



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/ PRODUÇÃO VEGETAL

ALISON ALEXANDRINO LIMA DA SILVA

AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO LODO DE CURTUME COMPOSTADO
ATRAVÉS DE BIOENSAIOS

TERESINA-PI

2014

**AVALIAÇÃO DE FITOTOXICIDADE DO LODO DE CURTUME COMPOSTADO
ATRAVÉS DE BIOENSAIOS**

ALISON ALEXANDRINO LIMA DA SILVA

Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

ORIENTADOR: Prof. Dr. ADEMIR SÉRGIO FERREIRA DE ARAÚJO

TERESINA-PI

2014

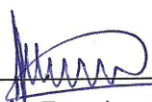
FICHA CATALOGRÁFICA

**AVALIAÇÃO DA FITOTOXIDADE DE LODO DE CURTUME COMPOSTADO
ATRAVÉS DE BIOENSAIOS.**

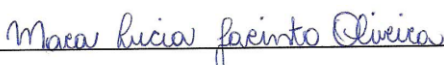
Alison Alexandrino Lima da Silva
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em 29 / 05 / 2014

Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Ademir Sérgio Ferreira de Araújo – Presidente
CCA/UFPI



Profa. Dra. Mara Lúcia Jacinto Oliveira – Membro Externo
CCA/UFPI



Profa. Dra. Artenisa Cerqueira Rodrigues – Membro Interno
CCA/UFPI

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar, é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder. prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver...”.

(Martim Luther King)

Aos meus pais, Antônio Alexandrino e Úrsula.
Por seu grande amor, dedicação e incentivo para essa conquista.

OFEREÇO

*Aos meus amados sobrinhos
Davyson, Jamylly e Nicolas*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus acima tudo;

A Universidade Federal do Piauí, por essa oportunidade oferecida;

Ao meu orientador Dr. Ademir Sérgio Ferreira de Araújo pela paciência, dedicação e apoio no decorrer de todo o trabalho;

Ao laboratório de análise de solo (LASO), pelo acolhimento e apoio durante as análises.

A Thiara Carvalho, por ser meu braço direito em todo o trabalho, além de sua amizade e descontração;

Ao Sr. Lindomar por sua atenção e ajuda e ao Departamento de Zootecnia da UFPI, pela utilização dos aparelhos;

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal pela realização de análises específicas.

A minha amada professora Eulália Carvalho, por sua amizade e ajuda nos empréstimos das vidrarias do laboratório de microbiologia.

Aos meus amigos do curso de pós-graduação Adão Cabral, Alisson Lima, Ana Carolina, Lucélia Brito, Luciano Lima, Marcus Willames e Silvana, pela alegre convivência, parceria e amizade;

Em especial, Ana Roberta, Claudyanne Costa e Jayara Siva, pela ajuda imensurável e dedicação. Serei eternamente grato.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelos conhecimentos transmitidos;

Aos meus irmãos Anderson e Aglaonice, por sempre acreditarem em mim;

A minha maior fonte de amor, meus amados sobrinhos, Davyson, Jamyly e Nicolas;

A minha avó Antonia Vieira, por sempre se preocupar comigo, fonte de amor eterno;

A todos da família Alexandrino e Vicente, que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta etapa;

Aos meus primos que sempre estiveram ao meu lado me dando força, André, Vanessa, Sávia e Suelen;

A minha princesa Sofia;

Aos meus grandes amigos e fieis companheiros de todas as horas, Jefferson, Jacqueline e Diego.

Ao amigo Jairo Carlos, por sua amizade, apoio e ajuda nos momentos que precisei;

Aos amigos de curso de graduação que estiveram sempre presente, Ivan, Raul, Mara, Cleiton, Tony, Tamara e Diogo;

A vocês, minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Compostagem do lodo de curtume	3
2. Fixação biológica de nitrogênio.....	5
3. Germinação de sementes	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO 1: BIOENSAIOS DE NODULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO LODO DE CURTUME COMPOSTADO.....	19
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 Experimento de nodulação e fixação biológica do nitrogênio.....	22
2.2 Características do composto lodo de curtume	22
2.3 Condução do bioensaio.....	24
2.4 Análise estatística	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÕES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
CAPÍTULO 2: BIOENSAIOS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES PARA AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DE LODO DE CURTUME COMPOSTADO...	35
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS	38
2.1 Composto de lodo de curtume.....	38
2.2 Bioensaio de germinação de sementes	39
2.3 Delineamento experimental.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4. CONCLUSÕES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE ABREVIATURAS

