitotóxicos dos compostos do lodo de esgoto quando comparada com *M. tinctoria*. A segunda etapa do estudo consistiu em avaliar as variáveis fisiológicas e o desenvolvimento inicial de *Ocotea pulchella*, as variáveis avaliadas consistiram em: condutância estomática (G_s), temperatura foliar (ΔT), índice de concentração de clorofila (ICC), análise de macro e micronutrientes e índice de qualidade de Dickson (IQD). O bio-sólido afetou todos os parâmetros avaliados, porém apesar dos efeitos fitotóxicos presentes no resíduo, a espécie mostrou tolerância. O desempenho das espécies avaliadas mediante a exposição ao bio-sólido demonstra que apresentam potencial para ser empregadas em técnicas que utilizem esse material. No entanto, ainda são necessários mais estudos a fim de verificar as especificidades de resposta de tolerância aos metais presentes no bio-sólido, nas diferentes concentrações. Tais informações podem contribuir para a elaboração de protocolos para a produção de substrato para mudas nativas, substrato este que seja de baixo custo de produção e que contribua para a melhoria ambiental.

PALAVRAS- CHAVE: Bio-sólido, Resíduos, Reuso, Sementes, Substrato.

ABSTRACT

The final disposal of solid wastes has been aggravating in environmental issues, because its incorrect dump promotes damage to public health and the environment. Based on their chemical characteristics, the biosolids have potential for use in plant substrates, requiring studies of species that are tolerant, liable to be used in production models, as well as for recovery of degraded areas. In this sense, the answers were assessed physiological and germ initial development of native species of Cerrado, planted on substrates containing sewage sludge. The work was divided into two stages, the first constituted in assessing the responses of germ two native species: *Maclura tinctoria* and *Psidium guineense*. The seeds were subjected to sludge solutions at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100%. Seed germination was affected by solutions such as the percentage of germination, relative percentage of germinated seeds (RSG) and the germination index (GI) differed between treatments and between species. It was noted that *p. guineense* is more sensitive to phytotoxic effects of compounds of sewage sludge compared with *m. tinctoria*. The second stage of the study was to evaluate the physiological variables and initial development of *Ocotea pulchella*, the variables evaluated were: stomatal conductance (Gs), leaf temperature (Δt), chlorophyll concentration index (CCI), analysis of macro and micronutrients and Dickson quality index (IQD). The biosolids affected all the evaluated parameters, however in spite of the phytotoxic effects present in the waste, the species showed tolerance. The performance of the evaluated species upon exposure to biosolids demonstrates that have potential to be employed in using this material. However, further studies are still needed to verify the response characteristics of tolerance to metals present in biosolids, in different concentrations. Such information can contribute to the elaboration of protocols for producing substrate for native seedlings, this substrate that is of low production cost and to contribute to environmental improvement.

KEYWORDS: Biosolid, Reuse, Seeds, Substrate, Waste.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Toda atividade antrópica acarreta em impactos ambientais, alguns mais agravantes. Atualmente dentre as grandes preocupações da sociedade encontram-se a alta taxa de desmatamento, o aumento na produção de lixo e resíduos, e a poluição das águas.

Tais atividades têm sido praticadas desde os primórdios da sociedade, porém, só agora tem se tomado consciência das consequências, por exemplo, do descarte inadequado de resíduos industriais e/ou domésticos, que causam mau odor e riscos diretos à saúde pública, e indiretos, por meio da poluição de mananciais água (rios, lagos) e contaminação do solo.

O histórico de uso e ocupação dos solos brasileiros seguiu o modelo de desenvolvimento agrícola, que resultou em grande degradação de recursos naturais (RODRIGUES, 2001). Além disso, com a expansão das cidades, e o aumento da atividade agropecuária, grandes áreas de vegetação nativa foram desmatadas, alterando o ciclo ecossistêmico e desequilibrando os habitats naturais.

Segundo Santos et al. (2012), o planejamento e o uso inadequado dos recursos naturais tem resultado na degradação dos ecossistemas. De modo que, a cobertura vegetal, que originalmente ocupava a maior parte do território brasileiro, vem historicamente cedendo espaço para atividades antrópicas (SCALON et al., 2009), em especial as atividades agropecuárias (LONGO et al., 1999).

A crescente preocupação em remediar os danos ocasionados pelas atividades humanas, tal como recuperar áreas nativas degradadas, tem estimulado a elaboração de projetos que visem recuperar e/ou preservar os biomas e suas características naturais.

O Brasil abriga 20% da diversidade global, possuindo a flora mais rica do planeta (BRASIL, 2012; MYERS et al., 2000), englobando seis biomas (AQUINO & OLIVEIRA, 2006), os quais apresentam características específicas de fauna e flora que estão sujeitas a alterações quando sofrem interferências externas, podendo acarretar a redução de espécies e a perda da diversidade em diferentes níveis.

Devido à especificidade de cada bioma torna-se essencial conhecer, estudar e preservar as características nativas destes ambientes. Pois, as características encontradas em uma dada espécie em um bioma, podem ser diferentes em outro.

A região Centro-Oeste engloba dois dos principais ecossistemas brasileiros, o Pantanal e o Cerrado, conhecidos por sua importância fundamental na conservação da biodiversidade.

O Pantanal é a maior planície alagada, sendo conhecido pela sua diversidade em fauna e flora (POTT et al., 2011). Sua vegetação apresenta adaptações que permite sua ocorrência e permanência neste bioma, mesmo mediante a dinâmica de inundação e fogo.

Próximo a este bioma, e até mesmo em ecótonos, podem ser encontrados fitofisionomias típicas de Cerrado. Este ecossistema é caracterizado por apresentar diversas fitofiosionomias englobando fauna e flora de savanas, matas, campos, mata de galeria e matas semidecíduais (EITEN, 1977). Compõe-se por diversas fitofiosionomias, englobando desde campos limpos até formações arbóreas, sendo que a mais comum é uma formação aberta de árvores e arbustos baixos coexistindo com uma camada rasteira de gramíneas (MMA, 2007).

Constitui o segundo maior bioma brasileiro, com uma área de 2.036.448 milhões de hectares (IBGE, 2006), ocupando a área central do Brasil, englobando os estados de Goiás, Distrito Federal, e parte dos Estados de Minas Gerais, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Tocantins, Maranhão, Piauí e Pará (SANO et al., 2008).

Conhecido como a Savana Brasileira, abriga um terço da biodiversidade brasileira e aproximadamente 5% da flora e fauna mundial (HOGAN et al., 2002); dentre suas espécies, 137 estão ameaçadas de extinção (MARRIS, 2005). Segundo Mittermeier et al., (2004), é considerado um hotspot, ou seja, um dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta. Muitos dos fragmentos de vegetação neste bioma estão reduzidos a pequenas reservas ocasionando, praticamente, o desaparecimento de fitofiosionomias em alguns locais.

Devido às suas características, apresenta papel estratégico quanto ao desenvolvimento socioeconômico do país (FERREIRA et al., 2009), sendo responsável

pelo abastecimento de nascentes que originam seis das oito maiores bacias hidrográficas brasileiras (OLIVEIRA-FILHO & LIMA, 2002); também é conhecido pela sua alta capacidade de armazenamento de carbono (SAWYER et al., 2002; HOGAN et al., 2002).

Suas espécies são economicamente importantes, sendo utilizadas para fins medicinais, alimentícios e nas indústrias madeireiras (PEREIRA et al., 2011), indústrias farmacêuticas e na recuperação de áreas degradadas. Por outro lado, com a expansão das fronteiras agrícolas, este bioma vem sofrendo uma grande perda de território, restringindo-se a pequenas áreas preservadas (HOGAN et al., 2002). Segundo Machado et al. (2004), 55% da área do Cerrado já foi desmatada ou transformada pela ação humana, o equivalente a uma área de 880.000km², quase três vezes maior que a Amazônia brasileira.

A necessidade de preservação deste bioma justifica o estudo de suas espécies nativas visando tanto a preservação de espécies como a restauração de habitats (MARRIS, 2005). Os conhecimentos sobre a fisiologia de espécies nativas que apresentam potencial para revegetação, sobretudo de áreas degradadas, é fundamental para implantação de programas de conservação ambiental (CAIRO et al., 1994), sobretudo, quando são incorporadas práticas de reutilização de resíduos.

Em busca de remediar os problemas ocasionados pelas ações antrópicas, houve um aumento na busca por metodologias ambientalmente corretas que visem minimizar os impactos gerados pela expansão das cidades e da atividade agropecuária e pela crescente produção de resíduos domésticos e industriais. Estas iniciativas tornam-se fundamentais para a proteção de biomas fragilizados.

LODO DE ESGOTO

Os serviços de saneamento básico tendem a gerar resíduos que podem ser tóxicos, prejudicando o meio ambiente e a saúde das pessoas, criando a necessidade de serem pesquisadas novas metodologias que reduzam os efeitos negativos e que sejam de baixo custo de implantação. Como fatores de risco à biodiversidade, a produção de resíduos urbanos e industriais é responsável pela contaminação dos solos e recursos hídricos (VON SPERLING, 2006).

Ao final do tratamento de águas residuais e do tratamento de esgoto é gerado um resíduo de composição variável e em grande volume (BETIOL & CAMARGO et al., 2000), cuja disposição final tem preocupado os órgãos responsáveis pelo seu controle. Este material é denominado popularmente como lodo de esgoto e/ou tecnicamente como biossólido. De acordo com Andreoli et al. (2006), esse material recebe a denominação de lodo de esgoto quando é proveniente do tratamento final das estações de tratamento de esgoto (ETE). É considerado como biossólido quando apresenta características que permitem sua reutilização em meio agrícola.

Ambos os materiais apresentam composição correspondente à sua origem (ABREU JUNIOR et al., 2005) , de modo que antes de se selecionar a metodologia que será utilizada para a reciclagem e/ou reaproveitamento, é fundamental a realização de análise química afim de quantificar e identificar metais, matéria orgânica, macro e micronutrientes presentes. Apesar da sua variação, em contexto geral esse resíduo é composto por alta taxa de matéria orgânica e água, que pode favorecer o desenvolvimento de patógenos. Estima-se que 95% do resíduo é constituído por água (VON SPERLING, 2006) e 40% de matéria orgânica (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

Quanto à composição química, este resíduo destaca-se pela quantidade de elementos e toxicidade ambiental, podendo apresentar metais tóxicos à saúde da população, por exemplo, cádmio e chumbo, mas, também nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, como nitrogênio e cálcio. Devido a diversos fatores como origem, método de tratamento da ETE, e fatores externos (temperatura e umidade), os elementos presentes na composição do resíduo apresentam-se desbalanceados do ponto de vista nutricional para as plantas (FERNANDES, 2010), a ponto de interferir na sua utilização como substrato (VAN RAIJ et al., 1996). Porém, os conhecimentos a respeito de seus efeitos sobre o desenvolvimento de espécies nativas são ainda insuficientes. Ressaltando a necessidade de estudos que colaborem com o desenvolvimento de metodologias para seu reuso.

Além da questão da toxicidade do lodo em virtude de sua composição química, o grande volume de material gerado se constitui em problema para a sua destinação final. O

gerenciamento final dos resíduos de ETE é um dos principais desafios, devido à grande quantidade gerada e pela toxicidade do material (SCHIRMER, 2010).

Dados do IBGE (2008) apontam que apenas 55,2% dos municípios brasileiros possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, o que corresponde a apenas 3% a mais que no ano de 2000, abrangendo somente 28,5% de municípios com tratamento de esgoto.

Em 2010, apenas 30% da população urbana brasileira tinha rede de coleta e tratamento de esgoto, com produção de aproximadamente 220 toneladas de matéria seca por ano (PEDROZA et al., 2010). Apesar de ter aumentado o número de municípios com estações de tratamentos, ainda é pequeno se comparado com a população do país.

A quantidade de material gerado é equivalente ao número de cidades com estações de tratamento de esgoto e, conseqüentemente, acarreta no problema de sua disposição final. Nesse contexto, a busca por melhorias na saúde pública tem gerado aumento na procura de metodologias para a reutilização do resíduo produzido pelas estações.

A disposição final do lodo de esgoto precisa minimizar e, preferencialmente, até eliminar a possibilidade de disseminação de doenças ocasionadas pelos patógenos encontrados no material, bem como a contaminação por metais pesados (TSUTIYA, 2000).

Segundo Andreoli et al. (2001), a maior parte do material tratado pelas ETEs, tem sua disposição final por meio de três formas: incineração e disposição em aterros sanitários, sendo este o destino mais comum para este resíduo (VIEIRA et al., 2011), e uso agrícola. As duas primeiras metodologias tendem a causar impactos ambientais prejudiciais, tais como a disseminação de doenças, além de apresentarem um custo elevado para ser colocadas em prática.

