



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**EFEITOS DOS RESÍDUOS LODO DE ESGOTO E TORTA  
DE FILTRO SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES,  
EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE *Peltophorum dubium* (SPRENG) TAUB.  
(FABACEAE, CAESALPINOIDE)**

Acadêmica: Vanessa de Mauro Barbosa Freitas

Dourados - MS

Fevereiro, 2015





Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**EFEITOS DOS RESÍDUOS LODO DE ESGOTO E TORTA  
DE FILTRO SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES,  
EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DE *Peltophorum dubium* (SPRENG) TAUB.  
(FABACEAE, CAESALPINOIDE)**

Acadêmica: Vanessa de Mauro Barbosa Freitas

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Etenaldo Felipe Santiago

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Claudia Andrea Lima Cardoso

“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



## FICHA CATALOGRÁFICA

F938e Freitas, Vanessa de Mauro Barbosa  
Efeitos dos resíduos lodo de esgoto e torta de filtro sobre a germinação de sementes, emergência de plântulas e desenvolvimento inicial de *Peltophorum dubium*(Spreng)Taub.(Fabaceae, Caesalpinoide)/Vanessa de Mauro Barbosa Freitas. Dourados,MS: UEMS, 2015.  
69 p.; 30cm.

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

1. Resíduos 2. Germinação de sementes.3.  
Emergência de plântulas. I. Título.

CDD 23.ed.628.445

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

Acadêmica: Vanessa de Mauro Barbosa Freitas  
Orientador: Etenaldo Felipe Santiago  
Co-orientadora: Claudia Andrea Lima Cardoso

APROVADA (20/02/2015)

---

**Prof. Dr. Etenaldo Felipe Santiago**  
(orientador)

---

**Prof. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon**

---

**Prof. Dra. Gláucia Almeida de Moraes**

*“O conhecimento não é para ser guardado a sete chaves e sim para ser compartilhado, dividido, pois conhecimento guardado é igual dinheiro num cofre, perde o valor e não rende nada.”*

Lindomar Batista

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me proporcionado o dom da vida e saúde para o término de mais uma etapa da minha vida;

Aos meus pais Alcides e Maria José, pelo amor, por me darem conselhos, me guiaram por bons caminhos e sempre fizeram de tudo para que eu pudesse estudar e acima de tudo ser feliz;

Aos meus irmãos Alessandro, Cristiane e Fábio por sempre me darem apoio e força para que eu não desistisse e vibrarem com cada conquista minha como se fosse deles;

Ao meu esposo Joaquim, pelo amor, carinho, dedicação, por estar ao meu lado e me dar forças para continuar, por me mostrar que por mais que pareça difícil no final tudo vai dar certo, pela compreensão nos momentos que precisei me dedicar ainda mais, enfim agradeço por estar ao meu lado e ser essa pessoa que me faz tão feliz;

À minha linda e amada filha Izabela, que com seu sorriso meigo me faz ter vontade de seguir em frente firme e forte, sabendo que existe alguém que precisa de mim, um amor inexplicável que me faz ser cada dia melhor e mais forte, agradeço a Deus todos os dias por você existir;

Às minhas cunhadas e cunhado Josileide, Andréa e Rodrigo, por sempre me tratar como se fosse irmã de vocês e assim como meus irmãos, vocês também vibram com minhas conquistas como se fosse de vocês;

Aos meus queridos sobrinhos (as) Luíz Felipe (*in memoriam*), Diogo, Laís, Lorenzo Vitória e Helena por fazer crescer dentro de mim uma forma diferente de amar, de sentir um carinho tão grande como se fossem meus filhos, amo vocês, cada um com seu jeitinho “sapeca” fazem meus dias muito mais felizes;

Ao professor Dr. Etenaldo Felipe Santiago pela orientação durante esses 7 anos de vida acadêmica, agradecer por toda calma e paciência em explicar e explicar de novo todo assunto que tive dificuldades, tudo o que sei sobre Botânica e em especial Fisiologia Vegetal, uma área tão maravilhosa e tão complexa, com certeza devo a você;

À professora Dra. Claudia Andrea Lima Cardoso, pela coorientação e ajuda durante uma das fases mais difíceis do meu trabalho, com certeza sem sua ajuda tudo ficaria bem mais difícil;

Àqueles que sempre estiveram ao meu lado auxiliando, rindo e tomando um cafezinho, muito obrigada, não cito nomes, pois posso esquecer alguém;

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, ao CNPq, CAPES, FUNDECT, pelo uso de instalações e pelos auxílios financeiros;

À Usina São Fernando Açúcar e Álcool e à Sanesul, pela disponibilização dos resíduos para a elaboração deste trabalho;

Enfim, a todos que de alguma forma estiveram comigo até o término dessa etapa, **MUITO OBRIGADA!**

# SUMÁRIO

## **CAPÍTULO 1: Considerações Gerais**

1. Uso de Resíduos para Produção de Mudanças Nativas.....	1
1.1 Lodo de Esgoto.....	2
1.2 Torta de Filtro.....	4
2. Presença de Metais Pesados em Resíduos.....	5
3. <i>Peltophorum dubium</i> .....	7
4. Pigmentos Fotossintéticos: clorofilas a e b e carotenoides.....	8
5. Metabólitos Secundários e Antioxidantes.....	9
6. Referências Bibliográficas.....	11

## **CAPÍTULO 2: Efeito da Aplicação do Lodo de Esgoto na Germinação e Desenvolvimento de Plantas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. Fabaceae (Canafístula)**

RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## **CAPÍTULO 3: Influência de Resíduos na Emergência de Plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. Fabaceae (Canafístula)**

RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO.....	41
MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## RESUMO

Os elevados custos da adubação mineral e a maior preocupação com os problemas gerados pelo acúmulo de resíduos derivados da atividade humana tem sido indutores de pesquisas que busquem alternativas para o uso agrícola de biossólidos. Neste estudo, são discutidos os efeitos de diferentes concentrações de lodo de esgoto e torta de filtro sobre a germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plantas jovens de *Peltophorum dubium*, para tanto, sementes em caixas gerbox mantidas em BOD foram regadas com soluções de lodo de esgoto diluídas em 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 e 10%, obtidas a partir de solução base com a mistura de 1kg do lodo de esgoto hidratado em 2 litros de água (concentração 100%), sendo o controle com água destilada. As plântulas foram transplantadas para viveiro de mudas e o desenvolvimento inicial foi acompanhado. A emergência de plântulas, concentrações de pigmentos, compostos secundários e metais pesados nas plantas também foram avaliados, para tanto, sementes foram colocadas em tubetes contendo substrato agrícola comercial incorporado com lodo de esgoto ou torta de filtro nas proporções: 25, 50, 75 ou 100% de resíduo. O lodo de esgoto em solução embora tenha afetado a frequência relativa, velocidade e tempo médio de germinação de *P. dubium*, não reduziu o percentual germinativo (77-95%), mesmos em altas concentrações do lodo (60-80%), e contribuiu para o aumento do vigor das plantas. Por outro lado, O percentual de emergência das plântulas diferiu com o aumento da concentração de resíduo incorporado ao substrato, para o lodo de esgoto, ocorreu decréscimo de 13,2% na emergência entre o controle e a maior concentração utilizada para a torta de filtro a redução foi de 10,3%. Ocorreu aumento nas concentrações de pigmentos e metabólitos secundários nas plantas em ambos os substratos, com destaque para os compostos fenólicos. Houve relação diretamente proporcional entre as concentrações de resíduo e as concentrações de metais detectados nas plantas, sendo estes valores sempre maiores no lodo de esgoto. O lodo de esgoto mostrou-se promissor para a produção de mudas de *P. dubium*. Novos estudos enfocando os mecanismos de tolerância a metais pesados devem ser executados de modo a avaliar seu potencial uso como fitorremediadora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos, germinação de sementes, emergência de plântulas

## **ABSTRACT**

The high cost of fertilizers and the concern with problems caused by the waste accumulation has been inducers of research that seeks alternatives to the agricultural use of biosolids. In this study, we discuss the effects of different sludge concentration of sewage and sugar cane filter cake on seed germination and initial growth of *Peltophorum dubium* young plants. therefore, seeds in gerboxes were kept in BOD and watered with sludge solutions diluted in 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 and 10%, obtained from basic solution with a mixture of 1 kg of hydrous sewage sludge in 2 liters of water (100% concentration), and the control with distilled water. Seedlings were transplanted into seedling nursery and the early development was accompanied. The seedling emergence, pigment concentrations, secondary compounds and heavy metals in plants were also evaluated, therefore, seeds were placed in polietilene tubes containing commercial substrate embedded with sewage sludge or filter cake in the proportions: 25, 50, 75 or 100% waste. The sewage sludge in solution although it has affected the relative frequency, speed and average germination time of *P. dubium* seeds, it did not reduce the germination percentage (77-95%), even at high sludge concentrations (60-80%), and contributed to the increase of young plant vigor. On the other hand, the seedlings emergence differ when the residue concentration was increased, there was a decrease of 13.2% between the emergency control and the highest concentration of sludge and 10.3% to the filter cake. There was an increase in pigment concentration and secondary metabolites in plants in both substrates, especially for phenolic compounds. There was directly proportional relationship between the residue concentrations and the concentrations of metals detected in plants, which are always higher in the sewage sludge. Sewage sludge showed promise for the production of *P. dubium* seedlings. Further studies focusing on the mechanisms of tolerance to heavy metals must be performed in order to evaluate its potential use as fitoremediation.

**KEY-WORDS:** Residue, germination, seedling emergence

# **CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS**

## **1. Uso de Resíduos para Produção de Mudanças Nativas**

Para a produção de mudas de espécies florestais a serem utilizadas em plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas ou recomposição de florestas, se faz necessário a utilização de alternativas que visem à redução dos custos de manejo dessas espécies no viveiro. Produzir mudas resistentes, mais capacitadas a sobreviver às adversidades encontradas é uma das possíveis opções para minimizar as perdas pós-plantio (TRAZZI et al., 2012).

Existem vários tipos de substratos que podem ser utilizados para produção de mudas de espécies nativas, no entanto, o aumento no emprego de resíduos orgânicos sólidos (biossólidos) para este fim, a despeito de alguns obstáculos técnicos, consiste em prática desejável e ambientalmente sustentável.

De acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, o resíduo sólido é um material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semi sólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente viáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL LEIS, 2010).

Com a elevação dos custos da adubação mineral e a maior conscientização por parte da população do problema gerado pelo acúmulo de resíduos derivados da atividade humana, os resíduos orgânicos produzidos pelas indústrias, pelas cidades, ou pelo meio rural agrícola, passaram a ter maior importância, sendo utilizados na agricultura para melhorar as condições físicas do solo e aumentar sua fertilidade (CAVATTE et al., 2009).

Os biossólidos surgem como uma alternativa para diminuir os custos com a adubação química. Entre os materiais com alto potencial de utilização em viveiros, encontram-se resíduos como o bagaço de cana, as tortas, o lixo e os esgotos urbanos. Esses são materiais, em geral, ricos em sua composição química, sendo capazes de propiciar um bom desenvolvimento às plantas (CUNHA et al., 2005).

São muitos os resíduos orgânicos de origem urbana, industrial e agrícola que podem ser usados na agricultura, sendo exemplos: esterco de bovinos, de aves e de suínos, torta de filtro, torta de mamona, adubos verdes, turfa, lodo de esgoto, resíduos oriundos da fabricação de álcool e açúcar, resíduos do processamento de frutos, compostos orgânicos em geral (MELO et al., 2008).

Em vista da diversidade de material disponível torna-se evidente a necessidade de se verificar experimentalmente, para cada espécie vegetal, qual o substrato ou a melhor mistura de substratos que permita obter mudas de qualidade (SANTOS et al., 2005).

Para a produção de mudas de essências nativas é desejável que o substrato atenda às demandas nutricionais das plantas além de apresentar algumas características básicas como: ser bem drenado, mas reter água nas condições próximas à capacidade de campo, ser leve e de fácil manuseio além de ter baixo custo (SILVA et al., 2011; SCREMIN-DIAS et al., 2006). Destaca-se ainda que a viabilidade para a incorporação de resíduos no substrato, além de atender às premissas anteriores, deve estar disponível em grande quantidade e ser de fácil armazenamento.

### **1.1 Lodo de Esgoto**

O tratamento e disposição final do lodo de esgoto em estações de tratamento, devido a fatores ambientais, econômicos, sociais e jurídicos, consistem em tarefa desafiadora em todo o mundo (PERUZZI et al., 2011).

A construção de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma das etapas importantes para a solução da destinação do esgoto, mas na sua operação são gerados resíduos um dos quais é denominado lodo de esgoto, que necessita de tratamento e disposição final adequada (MARTINS et al., 2003).

O lodo contém elevadas concentrações de contaminantes, dentre eles estão substâncias oriundas da rotina diária, como os derivados de petróleo, medicamentos, materiais para limpeza, etc. (SAITO, 2007).

Os principais patógenos encontrados no lodo são: ovos de helmintos, cistos de protozoários, bactérias e vírus entéricos (LOPES et al., 2005).

Atualmente, devido ao crescimento desordenado da população os sistemas de coleta e tratamento de esgotos aumentaram significativamente, proporcionando maior produção do lodo.

Entre as alternativas mais usuais para a destinação do lodo de ETE, destacam-se: os aterros sanitários, a incineração, a disposição no solo e as lagoas de armazenamento.

Embora seja tratado como um problema o lodo de ETE, assim como outros tipos de resíduos, pode ser reaproveitado. Na prática, o lodo proporciona um produto final adequado para sua utilização (cumprindo requisitos da legislação), com razoáveis investimentos e custos operacionais e de manutenção, sendo considerado um método sustentável de reaproveitamento, tanto do ponto de vista econômico como social (UGGETTI et al., 2011).

Uma das possibilidades para a reutilização do lodo de ETE consiste no seu emprego na compostagem e/ou incorporação ao substrato para a produção vegetal. Guedes (2005) relata que a utilização de dejetos humanos na agricultura para melhorar a fertilidade do solo remonta à China antiga, quando os orientais os utilizavam “in natura” e praticamente sem nenhum tratamento. O caráter mais científico do uso agrícola do lodo de esgoto começou no século XX, sendo que, no exterior, as pesquisas com este resíduo vêm sendo realizadas há muito tempo. Segundo Henry & Cole (1997), nos primeiros anos da década de setenta, muitos aspectos do uso do lodo de esgoto em florestas, tais como técnicas de aplicação, práticas de manejo e operação e monitoramento dos impactos ambientais, foram investigados.

Bettioli et al. (1982) foram os primeiros pesquisadores brasileiros a publicarem sobre a utilização de lodo de esgoto na agricultura. Estudos de Henry et al. (1993) mostraram que a aplicação de lodo de esgoto tratado, em quantidades ambientalmente aceitáveis, resulta em elevadas taxas de resposta de crescimento, tanto para plantios jovens, como para áreas já estabelecidas.

O lodo de esgoto é considerado fonte de nutrientes para as plantas, dos quais se destacam o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), entre outros, bem como outros constituintes orgânicos necessários para o desenvolvimento vegetal (CAICEDO et al., 2014).

Para viabilizar sua utilização, é importante que se reduza ao máximo o teor de água no lodo, porque a massa de água dificulta o manuseio, aumenta o custo de transporte e de disposição final, além de favorecer o desenvolvimento de organismos patogênicos. Sob condições favoráveis, é possível reduzir a umidade do lodo a níveis inferiores a 10%, inviabilizando a sobrevivência de organismos patogênicos (PEDROZA et al., 2006). Para reduzir o teor de água em lodos se distinguem basicamente duas alternativas: (1) desaguamento mecânico ou (2) secagem natural.

A diminuição do volume do lodo de esgoto por meio de desidratação reduz os custos de transportes e disposição final. Além disso, a desidratação como a compostagem, incineração e deposição, é necessária antes de sua utilização (CAICEDO et al., 2014).