ANPA – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea

CE – Condutividade elétrica

Cr – Cromo

Cr³⁺ - Cromo trivalente

Cr⁶⁺ - Cromo hexavalente

DAE – Dias após a emergência

ER – Elongação radicular

FBN – Fixação biológica de nitrogênio

IG – Índice de germinação

GS – Germinação de sementes

LCC – Lodo de curtume compostado

N – nitrogênio

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de planta recomendadas pelas OECD guideline for testing of chemicals., United States Environmental Protection Agency (USEPA) e USFDA.....	10
Tabela 2. Características químicas do lodo de curtume compostado.	23
Tabela 3. Resumo do quadro de análise de variância sobre as características químicas do solo e os aspectos relacionados com a FBN em relação a doses de lodo de curtume compostado.	27
Tabela 4. Características químicas do lodo de curtume compostado utilizado.	38
Tabela 5. Condições do bioensaios de germinação de sementes	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre o pH em água em solos tratados com lodo de curtume (A). Variação da condutividade elétrica do solo com doses de lodo de curtume (B). Quantidade de cromo acumulado no solo (C).....	25
Figura 2. Massa dos nódulos secos, em relação a doses de lodo de curtume compostado.....	28
Figura 3. Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) no feijão-caupi, cultivado com doses crescentes de lodo de curtume compostado (LCC).....	29
Figura 4. Placas contendo lodo de curtume para diferentes diluições (0, 15, 30, e 60 mL).	40
Figura 5. Bioensaios de germinação de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de LCC.	41
Figura 6. Elongação radicular de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de lodo de curtume compostado. Erro! Indicador não definido.	
Figura 7. Índice de germinação de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de lodo de curtume compostado.	44

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO LODO DE CURTUME COMPOSTADO ATRAVÉS DE BIOENSAIOS

Autor: Alison Alexandrino Lima da Silva

Orientador: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

RESUMO: A indústria de curtume é responsável por uma grande quantidade de efluentes, contendo teores elevados de matéria orgânica, e diversos elementos químicos em concentrações tóxicas. Esses resíduos descartados sem finalidade reciclável trás sérios problemas ambientais, como o acúmulo de metais e resíduos. Nesse estudo, buscou-se avaliar em ensaios de crescimento e germinação de sementes os efeitos tóxicos do lodo de curtume compostado, realizados em casa de vegetação e laboratório, respectivamente. Para o ensaio de crescimento foi utilizado no cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), os parâmetros analisados foram os atributos químico do solo, biomassa vegetal e aspectos relacionado a fixação de nitrogênio, o solo da área experimental tratado com lodo de curtume com quatro anos de aplicação, nas doses de 0, 2,5, 5, 10 e 20 Mg há⁻¹. Os resultados mostraram que o composto apresentou toxicidade sobre a nodulação, verificada pela redução da massa dos nódulos, mas propiciou o aumento de nitrogênio na planta, pode ser resultante do grande quantidade do elemento no composto. O pH, condutividade elétrica e cromo no solo elevaram-se com as doses. Nos bioensaios de germinação de sementes, o composto foi misturados com água destilada e colocados em placas de petri com o extrato aquoso contendo lodo de curtume, nas doses de 0, 15, 30, 60 mL g. Sendo avaliados os aspectos de porcentagem de germinação de sementes, alongação radicular e índice de germinação, usando sementes de couve, repolho e feijão-caupi. Estes resultados demonstraram efeitos tóxicos nas três variáveis analisadas, com o aumento das doses no extrato com composto de curtume.

Palavras-chave: resíduo industrial, nodulação, germinação de sementes.