Neste âmbito, torna-se necessário a busca de metodologias que apresentem benefícios ambientais, reciclagem do material e redução de custos, dentre estas encontram-se: o uso agrícola na forma de substrato e/ou fertilizante, produção de bio-óleo, fabricação de tijolos e cerâmicas, além da produção de concreto (BURGER et al., 2008).

A despeito das alternativas de reuso do lodo de ETE, o seu emprego na agricultura parece ser a forma mais comum e promissora (TRAZZI, 2011; CALDEIRA et al., 2012). Diversos estudos abordam o potencial do bio sólido na incorporação de substratos. A utilização racional do lodo em áreas agrícolas, além de atender a necessidade de reciclagem e minimizar o problema de descarte dos resíduos industriais, contribui para a produção de fertilizante orgânico e como condicionador de solos (SOUTO et al., 2005).

A utilização de plantas no tratamento de esgoto representa uma metodologia que vem ganhando espaço devido aos efeitos benéficos, ambientalmente corretos e de baixo custo (ALMEIDA et al., 2005).

INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO PARA PLANTAS

Dentre as metodologias para a destinação final do lodo de esgoto, sua utilização como fertilizante e na incorporação de substrato de plantas tem se destacado devido aos seus benefícios ambientais; sua conceituação como resíduo renovável é vantajosa e estimulante para a busca de novas metodologias (FARIA et al., 2013).

A utilização de resíduos de estações de tratamento é uma prática antiga, e remete a China e a Prússia, com práticas datadas desde 1560 (BETTIOL & CAMARHO, 2006). No Brasil, ainda é uma prática recente, regulamentada pela resolução do CONAMA nº 375/2006 (CONAMA, 2006).

Apesar do pouco conhecimento brasileiro nesta área, são crescentes os estudos de metodologias de reuso, estimulados, sobretudo, por questões de cunho ambiental, tais como a melhoria da qualidade ambiental e a recuperação de áreas degradadas.

O emprego de resíduos na agricultura é uma prática comum, tendo como exemplo a aplicação de esterco nas pequenas plantações, conteúdo ruminal e bagaço de cana-de-açúcar como fertilizantes e/ou adubo, sendo que estes resíduos orgânicos tendem a minimizar a utilização de insumos comerciais (SILVA et al., 2001). Partindo desta premissa começaram a surgir pesquisas tendo o mesmo objetivo, porém utilizando resíduos de estações de tratamentos de esgoto.

A pesquisa de resíduos que possam ser utilizados na composição de substrato tem destacado a incorporação de resíduos provenientes de Estações de Tratamentos de Esgoto (ETE) para a produção de mudas de espécies arbóreas (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2003; MEDEIROS et al., 2007).

Dentre as vantagens desta prática, destacam-se a fonte de matéria orgânica e de macro e micronutrientes, constituindo ainda em alternativa para a disposição do material de modo ambientalmente desejável, favorecendo a produção de mudas de espécies florestais nativas e de cultivares (CALDEIRA et al., 2013). Este resíduo apresenta resultados significativos em diferentes pesquisas com espécies florestais, ressaltando o seu efeito benéfico na composição de substrato (DELARMELINA et al., 2013).

A utilização de lodo de esgoto na agricultura vem ganhando espaço devido ao seu efeito benéfico em propriedades do solo (OLESZCZUK et al., 2012) e como fertilizante em cultivos de plantas, aumentando a disponibilidade de nutrientes no solo (FYTILI & ZABANIOTOU, 2008).

O uso de biossólido nas técnicas de recuperação de áreas degradadas é interessante por abranger tanto a reutilização do resíduo quanto por produzir mudas para serem implantadas no ambiente impactado.

As técnicas de recuperação de áreas degradadas com biossólido possibilitam tanto a reutilização desse material quanto a produção de mudas. A restauração de áreas degradadas neste contexto torna-se ainda mais interessante considerando que a própria produção das mudas envolveria a utilização de resíduos. Deste modo, estudos sobre viabilidade do emprego de resíduos de ETE na produção de mudas nativas são importantes tanto para o aproveitamento e melhor destino do resíduo quanto para o entendimento do potencial contaminante dos compostos incorporados à biomassa vegetal e ao substrato de cultivo.

A disposição final do lodo de esgoto na composição de substratos alternativos é ambientalmente correta e de baixo custo (DUARTE et al., 2011), devido à riqueza em matéria orgânica, podendo aumentar a fertilidade do solo e a retenção de água no solo. Também pode propiciar benefícios indiretos como a melhoria do crescimento das árvores

e, conseqüentemente, a deposição de serrapilheira ao solo, promovendo a ciclagem dos nutrientes (PAEZ, 2001).

O domínio de técnicas que compatibilizem o uso de resíduos de lodo de esgoto na produção de mudas nativas contribui com ações de restauração ambiental, no entanto, requer estudos sobre a fisiologia de espécies nativas em resposta a diferentes concentrações deste resíduo.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v. 4, p: 391-470, 2005.

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. *Brazilian Journal of Nature Conservation*, v. 8, n. 2, p:194-196, 2010.

ANDREOLI, C. V., TAMANIN, C. R., HOLSBACH, B., PEGORINI, E. S., NEVES, P. S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: *biossólidos - alternativas de uso de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: Editora ABES, 398, 2006.

AQUINO, F.G.; OLIVEIRA, M.C. Reserva legal do bioma Cerrado: uso e preservação. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2006. (Documentos/Embrapa Cerrados).

BRASIL. Biodiversity in Brazil. United Nations conference on Biological Diversity (COP11). Hyderabad, India. 2012.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.

BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. Lodo de Esgoto, impactos ambientais na agricultura. 1ª ed. Jaguariúna SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 346p.

BURGER, L.W.; HERSELMAN, J.E. ; MOODLEY, P. Guidelines for the utilization and disposal of wastewater sludge: Volume 5 – Thermal treatment and commercial products. Republic of South Africa: WRC Report, 79, 2008.

CAIRO, P.A.R., OLIVEIRA, L.E.M.; DELÚ FILHO, N. Determinação das condições ótimas para o ensaio in vitro da redutase do nitrato em algumas espécies arbóreas. Rev. Árvore, v.18, p:87-95, 1994.

CALDEIRA, M.V.W., PERONI, L., GOMES, D.R., DELARMELINA, W.M., TRAZZI, P.A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). Scientia Forestalis, v. 40, p: 15-22, 2012.

CALDEIRA, M.V.W., DELARMELINA, W.M., FARIA, J.C.T., JUVANHOL, R.S. 2013. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. Rev. Árvore, v. 37, p:31-39.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Definir critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dar outras providências. Resolução n.º 375, de 29 de agosto de 2006.

DELARMELINA, W.M., CALDEIRA, M.V.W., FARIA, J.C.T., GONÇALVES, E.O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Rev. Agroambiente, v. 7, p: 184-192, 2013.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO-JUNIOR, D. S.; SILVA, H. P.; PARREIRAS, N. S.; NEVES, J. M. G. Crescimento inicial de mudas de *Acacia mangium* cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. Rev. Árvore, v. 35, n. 1, p: 69-76, 2011.

EITEN, G. Delimitação do conceito de Cerrado. Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro, v. 21, p: 125-134, 1977.

FARIA, J.C.T., CALDEIRA, M.V.W., DELARMELINA, W.M., LACERDA, L.C., GONÇALVES, E. O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de Senna alata. *Comunicata Scientiae*, v. 4, n.4, p: 342-351, 2013.

FERNANDES, J. O. Estudos de melhorias do processo de aproveitamento de resíduos do tratamento de esgotos sanitários para geração de biocombustíveis. Monografia (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 50, 2010.

FYTILI, D.; ZABANIOTOU, A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.12, p: 116–140, 2008.

GUERRINI, I.A., TRIGUEIRO, R.M. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Rev. Scientia Forestals*, v.64, p: 150-162, 2003.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. C.; CARMO, R. L. Uso do solo e mudança de sua cobertura no Centro-Oeste do Brasil: consequências demográficas, sociais e ambientais. In: HOGAN, D. J. et al. (Orgs.) *Migração e ambiente no Centro-Oeste*. Campinas: PRONEX/UNICAMP, 149-174p, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapas de Biomas*. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento básico*. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. 219, 2008.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R.; RIBEIRO, A.Í. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. *Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n. 3, p: 276-280, 1999.

MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P. PEREIRA, E. CALDAS, D. GONÇALVES, N. SANTOS, K. TABOR & M. STEININGER. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservation International do Brasil, Brasília, 2004.

MARRIS, E. The forgotten ecosystem. Nature, v. 437, n.13, p: 944-945, 2005.

MEDEIROS, D.C.; LIMA, B.A.B.; BARBOSA, M.R.; ANJOS, R.S.B.; BORGES, R.D.; CAVALCANTE NETO, J.G.; MARQUES, L.F. Produção de mudas de rúcula com biofertilizantes e substratos. Horticultura Brasileira, v. 25, p: 433-436, 2007.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 312, 2000.

MITTERMEIER, R. A. Hotspots revisited. Conservation Internacional, Cidade do México: CEMEX, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Biodiversidade do Cerrado e do Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação. Brasília: MMA, 2007.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, p. 853-858, 2000.

PAEZ, D, R, M. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do Eucalipto (Eucalyptus spp). 2011. 44p. Monografia (Curso de Engenharia Florestal). Universidade federal rural do rio de janeiro. Instituto de Florestas. Rio de Janeiro – RJ, 2011.

PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E.G.; SOUSA, J.F.; PICKLER, A.C.; LEAL, E.R.M.; MILHOMEN, C.C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Rev. Liberato, v. 11, n.16, p: 89-188, 2010.

PEREIRA, B.A.S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F.A. Florestas estacionais no Cerrado: Uma visão geral. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n.3, p:446-455, 2011.

POTT, A.; OLIVEIRA, A. K. M.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SILVA, J. S. V. Plant diversity of the Pantanal wetland. Brazilian Journal of Biology, v.71, n.1, p: 265-273, 2011.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do Cerrado. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, 50 , 2002.

OLESZCZUK, P.; MALARA, A.; JOŚKO, I.; LESIUK, A. 2012. The Phytotoxicity Changes of Sewage Sludge-Amended Soils. Water Air Soil Pollut, v. 223, p:4937–4948, 2012.

RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In. Rodrigues R. R. & Leitão Filho H. de F. (eds) Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2001, cap. 15.1, 235-247.

SAWYER, D. População, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no cerrado. In: HOGAN, D. J. et al. (Org.). Migração e ambiente no Centro-Oeste. Campinas,: PRONEX/UNICAMP, 2002. p. 279-299.

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.1, p:153-156, 2008.

SANTOS, Paula Luíza et al . Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. Rev. Árvore, Viçosa, v.36, n.2. 2012 .

SCALON, S.P.Q.; LIMA, A.A.; FILHO, H.S.; VIEIRA, M.C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* camb.: efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. Rev. Brasileira de Sementes, v. 31, n. 2, p:96-103, 2009.

SCHIRMER, G.K. Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliotti* engelm. Dissertação (Mestrado). Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C.A.; BERNARDES, H.M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.5, p: 831-840, 2001.

SOUTO, L. S.; SILVA, L.M.; LOBO, T. F.; FERNANDES, D. M.; LACERDA, N. B. Níveis e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p:274-277, 2005.

TRAZZI, P.A. Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 74, 2011.

VAN RAIJ, CANTARELA, B. H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, Boletim Técnico, 100, 285, 1996.

VIEIRA, G.E.G.; PEDROZA, M.M.; SOUZA, J.F.; PEDROZA, C.M. O processo de pirolise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético do lodo de esgoto – uma revisão. Rev. Liberato, Nova Hamburgo, v.12, n.17, p:01-106, 2011.



VON SPERLING, M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.1, 3. . Editora UFMG, Belo Horizonte, 2006.

CAPÍTULO 2 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Maclura tinctoria* E *Psidium guineense* TRATADAS COM LODO DE ESGOTO.**MICHELE APARECIDA DOS SANTOS NOBREGA¹; ETENALDO FELIPE SANTIAGO²; IVO DE SÁ MOTTA³; MONTCHARLES DA SILVA PONTES⁴.**

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados – MS.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados – MS.

³ Pesquisador da EMBRAPA Agropecuária Oeste.

⁴ Discente do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados – MS.