Existe grande demanda acerca de estudos sobre a utilização do lodo, visto que os sistemas de produção são favorecidos pelo uso de insumos regionais e de baixo custo (AUGUSTO et al., 2003).

## **1.2 Torta de Filtro**

A agroindústria canavieira foi a primeira atividade econômica organizada do Brasil, sendo um setor tradicional e economicamente importante, ligado aos principais eventos da formação histórica do país, a matéria prima predominante é a cana-de-açúcar. Entretanto, no processamento de extração do caldo da cana para a fabricação de açúcar e etanol são gerados grande quantidade de subprodutos como bagaço, vinhaça e torta de filtro (NASCIMENTO et al., 2013).

De acordo Rossetto & Santiago (2013), a torta de filtro é um subproduto do processamento industrial da cana obtido por meio da filtração do caldo extraído nas moendas no filtro rotativo. É proveniente da filtração mecânica do lodo, restante da decantação do caldo. Ainda segundo estes autores, a torta de filtro tem por proporção de 2,5 a 3,5% do valor por tonelada de cana moída, apresentando em média 70% de umidade.

A torta de filtro pode contribuir com a poluição ambiental, dependendo da forma como é utilizada por apresentar altos valores nutritivos (RAMOS & LUCHIARI JUNIOR, 2013), uma vez que resíduos orgânicos com nutrientes podem eutrofizar rios e lagos.

Sua composição química média apresenta altos teores de matéria orgânica e fósforo, sendo também rica em nitrogênio e cálcio, além de teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes (SANTOS et al., 2011).

O fósforo existente na torta de filtro é orgânico e sua liberação, tal como, também, do nitrogênio, se dá gradativamente por mineralização e por ataque de microorganismos no solo. O cálcio que aparece em grande quantidade é resultado da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento para a fabricação do

açúcar; já o fósforo provém da adição de produtos auxiliares de floculação das impurezas do caldo (SANTOS, et al., 2011).

Segundo Korndörfer & Anderson (1997), a torta de filtro promove alterações significativas nos atributos químicos do solo, tais como aumento na disponibilidade de fósforo, cálcio e nitrogênio, aumento nos teores de carbono orgânico e capacidade de troca de cátions e, ainda, diminuição nos teores de alumínio trocáveis.

A utilização da torta de filtro como fertilizante orgânico após a compostagem é bastante difundida entre os produtores do setor sucroalcooleiro, e seu uso como substrato é bem aceito, em virtude dos resultados satisfatórios na produção de mudas de banana (LEAL et al., 2005); eucalipto (BARROSO et al., 2000; FREITAS et al., 2005), cana-de-açúcar (MORGADO et al., 2000) e goiaba (SCHIAVO & MARTINS, 2002).

A ênfase na pesquisa de diferentes combinações de substratos, que claramente influenciam no desenvolvimento e na sanidade das mudas produzidas deve considerar se tais substratos são acessíveis aos produtores. Embora o equilíbrio nutricional seja desejável, nem sempre é possível conciliar condições ideais com a viabilidade econômica. Portanto, a escolha de um substrato deve considerar os aspectos técnicos, mas também a disponibilidade local do material a ser empregado (CUNHA et al., 2005).

Dos substratos orgânicos alternativos para a produção de mudas a torta de filtro, segundo Arruda et al. (2007), apresenta baixos níveis de escoamento rápido da água de irrigação ou de nebulização, impedindo que as raízes e/ou radículas sejam submetidas à baixa oxigenação.

## **2. Presença de Metais Pesados em Resíduos**

Para a produção de mudas de espécies nativas, além das limitações técnicas do emprego de resíduos, em virtude das alterações nas propriedades físicas do substrato e do desbalanço nutricional, existem ainda os problemas relacionados à presença de contaminantes químicos.

A industrialização e o urbanismo são responsáveis pelo aumento da contaminação dos solos e recursos hídricos, com diferentes substâncias tóxicas que representam um potencial risco para a saúde humana e para a agricultura (AMARI et al., 2014). Os metais pesados constituem um grupo especial de poluentes devido a sua não biodegradabilidade imediata ao longo da cadeia trófica.

O solo contaminado por metais pesados é muito difícil de se restaurar. Os metais pesados presentes no solo podem causar estresse oxidativo nas plantas (DIXIT et al., 2001; ERDEI et al., 2002; GEEBELEN et al., 2002). As espécies reativas de oxigênio são produzidas como resultado do estresse oxidativo inibem a atividade fotossintética e causam danos ao DNA (MACFARLANE, 2003; MALECKA et al., 2001). As plantas tem desenvolvido mecanismos para controlar os efeitos das espécies reativas de oxigênio nos componentes celulares (DEVI & PRASAD, 1998; XIONG, 1997). Isto é geralmente realizado por meio de uma variedade de enzimas antioxidantes, tais como superóxido dismutase, catalases, etc (PATEL & PATRA, 2014).

Dessa forma, a presença de metais pesados no biossólido pode representar uma ameaça para o meio ambiente restringindo, muitas vezes, seu potencial uso como adubo (PENG et al., 2011).

Concentrações extremamente elevadas de metais pesadas é uma das principais restrições para o estabelecimento da vegetação. Para lidar com o excesso de metais no substrato, as plantas desenvolveram estratégias de adaptação (BAKER, 1981).

Por exemplo, o níquel (Ni) embora seja um elemento com importante papel na germinação de sementes (ZONIA et al., 1995), constituinte de inúmeras enzimas (SIRKO & BRODZIK, 2000), quando em excesso, pode afetar vários processos fisiológicos e bioquímicos em plantas resultando em sinais visíveis de toxicidade, tais como a clorose e necrose foliar, culminando no declínio acentuado na produção agrícola (MARSCHNER, 1995; YUSUF et al., 2011).

O Ni pode afetar o transporte de água e nutrientes pelas células das raízes (KEVRESAN et al., 1998; CHEN et al., 2009), diminui o teor de clorofila (ALAM et al., 2007), atividade foliar fotossintética (BOISVERT et al., 2007) lesionando tecidos e reduzindo fortemente a produção de biomassa vegetal (SEREGIN & KOZHEVNIKOVA, 2008; KOPITKE et al., 2007). Sendo que a nível bioquímico, o Ni tem um efeito deletério sobre a função da membrana (BACCOUCH et al., 2001; DEVI & PRASAD, 2004). Nos cloroplastos, afeta a quantidade de carotenoides (WISNIEWSKI & DICKINSON, 2003). Além disso há evidências de que a toxicidade de Ni em plantas está associada ao estresse oxidativo (BOOMINATHAN & DORAN, 2002; GAJEWSKA et al., 2006).

A despeito da sensibilidade de muitas espécies de plantas aos metais pesados, a maioria exclui ou restringem a absorção de metais pelas raízes e/ou sua translocação para a parte aérea. As plantas chamadas de indicadoras refletem a concentração de

metais no solo na parte aérea (coeficiente de concentração de metal parte aérea/solo = 1). Plantas acumuladoras de metal são caracterizadas por capturarem o metal ativo e o translocar até a parte aérea, sendo a quantidade acumulada superior à quantidade encontrada no solo (coeficiente de concentração de metal > 1). Surpreendentemente, algumas plantas possuem a capacidade de acumular quantidades extremamente altas de metais na parte aérea, sendo que essa quantidade pode chegar a ser duas vezes maior do que em plantas sem essa capacidade, plantas com tais características são chamadas de hiperacumuladoras (BRANQUINHO et al., 2007).

Nesse sentido, plantas que apresentam estratégias de captação de metal podem ser usadas como fitorremediadoras ou em restauração ecológica de áreas poluídas, considerando-se ainda que as acumuladoras podem ser usadas como fitoextratoras de tais locais contaminados (WÓJCIK et al., 2014). Por outro lado, plantas suscetíveis podem ser indicadoras valiosas para estimar a biodisponibilidade de metal em relação à avaliação de risco ecológico.

A seleção de plantas para a restauração de áreas degradadas deve ser realizada com cuidado, pois o uso de plantas acumuladoras de quantidades elevadas de metais tóxicos pode levar a introdução desses metais na cadeia trófica por meio do seu consumo por herbívoros (WÓKCIK et al., 2014).

### **3. *Peltophorum dubium***

A canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) é uma leguminosa arbórea nativa, de ampla dispersão geográfica; desempenha papel pioneiro em áreas abertas, capoeiras e matas degradadas (MACHIORI, 1997; CARVALHO, 2003). Carvalho (2003) classifica a espécie como pertencente, no estudo de sucessão, ao grupo das secundárias iniciais. A canafístula é medianamente tolerante ao frio, pode ser usada como árvore ornamental na arborização urbana e cercas divisórias de diversas propriedades (VENTURIN et al., 1999), sua madeira apresenta múltiplos usos, o que justifica *P. dubium* ser também considerada uma espécie em extinção (PEREZ et al., 1998). Devido ao rápido crescimento e rusticidade, é ótima para a composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

Conforme Reitz et al. (1988), *P. dubium* é uma árvore alta de 25 a 35 metros de altura, ramificação dicotômica ascendente, com galhos grossos, geralmente tortuosos, formando copa ampla com folhagem densa de cor verde escura.

Segundo Salvador (1989), a canafístula pertence ao grupo ecológico das espécies acompanhantes ciliares, ou seja, espécie de ocorrência em matas ciliares ou de várzeas em solos úmidos, mas sem excesso de água, e muito frequente em matas de terra firme. Apresenta raízes superficiais, o que limita o seu uso em solos bem drenados (MACHADO et al., 1992).

Quanto aos aspectos fenológicos, com florescimento variável de setembro a março, sendo que o fruto contém de 2 a 3 sementes que permanecem na árvore durante o ano todo (EMBRAPA, 2002). No entanto, quando as sementes são colhidas muito secas a germinação é lenta e irregular, devido à dormência tegumentar que pode ser rompida por meio de escarificação química (MACHADO et al., 1992; CARVALHO, 1994). A semeadura deve ser feita em substrato rico em matéria orgânica (CARVALHO, 1994).

Alguns tratamentos de superação de dormência podem ser utilizados para sementes com dureza tegumentar, como a escarificação com lixa, cortes do tegumento na região oposta à radícula, imersão em ácido sulfúrico concentrado, imersão em água na temperatura ambiente durante 24 h e imersão em água quente, embora esses métodos tenham eficiência diversa, dependendo da espécie e da procedência das sementes (BRASIL, 2009; MARTINS & NAKAGAWA, 2008). Marchiori (1997), analisando a dormência em sementes de *Peltophorum dubium*, afirmou que a dormência, nessa espécie, tem seu lado benéfico, pois permite que as sementes possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo.

#### **4. Pigmentos Fotossintéticos: clorofilas *a* e *b* e carotenóides**

As clorofilas localizam-se nos cloroplastos, sendo esta organela o local que se realiza a fotossíntese, a qual possui duas reações importantes: a *fotoquímica*, nas membranas dos tilacóides e a *bioquímica*, no estroma do cloroplasto. Tais organelas, além das clorofilas, contêm outros pigmentos denominados acessórios, tais como os carotenóides (carotenos e xantofilas) (LARCHER, 2000; GONÇALVES, 2008).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a clorofila “*a*” está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e é considerada como o pigmento principal, sendo os demais pigmentos acessórios. A clorofila “*b*” é encontrada em plantas, algas verdes e algumas bactérias; a clorofila “*c*”, em feófitas e diatomáceas; e a clorofila “*d*”, em algas vermelhas. As clorofilas “*a*” e “*b*” se encontram na natureza, em uma proporção de 3:1, diferindo nos substituintes de carbono.

Conforme Salisbury & Ross (1992), os carotenoides podem ter estrutura pura em hidrocarbonetos (betacaroteno) ou contendo oxigênio (luteína). Apesar de contribuírem com a fotossíntese e aumentarem o espectro de absorção de luz, sua principal função é proteger as clorofilas de danos ocasionados por excesso de energia radiante (SCOPEL et al., 2011). Em estudos com plantas mutantes, sem a biossíntese de carotenoides, constatou-se efeito letal em condições naturais de luminosidade (MIMURO & KATOH, 1991).

A análise do teor de clorofila é utilizada para avaliar o efeito das condições nutricionais do solo, encontrada na correlação positiva entre teor de nutrientes e aumento da concentração dos pigmentos (SOFIATTI et al., 2009). A redução na quantidade de clorofila pode estar relacionada ao efeito negativo da deficiência de nitrogênio sobre a taxa fotossintética (CRUZ et al., 2007).

Os pigmentos foliares podem ser utilizados como parâmetros indicativos de estresse nas plantas, entre os quais, o cultivo em condições de elevada acidez provocada pelo alumínio que prejudica, dependendo da espécie, cultivar, tempo de exposição e concentração desse elemento na solução, a absorção de outros nutrientes constituintes da molécula de clorofila, a formação de outros pigmentos fotossintéticos e, conseqüentemente, o processo de fotossíntese (CODOGNOTTO et al., 2002). Já em plantas submetidas ao estresse salino, os decréscimos na concentração de clorofila podem ser atribuídos ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (SHARMA et al., 1991 apud CAVALCANTE et al., 2009).

Os métodos para quantificação dos pigmentos foliares se dividem em duas etapas, a extração e em seguida a determinação. Para a primeira, são utilizados vários solventes orgânicos, como a acetona, o éter, o dimetilsulfóxido e o metanol (CRUZ et al., 2007); já a determinação é padrão, baseando-se na absorbância de luz pelos pigmentos (ARNON, 1949).

O crescimento e a adaptação das plantas a diferentes ambientes relacionam-se à eficiência reprodutiva, que está associada, entre outros fatores, aos teores de clorofila foliar (ALMEIDA et al., 2004). Os teores de clorofilas e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e à adaptação a diversos ambientes (REGO & POSSAMAI, 2006).

## **5. Metabólitos Secundários e Antioxidantes**

Os compostos fenólicos constituem um dos maiores grupos de metabólitos secundários das plantas com mais de 8000 estruturas até agora conhecidas. Eles são importantes constituintes dos alimentos presentes na maioria dos produtos naturais, principalmente, em frutas e vegetais contribuindo para características como o sabor e a cor (RICE-EVANS et al., 1997).

A estrutura base de todos os compostos fenólicos consiste na presença de um ou mais anéis benzeno hidroxilados.

A estrutura química dos compostos fenólicos é especialmente, adequada para exercer uma ação antioxidante (como dador de  $H^+$  ou elétrons, ou como receptor de radicais livres). Em estudos *in vitro*, muitos compostos fenólicos naturais são melhores antioxidantes que as vitaminas E ou C. A sua capacidade de quelatar metais, especialmente, cobre e ferro, faz com que atuem indiretamente como antioxidantes já que inibem a ação catalisadora dos metais na formação de radicais livres (CONNER & GRISHAM, 1996).

Os flavonóides são um grupo de compostos polifenólicos vastamente distribuído no reino vegetal. Existem mais de 4000 flavonóides quimicamente diferenciáveis, identificados em plantas. Estes compostos de baixo peso molecular são encontrados em frutas, hortaliças, sementes, flores, assim como em vários sumos e bebidas naturais, sendo importantes constituintes da dieta humana (BEECHER, 1999; PETERSON & DWYER, 1998).

Os flavonóides são pigmentos naturais presentes em vegetais que protegem o organismo do dano produzido por agentes oxidantes como os raios UV, a poluição ambiental, substâncias químicas presentes nos alimentos, etc.

Os flavonóides têm uma estrutura geral que possui um esqueleto difenilpropano ( $C_6C_3C_6$ ), isto é, dois anéis benzênicos (denominados anel A e anel B) unidos por um heterociclo que contém um átomo de oxigênio (anel C).