EVALUATION OF PHYTOTOXICITY OF COMPOSTED TANNERY SLUDGE THROUGH BIOTEST

Author: Alison Alexandrino Lima da Silva

Advisor: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

ABSTRACT: The tanning industry is responsible for a large amount of wastewater containing high levels of organic matter, and various chemicals at toxic concentrations. These recyclable waste discarded without serious purpose behind environmental problems, such as the accumulation of metals and waste .. In this study, we sought to assess the growth assays and germination the toxic effects of composted tannery sludge, conducted in the greenhouse and laboratory respectively. For the growth assay was used in the cultivation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), the parameters analyzed were the chemical soil properties, plant biomass and related aspects nitrogen fixation, soil of the experimental area treated with tannery sludge with four years of implementation, the doses of 0, 2.5, 5, 10 and 20 Mg ha⁻¹. The results showed that the compound has toxicity on nodulation, verified by reducing the mass of the nodules, but led to an increase of nitrogen in the plant can be a result of the large amount of element in the compound. The pH, electrical conductivity and chromium in the soil increased with doses. In bioassays of seed germination, the compound was mixed with distilled water and placed in petri dishes with the aqueous extract containing tannery sludge at doses of 0, 15, 30, 60 mL g. Being evaluated aspects of seed germination, root elongation and germination index, using seeds of kale, cabbage and cowpea. These results demonstrated toxic effects in all three variables, with increasing doses of the extract with composted tannery.

Key words:, industrial waste, composting, plant trials

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é considerado um grande produtor de couros produzindo em média 44 milhões de unidades e gerando aproximadamente 100 litros de efluentes oriundos do processamento das peles. Estes efluentes, após o processo de tratamento e decantação, geram um resíduo conhecido por lodo de curtume.

Além disso, o lodo de curtume apresenta uma composição de grande conteúdo de matéria orgânica, macro e micronutrientes, podendo ser utilizado pelas plantas. De outro modo, o lodo vem acompanhado de diversos elementos traços, principalmente o metal cromo, devido a participação desse metal no curtimento do material. Além do mais o lodo contribui com a capacidade de neutralizar a acidez do solo, devido a composição de carbonatos e hidróxidos de sódio para elevar o pH gerando um resíduo alcalinizante e provocar o aumento da salinidade do solo.

A compostagem do lodo de curtume como um processo biológico, se propõe a estabilizar os resíduos e torná-lo mais adequado ao uso agrícola. Entretanto, há que se considerar que o processo não elimina a presença de Cr e o poder alcalino do resíduo. O uso agrícola do lodo de curtume compostado deve, portanto, ser avaliado através de diferentes ensaios em campo e laboratório.

Os bioensaios vegetais demonstram grande eficiência tanto no monitoramento de poluentes ambientais quanto na constatação da ação de compostos químicos derivados de resíduos de origem urbana e industrial. No entanto o uso de plantas permite que os efeitos fitotóxicos possam ser averiguados por diferentes variáveis como germinação, alongamento de raiz, índice de germinação e biomassa vegetal.

Ensaio de germinação e desenvolvimento da radícula de sementes são ensaios padrão internacional por algumas instituições estrangeiras, no entanto, não existe nenhum protocolo para esse tipo de teste para o Brasil. Estes ensaios a cada dia vêm se aperfeiçoando para melhor avaliar os possíveis danos ao ambiente. É considerado um método rápido, sem grandes custos e eficiente devido a sensibilidade de uma resposta as substancias toxicas.

A hipótese desse trabalho é que as adições contínuas de lodo de curtume compostado causaram mudanças sobre as características químicas do solo e na fixação biológica do nitrogênio em decorrência, dos reflexos, do aumento do pH,

elevação da salinidade e teores de cromo no solo. Ainda sim, se busca saber o potencial fitotóxico do composto, utilizando bioensaios de crescimento e germinação.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi estudar o efeito de aplicações de lodo de curtume compostado no período de quatro anos de aplicação, analisando os efeitos sobre as propriedades químicas do solo e as características de nodulação, relacionados a fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi. E ainda avaliar a fitotoxicidade do composto de curtume em sementes de couve, repolho e feijão-caupi, em bioensaios de germinação.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Compostagem do lodo de curtume

A cadeia produtiva de peles e couros é responsável por uma relevante parcela da economia brasileira e encontra-se entre os segmentos de grande potencial competitivo no mercado (PEREIRA et al., 2005). No entanto, a indústria de curtume produz resíduos sólidos e semissólidos, denominados lodo de curtume, que apresenta materiais orgânicos de origem animal e sais inorgânicos, sendo que alguns desses componentes são nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas e microrganismos do solo (SELBACH et al., 1991; MARTINES et al., 2006). Esses lodos concentram também elevadas cargas poluidoras, como fenóis, sulfetos, sódio e principalmente, o cromo (Cr), características não desejáveis do ponto de vista ambiental e agrícola (SELBACH et al., 1991; CAVALLET and SELBACH, 2008).