RESUMO

O grande volume de resíduo gerado pelas estações de tratamento de esgotos tal como sua disposição final resultam em preocupação para a sociedade. Dentre as alternativas para a utilização desse material encontra-se o uso como fertilizante quando incorporado a substratos para produção de mudas. Para contribuir com esse processo, foram avaliados os efeitos ecotoxicológicos do lodo de esgoto sobre o comportamento germinativo de sementes de *Maclura tinctoria* e *Psidium Guineense*. Para tanto, sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* foram submetidas a soluções de lodo de ETE nas concentrações 0, 25, 50, 75 e 100% de lodo, preparadas a partir da solução sobrenadante da mistura de 500mg/L de lodo de ETE, em delineamento em bloco. Cada parcela experimental foi composta por cinco repetições com 25 sementes cada, e as sementes foram irrigadas a cada cinco dias com as respectivas soluções. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de Tukey para comparar as variáveis analisadas, e para comparação entre as espécies o teste t de Student, sendo que em todas as análises foi utilizado $\alpha=0.05$ como valor de significância. Os resultados obtidos mostraram que o lodo afetou a germinação, as médias de porcentagem de germinação, porcentagem relativa de sementes germinadas (RSG) e o índice de germinação (GI) diferiram entre os tratamentos e entre as espécies. Comparando as espécies em relação ao percentual germinativo, notou-se que para *M. tinctoria* a germinação foi 40% superior quando comparada com *P. guineense* nos tratamentos controle e 25% de lodo; já na dose de 50%, a diferença entre as respostas das espécies aumentou em 70%, com drástica redução de diferenças nas maiores doses. *P. guineense* apresentou maior sensibilidade aos efeitos fitotóxicos dos compostos presentes no lodo de esgoto, reforçando a importância de estudos que investiguem as especificidades

de respostas às concentrações utilizadas para cada espécie bem como o efeito específico dos diferentes metais.

PALAVRAS-CHAVE: biossólido, cerrado, espécie nativa, resíduo.

CHAPTER 2 - SEED GERMINATION OF *Maclura tinctoria* E *Psidium guineense* SOAKED IN SEWAGE SLUDGE

ABSTRACT

The final disposal of solid wastes has been aggravating in environmental issues, because its incorrect dump promotes damage to public health and the environment. Based on their chemical characteristics, the biosolids have potential for use in plant substrates, requiring studies of species that are tolerant, liable to be used in production models, as well as for recovery of degraded areas. In this sense, the answers were assessed physiological and germ initial development of native species of Cerrado, planted on substrates containing sewage sludge. The work was divided into two stages, the first constituted in assessing the responses of germ two native species: *Maclura tinctoria* and *Psidium guineense*. The seeds were subjected to sludge solutions at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100%. Seed germination was affected by solutions such as the percentage of germination, relative percentage of germinated seeds (RSG) and the germination index (GI) differed between treatments and between species. It was noted that *p. guineense* is more sensitive to phytotoxic effects of compounds of sewage sludge compared with *m. tinctoria*. The second stage of the study was to evaluate the physiological variables and initial development of *Ocotea pulchella*, the variables evaluated were: stomatal conductance (Gs), leaf temperature (Δt), chlorophyll concentration index (CCI), analysis of macro and micronutrients and Dickson quality index (IQD). The biosolids affected all the evaluated parameters, however in spite of the phytotoxic effects present in the waste, the species showed tolerance. The performance of the evaluated species upon exposure to biosolids demonstrates that have potential to be employed in using this material. However, further studies are still needed to verify the response characteristics of tolerance to metals present in biosolids, in different concentrations. Such information can contribute to the elaboration of protocols for producing substrate for native seedlings, this substrate that is of low production cost and to contribute to environmental improvement.

KEYWORDS: biosolid, Brazilian savanna, native tree, residue,

INTRODUÇÃO

A crescente demanda pela manutenção e melhoria das condições ambientais tem exigido das autoridades e das empresas públicas e privadas, posturas capazes de compatibilizar o desenvolvimento e as limitações da exploração dos recursos naturais (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

O aumento na geração de efluentes tem se tornado um dos grandes problemas quando se aborda o assunto degradação ambiental, sobretudo, associado à expansão de áreas urbanas. A destinação do resíduo gerado pelas estações de tratamentos de esgoto (ETEs) tem acarretado problemas tanto no que se refere à sua reutilização, quanto na minimização dos impactos gerados pelo descarte inadequado.

O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e de alto custo, que, ser for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas (ANDREILI et al., 2001).

O tratamento e disposição de lodo devem ser geridos para minimizar problemas ambientais como odor e lançamento de contaminantes e patógenos no ambiente (HALLEY e MILLER, 1991). Tal afirmação reforça a importância de projetos que visem o tratamento adequado para estes resíduos, buscando minimizar os danos ambientais por eles causados. Dentre as metodologias possíveis para o tratamento, encontra-se a sua utilização na composição de substrato de plantas, minimizando assim, por meio da reciclagem, o problema de descarte dos resíduos industriais (MELO e MARQUES, 2000).

A inserção do lodo no substrato das plantas, para fins conservacionistas, demanda conhecimentos sobre a fisiologia de espécies nativas que apresentam potencial para revegetação, sobretudo de áreas degradadas, bem como suas respostas de tolerância ou suscetibilidade aos componentes e concentrações do resíduo. Tais conhecimentos nos auxiliam na previsão das respostas de desenvolvimento das espécies frente às condições adversas às quais serão submetidas (CAIRO et al., 1994).

Sementes de diversas espécies florestais são sensíveis a variações ambientais (FENNER, 1993), sobretudo, famílias botânicas como Moraceae e Myrtaceae, das quais temos os gêneros *Maclura* e *Psidium*, respectivamente. *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex

Steud. é uma espécie neotropical arbórea, lenhosa, com ampla ocorrência desde o México até o Sul do Brasil (DURINGNAN e NOGUEIRA 1990; TORRES et al., 1992), é popularmente conhecida como amoreira-do-mato, taiuva ou amorerira-do-cerrado, (BARROSO et al., 1999); e classificada como secundária inicial com forte exigência de luz, onde ocorre naturalmente em fragmentos de florestas semidecíduais, mata atlântica e Cerrado (TORRES et al., 1992), apresentando grande potencial para utilização na recuperação de áreas degradadas (BATTILANI et al., 2006; PONTES et al., 2014) devido à sua grande adaptabilidade a ambientes neotropicais diversos.

Psidium guineense Swartz., é uma arvoreta com até 6 de altura, frutífera, nativa das regiões de cerrado no Brasil, sendo popularmente conhecida como araçá ou guavá (MASETTO et al., 2014), existindo relatos de ocorrência do Sul do Brasil até na Amazônia, apresentando ampla distribuição em restingas, cerrados e regiões áridas e semi-áridas (BRANDÃO et al., 2002; BEZERRA et al., 2006). Os seus frutos apresentam grande potencial econômico, devido ao elevado conteúdo de vitamina C, cerca de quatro vezes mais do que as frutas cítricas (GUTIÉRREZ et al., 2008), valendo ressaltar que a influência ambiental sobre a germinação de suas sementes e sua propagação vegetal ainda são pouco conhecidas (CISNEIROS et al., 2003) e seus estudos ecotoxicológicos são raros.

Sendo assim, devido à importância ecológica destas espécies, e a crescente demanda pela minimização dos impactos visuais e ambientais gerados pelo acúmulo do lodo de esgoto, juntamente com a necessidade de desenvolver técnicas que maximizem a produção de mudas de espécies nativas, associadas à reutilização consciente deste resíduo, este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos ecotoxicológicos do lodo de esgoto sobre o comportamento germinativo de sementes de *M. tinctoria* e *P. Guineense*.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Coleta e preparo do resíduo e preparo do substrato

O resíduo utilizado foi coletado da Estação de Tratamento de Esgoto Guaxinim, situada no Município de Dourados – Mato Grosso do Sul, pertencente à Empresa de

Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL. Após a coleta, o resíduo foi colocado sobre lona plástica por um período de um mês para a cura.

O material foi trabalhado com base na metodologia proposta por SCHEER et al. (2012), para tanto, utilizou-se betoneira.

Os tratamentos se dividiram em: Tratamento 1 - controle: 100% de substrato agrícola; Tratamento 2: 25% de lodo – 75% de substrato agrícola; Tratamento 3: 50% de lodo – 50% de substrato agrícola; Tratamento 4: 75% de lodo – 25% de substrato agrícola; Tratamento 5: 100% de lodo. Após a mistura, o substrato produzido foi devidamente armazenado em baldes e mantido em estufa.

Foi realizada a análise da composição físico-química significativa do lodo de esgoto, por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) e espectrofotômetro de absorção molecular (EAM), no Laboratório de Solos, Plantas e Corretivos da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, seguindo metodologias descritas em AOAC (1980) e Malavolta et al., (1989).

Tabela 1 – Análise do resíduo orgânico

Elementos	Lodo de esgoto	Valores
N	2.93 ± 0.0353553	%
P	0.90 ± 0.0212132	%
K	0.07 ± 0	%
Ca	1.55 ± 0.0565685	%
Mg	0.21 ± 0.0070711	%
Na	0.07 ± 0	%
Cu	325.44 ± 17.69181	mg/Kg
Fe	12524.53 ± 221.1123	mg/Kg
Mn	271.23 ± 7.997378	mg/Kg
Zn	769.38 ± 20.78187	mg/Kg
C _{TOTAL}	22.57	%
Umidade	53.44	%
pH	7.39	-

± = média de vinte leituras, seguida, do desvio padrão das amostras. Embrapa/CPAO. Dourados, MS. 2014.

2. Coleta e beneficiamento de material vegetal

O material botânico consistiu de frutos de *Psidium guineense* Swarts (Araçá), obtidos de matrizes existentes na zona periurbana de Dourados (22°13'16"S; 54°48'20"W a uma altitude de 340m acima do nível do mar); as infrutescências de *Maclura tinctoria* foram coletadas na Fazenda Coqueiro (coordenadas: 22°12'S e 54°54' O e altitude de 340m acima do nível do mar), no município de Dourados, MS. Foram beneficiadas em peneira com água corrente para retirada das sementes, que após secas, foram acondicionadas sob refrigeração. Estes frutos foram levados para o Laboratório de Ecologia - Centro de Análise e Monitoramento Ambiental (LE-CinAM) para o beneficiamento manual com auxílio de peneira. Descartaram-se as sementes aparentemente danificadas ou chochas e efetuou-se a secagem prévia das demais sementes em bandejas plásticas forradas com papel filtro, sendo estas prontamente utilizadas, sem armazenamento prévio.

3. Teste germinativo em BOD

Os testes de germinação foram conduzidos em câmara de germinação do tipo BOD, regulada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, mantidos sob luz branca fluorescente contínua ($21,8 \pm 5,7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados neste estudo, sendo cada parcela experimental constituída de cinco repetições com 25 sementes cada, acondicionadas em placas de petri previamente esterilizadas, revestidas com duas folhas de papel filtro umedecido com as soluções de lodo de esgoto.

Os substratos utilizados na composição das soluções foram obtidos por meio do experimento anteriormente descrito, compondo as seguintes concentrações: Tratamento 1 – controle: 100% de substrato agrícola; Tratamento 2: 25% de lodo – 75% de substrato agrícola; Tratamento 3: 50% de lodo – 50% de substrato agrícola; Tratamento 4: 75% de lodo – 25% de substrato agrícola; Tratamento 5: 100% de lodo. Estes foram diluídos em água destilada na proporção 500mg/L. Estas soluções foram utilizadas para irrigar as sementes no período de um mês, sendo adicionada 3ml de solução a cada cinco dias.

Calculou-se a porcentagem germinativa (G), o tempo médio de germinação (TMG) segundo Labouriau (1983), a porcentagem relativa de sementes germinadas (RSG), o índice de germinação (GI) conforme Hoekstra et al., (2002), Ramírez et al., (2008) e Sharma et al., (2013), o índice de velocidade de germinação de acordo com Maguire (1962) e a distribuição da frequência relativa de germinação calculada segundo Laboriau e Valadares (1976), das sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* sob as diferentes concentrações de lodo de esgoto.

Aplicou-se aos dados a ANOVA e, para a comparação de médias o teste de Tukey a 5% de significância. Foi aplicado o teste t de Student para comparação das médias entre a porcentagem de germinação das espécies (significância 5%).

RESULTADOS

As médias de porcentagem de germinação, porcentagem relativa de sementes germinadas e o índice de germinação diferiram entre os tratamentos e entre as espécies (TABELA 1). Foi observado aumento no tempo médio de germinação (TMG) das sementes em ambas as espécies, sob doses elevadas de lodo de esgoto, em *Maclura tinctoria* para 29-21 dias em 75 e 100%, respectivamente, e em *Psidium guineense* para 24-24-26 dias em 25, 75 e 100%, respectivamente, havendo inibição total da germinação em 100%, refletindo na redução do coeficiente de velocidade de germinação (IVG).

Tabela 1. Porcentagem de germinação, porcentagem relativa de sementes germinadas (PRG), índice de germinação (GI), coeficiente de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* sob diferentes concentrações de lodo de esgoto. (Médias seguidas da mesma letra em colunas não diferem entre si).