Os flavonóides tal como a maioria dos compostos fenólicos exibem como atividades biológicas, ações antialérgicas (EVERS et al., 2005), antivirais (HARBORN & WILLIAMS, 2000), anti-inflamatórias (PADILLA et al., 2005) e vasodilatadoras (RICE-EVANS, 2004).

A atividade antioxidante dos flavonóides foi atribuída à sua habilidade para doar elétrons.

Diante do exposto, este estudo trata dos principais efeitos do uso dos resíduos lodo de esgoto e torta de filtro sobre a germinação de sementes, emergência e

desenvolvimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium*, enfocando também as concentrações internas de pigmentos, metabólitos secundários e metais nas plantas; afim de contribuir com o conhecimento sobre a aplicabilidade destes resíduos na produção de mudas de espécies florestais nativas.

## **6. Referências Bibliográficas**

ALAM, M. M.; HAYAT, S.; ALI, B.; AHMAD, A. **Effect of 28-homobrassinolide treatment on nickel toxicity in *Brassica juncea***. *Photosynthetica*, v. 45, p. 139–42, 2007.

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. **Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar**. *Ciência Rural*, v.34, n.1, p.83-88, 2004.

AMARI, T.; GHNAYA, T.; DEBEZ, A.; TAAMALI, M.; YOUSSEF, N. B.; LUCCHINI, G.; SACCHI, G. A.; ABDELLY, C. **Comparative Ni tolerance and accumulation potentials between *Mesembryanthemum crystallinum* (halophyte) and *Brassica juncea*: Metal accumulation, nutrient status and photosynthetic activity**. *Journal of Plant Physiology*, v. 171, p. 1634-1644, 2014.

ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Enraizamento de estacas herbáceas de guaranazeiro em diferentes substratos**. *Ciência Agrotécnica*, v.31, n.1, p.236-241, 2007.

ARNON, D. I. **Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris***. *Plant Physiology*, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

AUGUSTO, D. C. C.; GERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. **Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Cróton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba)**. *Revista Árvore*, v. 27, p. 335 - 342, 2003.

BACCOUCH, S.; CHAOUI, A.; EL FERJANI, E. **Nickel toxicity induces oxidative damage in *Zea mays* roots.** Journal Plant Nutrition, v. 24, p. 1085–97, 2001.

BAKER, A. J. M. **Accumulators and excluders — strategies in the response of plants to heavy metals.** Journal Plant Nutrition, v. 3, p. 643–54, 1981.

BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; MORGADO, I. F. **Regeneração de raízes de mudas de eucalipto em recipientes e substratos.** Scientia Agricola, v. 57, n. 2, p. 229-237, 2000.

BEECHER, G. R. **Flavonoids in Foods in Antioxidant Food Supplements in Human Health.** Edited by Packer, L.; Hiramatsu, M.; Yoshikawa, T. Hardbound: Academic press; 1999.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO, B. J. D. C. **Utilização do lodo de esgoto como fertilizante.** O solo, v. 75, n. 1, p. 44-54, 1982.

BOISVERT, S.; JOLY, D.; LECLERC, S.; GOVINDACHARY, S.; HARNOIS, J.; CARPENTIER, R. **Inhibition of the oxygen-evolving complex of photosystem II and depletion of extrinsic polypeptides by nickel.** Biometals, v. 20, p. 879–89, 2007.

BOOMINATHAN, R.; DORAN, P. M. **Ni-induced oxidative stress in roots of the Ni hyper accumulator, *Alyssum bertolonii*.** New Phytologist, v.156, p. 205–15, 2002.

BRANQUINHO C.; SERRANO H. C.; PINTO M. J.; MARTINS-LOUÇÃO M. A. **Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements.** Environ Pollut, v. 146, p. 437–43, 2007.

BRASIL, Lei nº- 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, p. 5, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. **Brasília**, p. 399, 2009.

CAICEDO, P. V.; RAHMAN, K. Z.; KUSCHK, P.; BLUMBERG, M.; PASCHKE, A.; JANZEN, W.; SCHÜÜRMAN, G. **Comparison of heavy metal content in two sludge drying reed beds of different age**. Ecological Engineering, v. 74, p. 48-55, 2014.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Embrapa, p. 640, 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Embrapa Florestas, v.1, p. 1039, 2003.

CAVALCANTE, P. G. S.; FILHO, H. C. L. W.; ENDRES, L.; GONÇALVES, E. R.; VERÍSSIMO, V.; JUNIOR, I. M. S.; DUARTE, W. G.; PEREIRA, L. F. M.; TIBOLA, T.; CRUZ, S. J. S. Teor de clorofila e carotenoides em pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) sob estresse salino. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 9, **Resumos**, 2009.

CAVATTE, P. C.; ZONTA, J. B.; LOPES, J. C.; SOUZA, L. T.; ZONTA, J. H.; CAVATTE, R. P. Q. **Germinação e vigor de sementes de cenoura em solo de mineração de calcário sob diferentes intensidades luminosas e adubações**. Idesia, v. 27, n. 2, 2009.

CHEN, C.; HUANG, D.; LIU, J. **Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects**. Clean Soil Air Water, v. 7, p. 304–13, 2009.

CODOGNOTTO, L. M.; SANTOS, D. M. M.; LEITE, I. C.; MARIN, A.; MADALENA, L. L.; KOBORI, N. N.; BANZATTO, D. A. **Efeito do alumínio nos teores de clorofilas de plântulas de feijão-mungo e labe-labe**. Revista Ecosistema, v. 27, n. 12, 2002.

CONNER, E. M.; GRISHAM, M. B. **Inflammation, Free Radicals, and Antioxidants**. Nutrition, v. 12, p. 274-277, 1996.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA FILHO, L. F. S.; QUEIROZ, D. C. **Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “golden”**. *Ciência Rural*, v. 37, n. 1, p. 64-71, 2007.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. **Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D. C.) Standl.** *Revista Árvore*, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DEVI, S. R.; PRASAD, M. N. V. **Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* (Coontail): a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants.** *Plant Science*. 138, 157–165, 1998.

DEVI, S. R.; PRASAD, M. N. V. Membrane lipid alteration in heavy metal exposed plants. In: Prasad, M. N. V. **Heavy metal stress in plants: from biomolecules to ecosystems.** Narosa Publishing House, p. 127–45, 2004.

DIXIT, V.; PANDEY, V.; SHYAM, R. **Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum*).** *Journal Experimental Botany*, v. 52, p. 1101–1109, 2001.

EMBRAPA, Circular Técnica – **Canafístula**, 2002.

ERDEI, S.; HEGEDUS, A.; HAUPTMANN, G.; SZALAI, J.; HORVATH, G. **Heavy metal induced physiological changes in the antioxidative response system.** *Proceedings of the Seventh Hungarian Congress on Plant Physiology*, p. 89–90, 2002.

EVERS, D. L.; CHAO, C. F.; WANG, X.; ZHANG, Z.; HUONG, S. M.; HUANG, E. S. **Human cytomegalovirus-inhibitory flavonoids: Studies on antiviral activity and mechanism of action.** *Antiviral Research*, v. 68, n. 3, p. 124-134, 2005.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. A. **Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos**. Revista Árvore, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

GAJEWSKA, E.; SKLODOWSKA, M.; SLABA, M.; MAZUR, J. **Effect of nickel on antioxidative enzyme activities, proline and chlorophyll contents in wheat shoots**. Biology Plant, v. 50, p. 653–659, 2006.

GEEBELEN, W.; VANGRONSVELD, J.; ADRIANO, C. D.; VAN POUCKE, C. L.; CLIJSTERS, H. **Effects of Pb-EDTA and EDTA on oxidative stress reactions and mineral uptake in *Phaseolus vulgaris***. Physiology Plant, v. 115, p. 377–384, 2002.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)-Universidade Federal do Alagoas, Rio Largo, 66f., 2008.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 154, 2005.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. **Advances in flavonoid research since 1992**. Phytochemistry, v. 55, p. 481-504, 2000.

HENRY, C. L.; COLE, D. W.; HINCKLEY, T. E.; HARRISON, R. B. **The use of municipal and pulp and paper sludges to increase production in forestry**. Journal of Sustainable Forestry, v. 1, n. 3, p. 41-55, 1993.

HENRY, C. L.; COLE, D. W. **Use of biosolids in the forest: technology, economics and regulations**. Biomass and Bioenergy, v. 13, n. 4/5, p. 269-277, 1997.

KEVRESAN, S.; PETROVIC, N.; POPOVIC, M.; KANDRAC, J. **Effect of heavy metals on nitrate and protein metabolism in sugar beet.** *Biology Plant*, v. 41, p. 235–40, 1998.

KOPITTKE, P. M.; ASHER, C. J.; MENZIES, N. W. **Toxic effects of Ni<sup>2+</sup> on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*).** *Plant Soil*, v. 29, 283–289, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. **Use and impact of sugaralcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil.** *Sugar Azucar*, v.92, p.26-35, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RIMA, p. 531, 2000.

LEAL, P. L.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; SCHIAVO, J. A. **Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.84-87, abr. 2005.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. **Produção de alface com doses de lodo de esgoto.** *Horticultura Brasileira*, v.23, p.143-147, 2005.

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

MACHADO, J. W. B.; ALENCAR, F. O. C. C.; RODRIGUES, M. G. R. **Árvores de Brasília.** Brasília: GDF, Secretaria de Obras e Serviços Públicos, Departamento de Praças e Jardins, 1992.

MACFARLANE, G. R. **Chlorophyll a fluorescence as a potential biomarker of zinc stress in the grey mangrove: *Avicennia marina*.** *Bull. Environmental Contamination and Toxicology*, v. 70, p. 90–96, 2003.

MALECKA, A.; JARMUSZKIEWICZ, W.; TOMASZEWSKA, B. **Antioxidant defense to lead stress in subcellular compartments of pea root cells.** *Acta Biochimica*, v. 48, p. 687–698, 2001.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: UFSM, p. 2000, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London, UK: Academic Press, p. 889, 1995.

MARTINS A. L. C.; BATAGLIA O. C.; CAMARGO O. A.; CANTARELLA, H. **Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário**. Revista Brasileira de Ciência de Solo, v.27, p.563-574, 2003.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. **Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência**. Revista Árvore, v.32, n.6, p.1059-1067, 2008.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. **Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 101-110, 2008.

MIMURO, M.; KATOH, T. **Carotenoids in photosynthesis: absorption, transfer and dissipation of light energy**. Pure & Appl. Chem., v. 63, n. 1, p. 123-130, 1991.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. **Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar**. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.709-712, 2000.

NASCIMENTO, L. S.; NEVES, S. C. E.; CORRÊA, S. A. **Utilização de bagaço de cana e torta de filtro como substrato orgânico para produção de mudas de *Eucalyptus***. Revista Funec Científica – Multidisciplinar, v. 2, n. 4, 2013.

PADILLA, E.; RUIZ, E.; REDONDO, S.; GORDILLO-MOSCOSO, A.; SLOWING, K.; TEJERINA, T. **Relationship between vasodilation capacity and phenolic content of Spanish wines**. European Journal of Pharmacology, v. 517, p. 84-91, 2005.

PATEL, A.; PATRA, D. D. **Phytoextraction capacity of *Pelargonium graveolens* L'Hér. grown on soil amended with tannery sludge – Its effect on the antioxidant activity and oil yield.** Ecological Engineering, v. 74, p. 20-27, 2014.

PEDROZA, E. C. L.; MOREIRA, E. A.; CAVALCANTI, P. F. F.; SOBRINHO, P. A.; ANDREOLI, C. V.; van HAANDEL, A. **Aplicação de leitos para secagem de lodo gerado em estações de tratamento de esgotos.** Alternativas de uso de Resíduos do Saneamento, 2006.

PENG, G.; TIAN, G.; LIU, J.; BAO, Q.; ZANG, L. **Removal of heavy metals from sewage sludge with a combination of bioleaching and electrokinetic remediation technology.** Desalination, v. 271, n. 1–3, p. 100–104, 2011.

PEREZ, S.C.J.G. de A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. **Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (spreng) taubert.** Revista Brasileira de Sementes, v.20, n.1, p. 134-142, 1998.

PERUZZI, E.; MASCIANDARO, G.; MACCI, C.; DONI, S.; RAVELO, S. G. M.; PERUZZI, P.; CECCANTI, B. **Heavy metal fractionation and organic matter stabilization in sewage sludge treatment wetlands.** Ecological Engineering, v. 37, p. 771–778, 2011.

PETERSON, J.; DWYER, J. **Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity.** Nutrition Research, v. 18, p. 1995-2018, 1998.

RAMOS, N.; LUCHIARI JUNIOR, A. Atividade agrícola: impactos ecológicos. **Agência EMBRAPA de informações técnicas**, p. 1, 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT1.html>>. Acesso em 10 dez. 2014.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul.** SUDESUL, Herbário Barbosa Rodrigues, p. 525, 1988.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa.** Boletim de Pesquisa Florestal, Embrapa Florestas, n. 53, p. 179-194, 2006.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA G. **Antioxidant properties of phenolic compounds.** Trends in plant science, v. 2, p. 152-159, 1997.

RICE-EVANS, C. A. **Flavonoids and isoflavones: absorption, metabolism and bioactivity.** Free Radical Biol. Med., v. 36, p. 827-828, 2004.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Adubação: resíduos alternativos. **Agência Embrapa de Informação Técnica**, p. 1, 2013. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_39\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html)>. Acesso em: 10 dez. 2014.

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos,** Embrapa Meio Ambiente - Documentos, p. 35, 2007.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology.** 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992.

SALVADOR, J. L. G. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios.** São Paulo, CESP (Série Divulgação e Informação), p. 15, 1989.

SANTOS, A. C. P.; BALDOTTO, P. V.; MARQUES, P. A. A.; DOMINGUES, W. L.; PEREIRA, H. L. **Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças.** Colloquium Agrarie, v. 1, n. 2, 2005.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. **Qualidade tecnológica da cana de açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SCHIAVO; J.A.; MARTINS, M.A. **Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas Com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em Substrato agro-industrial.** Revista Brasileira Fruticultura, v.24, n.2, p.519-523, 2002.

SCOPEL, W.; BARBOSA, J. Z.; VIEIRA, M. L. **Extração de pigmentos foliares em plantas de canola.** Unoesc & Ciência – ACET, v.2, n.1, p.87-94, 2011.

SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. S. **Manual: Produção de mudas de espécies florestais nativas,** Série – Rede de Sementes do Pantanal, Editora UFMS, p. 59, 2006.

SEREGIN, I. V.; KOZHEVNIKOVA, A. D. **Roles of root and shoot tissues in transport and accumulation of cadmium, lead, nickel, and strontium.** Journal Plant Physiology, v. 55, p. 1–22, 2008.

SILVA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; MENDONÇA, V.; SOARES, F. M. **Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.41, n.2, p. 279-285, 2011.

SIRKO, A.; BRODZIK, R. **Plant ureases: roles and regulation.** Acta Biochim Pol, v. 47, p. 1189–1195, 2000.

SOFIATTI, V.; BRITO, G. G.; SILVA, F. M. O.; BRANDÃO, Z. N.; SILVA, D. M. A.; SILVA, V. N. B. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folhas de algodoeiro por meio do clorofilômetro portátil clorofilog-1030. In: Congresso Brasileiro Do Algodão. Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais.** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 852-858, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. **Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos.** Floresta, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.

UGGETTI, E.; FERRER, I.; MOLIST, J.; GARCÍA, J. **Technical, economic and environmental assessment of sludge treatment wetlands.** *Water Res.*, v. 45, n. 2, p. 573–582, 2011.

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; DO VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. **Adubação mineral do Angico-Amarelo (*Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB.).** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999.

WISNIEWSKI, L.; DICKINSON, N. M. **Toxicity of copper to *Quercus robur* (English Oak) seedlings from a copper-rich soil.** *Environ Exp Bot*, v. 50, p. 99–107, 2003.