O cromo encontrado no resíduo de curtume apresenta-se na forma trivalente (Cr^{3+}). Neste estado químico o elemento é considerado estável no solo e essencial a nutrição humana (MERTZ, 1969). Entretanto, o Cr^{3+} pode torna-se tóxico, devido o seu acúmulo constante, associado à complexa dinâmica do elemento no solo, que em determinadas condições pode oxidar-se à forma hexavalente (Cr^{6+}). Esta forma é altamente solúvel e móvel, além de ser tóxica para as plantas, animais e seres humanos (CASTILHOS, et al., 2000). Além disso, outros elementos traços como, o zinco (Zn), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni) e cádmio (Cd) quando acima de valores orientadores, apresentam também, potencial poluidor ambiental.

Em função de elevados teores de elementos traços nos lodos de curtume, as formas de disposições são motivos de preocupação constante. Dentre as principais alternativas de tratamento e destino final de lodos de curtume no Brasil, incluem sua disposição em aterros sanitários e várias formas de disposição no solo, tais como a recuperação de áreas degradadas e uso como fertilizante em culturas como, milho, feijão e pastagens.

A disposição direta do lodo de curtume na superfície do solo é causa de muitas controvérsias. Segundo Santos et al. (2011), os resíduos de curtume constitui grave risco de contaminação do solo, vegetação e águas subterrâneas. Por outro

lado, Larson and Pierce (1994), afirmam que o solo atua como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente.

Desta forma a compostagem apresenta-se como um processo natural e biológico importante para decomposição inicial do lodo de curtume. A compostagem é um processo de estabilização por meio da decomposição aeróbia de resíduos (CAI et al., 2007), no qual a ação de microrganismos e suas enzimas transformam resíduos orgânicos em matéria orgânica valiosa, o húmus (KHALIL et al., 2011), com características totalmente diferentes do material de origem (KIEHL, 1985). A matéria orgânica constitui a fonte de energia e crescimento dos microrganismos, por meio da degradação do composto (TÍQUIA, 2005). Na degradação da matéria orgânica os microrganismos utilizam o oxigênio e liberam gás carbônico e água, além de gerar calor (EPSTEIN, 1997). Este processo reduz e inativa patógenos (KUHLMAN, 1990; COSTA et al., 2005), podendo diminuir a toxicidade de material residual (FRASSINETTI et al., 1990; ARAÚJO et al., 2001; ARAÚJO and MONTEIRO, 2005).

No processo de formação do resíduo compostado, vários são os fatores que podem influenciar na sua eficiência. Entre eles a composição do material, (presença de celulose, hemicelulose e lignina que são de difícil decomposição) (VALENTE et al., 2009), o pH, a granulometria dos resíduos, e as dimensões da pilha a ser compostada (BIDONE, 2001). Fatores ambientais como oxigênio, umidade e temperatura também interferem na ampliação do processo (BRITO et al., 2008). Por ser um processo aeróbico o oxigênio é necessário. A temperatura estabelece a diversificação dos microrganismos e também ajuda na destruição de microrganismo patogênicos e ervas daninhas (HEIDEMANN et al., 2007). Para o metabolismo microbiano a umidade deve ser equilibrada entre 45% e 60% de umidade gravimétrica são avaliados ideais (INÁCIO e MILLER, 2009).

Entretanto, a utilização do lodo de curtume compostado deve ser avaliada no sentido de verificar possíveis efeitos negativos sobre o solo e as plantas. Em lodo têxtil, Araújo e Monteiro (2006) estudaram o uso do resíduo compostado e não compostado sobre os microrganismos do solo, e observaram que o não compostado causou efeito negativo na biomassa microbiana do solo. Já o lodo compostado teve efeito positivo na biomassa e atividade microbiana e no número de bactérias, melhorando a capacidade de reciclagem do carbono do solo. Outros trabalhos têm

relatado efeitos benéficos sobre os microrganismos do solo, na nodulação, no crescimento radicular, na massa seca da parte aérea e na produtividade de culturas, como soja, feijão-caupi, cevada, arroz e pinheiro (WEI e LIU, 2005; SELIVANOVSKAYA e LATYPOVA, 2006; ARAÚJO et al., 2007; ROCA-PEREZ et al., 2009; SANTOS, 2010; GONÇALVES, 2011).