	G (%)	PRG	GI	IVG	TMG
<i>M. tinctoria</i>					
Controle	90a*	100a	14,06a	0,08167	12,24
25%	59a*	65,5c	7,09c	0,060327	16,57
50%	79a*	87,7b	9,92b	0,062798	15,92
75%	3b ^{ns}	3,3d	0,05d	0,034483	29
100%	1b*	1,1e	0,08e	0,047619	21
<i>P. guineense</i>					
Controle	47,6a*	100a	0,79a	0,043038	23,23
25%	16,8b*	35,2b	0,28b	0,041379	24,16
50%	11,6b*	24,3c	0,19c	0,040788	24,51
75%	0,4c ^{ns}	0,8d	0,006d	0,038462	26
100%	0c*	0e	0d	-	-

*Diferem significativamente ($p < 0,05$) entre as espécies. ^{ns}Diferença não significativa pelo teste t de Student.

Para a frequência relativa observou-se um deslocamento para a direita em função das doses de lodo, porém não houve alteração nas modas (FIGURA 1).

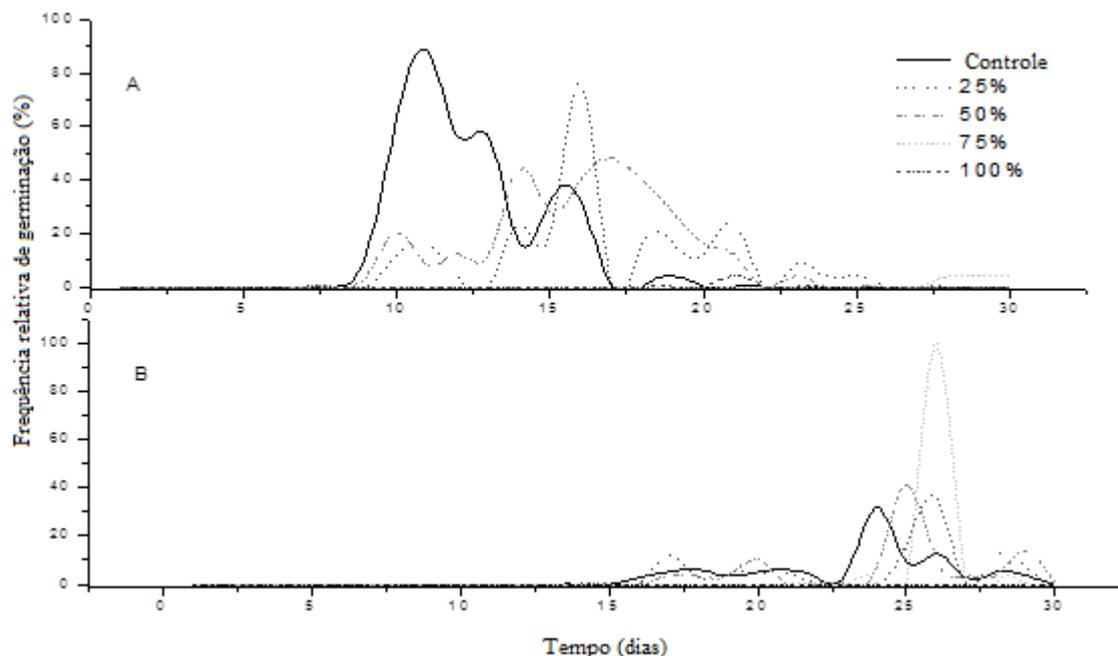


Figura 1. Frequência relativa de sementes de *M. tinctoria* (A) e *P. guineense* (B) em relação às doses de lodo de esgoto utilizadas.

Em *M. tinctoria* e *P. guineense* observou-se redução na porcentagem acumulativa de germinação ($P < 0.05$) com o aumento da concentração de lodo de esgoto (FIGURA 2).

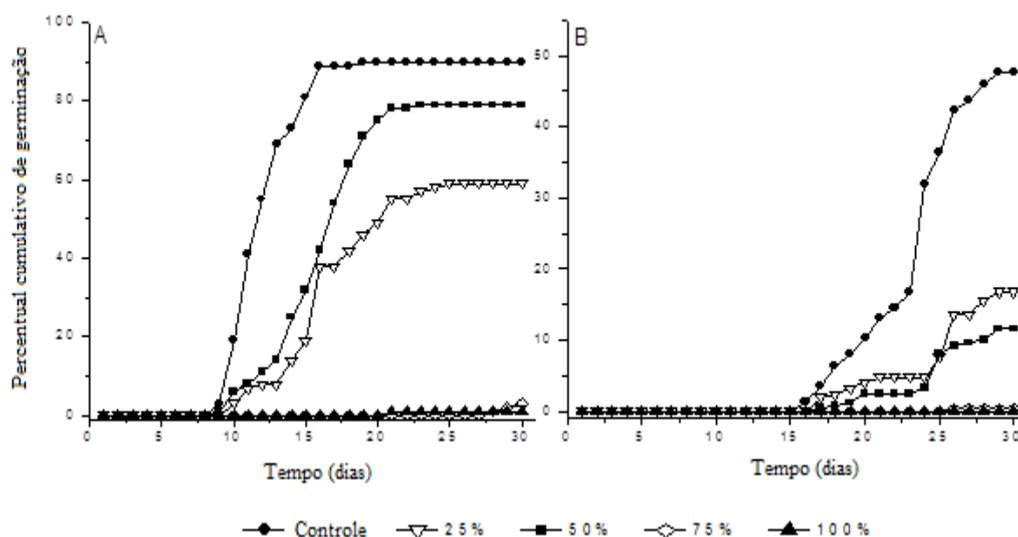


Figura 2. Comportamento germinativo de sementes de *M. tinctoria* (A) e *P. guineense* (B) a 25°C sob luz e umidade constante expostas a doses de lodo de esgoto, correspondendo ao percentual acumulativo de sementes germinadas. Os símbolos mostram as porcentagens de lodo de esgoto utilizadas neste estudo.

Em *M. tinctoria*, observou-se que as curvas acumuladas 25% e 50% assumem comportamentos distintos a partir do 15º dia, em relação às concentrações mais altas de lodo (>75%) comparadas com as concentrações menores (<50%); também a partir do 15º dia apresentam inflexão que caracteriza maior diferença das respostas às doses aplicadas. Em *P. guineense* constatou-se no controle que o pico máximo do percentual acumulativo foi entre os dias 23º-30º, enquanto nos tratamentos 25, 50 e 75%, entre 25-30 dias, apesar do decréscimo no percentual acumulativo de germinação; já no tratamento 100% houve inibição total da germinação.

Comparando as espécies em relação ao percentual germinativo (FIGURA 3-A), notou-se que em *M. tinctoria* a germinação foi 40% superior quando comparada com *P. guineense* nos tratamentos controle e 25% de lodo; já na dose de 50% a diferença entre as respostas das espécies aumentou em 70% e em ambas as doses essa diferença foi significativa ($p < 0,05$) pelo teste t de Student. Havendo drástica redução de diferenças na maior dose. Destaca-se ainda que em *P. guineense* (FIGURA 3-B), também foi observado diferença entre os percentuais em relação à concentração de lodo.

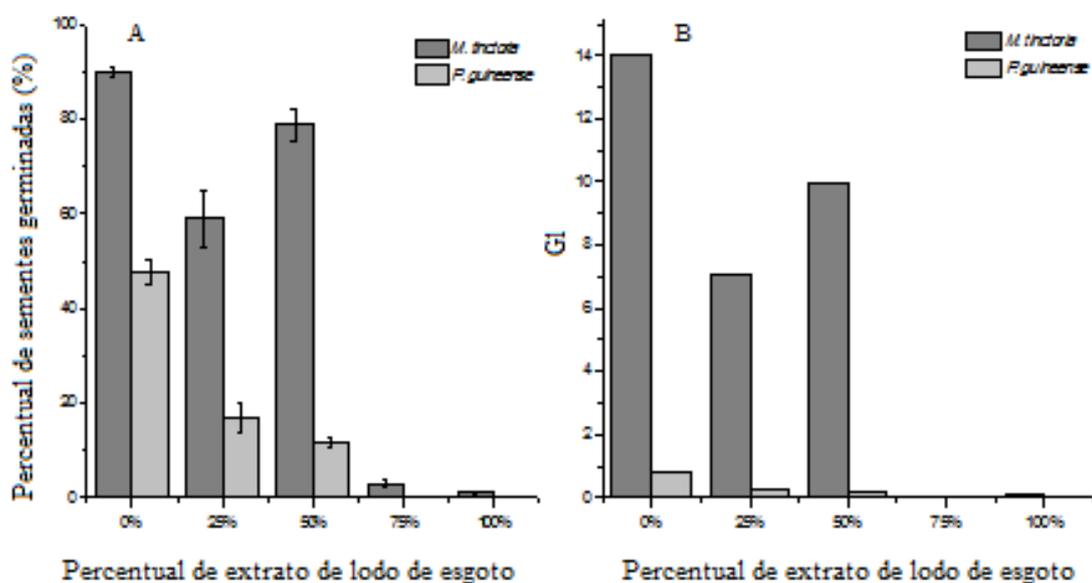


Figura 3- Percentual de germinação (A) de sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* submetidas a doses crescentes de lodo de esgoto.

Figura 3 - Índice de Germinação (B) de sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* submetidas a doses crescentes de lodo de esgoto.

Para a variável de GI observa-se maior discrepância entre as espécies, independente das doses utilizadas (FIGURA. 3b).

Houve ajuste de regressão para a variável porcentagem relativa de sementes germinadas de *M. tinctoria* (R^2 0,52) e *P. guineense* (R^2 0,92) entre a condutividade

elétrica da solução de lodo de esgoto (FIGURA 4), corroborando, com a hipótese de maior sensibilidade de *P. guineense* ao lodo de esgoto do que *M. tinctoria*, em função do aumento das doses de lodo utilizadas.

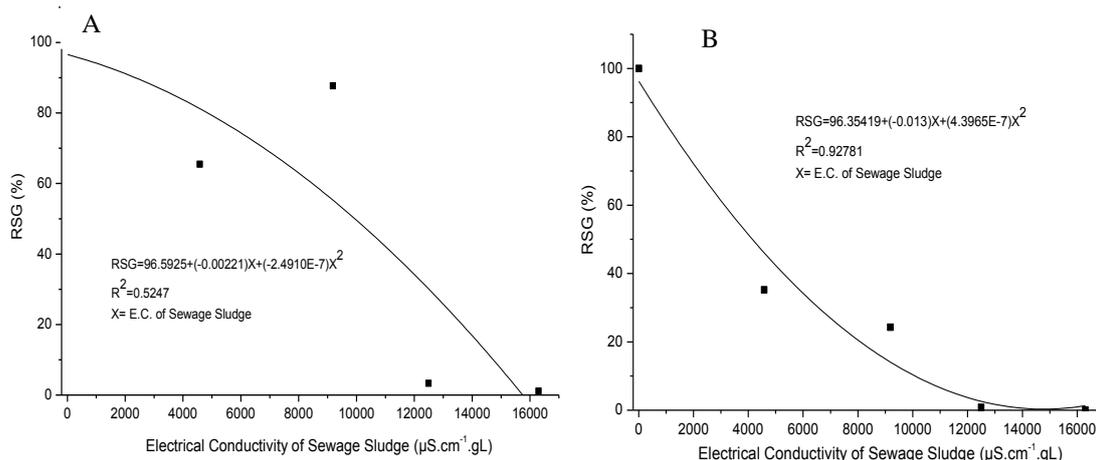


Figura 4. Porcentagem relativa de sementes de *Maclura tinctoria* (A) *Psidium guineense* (B) germinadas em função dos tratamentos com lodo de esgoto.

Observaram-se menores taxas de mortalidade de sementes em *M. tinctoria* nos lotes controle e tratamento 50%, sendo de 10 e 19%, respectivamente. Verificou-se alta mortalidade das sementes nos tratamentos 25, 75 e 100%, sendo observados nos mesmos valores de 41, 97 e 99% de mortalidade das sementes. Já nas sementes de *P. guineense* verificou-se alta mortalidade em todos os tratamentos, incluindo o lote controle, com diferença variando de 47,6% do controle para a concentração mais elevada de lodo de esgoto (TABELA 2). A tendência de diminuição na porcentagem de germinação das sementes em resposta ao lodo de esgoto corrobora dados observados por Ramirez et al. (2008). A taxa de mortalidade das sementes reforça o efeito ecotoxicológico do lodo esgoto na germinação para ambas as espécies.

Tabela 2. Porcentagem confirmada de mortalidade média de sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* em diferentes concentrações de lodo de esgoto mantidas em condições de luz, temperatura e umidade constante.

Tratamentos (%)	Mortalidade (%) ± desvio padrão	
	<i>M. tinctoria</i>	<i>P. guineense</i>
0	10 ± 0.86	52.4 ± 2.63
25	41 ± 5.88	83.2 ± 3.26
50	19 ± 2.86	88.4 ± 1.16
75	97 ± 0.82	99.6 ± 0.4
100	99 ± 0.43	100 ± 0

A mortalidade das sementes aumentou com o aumento da concentração de Cobre, no entanto *M. tinctoria* apresentou maior sensibilidade, mesmo em menores quantidades (FIGURA 5). Esse elemento em elevadas concentrações pode proporcionar efeitos tóxicos afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de causar a deficiência de outros nutrientes essenciais através de interações antagônicas (SODRÉ et al., 2001).