WÓJCIK, M.; SUGIER, P.; SIEBIELEC, G. **Metal accumulation strategies in plants spontaneously inhabiting Zn-Pb waste deposits.** *Science of the Total Environment*, v. 487, p. 313-322, 2014.

XIONG, Z. T. **Bioaccumulation and physiological effects of excess lead roadside pioneer species *Sonchus oleraceus*.** *Environ. Pollut.*, v. 97, p. 275–279, 1997.

YUSUF, M.; FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. **Nickel: an overview of uptake, essentiality and toxicity in plants.** *Bull Environ Contam Toxicol*, v. 86, p. 1–17, 2011.

ZONIA, L. E.; STEBBINS, N.E.; POLACCO, J.C. **Essential role of urease in germination of nitrogen-limited *Arabidopsis thaliana* seeds.** *Plant Physiol*, v. 107, p. 1097–1103, 1995.

## **CAPÍTULO 2. EFEITO DA APLICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE *Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB. FABACEAE (CANAFÍSTULA)**

**VANESSA DE MAURO BARBOSA FREITAS<sup>1</sup>, ETENALDO FELIPE SANTIAGO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **DISCENTE DO PROGRAMA DE MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, DOURADOS, MS.**

<sup>2</sup> **DOCENTE DO PROGRAMA DE MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, DOURADOS, MS.**

### **RESUMO**

Diferentes princípios, conceitos e práticas têm sido desenvolvidos visando à redução dos impactos ambientais. Nesse sentido, a busca por alternativas para a reutilização de resíduos é uma prática desejável por reduzir custos e impactos ao meio. Sendo assim, objetivou-se analisar o comportamento germinativo das sementes e desenvolvimento inicial de plantas jovens de *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto em solução. Foram realizados testes germinativos de sementes submetidas ao lodo de esgoto em solução obtida das diluições a partir de solução base constituída pela mistura de 1kg do lodo de esgoto hidratado em 2 litros de água (concentração 100%), o desenvolvimento das plântulas em viveiro também foi avaliado. Embora tenha afetado a frequência germinativa, o lodo não afetou o percentual de sementes germinadas (77-95%), mesmos em altas concentrações do lodo (60-80%), tendo ainda contribuído para o aumento do vigor das plantas. *P. dubium* mostrou ser tolerante ao lodo de esgoto o que sugere a relevância deste resíduo na produção de mudas de espécies arbóreas nativas.

**PALAVRAS – CHAVE:** Substrato alternativo, reutilização, germinação.

## **ABSTRACT**

Different principles, concepts and practices have been developed in order to reduce environmental impacts. In this sense, alternatives to the waste reuse are a desirable practices to reduce costs and impacts. Therefore, this study aimed to analyze the seeds germination and initial development of *Peltophorum dubium* young plants that were submitted to different concentrations solution of sewage sludge. Germination tests were carried out on seeds submitted to sewage sludge solution obtained from dilutions of a base solution formed by mixing 1 kg of hydrous sewage sludge in 2 liters of water (concentration 100%), the development of seedlings in the nursery was also evaluated. Although it affected the germination rate, the sludge did not affect the seeds germination percentage (77-95%), even at high sludge concentrations (60-80%), and contributed to the increase in plant vigor. *P. dubium* proved to be tolerant to sewage sludge which suggests the importance of this residue in the production of seedlings of native tree species.

**KEY-WORDS:** Alternative substrate, reuse, germination.

## **INTRODUÇÃO**

Diferentes princípios, conceitos e práticas têm sido desenvolvidos visando à redução dos impactos ambientais. Dentre as atividades humanas prejudiciais ao meio ambiente, destaca-se a grande quantidade de resíduos gerados diariamente nas estações de tratamento de água e esgoto, problema que tende ao agravamento em vista da crescente urbanização e aumento da população das cidades.

Nesse sentido, a busca por alternativas para a reutilização de resíduos é uma prática desejável por reduzir custos e impactos ao meio.

O lodo de esgoto é o resíduo gerado em estações de tratamento de esgoto – ETE pelo tratamento de águas residuais de origem urbana e industrial; o seu manuseio e disposição final são as fases mais preocupantes do processo. O uso agrícola do lodo de esgoto, como fonte de nutrientes e matéria orgânica, é um método alternativo de disposição final desse resíduo, no qual se podem obter benefícios (SILVA & MIELNICZUK,1998).

A aplicação agrícola do lodo de esgoto tem se tornado cada vez mais atraente, pela presença de nutrientes e matéria orgânica no lodo e pela necessidade de redução de custos na agricultura (SILVA et al., 2002).

O lodo de esgoto pode ser utilizado para substituir, parcial ou totalmente, os fertilizantes minerais, desde que o resíduo atenda aos requisitos necessários quanto à concentração de metais pesados e patógenos (MELO & MARQUES, 2000; SILVA et al., 2002). Outra característica importante do lodo consiste em seu desbalanceamento nutricional, o que impõe limites nas concentrações que podem ser utilizadas (MISHRA & CHOUDHURI, 1999).

A utilização do lodo de esgoto incorporado ao substrato para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas respalda as ações de restauração de cobertura vegetal em áreas degradadas, no entanto, novos desafios devem ser enfrentados. Além dos riscos de contaminação ambiental (BACKES et al., 2009), o uso do lodo como substrato para a produção de mudas nativas esbarra na questão da diversidade genética comum neste grupo de plantas, afetando as respostas às concentrações de lodo empregadas.

As respostas das plantas às concentrações do lodo podem variar dependendo, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento das plantas. Neste sentido, os estudos germinativos e de desenvolvimento inicial podem contribuir no entendimento dos efeitos do emprego deste resíduo, sobretudo aqueles relacionados ao efeito osmótico e a fitotoxicidade.

Durante a germinação, a exposição ao lodo pode afetar não só a germinabilidade das sementes, mas também o vigor das plântulas e plantas jovens, por problemas na absorção de água pós embebição, na fase II da germinação e balanço hídrico das plantas, bem como problemas identificados como dano em membranas celulares (BERTOLAZI et al., 2010) na absorção de nutrientes ou sensibilidade a compostos presentes no lodo, como o alumínio, cádmio, cobre, entre outros (LIMA et al., 2013), afetando o crescimento e ganho de massa das plantas.

O acompanhamento da germinação de sementes é um dos aspectos ecofisiológicos mais estudados; além das características morfológicas, há a preocupação com relação à propagação dessas espécies, pois espécies nativas muitas vezes possuem seu processo germinativo limitado, em razão da dormência das sementes, que pode ser causada por impermeabilidade do tegumento a água e a gases; exigências especiais de luz e temperatura; imaturidade do embrião, e fatores fisiológicos inibitórios (KUCERA

et al., 2005; FINCH-SAVAGE & LEUBNER-METZGER, 2006; THOMPSON & OOI, 2010).

A sensibilidade das sementes à luz é bastante variável de acordo com a espécie, havendo sementes cuja germinação é influenciada positiva ou negativamente pela luz e sementes indiferentes a esse fator, denominadas fotoblásticas positiva, negativa e neutra, respectivamente (SILVA et al., 2002; GUEDES et al., 2010; GUEDES & ALVES, 2011).

No presente trabalho foi utilizado canafístula, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., considerada uma espécie bioindicadora entre espécies nativas para uso em condições consideradas de estresse, como é o caso do emprego do lodo de esgoto, e também por sua alta germinação e rusticidade (CRUZ et al., 2011). Caracteriza-se como planta decídua, heliófita, pioneira, comum da floresta latifoliada semidecídua da bacia do Paraná. Ocorre preferencialmente em solos argilosos úmidos e profundos de beiras de rios, tanto na floresta primária densa como em formações secundárias. Apresenta dispersão ampla e abundante, com alto índice de germinação (superior a 80%). Como planta rústica e de rápido crescimento, é muito utilizada em reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998).

Sendo assim, objetivou-se analisar o comportamento germinativo das sementes e desenvolvimento inicial de plantas jovens de *P. dubium* submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto em solução e diferentes condições luminosas como forma de ampliar o conhecimento sobre o emprego deste resíduo na produção de plantas nativas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ecologia LE-CInAM da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS). Para tanto, os frutos de canafístula (*Peltophorum dubium*) foram coletados de doze matrizes localizadas no município de Dourados – MS. A coleta foi efetuada com o auxílio de tesoura de poda alta, após a qual realizou-se o beneficiamento manual dos frutos para a obtenção das sementes, sendo estas armazenadas em sacos de papel e mantidas refrigeradas até o início do experimento.

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Guaxinim, localizado na cidade de Dourados – MS, sendo foi transportado até

o local de estudos em tambores plásticos devidamente tampados. O lodo foi depositado sobre lona plástica para a secagem por pelo menos 30 dias em estufa de cultivo de plantas com cobertura de filme de PVC transparente.

O delineamento experimental consistiu em um Delineamento Inteiramente Casualizado constituído de onze tratamentos (concentrações de lodo de esgoto) e duas condições de luz (claro e escuro).

Para a execução dos testes germinativos, as sementes foram escarificadas em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) P.A durante 15 minutos. Cada tratamento foi constituído por um total de 100 sementes, sendo divididas em 4 caixas gerbox (repetições) contendo 25 sementes cada caixa. O experimento foi montado da mesma forma no claro, em caixas gerbox transparentes (com incidência de luz) e no escuro, em caixas gerbox pretas (sem a incidência de luz). Cada caixa foi forrada com duas folhas de papel filtro a fim de manter a umidade das sementes.

Para cada condição luminosa o experimento foi realizado com o controle, no qual utilizou-se apenas água destilada, e dez soluções formadas a partir de uma solução base obtida com a mistura de 1kg do lodo hidratado em 2 litros de água, o material foi homogeneizado, em frasco de vidro, posteriormente vedado, revestido por filme de papel alumínio e mantido durante uma semana em câmara B.O.D. com temperatura constante a 25°C. Para o preparo das soluções dos tratamentos, o material da solução de base foi novamente homogeneizado e filtrado sendo obtida assim a solução de concentração 100%. A partir desta, preparou-se as soluções diluídas em água destilada em 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 e 10% de lodo de esgoto.

Foram aplicados nas caixas de germinação 5ml, a cada 2 dias, do controle e das soluções dos demais tratamentos, sendo os dados germinativos acompanhados diariamente por um período de 30 dias. Para a contagem das sementes da condição escuro, utilizou-se uma câmara escura com luz verde de segurança, sendo considerada germinada aquela semente que apresentou o início do desenvolvimento da raiz primária. Foram amostrados os dados de frequência relativa, porcentagem, velocidade e tempo médio da germinação das sementes e o efeito da luz sob a mesma.

Após o termino do experimento germinativo, as plântulas foram transferidas para o viveiro de mudas com cobertura sombrite 70%, sendo acondicionadas em tubetes contendo substrato agrícola Bioplant<sup>®</sup> não havendo, portanto, exposição à solução de lodo nesta fase. Após dois meses, as plantas jovens obtidas foram submetidas à análise de crescimento por meio da mensuração da altura considerada como a distância

compreendida entre a borda do tubete e o meristema apical com auxílio de régua, diâmetro do colo com auxílio de paquímetro digital.

Para obtenção da biomassa, decorridos 60 dias após o transplântio separou-se a parte aérea e subterrânea na região do colo das plantas, após pesagem com auxílio de balança digital de precisão obteve-se a massa fresca. Para obtenção da massa seca o material foi mantido em estufa de esterilização e secagem a 70°C até o peso constante.

Com os dados de crescimento foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960), segundo a fórmula:

$$IQD = \frac{mst}{alt/diam} + \frac{mspa}{msr}$$

Na qual:

mst: massa seca total (g)

alt: altura (cm)

diam: diâmetro do colo (mm)

mSPA: massa seca parte aérea (g)

msr: massa seca raiz (g)

Para a análise dos dados germinativos e de crescimento, os mesmos foram submetidos à análise de variância ANOVA e, quando detectada diferença entre as médias, esta foi comparada pelo teste de Tukey. Para os dados que não apresentaram homogeneidade entre as variâncias foi utilizado Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn, com auxílio do programa Bioestat 5.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quanto aos dados de frequência germinativa (Figura 1, A e B), percebe-se que a germinação de *P. dubium* (Canafístula) está concentrada, em geral, no 4º dia tanto na condição claro (Figura 1. A) quanto na condição escuro (Figura 1. B). Com relação ao comportamento das curvas, nota-se uma tendência a ser unimodal na condição claro e polimodal na condição escuro.

O acréscimo de lodo de esgoto em solução na germinação de sementes afetou a frequência, de início aumentando a intensidade e a partir da concentração 60% nota-se uma redução dessa intensidade, sendo que na condição claro esta é mais evidente.

O percentual germinativo acumulado (Figura 1. C e D) de todos os tratamentos

nas diferentes condições de luz foi considerado alto, sendo em torno de 90% tanto no claro como no escuro. No entanto, o comportamento da curva de porcentagem é diferente, sendo que a concentração 60% é aquela a partir da qual as diferenças tornam-se evidentes, tanto na condição claro (Figura 1. C) quanto na condição escuro (Figura 1. D).

Com exceção do percentual germinativo médio, o acréscimo de lodo de esgoto afetou significativamente a velocidade e o tempo médio de germinação das sementes de *P. dubium*, tanto na condição claro (Tabela 1), como na condição escuro (Tabela 2). Percebe-se que a partir da concentração 50%, houve uma diferença na velocidade, diminuindo-a, e aumentando o tempo médio germinativo tanto no claro como no escuro.

Para as características de desenvolvimento das plantas (Tabela 3), verificou-se uma significativa diminuição da altura com o aumento da concentração de lodo ( $p < 0,0001$ ). Já com relação aos parâmetros de diâmetro do colo e medidas de biomassa, embora haja diferença significativa, não seguiram uma sequência de queda ou de aumento.

Percebe-se que embora tenha ocorrido uma queda significativa no tamanho das plantas, a biomassa vegetal continuou a mesma (Tabela 3). Este fato sugere que o lodo pode ter afetado o alongamento celular, mas não necessariamente a divisão e diferenciação celular, e conseqüentemente o ganho em massa.

A tolerância ao lodo é uma característica que pode variar entre as espécies. Pode estar associada à eficiência dos mecanismos de tolerância a metais pesados tais como exclusão. No caso de *P. dubium* destaca-se a tolerância ainda na fase germinativa, que requer das plântulas contornar tanto os problemas osmóticos derivados do aumento nas concentrações das soluções, quanto os efeitos fitotóxicos devido à composição e concentração química do lodo.

Souto et al. (2005) estudando o efeito das formas de aplicação do lodo de esgoto na produção de fitomassa seca da parte aérea e acúmulo de macronutrientes pelas plantas de mamona, observaram aumento nesta variável em respostas ao aumento nas concentrações. Entretanto, Araújo et al. (2005) notaram decréscimos significativos na produção de fitomassa seca de plântulas de soja e trigo em solos tratados com doses de lodo de esgoto.

Pal & Bhattacharyya (2003), ao compararem o efeito da adição de lodo de esgoto sob as culturas do trigo, arroz e abobrinha, observaram que o trigo foi o mais

sensível, seguido do arroz e, logo após, da abobrinha, em termos de crescimento radicular e aéreo.

O peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido por diferentes autores como sendo um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (GOMES, 2001).

A altura da parte aérea fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas, apesar de que esse parâmetro pode ser influenciado por algumas práticas que são adotadas nos viveiros florestais (GOMES, 2001).

O diâmetro do colo é facilmente mensurável, além de não destrutivo, sendo considerado por muitos pesquisadores um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES, 2001). Quanto maior for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem na área de plantio definitivo.

Com relação ao Índice de Qualidade de Dickson, é perceptível um aumento significativo nos valores conforme se aumentam as concentrações de lodo (Figura 2). Os dados sugerem alta tolerância de *P. dubium* às altas concentrações do lodo.