Diversos são os componentes usados como complemento para a formação do composto, sendo assim, existem diversos resíduos orgânicos urbanos e industriais e dar um destino semelhante aos mesmos. Este processo envolve a mistura de biossólidos desidratados com material grosseiro (serragem, palhas, resíduos de podas) e a decomposição da mistura em condições aeróbias (D'OLIVEIRA, 2003). Diante desse tema o mesmo autor afirma que a formação do composto resulta em excelentes propriedades para condicionamento do solo, e um pH que varia de 6,5 a 8, podendo ser compatível para o crescimento de plantas saudáveis e reduzindo a mobilidade dos metais.

O lodo de curtume compostado pode ser avaliado através de bioensaios de toxicidade. Segundo, Tiquia et al. (1996), a avaliação da toxicidade do composto é um dos mais importantes critérios usados pelas agências ambientais do mundo. A OECD guidelines for testing of chemicals (1984), recomenda-se testes de fitotoxicidade através da germinação de sementes e crescimento vegetal como as técnicas mais comuns na avaliação de compostos e, entre as espécies de plantas, incluem-se monocotiledôneas e dicotiledôneas. Inclui-se nesta lista a avaliação da nodulação e da fixação biológica do nitrogênio (FBN).

2. Fixação biológica de nitrogênio

O emprego de compostos de origem biológica vem a cada dia substituindo a utilização de fertilizantes químicos na agricultura. Hungria et al., (2007) afirma que o processo simbiótico da FBN se tornando imprescindível para o desenvolvimento da atividade agrícola no Brasil, disponibilizando o nitrogênio as culturas com custos econômicos baixos e beneficiando a diminuição dos impactos ambientais gerados

O nitrogênio (N) é um macroelemento muito requerido pelas plantas, promovendo crescimento e desenvolvimento do vegetal. O elemento pode ser disponibilizado às plantas pela adubação, mineralização da matéria orgânica ou

através da (FBN). Nesse sentido Sutcliffe e Baker (1989), concluíram que todos os organismos precisam do nitrogênio para sobreviver, as rochas na sua composição contêm pouco ou nenhum mineral rico em nitrogênio, sendo que sua adição no solo depende da degradação de húmus e da FBN. A FBN é um processo biológico onde bactérias genericamente conhecidas por rizóbio fixam, simbioticamente, o nitrogênio do ar e o disponibiliza às plantas.

Jordan (1984), relata que a FBN é realizada por organismo da família *Rhizobiaceae*, na qual existe vários gêneros importantes, como, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* e *Rhizobium*, denominados popularmente de rizóbios. Esses organismos capazes de fixar o nitrogênio, são considerados seres diazotróficos, na qual esses processos podem ser classificados em dois grupos : microrganismos não simbióticos (de vida livre), que vivem livre e independentemente no solo e não dependendo das plantas e microrganismos simbióticos que vivem associados as raízes de plantas leguminosas (PELCZAR et al., 1981).

Por ser considerado um processo biológico envolvendo bactérias, a FBN é um excelente indicador de distúrbio ambiental (Viser e Parkinson 1992), principalmente decorrente da aplicação de compostos poluentes (BROOKES, 1995). Diversos são os parâmetro para avaliar um bom desempenho da fixação de N. Um indicador adequado é o número de nódulos em consequências da poluição do solo, em relação a suscetibilidade dos rizóbios a resíduos urbanos e industriais, a agrotóxicos e metais pesados (CHAUDRI et al., 1993).

Araújo (2004) afirma que o uso desses compostos orgânicos como fonte de nutrientes para os vegetais, observou uma opção positiva na manutenção da qualidade ambiental. Entretanto, os efeitos podem ser negativos ou positivos na atividade da fixação do nitrogênio, na qual deve ser utilizado de forma adequada, respeitando os limites. Araújo et al. (2007) verificaram o efeito do uso de lodo têxtil compostado sobre a FBN em soja e feijão-cupi observaram que o resíduo prejudicou o processo de nodulação e fixação de nitrogênio. Por outro lado, Rebah et al. (2002) observaram que o lodo de esgoto aumentou a população nativa de rizóbios de trevo e o tamanho dos nódulos.