Diversos fatores ambientais podem interferir no processo germinativo das sementes de espécies florestais, e, conseqüentemente, no estabelecimento das plântulas em ambientes naturais e na sobrevivência das espécies. No lodo de esgoto, um dos principais fatores que podem afetar a germinação das sementes, influenciando na sobrevivência das espécies, é a concentração de metais pesados como Cu, Zn e Mn no resíduo. Para visualizar o impacto dos metais pesados do lodo de esgoto, pode-se observar na figura 5, a concentração de cobre estimada matematicamente em mols, nas doses de lodo de esgoto utilizadas neste estudo, e sua relação com a não sobrevivência das sementes.

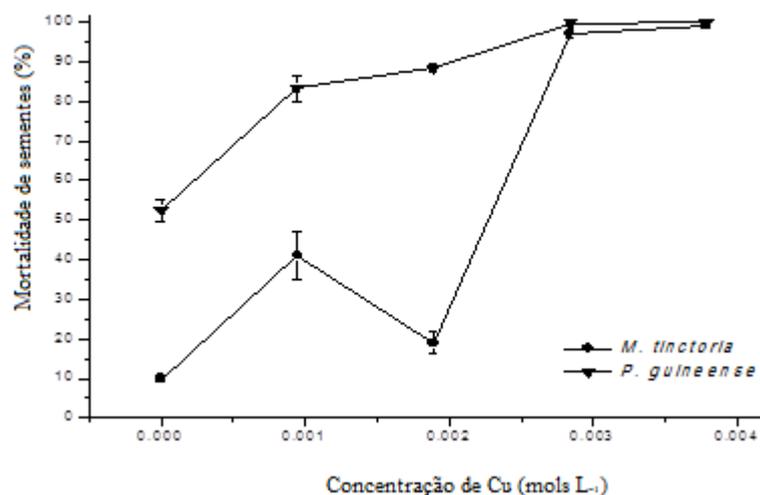


Figura 5. Porcentagem média de mortalidade de sementes de *M. tinctoria* e *P. guineense* em relação à concentração de cobre nas doses de lodo utilizadas. Estimado matematicamente, por meio de cálculos estequiométricos.

DISCUSSÃO

A redução da germinação em virtude do aumento nas concentrações do lodo verificadas para ambas as espécies corrobora com os dados de Manisha e Angoorbala (2013). Para estes autores, apesar de altas concentrações do resíduo apresentarem efeitos fitotóxicos, esse biossólido, em menores concentrações, pode ser utilizado para irrigação, funcionando como fertilizantes. A redução da germinação pode ser explicada devido à maior quantidade de íons solúveis na água poluída pelo lodo, estando isso relacionado à diminuição da absorção de água pelas sementes, como resultado do nível elevado de salinidade, temos a toxicidade pela maior eletronegatividade no potencial osmótico (ψ_{π}) da solução de lodo de esgoto (DASH, 2012).

O índice de germinação apresentou redução em ambas às espécies em função do incremento das doses do resíduo, este índice é utilizado em estudos que avaliam estresse sobre a germinação, onde nota-se uma diminuição no índice de germinação com o aumento do estresse (KHAN et al., 2009).

Parâmetros de germinação são afetados por altas concentrações de lodo devido à demanda de metais pesados em altas concentrações presentes no resíduo (Tabela 1), como o cobre e o zinco, assim sua aplicação como irrigação pode acarretar em danos no ajustamento osmótico por íons específicos do lodo e efeitos fitotóxicos (KHAN et al., 2011), sendo que a capacidade das sementes germinarem sob elevada pressão osmótica difere de acordo com a espécie (UNGAR, 1987). A presença de metais pesados também pode competir com os nutrientes essenciais, ocasionando desbalanço nutricional. Assim, em baixas concentrações, os resíduos contendo metais pesados podem não afetar negativamente os parâmetros germinativos e no desenvolvimento inicial, porém comporta-se como inibidor em altas concentrações (OGUNWENMO et al., 2010; SINGH et al., 2011).

Segundo Eriksson et al., (2013), o teste germinativo com o resíduo não revela o potencial do lodo de esgoto como coadjuvante no desenvolvimento inicial de plântulas, pois nos seus estágios iniciais a planta utiliza os nutrientes provenientes da semente e não da solução, sugerindo assim que os efeitos fitotóxicos do resíduo não sejam permanentes, podendo ser superados posteriormente pela planta desde que consiga germinar na solução.

O lodo de esgoto apresenta resultados significativos em diferentes pesquisas com mudas de espécies florestais, mostrando efeitos benéficos em seu uso como parte da composição de substrato (DELARMELINA et al., 2013). Sua aplicação é uma técnica valiosa de reciclagem de nutrientes e pode contribuir no aumento da fertilidade de solos, na melhoria do crescimento das plantas e para ajudar a solucionar o problema de descarte da grande demanda de resíduos (ANTOLÍN et al., 2010).

CONCLUSÃO

As concentrações de lodo de esgoto são potencialmente capazes de afetar a germinação de espécies nativas. No entanto, as respostas são específicas. Ao comparar as respostas germinativas de uma espécie de Mata e outra típica do Cerrado, observou-se que *P. guineense* apresentou maior sensibilidade aos efeitos fitotóxicos dos metais presentes no lodo de esgoto.

Em *M. tinctoria* a germinação foi 40% superior quando comparada com *P. guineense* nos tratamentos controle e 25% de lodo, já na dose de 50% a diferença entre as respostas das espécies aumentou em 70%, já na maior dose de lodo de esgoto a germinação foi baixa em ambas as espécies.

Embora o lodo de esgoto promova efeitos ecotoxicológicos também em *M. tinctoria*, com aumento de 30% na mortalidade de suas sementes, o emprego deste resíduo para a produção de mudas desta espécie é recomendado deste que em concentrações inferiores a 25%.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V., VON SPERLING, M., FERNANDES, F. Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2001.

ANTOLÍN, M. C.; MURO, I.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of nodulated alfalfa plants under drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, v. 68, p: 75–82, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Washington D.C., 1051, 1995.

BARROSO, G. M.; MORRIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. Frutos e sementes. *Morfologia Aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Viçosa, MG: UFV, 1999.

BATTILANI, J. L.; SANTIAGO, E. F.; SOUZA, T. A. L. Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don Ex Steud, (Moraceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 3, p: 581-589, 2006

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A.; HADDAD, J. A. GUINI, R. Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Descrição de Estudo. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; PROENÇA, C. E. B. Cap. 3 – Araçá. *Frutas nativas da região Centro-Oeste /Roberto Fontes Vieira... [et al.]* (editores). -- Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P., MACEDO, J.F. Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 528 p.

CAIRO, P.A.R., OLIVEIRA, L.E.M.; DELÚ FILHO, N. Determinação das condições ótimas para o ensaio in vitro da redutase do nitrato em algumas espécies arbóreas. *Rev. Árvore*, v.18, p: 87-95, 1994.

CISNEIROS, R.A.; MATOS, V.P.; LEMOS, M.A.; REIS, O.V, QUEIROZ, R.M. Physiological quality of seeds of *Psidium guineense* Swartz during storage. *Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, p:513-518, 2003.

DASH, A.K. Impact of domestic waste water on seed germination and physiological parameters of rice and wheat. *IJRRAS*, v.12, n.2, p:280-286, 2012.

DELARMELINA, W.M., CALDEIRA, M.V.W., FARIA, J.C.T., GONÇALVES, E.O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *Rev. Agroambiente*, v.7, p: 184-192, 2013.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. *Recomposição de matas ciliares*. Instituto Florestal, São Paulo, IF, 1990.

ERIKSSON, E., KUSK, K., OLE, B. S. M., MØLLER, K., C, D., DAVIDSSON, Å. 2013. Barley seed germination/root elongation toxicity test for evaluation of sludge pre-treatments. In: 1st International IWA Conference on Holistic Sludge Management. IWA May 2013.

FENNER, M. *Seed ecology*. Chapman e Hall, London, 1993.

GUTIÉRREZ, R.M.; MITCHELL, S.; SOLIS, R.V. *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, v.17,p:1-27, 2008.

HALLEY, E.; MILLER, G.A. "Backward" approach to sludge management. *Water Engineering & Management*, v.9, p: 36-39, 1991.

HOEKSTRA, N.J; BOSKER, T; LANTINGA, E.A. Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of *Cress*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 93, p:189-196, 2002.

KHAN, H.A., C.M. AYUB, M.A. PERVEZ, R.M. BILAL, M.A. SHAHID AND K. ZIAF. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. *Soil & Environ*, v. 28, n.1, p: 81–87, 2009.

KHAN, M.G., KONJIT, D.M., THOMAS.A., EYASU. S.S., AWOKE. G. Impacto of textile waste water on seed germination and some physiological parameters in Pea (*Pisum sativum* L.), Lentil (*Lens esculentum* L.) and Gram (*Cicer arietinum* L.) Asian Journal of Plant Sciences, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 201, 1989.

MANISHA, P.; ANGOORBALA, B. Effect of sewage on Growth Parameters and Chlorophyll content of *Trigonella foenumgraecum* (Methi). International Research Journal of Environment Sciences, v. 2, n.9, p: 5-9, 2013.

MASETTO, T.E.; NEVES, E.M.S.; SCALON, S.P.Q.; DRESCH, D.M. Drying, storage and osmotic conditioning of *Psidium guineense* Swartz seeds. American Journal of Plant Sciences, v. 5, p: 2591-2598, 2014.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. 2000. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 312, 2000.

OGUNWENMO, K. O.; OYELANA, O.A.; IBIDUNMOYE, O.; ANYASO,G.; OGUNNOWO, A.A. Effects of brewery, textile and paint effluent on seed germination of leafy vegetables – *Amaranthus hybridus* and *Celosi argentea* (Amaranthaceae). Journal Biol. Sci, v.10, p:151:156, 2010.

PONTES, M.S.; SANTIAGO, E.F.;NOBREGA, M.A.S.;BARBOSA, V.M.; MOTTA, I.S. Germinação de sementes de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud (Moraceae) embebidas em Lodo de Esgoto. Cadernos de Agroecologia, v.9, p:1-6, 2014.

SINGH, P.K., KUMAR. V., SINGH, S. Management of tannery waste: It use as planting medium for *Chrysanthemum* plants. J.Environ Sci. Technol., v.4, p: 560-567, 2011.

SHARMA, P.; SARDANA, V.; S.S. BANGA, S.S. Salt tolerance of Indian mustard (*Brassica juncea*) at germination and early seedling growth. *Environmental and Experimental Biology*, v.11, p: 39–46, 2013.

SCHEER, M,B.; CARNEIRO,C.; BRESSAN,O,A.; SANTOS, K, G. Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Cerne, Lavras*, v.18, n.4, p: 613-621,2012.

SODRÉ FF, LENZI E E COSTA ACS. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. *Química Nova*, v. 24, p: 324-330, 2001.

RAMÍREZ, W. A.; DOMENE, X.; ALCANIZ, J. M. Phytotoxic effects of sewage sludge extracts on the germination of three plant species. *Ecotoxicology*, v.17,p: 834-844, 2008.

TORRES, R. B. ; MATTHES, L. A. F. ; RODRIGUES, R. R. ; LEITÃO-FILHO, H .F. 1992. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. *O Agrônomo*, v.44, n.1, p:13-16, 1992.

UNGAR, L.A. Halophyte seed germination. *Botanical Review*, v.44, p: 233-264, 1987.

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO INICIAL E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Ocotea pulchella* (Ness) Mez. (Lauraceae) EM SUBSTRATO DE LODO DE ESGOTO.**MICHELE APARECIDA DOS SANTOS NOBREGA¹; ETENALDO FELIPE SANTIAGO²; IVO DE SÁ MOTTA.**

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados – MS.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados – MS

³ Pesquisador da EMBRAPA Agropecuária Oeste.

RESUMO

O aproveitamento de resíduos como o lodo de esgoto é importante tanto pelas características deste biossólido quanto por atender demandas ambientais. Nesse contexto, foram avaliadas as respostas fisiológicas e o desenvolvimento inicial de *Ocotea pulchella* (Ness) Mez. submetida ao substrato composto de lodo de esgoto. Para tanto, mudas de *O. pulchella* foram transplantadas para tubetes contendo o substrato, consistindo em cinco tratamentos nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100% de resíduo, delineamento experimental???. Os parâmetros avaliados consistiram de: condutância estomática (G_s), temperatura da folha (ΔT), índice de concentração de clorofila (ICC), análise de macro e micronutrientes e índice de qualidade de Dickson (IQD). Os resultados obtidos mostraram que todas as variáveis avaliadas foram afetadas pela adição do resíduo. Nas variáveis fisiológicas, observou-se que o lodo promoveu aumento nas medidas de G_s , sendo também observadas diferenças nos períodos de leitura, e a temperatura foliar reduziu linearmente em relação aos tratamentos. O ICC diminuiu conforme o aumento das concentrações. Constatou-se, também, que a maioria dos elementos testados encontra-se em maior disponibilidade na raiz (P, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn), enquanto N, P, S apresentam disponibilidade similar em ambas as partes da planta. Para o IQD o ponto de máxima foi 2,68, na concentração de 27,27% de lodo de esgoto. Nas condições experimentais, as plantas testadas mostraram tolerância ao lodo de ETE, o que sugere a viabilidade da produção de mudas da espécie nativa utilizando-se substrato composto com lodo de esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Fitotoxicidade, nutrição de plantas, árvores nativas, resíduo orgânico.