Os sintomas de toxidez do Zn, de maneira geral, são caracterizados por redução no crescimento e clorose de folhas (SOARES et al., 2001). As plantas apresentam concentrações tóxicas de Zn distintas em função da espécie (NATALE et al., 2002).

O cobre em pequenas quantidades participa como catalisador de reações bioquímicas, no metabolismo de carboidratos, do nitrogênio, na síntese de clorofila e na constituição de proteínas das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004). Porém, em elevadas concentrações pode proporcionar efeitos tóxicos contribuindo negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas e causar a deficiência de outros nutrientes essenciais por meio de interações antagônicas (SODRÉ et al. 2001).

Embora não seja essencial ao desenvolvimento vegetal, o cádmio é facilmente absorvido e translocado nas plantas (MACEDO & MORRIL, 2008) podendo influenciar na nutrição mineral provocando clorose, necrose foliar e da raiz e uma diminuição geral no crescimento (RIVERA-BACERRIL et al., 2002). Nas plantas, o cádmio substitui o zinco em diversas metaloenzimas alterando sua atividade, promove a expansão de camadas de fosfolipídeos e desacopla a fosforilação oxidativa; inibe a fotossíntese, gera

distúrbios respiratórios e na fixação de CO<sub>2</sub>, altera a permeabilidade das membranas celulares, entre outros efeitos (MACEDO & MORRIL, 2008).

Em elevadas concentrações o manganês pode ser tóxico para a planta limitando o seu desenvolvimento. Este elemento não afeta diretamente as raízes, mas indiretamente, mediante dano provocado na parte aérea. Entre os sintomas de toxicidade, os quais são mais pronunciados nas folhas, estão clorose marginal e franzimento das folhas, clorose nas folhas mais jovens semelhante à deficiência de ferro e manchas necróticas principalmente nas folhas mais velhas. Apenas em situações severas de toxicidade as raízes tornam-se de coloração castanha (SORATTO et al., 2005).

A ocorrência de toxicidade nas plantas por cromo é rara, provavelmente por apresentar baixa mobilidade e restrito movimento através da membrana celular (CASTLHOS et al., 2001). A presença de quantidades prejudiciais para as plantas podem resultar em danos como clorose, redução de crescimento foliar e radicular e morte (MERTZ, 1969).

A fitotoxicidade do Ni é resultado de sua ação no fotossistema, causando distúrbios no ciclo de Calvin e inibição do transporte elétrico por causa das quantidades excessivas de ATP e NADPH acumuladas pela ineficiência das reações de escuro (KRUPA et al., 1993). Os sintomas de toxidez de Ni não estão bem definidos para os estádios iniciais de toxicidade, porém nos estádios moderados e agudos, a toxidez produz clorose, geralmente semelhante aos sintomas de deficiência de Fe (BERTON et al., 2006).

Os sintomas de toxidez por ferro podem apresentar-se de duas formas: direta e indireta. A toxidez direta, que está relacionada com a absorção excessiva de Fe<sup>2+</sup> e sua translocação para as folhas, gerando sintomas como o bronzeamento, amarelecimento e necrose foliar (MENGEL & KIRKBY, 1982). A toxidez indireta é resultado da limitação à absorção pelas plantas de diversos nutrientes, como cálcio, magnésio, potássio, fósforo e do próprio ferro (TANAKA et al., 1996).

De maneira geral, os efeitos tóxicos do chumbo nas plantas são caracterizados por inibição da atividade fotossintética e mitose, redução da absorção de água e, como observado para outros metais pesados, a toxicidade por chumbo desencadeia danos no sistema radicular e provoca efeitos secundários na absorção e transporte de outros elementos (KABATA-PENDIAS, 2010).

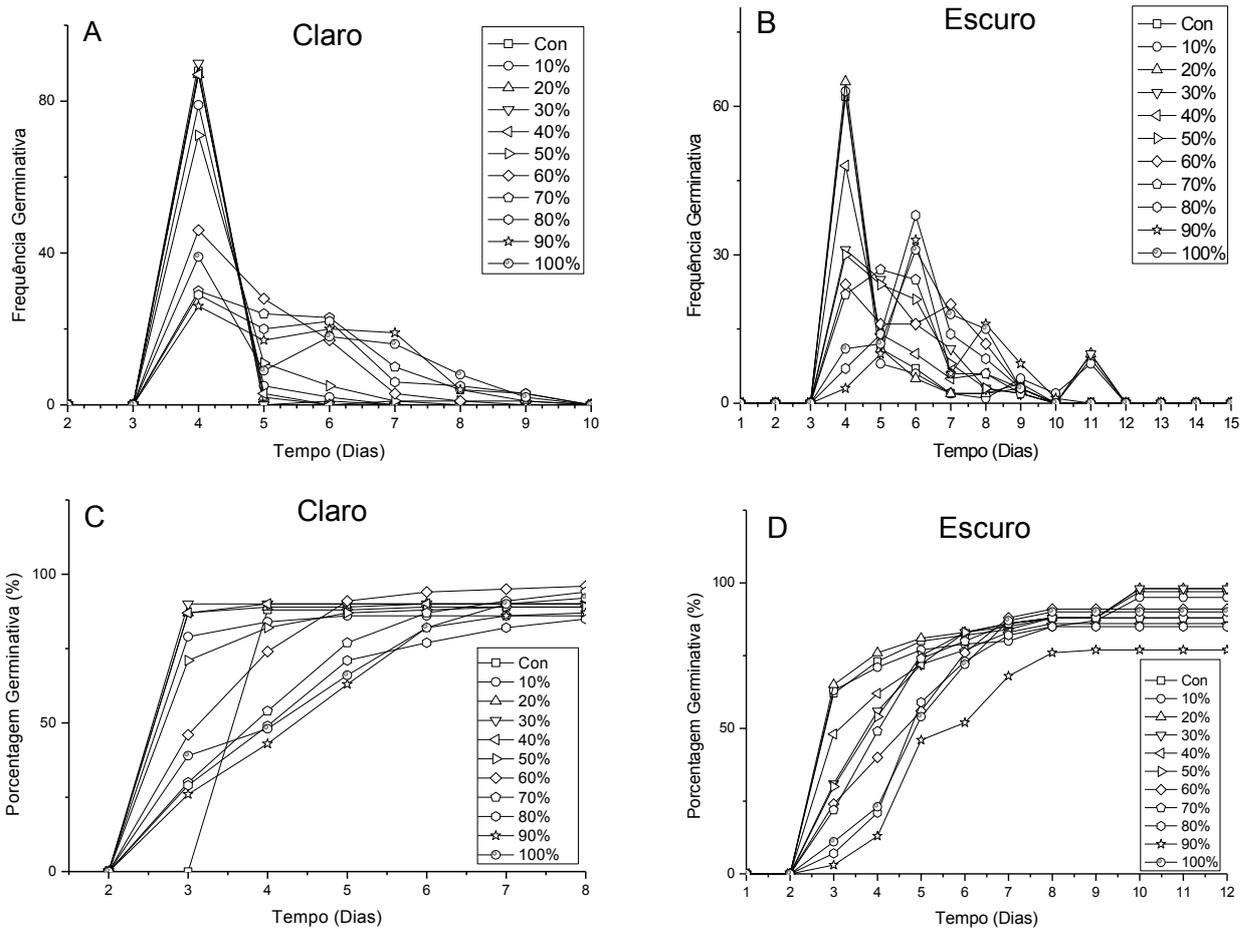


Figura 1. Frequência (A e B) e Germinação (C e D) de sementes de *P. dubium* (Canafístula), em diferentes condições de luz e submetidas a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

Tabela 1. Porcentagem germinativa média (por placa de 25 sementes), Velocidade Média e Tempo Médio de germinação de *P. dubium* (Canafístula), na condição “Claro” em diferentes concentrações de lodo de esgoto.

<b>Claro</b>				
<b>Concentração de Lodo de Esgoto (%)</b>	<b>Porcentagem Germinativa Média (%)</b>	<b>Velocidade Média (dias)</b>	<b>Tempo Médio (dias)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Cont. (0%)</b>	22,25 a	0,244a	4,152a	2,986
<b>10%</b>	21,5 a	0,226a	4,430ab	1,291
<b>20%</b>	22,5 a	0,236a	4,269ab	2,645
<b>30%</b>	22,5a	0,250a	4,001ab	0,577
<b>40%</b>	22,5a	0,241a	4,135ab	0,577
<b>50%</b>	22,25a	0,190ab	5,277ab	1,5
<b>60%</b>	23,75a	0,133b	7,553ab	2,5
<b>70%</b>	23,25a	0,104b	9,671ab	2,362
<b>80%</b>	21,25a	0,105b	9,630ab	2,753
<b>90%</b>	21,5a	0,099b	10,678ab	5,567
<b>100%</b>	23a	0,101b	10,155b	4,082

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si\*

Tabela 2. Porcentagem germinativa média (por placa de 25 sementes), Velocidade Média e Tempo Médio de germinação de *P. dubium* (Canafístula), na condição “Escuro” e em diferentes concentrações de lodo de esgoto.

<b>Escuro</b>				
<b>Concentração de Lodo de Esgoto (%)</b>	<b>Porcentagem Germinativa Média (%)</b>	<b>Velocidade Média (dias)</b>	<b>Tempo Médio (dias)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Cont. (0%)</b>	21,5a	0,149a	6,863a	3,316
<b>10%</b>	23,75a	0,108a	9,206ab	1,5
<b>20%</b>	23,5a	0,112a	9,032ab	2,380
<b>30%</b>	23,5a	0,087ab	11,609ab	2,380
<b>40%</b>	21a	0,122a	8,388ab	3,464
<b>50%</b>	22a	0,110a	9,322ab	3,829
<b>60%</b>	22,75a	0,086ab	11,554ab	1,5
<b>70%</b>	22a	0,101ab	9,914ab	1,825
<b>80%</b>	20,75a	0,079ab	13,370b	4,787
<b>90%</b>	19,25a	0,068ab	16,086b	6,020
<b>100%</b>	22,5a	0,076ab	13,236b	3,109

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si\*

Tabela 3. Médias de altura, diâmetro do colo e biomassa de plantas jovens de *P. dubium* (Canafístula), submetidas, durante a embebição, a diferentes concentrações de lodo de esgoto.

Concentração de Lodo de Esgoto (%)	Altura (cm)	Diâmetro do Colo (mm)	Peso Fresco Aéreo (kg)	Peso Fresco Raiz (kg)	Peso Seco Aéreo (kg)	Peso Seco Raiz (kg)
Cont. (0%)	8,74a	2,44a	0,971a	0,891a	0,763a	0,809a
10%	8,49ab	2,18ab	0,952a	0,760ab	0,602b	0,592ab
20%	7,96ab	2,24a	0,902a	1,021a	0,547b	0,762a
30%	7,54b	2,05abc	0,753ab	0,922a	0,424bc	0,712a
40%	7,95ab	1,87bc	0,873a	0,712ab	0,551b	0,555ab
50%	7,89ab	1,89bc	0,885a	0,655b	0,588ab	0,512ab
60%	5,96c	2,17ab	1,016a	1,112a	0,695a	0,947a
70%	5,78cd	2,17ab	0,962a	1,052a	0,765a	0,941a
80%	5,27cd	2,12ab	0,859a	0,998a	0,710a	0,895a
90%	4,96d	2,06abc	0,779ab	0,921a	0,600abc	0,807a
100%	5,56cd	1,97b	0,838ab	0,916a	0,608ab	0,742a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si\*

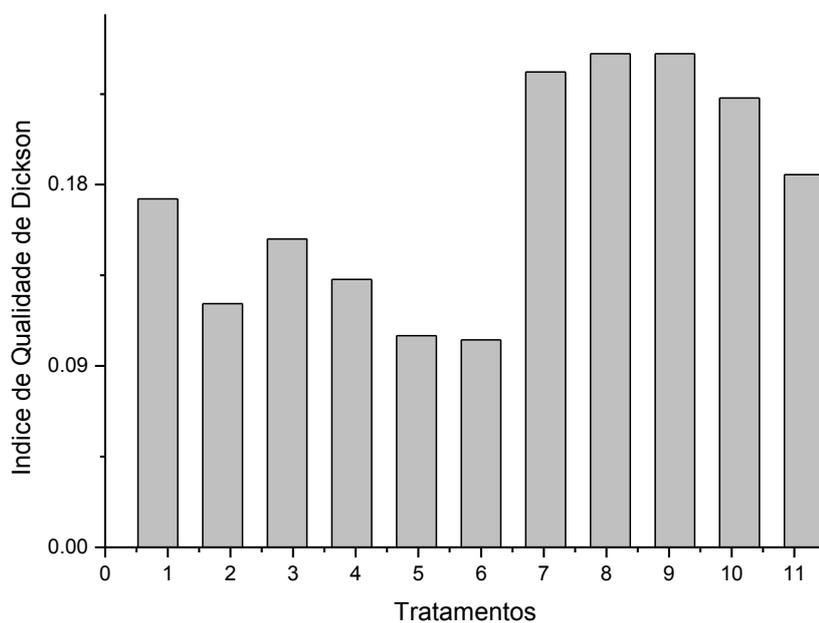


Figura 2. Índice de Qualidade de Dickson de plantas jovens de *P. dubium* (Canafístula), submetidas, a diferentes concentrações de lodo de esgoto, no qual: 1- Controle, 2-10%, 3-20%, 4-30%, 5-40%, 6-50%, 7-60%, 8-70%, 9-80%, 10-90% e 11-100%.

## CONCLUSÕES

O lodo de esgoto em solução embora tenha afetado a frequência relativa, velocidade e tempo médio de germinação de *P. dubium* (Canafístula), não reduziu o percentual de sementes germinadas. O que é importante para produção de mudas desta espécie, uma vez que é possível manter altos percentuais germinativos mesmo em altas concentrações.

A condição de luz associada ao lodo de esgoto não restringiram a germinação das sementes, no entanto, houve modificação na distribuição da germinação relacionada ao regime de luz. Logo, este fator não afeta a produção de mudas dessa espécie.

Os parâmetros de crescimento sugerem que apesar de terem sido encontradas diferenças significativas, estas, exceto altura, não afetaram o desenvolvimento das mudas, sendo compatíveis com os esperados para a produção.

O Índice de Qualidade de Dickson confirmou que é favorável o uso de lodo de ETE na germinação de sementes para posterior produção de mudas, mostrando uma tolerância de *P. dubium* à altas concentrações (60-80%) do resíduo em solução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F. de; MONTEIRO, R.T.R.; CARDOSO, P.F. **Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 6, p. 549-554, 2005.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; FERNANDES, D. M.; GODOY, L. J. G.; KIIHL, T. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. **Efeito do lodo de esgoto e nitrogênio na nutrição e desenvolvimento inicial da mamoneira**. Bioscience Journal, v. 25, n. 1, p. 90-98, 2009.

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

BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A.L.; ABREU, C. A.; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. **Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1305-1312, 2006.

CASTILHOS, D. D.; GUADAGNIN, C.A.; SILVA, M. D.; LEITZKE, V. W.; FERREIRA, L. H.; NUNES, M. C. **Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja.** Revista Brasileira de Agrociência, v. 7 n. 2, p. 121-124, 2001.

CRUZ C. A. F.; PAIVA H. N.; CUNHA A. C. M. C. M.; NEVES J. C. L. **Macronutrientes na produção de mudas de Canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da Zona da Mata, MG.** Ciência Florestal, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries.** Forestry Chronicle, v. 36, p. 10-13, 1960.

FINCH-SAVAGE, W. & LEUBNER-METZGER, W. **Seed dormancy and the control of germination.** New Phytologist, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; BRAGA, J. M. J. R.; VIANA, J. S.; COLARES, P. N. Q. **Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith.** Revista Árvore, v. 34, n. 1, p. 57-64, 2010.