CHAPTER 3 - INITIAL DEVELOPMENT AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF *Ocotea pulchella* (Ness) Mez. (Lauraceae) IN SEWAGE SLUDGE SUBSTRATE.**ABSTRACT**

The utilization of waste such as sewage sludge is important both for features of this biosolids as for answering environmental demands. In this context, the physiological responses were evaluated and the initial development of *Ocotea pulchella* (Ness) Mez. submitted to the substrate composed of sewage sludge. For both, the seedlings were transplanted to pulchella. cells containing the substrate, consisting of five treatments at concentrations of 0, 25, 50, 75 and 100% of waste, experimental design??. The parameters evaluated consisted of: stomatal conductance (Gs), leaf temperature (Δt), chlorophyll concentration index (CCI), analysis of macro and micronutrients and Dickson quality index (IQD). The results showed that all of the variables evaluated were affected by the addition of the residue. In physiological variables, it was observed that the sludge promoted increase in measures of Gs, being also observed differences in the periods of reading and leaf temperature reduced linearly in relation to treatments. The ICC decreases as the increasing concentrations. It was noted, too, that most of the elements tested lies in greater availability in the root (P, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn), while N, P, S feature availability similar in both parts of the plant. To the maximum point IQD was 2.68, the concentration of 27.27% of sewage sludge. In experimental conditions, plants tested showed tolerance to the sludge of ETE, which suggests the feasibility of producing seedlings of native species using composite substrate with sewage sludge.

KEYWORDS: Phytotoxicity, nutrition, native trees, waste.

INTRODUÇÃO

Novas metodologias para reutilizar resíduos industriais e domésticos são importantes dadas à necessidade de soluções ambientalmente corretas para a disposição final desses materiais. O aproveitamento de resíduos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), tem se mostrado uma alternativa interessante tanto pelas características deste biossólido quanto por atender demandas ambientais.

O lodo de esgoto é um resíduo proveniente das ETEs, apresenta diversas características que possibilitam sua utilização para fins agrícolas (DUARTE et al., 2011), dentre elas a disponibilidade de macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento de plantas, o que pode viabilizar sua utilização na incorporação de

substratos orgânicos para produção de mudas de espécies arbóreas (DELARMELINA et al., 2013).

Estudar as respostas de espécies vegetais nativas submetidas ao lodo é fundamental também para avaliar a tolerância das plantas aos compostos fitotóxicos presentes no biossólido. Parâmetros fisiológicos podem ser utilizados para aferir de modo não destrutivo o comportamento de espécies vegetais expostas a fatores estressantes. A condutância estomática (G_s) é uma importante variável na identificação do estresse, uma vez que o fechamento estomático é uma resposta rápida e comum sob condições sub ótimas (OLIVEIRA et al., 2005), assim como o índice de clorofila que está intimamente relacionado com a demanda de nutrientes disponíveis (NÓBREGA et al., 2010).

Ocotea pulchella (Ness) Mez é uma espécie arbórea nativa pioneira, atinge 25-30 m de altura por 50-80 cm de diâmetro, ocorrente em regiões de Cerrado e mata semidecíduais (CARVALHO, 2006), amplamente distribuída no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Grande do Sul. É importante para a fauna, pois apresenta potencial para restauração de áreas degradadas (FRANCISCO & GALETTI, 2002), porém, são poucos os estudos sobre esta espécie.

A carência de informações sobre as respostas desta espécie quando submetida ao lodo de esgoto ressalta a importância de conhecer seu comportamento fisiológico. Neste trabalho foram avaliadas as respostas fisiológicas e desenvolvimento inicial de *Ocotea pulchella* submetida ao substrato composto por lodo de esgoto a fim de identificar o nível de tolerância a este biossólido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, nas dependências da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS, no município de Dourados/MS. Para tanto, frutos de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex. (Lauraceae) foram coletados em fragmento de Cerrado *stricto sensu*, localizado nas coordenadas 22°08'16.7"S 55°08'48.5"W. Após beneficiamento manual dos frutos, foram obtidas sementes e submetidas a secagem prévia em bandeja plástica. Duas semanas após a secagem procedeu-se a semeadura em tubetes de polietileno contendo substrato agrícola comercial.

Submetendo as mudas a um processo de rustificação durante três meses. Em seguida as mudas foram transplantadas para o substrato composto de lodo de esgoto.

1. Coleta de lodo e preparo do substrato

O resíduo utilizado foi coletado da Estação de Tratamento de Esgoto Guaxinim, situado no Município de Dourados – Mato Grosso do Sul, pertencente à Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL. Após, a coleta o resíduo foi depositado em camada 3-5 cm, sobre lona plástica por um período de um mês para a cura. O material obtido foi trabalhado com base na metodologia proposta por Sheer et al. (2012), utilizando-se uma betoneira.

O substrato foi constituído por: tratamento 1 – (controle) 100% de substrato agrícola; tratamento 2 - 25% de lodo e 75% de substrato agrícola; tratamento 3 - 50% de lodo e 50% de substrato agrícola; tratamento 4 - 75% de lodo e 25% de substrato agrícola; tratamento 5 - 100% de lodo. Após a mistura, os substratos produzidos foram armazenados em baldes e mantidos em estufa.

2. Respostas fisiológicas

Os dados fisiológicos foram obtidos a partir de leituras não destrutivas tomadas diretamente das folhas adultas e completamente distendidas.

As leituras de condutância estomática foram obtidas com auxílio de um porômetro Delta T, sendo mensuradas por um período de quatro semanas compondo um conjunto de quatro medidas em cada período (matutino e vespertino).

As medidas de clorofila foram realizadas a partir de leituras tomadas de uma folha por muda no período compreendido entre as 8 e 9 horas da manhã, com o auxílio do aparelho Opti-sciences CCM – 200. As leituras foram realizadas pelo período de quatro semanas, totalizando um conjunto de quatro leituras.

3. Crescimento, biomassa e vigor

Após a obtenção dos dados fisiológicos, foram realizadas as análises de crescimento, biomassa e vigor. A taxa de crescimento percentual das plantas foi obtida após a irrigação, para evitar os efeitos de variação de turgor, a partir dos dados individuais de: a) altura – considerada como a distância entre a borda do tubete e o meristema apical, tomada com auxílio de escala em cm, e b) diâmetro do colo - com auxílio de paquímetro digital.

Os dados de massa vegetal constitui os parâmetros de massa seca obtido pela pesagem individual da parte aérea e das raízes das plantas, efetuados com auxílio de balança analítica após secagem prévia em estufa a 70 °C até peso constante. A partir destes foi calculado o índice de qualidade Dickson (IQD) por meio da fórmula descrita por Dickson et al. (1960).

$$IQD = \frac{PMST(g)}{(H/DC) + (PMSPA/PMSR)}$$

Na qual:

IQD = Índice de Qualidade de Dickson;

PMST = peso da massa seca total;

H = altura;

DC = diâmetro do colo;

PMSPA = peso da massa seca da parte aérea;

PMSR = peso da massa seca da raiz.

4. Concentração de macro e micronutrientes

Foi realizada a análise da composição físico-química significativa da matéria seca vegetal a fim de aferir os componentes presentes na planta, por meio de espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) e espectrofotômetro de absorção molecular (EAM), no Laboratório de Análises de Solos, Plantas e Corretivos da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados/MS, seguindo metodologias descritas em AOAC (1980) e Malavolta et al. (1989).

Os valores obtidos a partir das leituras de condutância estomática e clorofila foram ajustados por regressão com o auxílio do programa BioEstat 5.3.

RESULTADOS

Constatou-se que o aumento nas concentrações de lodo de esgoto, de maneira geral, promoveu aumento na condutância estomática (G_s) nas plantas jovens de *Ocotea pulchella*. Também ocorreu diferença entre os períodos matutino e vespertino (FIGURA 1). As médias de G_s foram sempre menores no período vespertino, sendo observada a redução de 9,56% no controle, seguidos de 9,2%, 27,75%, 32,8% e 35,21% para os demais tratamentos.

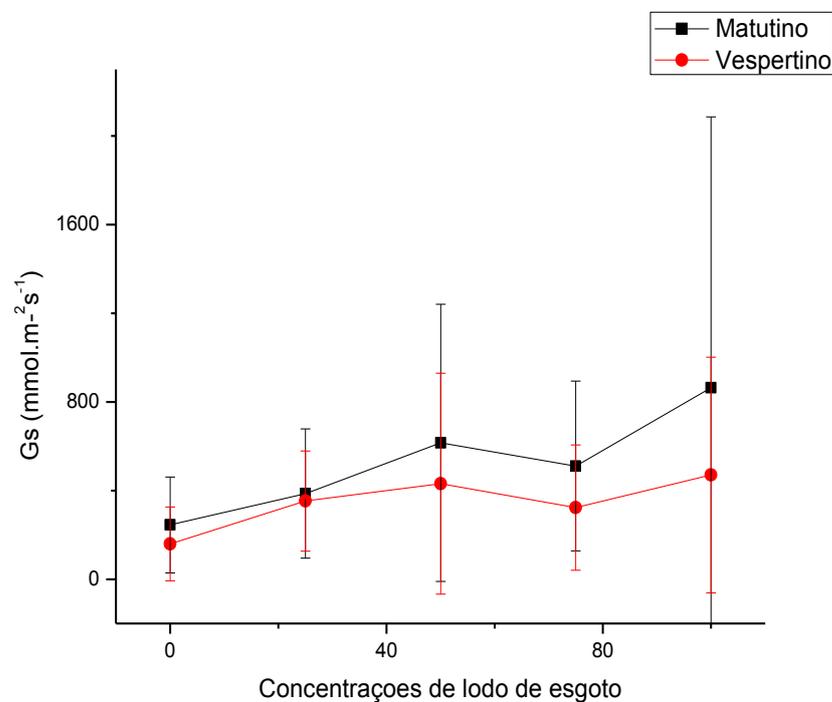


Figura 1 – Condutância estomática em plantas jovens de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex. (Lauraceae) submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

Nos períodos matutino e vespertino ($R^2 = 0,86$ e $0,81$, respectivamente) foi observado ajuste de regressão para G_s e as diferentes concentrações de lodo empregadas, sugerindo que a condutância é diretamente influenciada pelas concentrações de lodo, tendendo a aumentar conforme a dosagem utilizada (FIGURA 2 A-B).

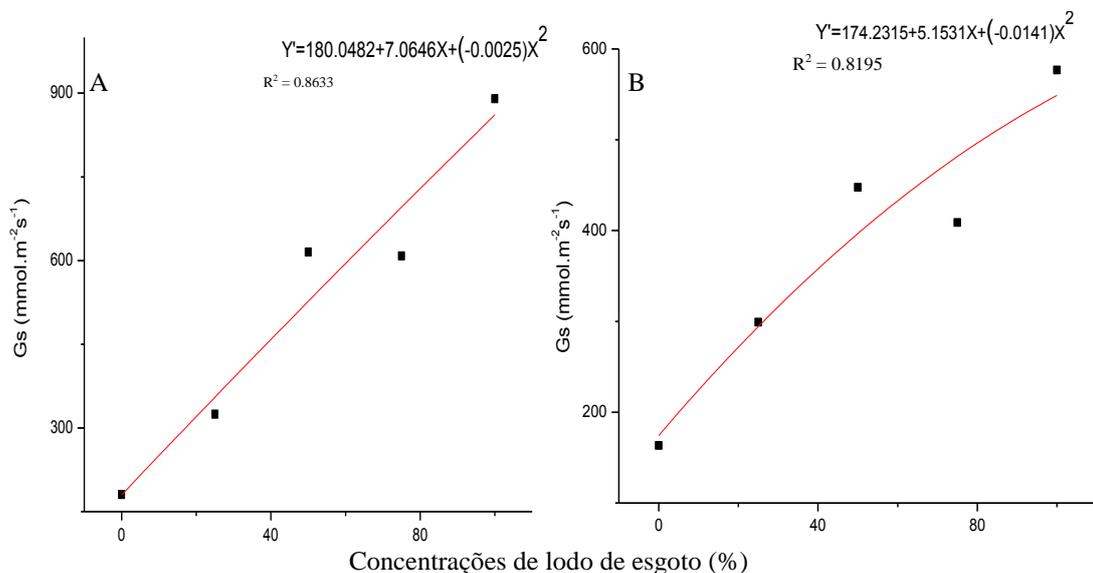


Figura 2 – Condutância estomática em plantas jovens de *Ocotea pulchella* Mart (Lauraceae) nos períodos matutino (A) e vespertino (B), submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

A temperatura foliar (ΔT) também variou ao longo do dia, sendo a máxima no período matutino ($42,3^\circ$) observada na concentração 59,5% de lodo de esgoto. Já no período vespertino, o comportamento de ΔT foi distinto, reduzindo linearmente em relação às concentrações de lodo no substrato (3).

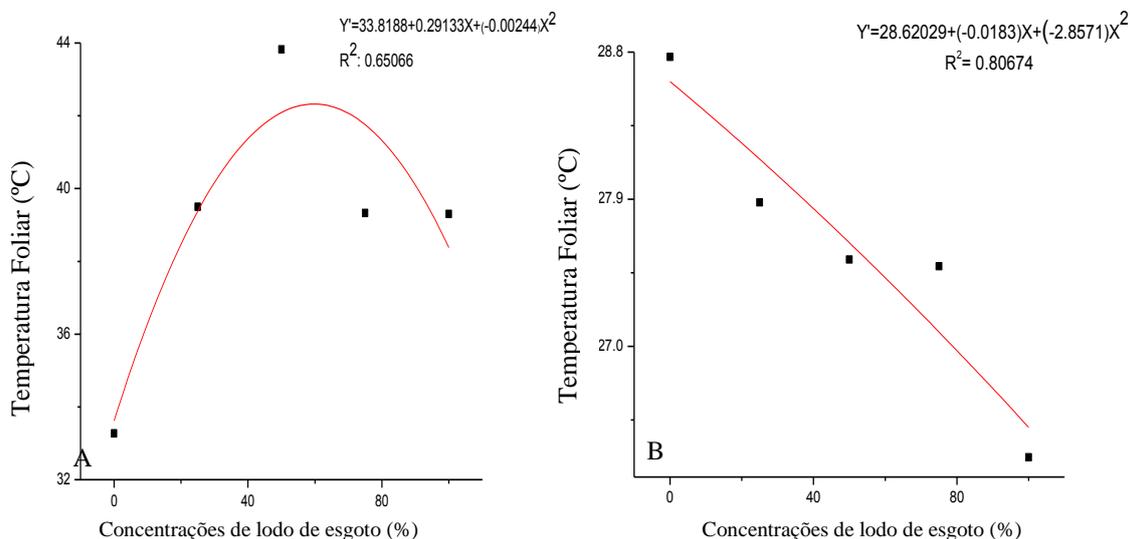


Figura 3- Temperatura foliar de plantas jovens de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex. nos períodos matutino (A) e vespertino (B) submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

Para o índice de concentração de clorofila (ICC) constatou-se diferença significativa entre os tratamentos. Foi observado ajuste quadrático ($R^2 = 0,86$) com valor máximo de ICC 22,33 na dose 54,54 % de biossólido (FIGURA 4).

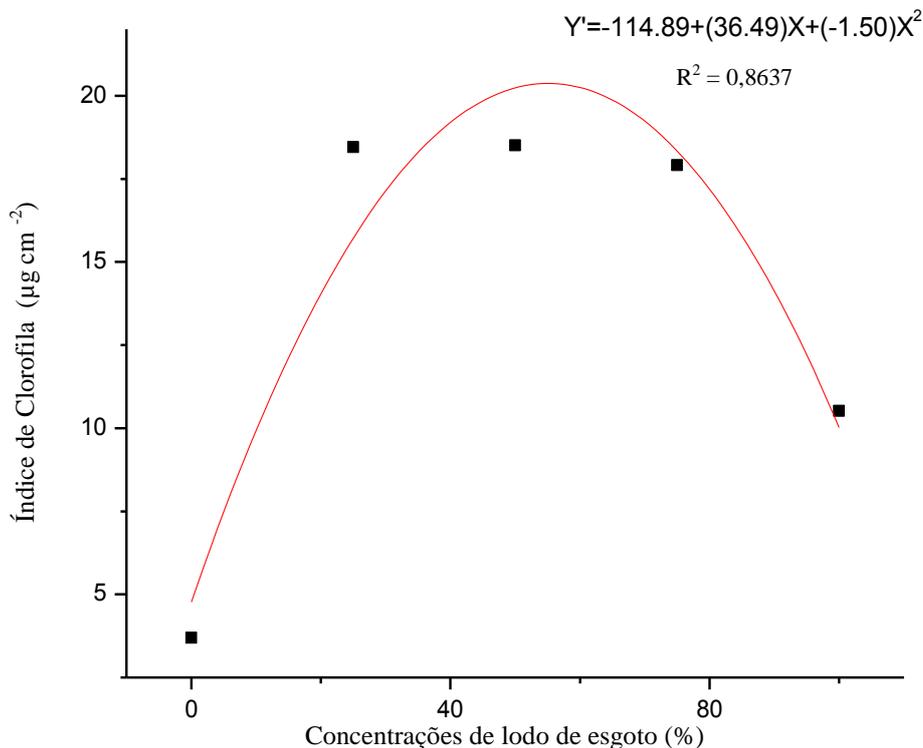


Figura 4 – Índice de concentração de clorofila (CCI) de plantas jovens de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

A análise química de macro e micronutrientes (TABELA 1) mostrou que a maioria dos elementos testados encontram-se em maior disponibilidade na raiz (P, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn), enquanto outros na parte aérea (B, Ca). Nitrogênio, Potássio e Enxofre possuem disponibilidade similar em ambas as porções das plantas. De maneira geral, ocorreu variação nos nutrientes em função das doses de biofóssido empregadas, com destaque para o aumento do N, Ca, S e Zn na raiz e parte aérea; aumento do Cu, Fe e Mn na raiz; e redução do potássio na raiz a partir da dose 25% do biofóssido.

Tabela 1 – Total de macro e micronutrientes em plantas jovens de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex submetidas a diferentes doses de lodo de esgoto.

	Raiz					Parte aérea					Valores
	Controle	25%	50%	75%	100%	Controle	25%	50%	75%	100%	
N	20,2	23,8	26,2	28,3	28,1	9,0	20,2	22,4	26,5	23,7	g/Kg
P	3,0	2,1	2,0	2,0	2,0	0,8	1,4	1,6	1,3	1,2	g/Kg
K	13,0	14,0	9,0	6,5	5,0	11,5	9,0	7,0	11,5	11,5	g/Kg
Ca	1,7	2,6	3,6	3,5	3,4	5,0	6,3	8,5	10,1	9,7	g/Kg
S	2,3	4,0	4,9	3,7	4,7	0,7	1,3	1,8	1,9	2,2	g/Kg
Mg	1,5	2,9	3,7	2,5	2,4	2,0	2,1	2,2	2,4	2,0	g/Kg
Cu	19,3	26,5	26,1	41,0	45,9	7,4	7,1	6,9	9,4	8,7	g/Kg
Fe	593,4	764,8	1261,2	1555,2	1874,5	311,6	251,4	301,0	268,7	257,6	g/Kg
Mn	101,4	283,7	325,6	270,9	236,5	109,1	157,6	194,4	184,1	159,1	mg/Kg
Zn	35,0	346,9	240,4	413,0	286,0	22,8	69,9	58,9	91,4	55,3	mg/Kg
B	54,0	92,0	45,0	42,0	31,0	77,0	75,0	53,0	52,0	41,0	mg/Kg

Embrapa/CPAO. Dourados, MS. 2015.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD) ocorreu ajuste quadrático ($R^2 = 0,84$) com ponto de máxima 2,68 na concentração de 27,27% de lodo de esgoto, dose a partir da qual observou-se a acentuada redução do IQD (FIGURA 5).

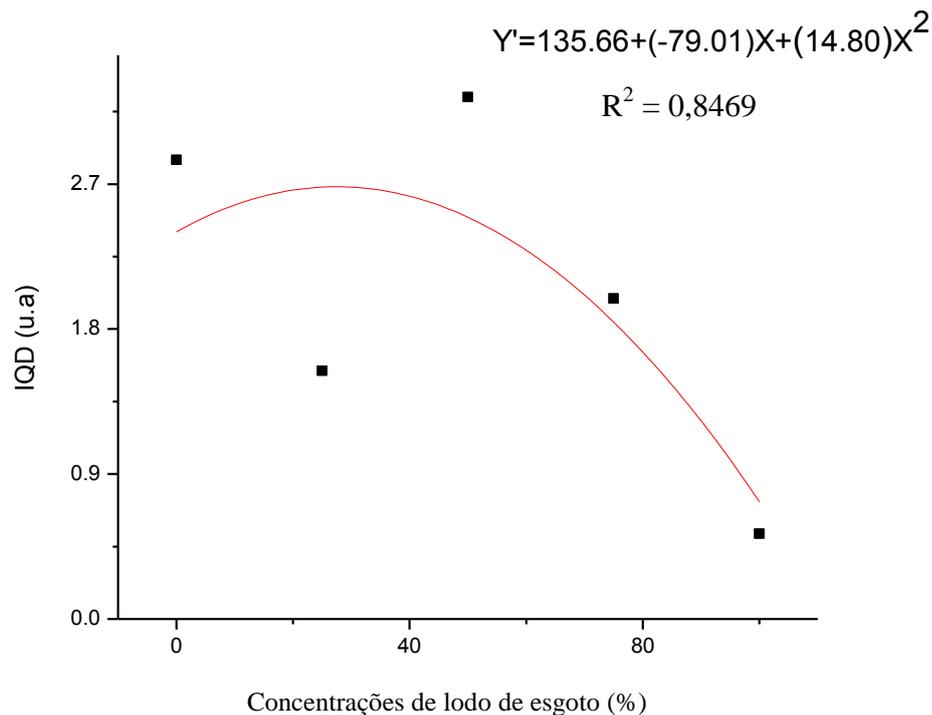


Figura 5 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) para plantas jovens de *Ocotea pulchella* (Ness) Mex submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

DISCUSSÃO

A condutância estomática foi afetada pelas concentrações de lodo de esgoto. Esta variável é intimamente relacionada com as perdas de água por transpiração e às trocas gasosas, de modo que os estômatos tendem a fechar para evitar a perda de água quando submetidas a restrições hídricas ou outros fatores de estresse (LARCHER, 2000), o que pode acarretar em redução nas trocas gasosas e, conseqüentemente, na fotossíntese (DASH et al., 2012). Neste estudo, o fato das concentrações de biossólido empregadas não ter ocasionado o fechamento dos estômatos e sim aumento de G_s nas plantas jovens de *O. pulchella*, sugere que os elementos minerais presentes no lodo não causaram danos osmóticos às plantas. Tais resultados corroboram com os de Severino (2011), que ao

avaliar mudas de bananeira tratadas com resíduos obteve aumento de G_s nas maiores concentrações.

Considerando que o fechamento estomático é uma resposta rápida e comum em plantas sob estresse, os resultados obtidos neste estudo sugerem tolerância de *Ocotea pulchella* ao bio sólido empregado. O efeito tóxico de um elemento na planta está associado à sua função bioquímica bem como sua concentração (HALL, 2002). Apesar do resíduo lodo de ETE apresentar desbalanço nutricional e quantidades significativas de metais e outros compostos potencialmente fitotóxicos (ANTOLÍN et al., 2010), tal fator não foi capaz de ocasionar danos osmóticos, o que foi confirmado pela redução de ΔT , principalmente no período vespertino quando as temperaturas no ambiente são normalmente mais altas. A relação inversamente proporcional entre G_s e ΔT é explicada pela energia absorvida durante a conversão da água líquida nos tecidos do mesófilo foliar para o estado de vapor nas câmaras sub estomáticas (TONELO & TEIXEIRA-FILHO, 2012; KERBAUY, 2008).

A temperatura da folha é parâmetro indicador de estresse, pois, quando a condutância estomática diminui, a folha aquece devido ao desequilíbrio osmótico, de modo que o fechamento estomático acarreta na elevação da temperatura (MARSCHNER et al., 1995).

Outra resposta comum em plantas sob estresse é o amarelecimento das folhas. A clorose em plantas sob estresse está relacionado à redução das clorofilas nas folhas (MIGUEL et al., 2010). Neste estudo, o aumento das concentrações de pigmentos clorofilados (doses 25-50 %), bem como nos teores internos da maioria dos nutrientes, sugerem aumento na produção de clorofilas e absorção de nutrientes e, conseqüentemente, no vigor das plantas.

Por outro lado, os tratamentos que apresentaram menores taxas de pigmento fotossintetizante também apresentaram sintomas como clorose e necrose, acompanhado de perda de vigor. Tal comportamento foi observado no tratamento controle, 75% e 100% de bio sólido na composição do substrato.