GUEDES, R. S. & ALVES, E. U. **Substratos e temperaturas para o teste de germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* (O. Kuntze).** Cerne, v. 17, n. 4, p. 525-531, 2011.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4 ed. Boca Raton, CRC, p. 505, 2005.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. **Plant hormone interactions during seed dormancy and germination**. Seed Science Research, v. 15, n. 4, p. 281-307, 2005.

KRUPA, Z.; SIEDLECKA, A.; MAKSYMIEC, W.; BASZYNSKI, Y.T. **In vivo response of photosynthetic apparatus of *Phaseolus vulgaris* L. to nickel toxicity**. Journal of Plant Physiology, v. 142, p. 664-668, 1993.

LIMA, F. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. A.; SOUSA, C. S.; FILHO, F. F. C. **Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado**. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 2ª Ed. Nova Odessa – SP, Editora Plantarum, 1998.

MACEDO, L.S. & MORRIL, W.B.B. **Origem e comportamento dos metais fitotóxicos: revisão de literatura**. Tecnologia e Ciência Agropecuária, v. 2, p. 29-38, 2008.

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, p. 312, 2000.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3. ed. Bern: International Potash Institute, p. 655, 1982.

MERTZ, W. E. **Chromium occurrence and function in biological systems**. Physiology Reviews, Baltimore, v. 49, p. 163-239, 1969.

MISHRA, A.; CHOUDHURI, M. A. **Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice.** *Biologia Plantarum*, v. 42, n. 3, p. 409-415, 1999.

NATALE, W.; PRADO, R.M.; CORRÊA, M.C.M.; SILVA, M.A.C.E.; PEREIRA, L. **Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, p. 770-773, 2002.

PAL, R.; BHATTACHARYYA, P. **Effect of municipal solid waste compost on seed germination of rice, wheat and cucumber.** *Archives of Agronomy and Soil Science*, v.49, n.4, p.407- 414, 2003.

RIVERA-BACERRIL, F.; CALANTZIS C.; TURNAU K.; CAUSSANEL, J.P.; BELIMOV, A.A.; GIANINAZZI, S.; STRASSER, R.J.; GIANINAZZI-PEARSON, V. **Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induced stress by arbuscular mycorrhiza in three *Pisum sativum* L. genotypes.** *Journal of Experimental Botany*, v. 53, p. 1177-1185, 2002.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. **Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).** *Revista Árvore*, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SILVA, I. F; MIELNICZUK, J. **Sistemas de cultivo e características do solo afetado a estabilidade de agregados.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 311-317, 1998.

SILVA, J. E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. **Alternativa agronômica para o bio-sólido produzido no Distrito Federal. I. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 487-495, 2002.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI P.H.; SIQUEIRA J.O.; CARVALHO J.G.; MOREIRA F.M.S. **Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, p. 339-348, 2001.

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.** Revista Brasileira Agrociência, v. 11, p. 235-240, 2005.

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.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, (Suplemento), p. 274-277, 2005.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre: Artmed. 2004.

TANAKA, A.; LOER, R.; NAVASERO, S. A. **Some mechanisms involved in the development of iron toxicity in the Rice plant.** Soil Science and Plant Nutrition, v. 12, p. 158-164, 1996.

THOMPSON, K. & OOI, M. K. J. **To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy.** Seed Science Research, v. 20, n. 4, p. 209-211, 2010.

### **CAPÍTULO 3: INFLUÊNCIA DE RESÍDUOS NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Peltophorum dubium* (SPRENG.) TAUB. FABACEAE (CANAFÍSTULA)**

**VANESSA DE MAURO BARBOSA FREITAS<sup>1</sup>, ETENALDO FELIPE SANTIAGO<sup>2</sup>, CLAUDIA ANDREA LIMA CARDOSO<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup> DISCENTE DO PROGRAMA DE MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, DOURADOS, MS.**

**<sup>2,3</sup> DOCENTES DO PROGRAMA DE MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, DOURADOS, MS.**

#### **RESUMO**

Os problemas ambientais associados ao acúmulo de resíduos sólidos tem despertado a atenção da sociedade e requerido da comunidade científica esforços quanto a alternativas para seu reuso. Sendo assim, foram avaliados os efeitos do resíduo de ETE e da torta de filtro na emergência, sobrevivência e mortalidade das plântulas de *Peltophorum dubium* (canafístula), bem como as concentrações internas de pigmentos e metabólitos secundários e metais. Ocorreu decréscimo no percentual de emergência em 13,2% e 10,3% respectivamente para os resíduos lodo e torta. Ocorreu aumento nas concentrações de pigmentos e metabólitos secundários nas plantas em ambos os resíduos, com destaque para os compostos fenólicos. Houve relação diretamente proporcional entre as concentrações de resíduo e as concentrações de metais detectados, sendo estes valores sempre maiores no substrato com lodo de esgoto. A tolerância de *P. dubium* sugere a existência de mecanismos de exclusão ou compartimentalização para metais pesados, resultados favoráveis quanto ao uso dos resíduos na produção de mudas desta espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pigmentos fotossintéticos, metabólitos secundários, Absorção de metais.

## ABSTRACT

Environmental problems associated with the solid waste accumulation has caught the society attention and the scientific community efforts required as alternatives to their reuse. Therefore, we evaluated the effects of residues: sewage sludge and the sugar cane filter cake in the emergence, survival and seedling mortality of *Peltophorum dubium* beyond the internal concentrations of pigments, secondary metabolites and metals. The emergency percentage decreased at 13.2% and 10.3% respectively for the sewage sludge and filter cake. There was an increase in pigment concentrations and secondary metabolites, especially phenolic compounds, in plants to both wastes, There was a directly proportional relationship between the residue concentrations and the metal concentrations detected, the values are always higher on the sewage sludge treatment. The tolerance of *P. dubium* suggests the existence of mechanisms of exclusion or compartmentalization to heavy metals, favorable results regarding the use of waste in the production of seedlings of this species.

**Key-Words:** Photosynthetic pigments, Secondary metabolites, Absorption of metals.

## INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais associados ao acúmulo de resíduos sólidos tem despertado a atenção da sociedade e requerido da comunidade científica esforços quanto a alternativas para seu reuso. Os resíduos orgânicos produzidos pelas indústrias, pelas cidades, ou pelo meio rural agrícola, passaram a ter maior importância, sendo utilizados na agricultura para melhorar as condições físicas do solo e aumentar sua fertilidade (CAVATTE et al., 2009).

A torta de filtro é um resíduo proveniente de usinas de cana de açúcar, sendo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, proveniente do processo de tratamento do caldo (SANTOS et al., 2011). O lodo de esgoto é resultado do resíduo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETE) de origem urbana e industrial, o qual tem sido destinado a diversos fins (SOUTO et al., 2005). É rico em matéria orgânica e nutrientes podendo ser utilizado para substituir, parcial ou totalmente, os fertilizantes minerais, desde que o resíduo atenda aos requisitos necessários quanto à concentração de metais pesados e patógenos.

A principal forma de reuso da torta de filtro consiste na sua re-incorporação aos solos na cultura de cana-de-açúcar devido aos seus teores de fósforo, potássio e outros elementos minerais importantes para as plantas (SANTOS, et al., 2010). De maneira semelhante, a principal forma de utilização do lodo de esgoto é seu emprego em solos agrícolas, como fertilizante orgânico ou condicionador do solo.

Embora seja muito utilizado, o lodo de esgoto deve ser usado com cuidado por conter elementos tóxicos, como a presença de metais pesados (MELO & MARQUES, 2000). A composição química do lodo de ETE pode variar, no entanto, além de ser rico em matéria orgânica são descritos elementos importantes como fósforo, potássio, cálcio entre outros (GOMES, et al., 2007) ainda que desbalanceado do ponto de vista nutricional (MISHRA & CHOUDHURI, 1999), e metais não nutrientes como alumínio, cádmio e chumbo, fatores que normalmente estão associados a respostas de estresse em plantas e merecem atenção.

Plantas tolerantes a metais apresentam diversos mecanismos dos quais a compartimentalização, a quelação intracelular e a exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes afetando as condições químicas e microbiológicas da rizosfera compõem os principais mecanismos de tolerância.

O uso de resíduos incorporados ao substrato de plantas consiste em forma ambientalmente sustentável de reuso. No entanto, para espécies nativas ainda é reduzido o conhecimento sobre as respostas destas espécies a constituintes presentes nos diferentes tipos de resíduos. Dentre as espécies nativas, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., é considerada uma espécie bioindicadora para uso em condições consideradas de estresse, como é o caso do emprego do lodo de esgoto. A espécie destaca-se também por possuir alta germinação e rusticidade (CRUZ et al., 2011).

Sendo assim, foram avaliados os efeitos do resíduo de ETE e da torta de filtro na emergência, sobrevivência e mortalidade das plântulas de *Peltophorum dubium* (canafístula), bem como alguns dos componentes orgânicos e inorgânicos, pigmentos e compostos secundários, como forma de ampliar o conhecimento sobre o reuso de tais resíduos na produção de mudas de plantas nativas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ecologia LE-CInAM da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS). Para tanto, os frutos de

canafístula (*Peltophorum dubium*) foram coletados de doze matrizes localizadas no município de Dourados – MS.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) – Guaxinim, localizado na cidade de Dourados – MS o mesmo foi transportado até a UEMS em tambores plásticos devidamente tampados. O lodo foi depositado sobre lona plástica, com espessura de 3 a 5 cm, para a secagem por pelo menos 30 dias em estufa com cobertura de filme de PVC transparente, com base em metodologia descrita por Scheer et al. (2012).

O resíduo torta de filtro foi coletado na Usina de Açúcar e Álcool São Fernando, localizada na cidade de Dourados – MS, sendo transportado até a UEMS em sacos plásticos.

A composição química de ambos os resíduos foi obtida por análise de amostras sólidas homogeneizadas, realizada nos laboratórios da Embrapa Agropecuária Oeste - Dourados (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química de amostras de Lodo de Esgoto e Torta de Filtro

	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Na(%)	Cu(%)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	C <sub>TOTAL</sub> (%)	Umidade (%)	pH (%)
<b>Torta de Filtro</b>	0,20 ±0,01	0,24 ±0,01	1,03 ±0,04	0,62 ±0,01	0,34 ±0,00	0,02 ±0,00	86,65 ±0,91	15015,60 ±201,38	644,06 ±43,51	113,40 ±3,23	2,32	6,90	7,61
<b>Lodo de esgoto</b>	2,93 ±0,04	0,90 ±0,02	0,07 ±0,00	1,55 ±0,06	0,21 ±0,01	0,07 ±0,00	325,44 ±17,69	12524,53 ±221,11	271,23 ±7,99	769,38 ±20,78	22,57	53,44	7,39

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

Para a execução do teste de emergência, as sementes foram escarificadas em ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) P.A durante 15 minutos.

Além do tratamento Controle (composto por substrato agrícola comercial Bioplant<sup>®</sup>), foram preparados quatro tratamentos distintos para o resíduo torta de filtro sendo: 25%T – substrato composto por 25% torta de filtro e 75% substrato agrícola; 50%T - substrato composto por 50% torta de filtro e 50% substrato agrícola; 75%T - substrato composto por 75% torta de filtro e 25% substrato agrícola; 100%T – substrato composto por 100% torta de filtro. Para o resíduo lodo de esgoto foram preparadas as mesmas porcentagens utilizadas para o resíduo de torta de filtro.

O delineamento experimental consistiu-se em blocos inteiramente casualizados, sendo cada tratamento composto por quatro repetições, com 25 tubetes de polietileno,

contendo duas sementes de canafístula por tubete. O acompanhamento da emergência foi efetuado durante 30 dias, considerando-se emergida a plântula que apresentou a exposição das folhas cotiledonares.

O Índice de Velocidade de Emergência – IVE foi obtido com base em Maguire (1962), as médias de emergência foram comparadas por meio da Anova e teste de médias, já para IVE as médias foram ajustadas por meio de regressão polinomial com auxílio do programa Bioestat 5.0.

Os dados de sobrevivência e mortalidade foram obtidos com base na Análise de Sobrevivência e Mortalidade – Kaplan Meier também com auxílio do programa Bioestat 5.0.

As análises de pigmentos, metabólitos secundários e atividade antioxidante (DPPH), foram realizados a partir de amostras de folhas coletadas no segundo nó para cada tratamento. Para manter a uniformidade, as folhas foram cortadas, em seguida o material foi pesado a 0,12g para cada tratamento e foi adicionado 12 ml de metanol P.A. As amostras foram então mantidas por 30 minutos em ultrassom e após foram filtradas. O filtrado obtido para cada amostra foi posteriormente envolvido em papel alumínio e conservado em refrigerador para posterior análise.

Para análise de flavonóides foi utilizada metodologia conforme Lin & Tang (2007), para fenóis foi utilizada metodologia Djeridane (2006) e para clorofilas *a*, *b* e carotenóides conforme Costache et al. (2012). As leituras foram realizadas em Espectrofotômetro SP 2000 UV (Bel).

Após 60 dias de desenvolvimento das plântulas, foram coletadas folhas dos indivíduos de cada tratamento para análise de metais. Para o preparo das soluções foram empregados água de alta pureza, obtida por sistema Millipore deionizer Milli-Q Academic® (Millipore, EUA) e ácido nítrico [65% (m / v)], Sigma-Aldrich. Para o procedimento de preparo das amostras foi empregado a digestão nitro-perclórica, segundo Malavolta et al. (1997). Para análise foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica em chama, modelo AA7000 (Shimadzu, Japão) equipado com lâmpadas de cátodo oco. Os dados foram obtidos em triplicata para o branco, soluções analíticas e a leitura foi realizada em lâmpada multielementar. As curvas analíticas foram feitas nas concentrações de 0,2-10,0 mg/ L para o Cd; 0,2-15,0 mg/ L - Cr; 0,1-2,0 mg/ L - Cu; 0,5-4,0 mg/ L - Fe; 0,2-4,0 mg/ L – Mn; 0,2-10,0 mg/ L - Ni; 0,2-15,0 mg/ L - Pb e 0,1-2,0 mg/ L para o Zn, empregando uma taxa de aspiração 5,0 mg/ L.

Para o procedimento de preparo das amostras foi empregado a digestão nitro-perclórica segundo, Malavolta et al. (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O percentual de emergência das plântulas de *P. dubium* diferiu com o aumento da concentração em ambos os substratos utilizados (Figura 1). Para o lodo de esgoto, ocorreu decréscimo de 13,2% na emergência entre o controle e a maior concentração utilizada (Figura 1A), para a torta de filtro a redução foi de 10,3% entre o controle e o tratamento 50% (Figura 1B). Diferente do descrito por Nascimento et al. (2013), estudando a influência da torta de filtro na produção de mudas de *Eucalyptus*, que não encontraram diferença significativa na emergência das plântulas nas diferentes concentrações de torta.

A emergência e sobrevivência da plântula sob diferentes concentrações de resíduo implica na habilidade da espécie em tolerar a redução dos potenciais da solução do substrato e conseqüentemente, problemas no balanço hídrico, bem como a fitotoxicidade dos elementos presentes no resíduo.

A ausência de diferenças entre o controle e a concentração 100% T (Figura 1B), pode estar associada às concentrações dos elementos presentes neste resíduo bem como aos mecanismos de controle da permeabilidade de membrana celulares. A acumulação de metais pesados por plantas envolve respostas como transporte através das membranas celulares, translocação através do xilema e redução da toxicidade pelo aumento de compostos que se comportam como quelantes (PANDA & CHOUDHURY, 2005), as concentrações de íons influenciam os reguladores de seu acesso para o interior da célula, altas concentrações podem desencadear mecanismos de exclusão.

Para as médias de IVE ocorreu ajuste quadrático com  $R^2$  0,77 e 0,93 respectivamente para os substratos lodo de ETE e torta de filtro, respectivamente (Figuras 2 A-B). O lodo de ETE reduziu a velocidade de emergência das plântulas, ao passo que a torta de filtro acelerou a emergência.