No controle, estas respostas ocorrem devido à baixa disponibilidade de nutrientes; já nas altas concentrações de lodo de esgoto, a baixa disponibilidade de nutrientes pode estar associada a relações antagônicas entre elementos. Os metais encontrados no resíduo

causam perturbações nas plantas, competindo com nutrientes essenciais (BERTOZALI et al., 2010; KHAN et al., 2011) ou causando fitotoxicidade (LATIFF et al., 2012).

Neste estudo, o índice de clorofila das plantas de *O. pulchella* sugere, também, a fitotoxicidade quando submetidas às maiores concentrações de lodo de esgoto. Esses resultados são corroborados pelo trabalho de Manisha e Angoorbala (2013), que estudando os efeitos do bioestabilizado em *Trigonella foenumgraecum* constataram que as maiores concentrações geravam menores taxas de clorofila, sugerindo que o efeito fitotóxico seja inibidor da síntese dessa molécula (KHAN et al., 2011).

O manganês em altas doses também causa danos à síntese de clorofila (KHAN et al., 2011; KERBAUY, 2008; TEIXEIRA et al., 2005), ocasionando o efeito contrário em baixas concentrações. Neste estudo, tal elemento foi encontrado em baixa concentração nas folhas de *O. pulchella* no tratamento de 25% e 50% do bioestabilizado, decrescendo nos seguintes, corroborando com os resultados obtidos por Dash (2012) que também obteve maiores porcentagens de pigmentos fotossintetizantes até a concentração intermediária, diminuindo a posteriori.

A absorção de nutrientes é condição fundamental ao desenvolvimento das plantas, sendo o balanço entre a raiz e a parte aérea influenciado pela alocação de recursos, dentre outros fatores (NÓBREGA et al., 2007; MARTINS, 2009).

O nitrogênio pode ter contribuído para acentuar a síntese de clorofila nos tratamentos que continham lodo de esgoto. Por outro lado, as concentrações de Cu no lodo podem contribuir para a redução desta síntese, ocasionando declínio nos tratamentos de 75 e 100% de lodo. Tais resultados corroboram com os estudos de Sodré et al. (2001), que afirmam que altas concentrações desse elemento pode ocasionar efeitos fitotóxicos e interferir na absorção de outros elementos essenciais.

O potássio e o fósforo apresentam papel essencial como regulador osmótico, auxiliando na abertura e fechamento estomático, participando na economia de água e turgescência (SHIMAZAKI et al., 2007; BOURIOUG et al., 2015). Sua concentração pouco variável ou redução nas raízes ou parte aérea das plantas contrasta com os dados de G_s , não permitindo considerações seguras sobre estes elementos. O K atua no controle estomático, afetando diretamente a condutância estomática e CO_2 na câmara subestomática (DECHEN et al., 2007).

O aumento nas concentrações de N está associado ao crescimento vegetativo (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). Por outro lado, o aumento de alguns elementos nas raízes de *O. pulchella*, como por exemplo o Cu, Fe e Mn, podem ser resultado de acumulação em virtude das altas concentrações destes elementos encontradas no biossólido utilizado.

Altos teores de elementos minerais, mesmo nutrientes, podem promover estresse em plantas não adaptadas, como é o caso do Cu para *Allium sativum* L. (MENG et al., 2007), do Fe para *Nicotiana plumbagnifolia* (KAMPFENKEL et al., 1995) e *Eugenia Uniflora* L (JUCOSKI, 2011) ou Mn para *Avena sativa* L. (RIBEIRO et al., 2010). A tolerância de plantas a altas concentrações de minerais sugere a existência de mecanismos de exclusão e ou compartimentalização (TRINDADE et al., 2006)

As altas concentrações de metais como o zinco e o cobre presentes no lodo de ETE, são potencialmente perigosas para o metabolismo vegetal (MISHRA & CHOUDHURI, 1999), principalmente nas raízes, pois interferem na absorção de outros nutrientes. Alguns elementos, por exemplo o Ca, Mg e K, competem pelo mesmo sítio ativo (MALAVOLTA et al., 1997). Essa competição tende a desequilibrar as funções que exigem esses nutrientes para o desenvolvimento eficiente, de modo que quando um elemento está em excesso, tende a inibir a absorção de outro (DIAS & BLANCO, 2010).

Quanto ao Índice de qualidade de Dickson, foi constatado que sob altas concentrações de lodo de esgoto resultaram no declínio desse parâmetro, sugerindo que o resíduo quando muito concentrado passa a apresentar efeitos fitotóxicos. Os vários parâmetros empregados na obtenção deste índice tornam-no um bom indicador de qualidade, vigor e desenvolvimento de mudas (Fonseca et al., 2002).

Khan et al. (2011) ressaltam que a melhoria nos parâmetros fisiológicos e crescimentos estão associados a menores concentrações de resíduos, de modo que a diminuição nos parâmetros estão relacionados ao aumento da concentração do biossólido, fator que está intimamente relacionado com a disponibilidade e concentração de metais (DASH et al., 2012).

CONCLUSÃO

O lodo de esgoto nas concentrações utilizadas afetou a condutância estomática nas plantas jovens de *O. pulchella*, promovendo seu aumento nos períodos matutino e vespertino; a elevação da condutância não esteve associada aos aumentos nos teores de K nas plantas.

Os pigmentos fotossintetizantes são significativamente afetados pelas doses de biossólido empregadas. Por outro lado, o aumento de alguns elementos nas raízes, como por exemplo o Cu, Fe e Mn, podem ser resultado de acumulação em virtude das altas concentrações destes elementos encontradas no lodo de esgoto.

O IQD, parâmetro indicador da qualidade da muda, sugere que as maiores concentrações de lodo de esgoto acarretaram declínio no vigor das plantas, no entanto, os valores obtidos para esta variável reforçam que *O. pulchella* responde bem na concentração de 27,27% de lodo de esgoto.

Os parâmetros utilizados para avaliar a tolerância e o desenvolvimento inicial de *O. pulchella* sugerem que, apesar dos efeitos fitotóxicos decorrentes das concentrações de elementos existentes no lodo de esgoto, a espécie apresenta tolerância a esse biossólido, sugerindo seu potencial emprego na composição de substrato para a produção de mudas dessa espécie nativa.

REFERÊNCIAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16th ed. Washington D.C. 1051, 1995.

ANTOLÍN, C.; MURO, I.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of nodulated alfalfa plants under drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, v. 68, p: 75–82, 2010.

BERTOLAZI, A.A.; VCANTON, G.C.; AZEVEDO, I.G.; CRUZ, Z. M.A.; SOARES, D. NES.; CONCEIÇÃO, J.M.; SANTOS, W.O.; RAMO, A.C. O papel das ectomicorrizas na biorremediação dos metais pesados no solo. *Natureza on line*, v. 8, n. 1, p: 24-31, 2010.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p: 365-372, 2000.

BOURIOUG, M.; ALAOUI-SEHMER, B.; XAVIER LAFFRAY, X.; BENBRAHIM, M.; ALEYA, L.; ALAOUI-SOSSÉ, S. Sewage sludge fertilization in larch seedlings: Effects on trace metal accumulation and growth performance. *Ecological Engineering*, v.77, p: 216–224, 2015.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. Brasília: Embrapa, 2006.

DASH A.K., Impact of Domestic Waste Water on Seed Germination and Physiological parameters of Rice and Wheat. *IJRRAS*, v.12, n. 2, p: 2-5, 2012.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos nutrição de plantas, In: NOVAIS, R.R.; ALAVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). *Fertilidade do solo*, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV, 92-132, 2007.

DELARMELINA, W.M.; CALDEIRA, M.V.W.; FARIA, J.C.T.; GONÇALVES, E.O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *Rev. Agroambiente*, v. 7, p: 184-192, 2013.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais na planta. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza,CE: INCTSal, v. 1, p. 129-141, 2010.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO-JUNIOR, D. S.; SILVA, H. P.; PARREIRAS, N. S.; NEVES, J. M. G. Crescimento inicial de mudas de *Acacia mangium* cultivadas em mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. *Rev. Árvore*, .35,n.1, p:69-76, 2011.

FRANCISCO, M.R.; GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. *Rev. Brasileira de Botânica*, v.25, p: 11-17, 2002.

FONSECA, É. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Rev. Árvore*, v.26, n.4, p: 515-523, 2002.

JUCOSKI, G.O. Toxicidade de ferro e metabolismo antioxidativo em *Eugenia uniflora* L. Dissertação (Mestrado). Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

KAMPFENKEL, K.; MONTAGU, M.V.; INZÉ, D. Effects of Iron Excess on *Nicotiana glauca*. *Plants. Plant Physiol*, v.107, p: 725-735, 1995.

KERBAUY, G.B. *Fisiologia Vegetal*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KHAN, M.G.; DANLE G.L.; KONJI M.; THOMAS A.; EYASU S.S.; AWOKE G. Impact of textile waste water on seed germination and some physiological parameters in pea (*Pisum sativum* L.), Lentil (*Lens esculentum* L.) and gram (*Cicer arietinum* L.), *Asian Journal of Plant Science*, v.10, p: 269-273, 2011

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000.

LATIFF, A.A.A.; KARIM, A.T.A.; AHMAD, S. A.; RIDZUAN, M.B.; HUNG, Y.T. Phytoremediation of Metals in Industrial Sludge by *Cyperus Kyllingia-Rasiga*, *Asystassia Intrusa* and *Scindapsus Pictus* Var *Argyaeus* Plant Species. *International Journal of Integrated Engineering*, v.4, n. 2, p:1-8, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 201, 1997.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. San Diego: Academic Press, 889, 1995.

MENG, Q.; ZOU, J.; ZOU, J.; JIANG, W.; LIU, D. Effect of Cu^{2+} concentration on growth, Antioxidant enzyme activity and malondialdehyde Content in garlic (*Allium sativum* L.). *Acta biologica cracoviensia, Series Botanica*, v. 49, n.1, p: 95–101, 2007.

MANISHA, P.; ANGOORBALA, B. Effect of sewage on Growth Parameters and Chlorophyll content of *Trigonella foenumgraecum* (Methi). *International Research Journal of Environment Sciences*, v. 2, n. 9, p:5-9, 2013.

MARTINS, C.M. Crescimento, nutrientes e teor de vitexina em passifloraceas em função de fontes de adubação nitrogenada. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2009.

MIGUEL, P.S.B.; GOMES, F.T.; ROCHA, W.S.D.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, C.A.; OLIVEIRA, A.V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *Juiz de Fora. CES Rev.*, v. 24, p: 13-19, 2010.

MISHRA, A.; CHOUDHURI, M.A. Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in Rice. *Biologia Plantarum*, v. 43, n. 3, p:409-415, 1999.

NÓBREGA, J.P.R.; DIAS, T.J.; RAPOSO, R.W.C.; ARAÚJO, R.C. Poda de pseudocaule e doses de nitrogênio e boro na produção de mudas de bananeira “Pacovan”. *Semina: Ciência Agrária, Londrina*, v. 31, n.1, p:1205-1218, 2010.

NÓBREGA, R.S.A.;BOAS, R.C.V.; NÓBREGA, J.C.A.; PAULA, A.M.; MOREIRA, F.M.S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *R. Árvore, Viçosa-MG*, v. 31, n. 2,p: 239-246, 2007.

OLIVEIRA, A.D.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 25, n. 1, p: 86-95, 2005.

SEVERINO, D.S.B. Efeito do líquido do pseudocaule da bananeira combinado com solução nutritiva na formação de mudas de bananeira. Dissertação (Mestrado). Fortaleza, Ceará, Universidade Federal do Ceará, 2011.

SHIMAZAKI, K.I. et al. Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology*. Alto Palo, v. 58, p: 219-247, 2007.

SODRÉ, F.F.; LENZI, E. E.; COSTA, A.C.S. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. *Química Nova*, v; 24, p: 324-330, 2001.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; BORGHI, E.; SILVA, L.M.; ROSOLEM, C.A. Resposta de quatro cultivares de feijão ao manganês em solução nutritiva. *Rev. Brasileira Agrocência*, v. 11, p: 235-240, 2005.

RIBEIRO, G.; SILVEIRA, G.; CRESTANI, M.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BARRETA, D.; WOYANN, L.G.; TESSMANN, E. Resposta de constituições genéticas de aveia branca (*Avena sativa* L.) ao manganês sob cultivo hidropônico. *R. Bras. Agrocência*, Pelotas, v. 17, p:204-210, 2011.

TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.P. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. *Bragantia*, v.64, p: 83-88, 2005.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. *Rev. Irriga*, v.17, p:85-101, 2012.

TRINDADE, A.R.; LACERDA, C.F.; FILHO, E.G.; PRISCO, J.T.; BEZERRA, M.A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. *Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 4, p: 804-810, 2006.