Quanto aos percentuais de sobrevivência e mortalidade das plântulas nos tratamentos com lodo de esgoto, observaram-se as relações inversa e diretamente proporcionais, respectivamente, às concentrações do resíduo incorporado ao substrato (Figura 3B), a mesma relação não foi evidente para a torta de filtro (Figura 3A).

Em plântulas emergidas nos tratamentos contendo torta de filtro nota-se um decréscimo da sobrevivência acompanhado por ligeiro aumento na mortalidade, no

entanto, destaca-se que essa diferença não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (Figura 3).

A sobrevivência de plântulas logo após a emergência implica na manutenção da absorção de água e atividade metabólica, considerando que a absorção de água após a embebição, ocorre por princípios osmóticos; as concentrações do substrato (por exemplo: salinidade) podem afetar os potenciais osmóticos da solução do solo desfavorecendo a entrada de água nas plântulas o que conseqüentemente, afeta seu metabolismo (AMORIM et al., 2002).

De maneira geral, ocorreu aumento nas concentrações de pigmentos e metabólitos secundários, embora não tenha sido estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), nas folhas das plantas em ambos os substratos, com destaque para os compostos fenólicos mesmo nas menores concentrações (25%) dos resíduos empregados (Figura 4).

Os compostos fenólicos em plantas estão normalmente associados a sua atividade antioxidante, devido principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química, características com papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição (SOUZA et al., 2007), por outro lado, a variação da DPPH (ação antioxidante) (Figura 5), não tenha sido estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Em nosso estudo, a elevação das concentrações dos metabólitos secundários bem como das clorofilas e carotenóides esteve associada ao aumento do vigor aparente das plantas, o que permite inferir que a fase germinativa e de emergência foi crítica para as plântulas, a partir da qual, sua sobrevivência foi dependente da habilidade em tolerar as concentrações dos resíduos às quais foram submetidas. O fato da DPPH não variar entre os tratamentos não deixa claro como os compostos secundários presentes em *P. dubium* atuaram na tolerância das plântulas tanto aos compostos fitotóxicos quanto às alterações osmóticas do meio.

Quando os potenciais osmóticos do meio tornam-se muito negativos os percentuais de emergência e IVE normalmente são afetados. O aumento de IVE com a adição de torta de filtro no substrato também foi descrita por Andrade et al. (2013) para sementes de amendoim *Arachis hypogaea* L. Por outro lado, embora a aplicação da torta de filtro tenha aumentado os valores de IVE quando comparado ao lodo de ETE, novos estudos enfocando o consórcio destes resíduos são necessários para um melhor

aproveitamento do potencial de ambos na composição de substrato para a produção de mudas de arbóreas nativas.

Para justificar a mortalidade das plantas nas altas concentrações do lodo de ETE, além do provável efeito osmótico, não podem ser descartados os possíveis efeitos fitotóxicos de sua composição química. As altas taxas de metais como o cádmio e chumbo, podem promover danos às membranas celulares (BERTOLAZI et al., 2010, LIMA et al., 2013).

O lodo pode afetar funções de crescimento das plântulas, como a divisão e multiplicação celular, pelo fato de apresentar elementos tóxicos, presença de metais pesados (MELO & MARQUES, 2000), além disso, ele é caracterizado por apresentar desbalanço nutricional (MISHRA & CHOUDHURI, 1999) afetando a seletividade da membrana, celular e a adequada absorção de nutrientes.

Houve aumento nas concentrações de metais nas folhas de *P. dubium* para ambos os resíduos (Figura 6 e 7).

Devido a sua composição química, tanto o lodo de ETE quando a torta de filtro quando em altas concentrações podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plantas de *P. dubium*, no entanto, a tolerância apresentada (sobrevivência superior a 60% na concentração 75%) sugere a existência de mecanismos de defesa capazes de limitar a entrada excessiva de elementos fitotóxicos (exclusão), ou mesmo redução interna de sua fito toxicidade (compartimentalização), sendo a segunda via a mais provável considerando a relação diretamente proporcional da maioria dos metais pesados avaliados nas plantas. Nesse sentido, percebe-se que na tabela 1, o elemento cobre encontra-se em uma maior concentração no resíduo lodo de esgoto (325,44%) do que na torta de filtro (86,65%), no entanto observando as figuras relacionadas a absorção dos metais esse mesmo elemento (Figura 6C e 7C) foi absorvido praticamente na mesma quantidade ( $\pm 9$  mg/kg), mostrando que mesmo aumentando a concentração de ambos resíduos, as plantas não aumentaram a quantidade de elementos absorvidos.

Em condições de estresse por metais pesados, as plantas podem adquirir tolerância devido ao desenvolvimento de mecanismos que as tornam adaptadas a este estresse, sendo que uma planta pode ter vários mecanismos de tolerância (SOUZA et al., 2011).

Neste sentido, as respostas ao estresse variam amplamente dependendo das características intrínsecas da espécie, do elemento responsável pelo estresse, assim como das condições ambientais. Dentre os elementos responsáveis pelo estresse em

plantas estão o zinco (Zn), cromo (Cr), cádmio (Cd), níquel (Ni), chumbo (Pb), manganês (Mn) e alumínio (Al), sendo a compartimentalização, controle de pH na rizosfera, exsudação de ácidos orgânicos e quelação intracelular alguns dos mecanismos utilizados pelas espécies vegetais em condições de estresse por metais pesados.

Plantas em condições de estresse por Zn, Cd e Ni compartimentalizam os mesmos no vacúolo, onde são ligados por ácidos orgânicos (TAIZ & ZEIGER, 2009). A compartimentalização do Cd no vacúolo, por exemplo, associada à complexação, é um importante mecanismo de tolerância (GUIMARÃES et al., 2008).

De qualquer forma, novos estudos investigando os mecanismos de tolerância de *P. dubium* a metais pesados devem ser executados de modo a enfatizar seu potencial uso como fitoremediadora.

Embora não tenha sido foco deste estudo a comparação entre os dois resíduos, o lodo de esgoto mostrou ser mais eficiente que a torta de filtro para a produção de mudas de canafístula, possivelmente por seus teores nutricionais e de matéria orgânica podendo assim ser utilizado incorporado a outros substratos em substituição aos insumos comerciais, o que implicaria ainda em forma ambientalmente sustentável de utilização desse resíduo, no entanto, devido à presença de metais pesados novos estudos sobre o potencial contaminante dos solos são necessários, sobretudo, quando da utilização das mudas em projetos de reflorestamento.

\*Letras iguais não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,005\%$ ).

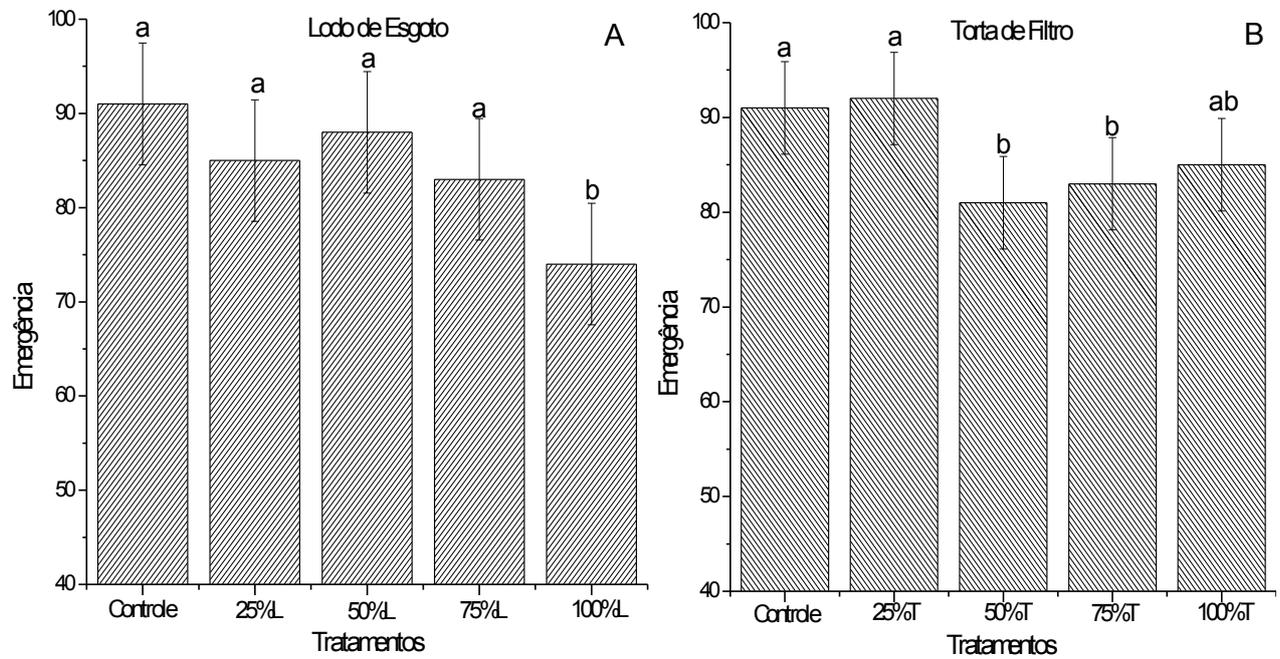


Figura 1. Porcentagem de plântulas de *Peltophorum dubium* emergidas nos substratos compostos por Lodo de Esgoto (A) e Torta de Filtro (B).

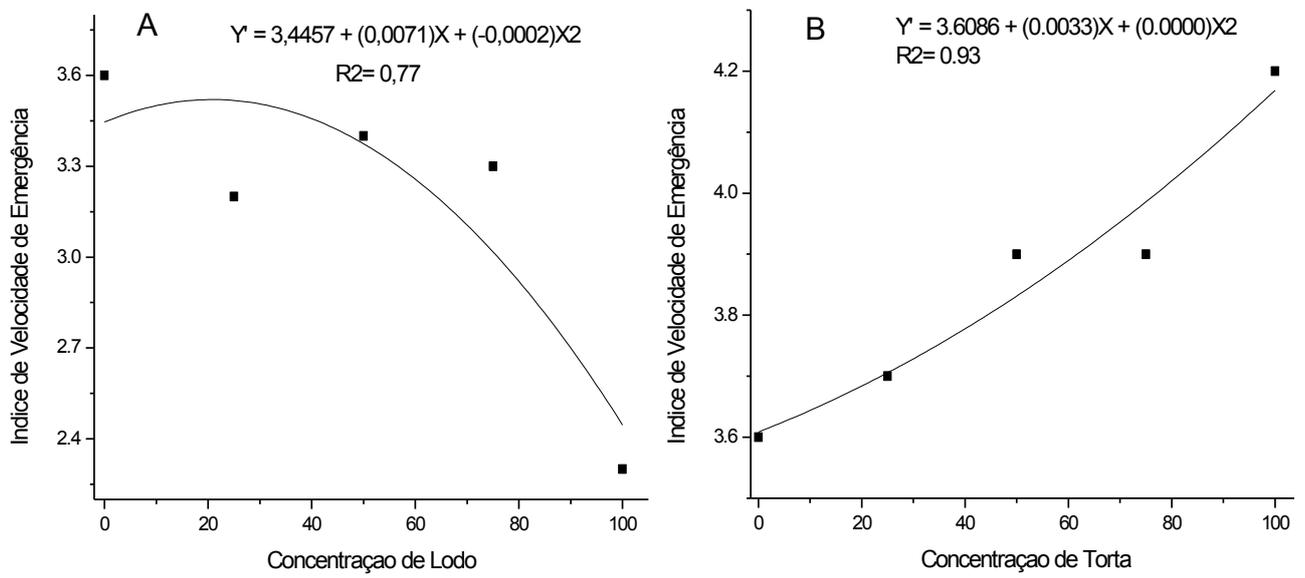


Figura 2. Índice de Velocidade de Emergência de plântulas *P. dubium* mantidas no resíduo Lodo de Esgoto (A) ou Torta de Filtro (B).

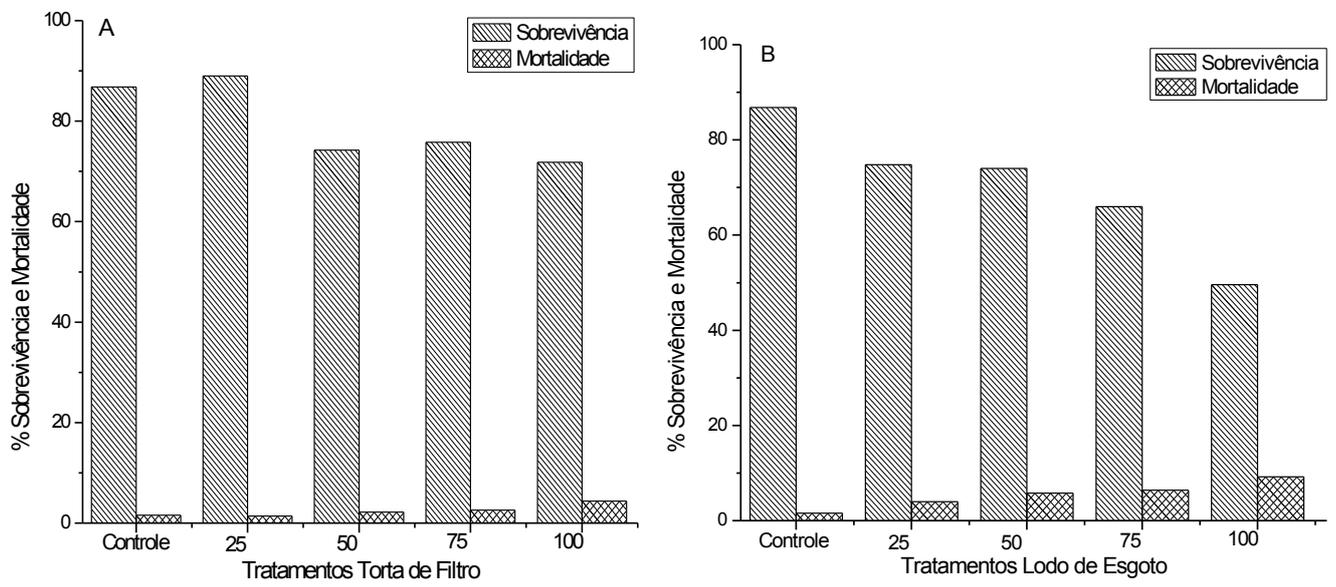


Figura 3. Porcentagem de sobrevivência e mortalidade das plantas de *P. dubium* mantidas nos resíduos Torta de Filtro (A) ou Lodo de Esgoto (B).

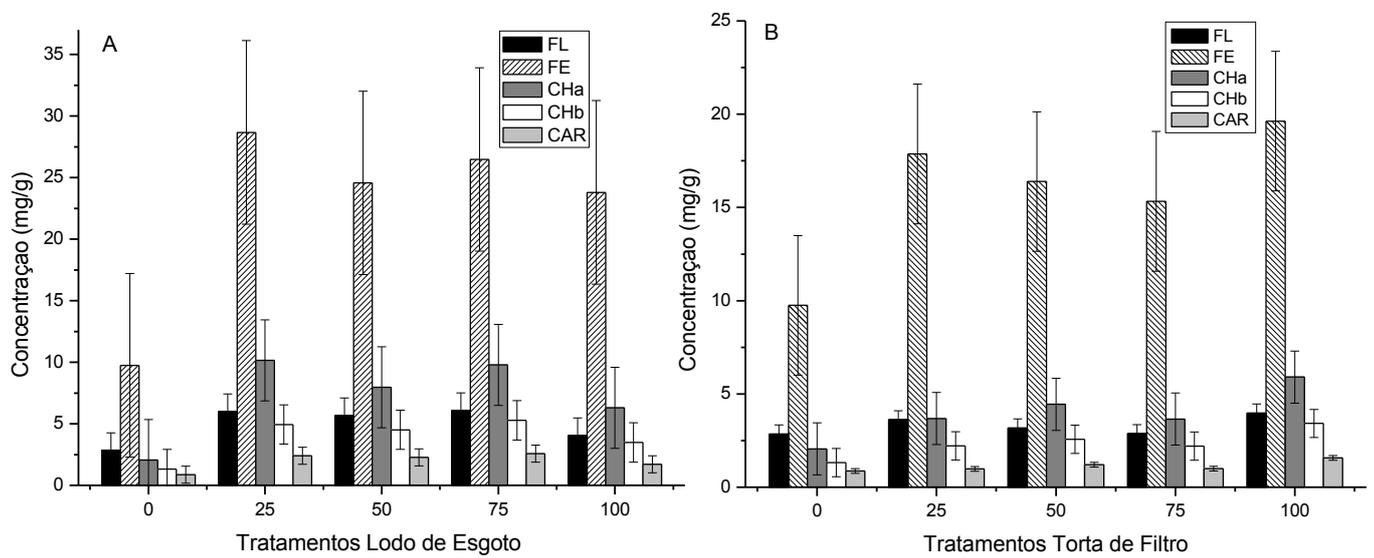


Figura 4. Concentração de FL: Flavonóides, FE: Fenóis, CHa: Clorofila *a*, CHb: Clorofila *b*, CAR: Carotenóides presentes nas folhas de *P. dubium* submetidas a diferentes concentrações de Lodo de Esgoto (A) ou Torta de Filtro (B).

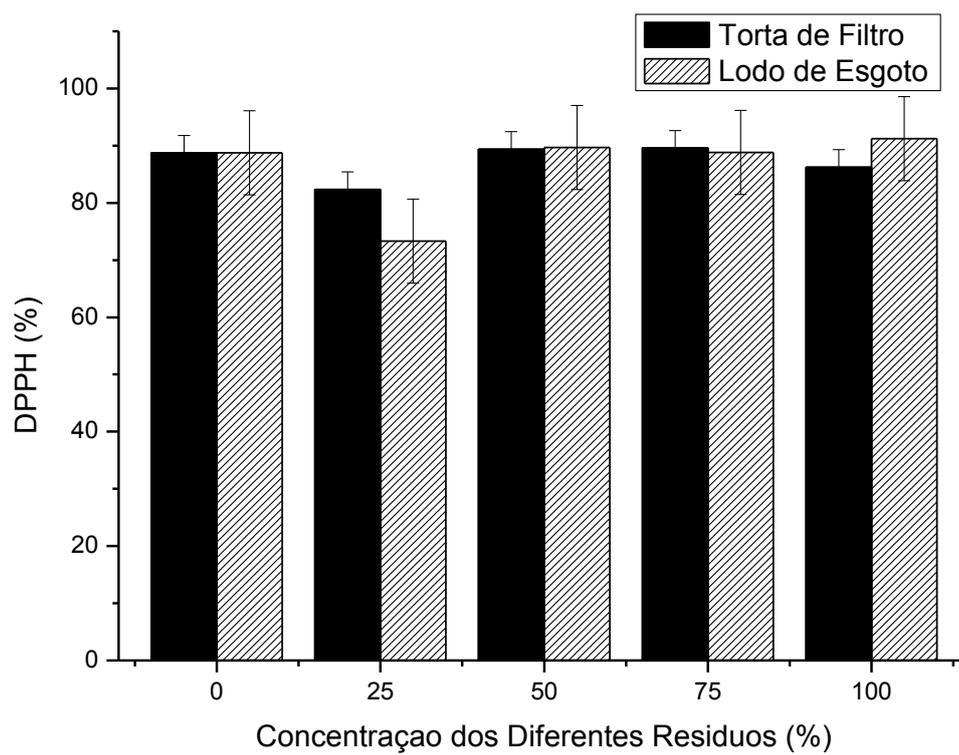


Figura 5. Atividade Antioxidante presente nas folhas de *P. dubium* submetidas a diferentes concentrações de Torta de Filtro e Lodo de Esgoto.

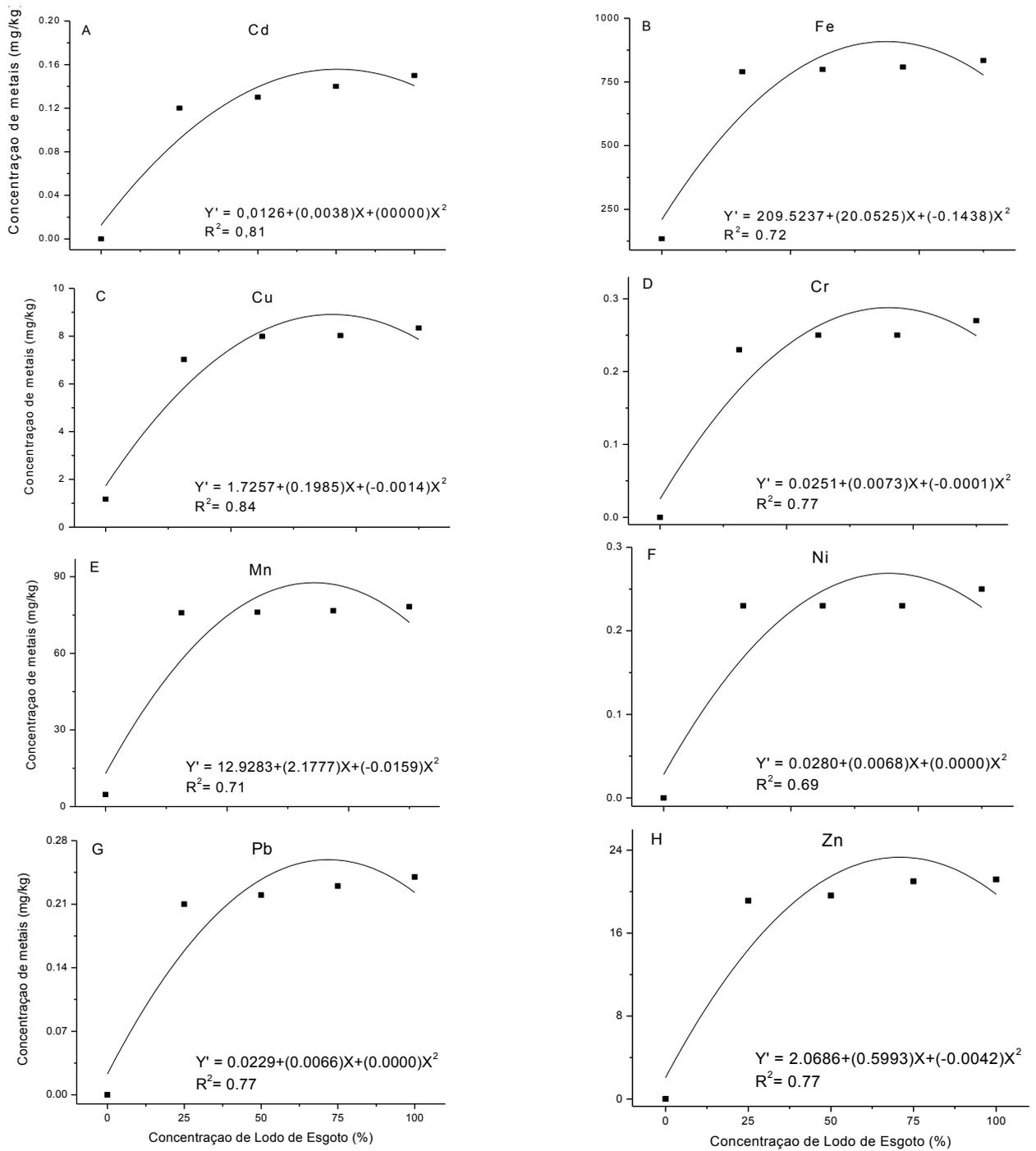


Figura 6. Concentração de metais pesados nas folhas de *P. dubium* submetidas a diferentes concentrações de Lodo de Esgoto.

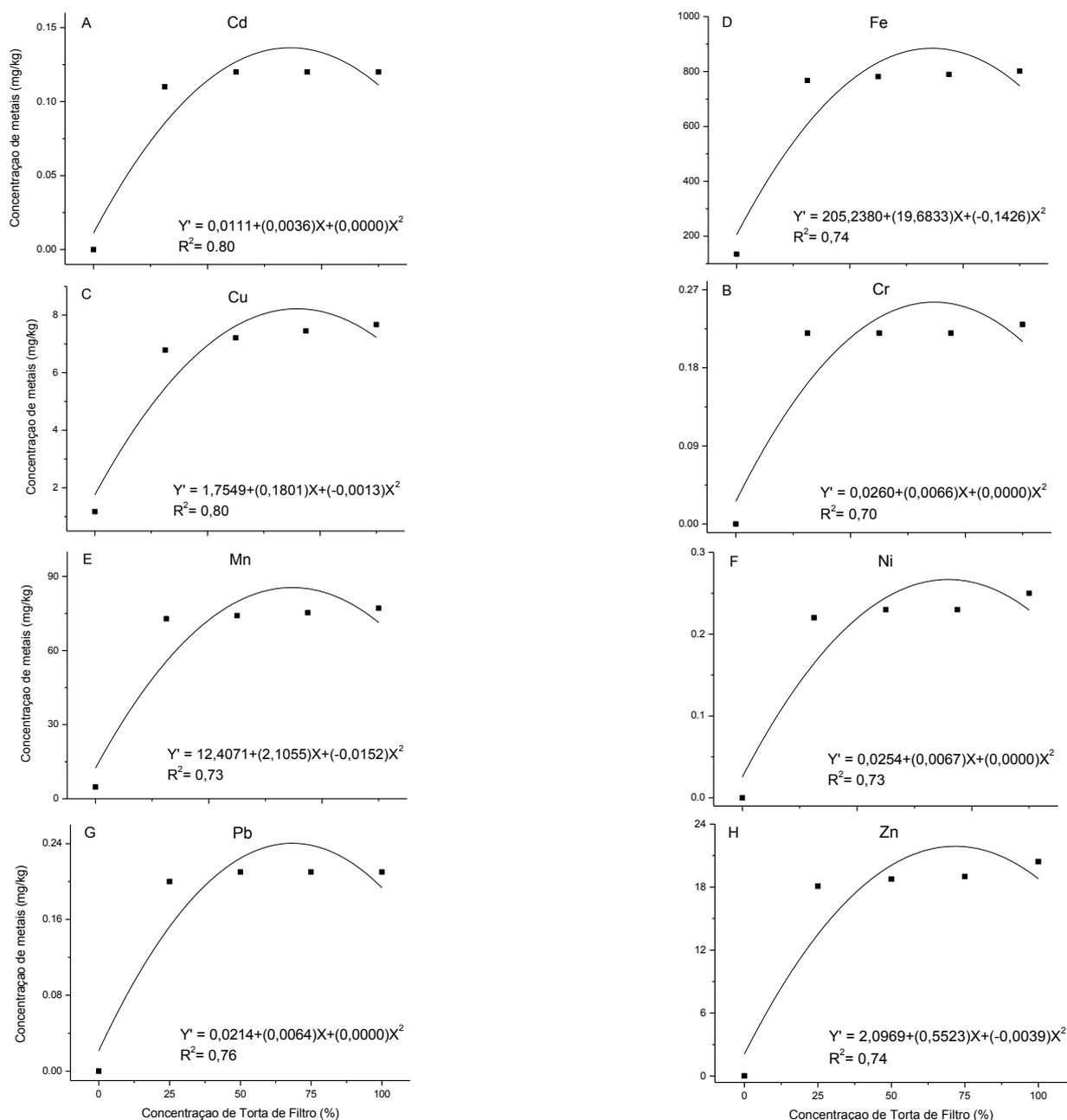


Figura 7. Concentração de metais pesados nas folhas de *P. dubium* submetidas a diferentes concentrações de Torta de Filtro.

## CONCLUSÕES

Os resíduos lodo de esgoto e torta de filtro, quando concentrados, podem afetar a emergência e sobrevivência de plântulas de *P. dubium*, não sendo indicado seu uso como único substrato para a produção de mudas desta espécie. Por outro lado, o fato da

emergência das plantas tratadas com altas concentrações de lodo ser equivalente às do controle bem como a alta sobrevivência das plântulas, evidenciam o potencial deste resíduo como coadjuvante na composição do substrato.

A adição de ambos os resíduos aumentou a concentração de flavonoides, fenóis e clorofilas e embora tenha aumentado a concentração de elementos minerais nas folhas, esses elementos não variaram entre as diferentes quantidades dos resíduos.

A relativa tolerância apresentada por *P. dubium* a altas concentrações dos resíduos utilizados neste estudo sugerem a existência de mecanismos de exclusão ou compartimentalização para metais pesados o que implica também na necessidade de novos estudos sobre seu potencial uso na fitorremediação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, R. F.; FERREIRA, J. C.; GUERREIRO, R. T. Efeito da adição ao solo de diferentes subprodutos da indústria canavieira sobre a germinação e formação de plântulas do amendoim (*Arachis hypogaea* l.). **Anais do VII Workshop de Agroenergia**, 2013.

AMORIM, J.R.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. **Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 2, p. 167-176, 2002.

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

CAVATTE, P. C.; ZONTA, J. B.; LOPES, J. C.; SOUZA, L. T.; ZONTA, J. H.; CAVATTE, R. P. Q. **Germinação e vigor de sementes de cenoura em solo de mineração de calcário sob diferentes intensidades luminosas e adubações**. IDESIA, v. 27, n. 2, 2009.

COSTACHE, M. A.; CAMPEANU, G.; NEATA, G. **Studies concerning the extraction of chlorophyll and total carotenoids from vegetables.** Romanian Biotechnological Letters, v. 17, n. 5, 2012.

CRUZ C. A. F.; PAIVA H. N.; CUNHA A. C. M. C. M.; NEVES J. C. L. **Macronutrientes na produção de mudas de Canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da Zona da Mata, MG.** Ciência Florestal, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

DJERIDANE, A. **Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds.** Food Chemistry, v. 97, p. 654-660, 2006.

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. **Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 5, p. 459-465, 2007.

GUIMARÃES, M. A.; SANTANA, T. A.; SILVA, E. V.; ZENZEN, I. L.; LOUREIRO, M. E. **Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas.** Revista Tropicana – Ciências Agrárias e Biológicas, v.1, n.3, p.56-66, 2008.

LIMA, F. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. A.; SOUSA, C. S.; FILHO, F. F. C. **Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado.** Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

LIN, J. Y.; TANG, C. Y. **Determination of total phenolic, and flavonoid contents in selected fruit and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocytes proliferation.** Food Chemistry, v. 101, p. 140-147, 2007.

MAGUIRE, J.D. **Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor.** Crop Science, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações,** 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, p. 319, 1997.

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, p. 312, 2000.

MISHRA, A; CHOUDHURI, M. A. **Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice**. *Biologia Plantarum*, v. 42, n. 3, p. 409-415, 1999.

NASCIMENTO, L. S.; NEVES, S. C. E.; CORRÊA, S. A. **Utilização de bagaço de cana e torta de filtro como substrato orgânico para produção de mudas de *Eucalyptus***. *Revista Funec Científica – Multidisciplinar*, v. 2, n. 4, 2013.

PANDA, S.K.; CHOUDHURY, S. **Chromium stress in plants**. *Braz. J. Plant Physiol.*, v. 17, p. 131-136, 2005.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. **Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SANTOS, D.H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. **Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.15, n.5, p.443–449, 2011.

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

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**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, (Suplemento), p. 274-277, 2005.

SOUZA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JUNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais**. Química Nova, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, E. P.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. **Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas**. Revistas Brasileira de Agrociência, v. 17, n. 2-4, p. 167-173, 2011.

TAIZ, L.; ZEIG, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Capítulo 26. Porto Alegre: Artemed, p. 848, 2009.