Desse modo, trabalhos realizados por esses autores (Selivanovskaya et al. 2001) comparando resíduos de lodo compostados e não compostados, verificou que o biossólido compostado trouxe respostas positivas na manutenção da FBN.

Referindo-se no mesmo trabalho ocorreu resultado também prejudicial, na diminuição na atividade da fixação biológica no solos adicionados com lodo não compostado.

Vieira et al., (2004), verificaram que a adição recomendada de compostos orgânicos de esgoto podem substituir a fertilização nitrogenada no feijoeiro, na qual foi provado que aplicação desse resíduo pode incrementar a nodulação e a FBN pelas estirpes nativas da planta.

Habd-Alla et al. (1999) trabalhando com a cultura da soja e com adição de lodo de esgoto, concluíram que a eficiência da fixação biológica de nitrogênio quanto a sua nodulação foi aumentada, com a presença do resíduo. Assim compostos de resíduos orgânicos que possuem quantidades desejáveis de nutrientes para as culturas como N, P e K, podendo, desse modo, ser usado como fertilizante. Desse modo, Behling et al., (2009) realizou experimentos com lodo da Estação de tratamento de resíduos industriais, afirmando que a elevada oferta de N-mineral para as plantas de soja ocasionou, possivelmente, alta absorção de N-mineral do solo, possibilitando a possível redução da FBN. O mesmo autor menciona que situações de alta disponibilidade de N-mineral, as plantas não nodulam ou diminuem a fixação.

Outros trabalhos realizados por (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006) também evidenciaram que com o aumento de N no solo, seja este de origem mineral ou orgânico, a atividade da fixação de nitrogênio começou a diminuir.

A presença de metais pesados no solo é mencionada como um dos fatores responsáveis pela diferença na diversidade de rizóbios. Alterações radicais são constatadas na população desses microrganismos contaminados por metais pesados em decorrência da aplicação de diversos tipos de lodo. SANTOS (2010) relata em sua pesquisa que os efeitos desses elementos, dependem das características do solo, do tipo de metal e da quantidade associada.

Araújo & Gentil (2010) realizaram pesquisa com lodo de curtume, e verificaram que com a dose de 5 Mg há⁻¹, promoveu perdas na nodulação da planta e não incrementou no crescimento. Trabalhos realizados com lodo de esgoto interferiram na FBN, na qual os fatores relacionados são os teores de metais pesados (ARAÚJO, 2003) ou sais solúveis disponível no solo (MADARIAGA e ANGLE, 1992).

3. Germinação de sementes

A germinação das sementes como processo biológico, é influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores abióticos, a presença de substâncias tóxicas, tais como metais, e os teores de sais podem causar efeitos negativos no processo.

As sementes são consideradas as partes de disseminação das plantas. Sendo que sua formação é dividida em dois seguimentos diferentes: a) período de morfogênese durante o qual o embrião se forma, por meio de divisões celulares e formação intensas de órgãos e tecidos embrionários (GOLDBERG et al.; 1994); b) tempo de maturação, que inclui a formação de detenção de órgãos e tecidos, o acúmulo de reservas de nutrientes, alterações no tamanho e peso do embrião, a supressão da germinação precoce, a aquisição a tolerância a dissecação, desidratação e dormência (KOORNNEEF e KARSEN, 1994)

No decorrer do desenvolvimento, as sementes são expostas ao estresse do ambiente, o qual pode intervir nos estágios primários do desenvolvimento. Nesse caso, os ensaios de toxicidade medem os efeitos dos agentes tóxicos sobre as espécies em uma série de concentrações de uma solução, sendo as respostas dos organismos observadas (GUERRA e ANGELIS, 2007). Assim, através da germinação de sementes é possível avaliar a capacidade que um composto pode influenciar no metabolismo, multiplicação celular e transporte de soluto, durante os primeiros estágios da germinação. Desse modo, a sobrevivência, germinação e estágios iniciais de desenvolvimento podem ser facilmente monitorados (BARBERO et al., 2001).

Desta forma, bioensaios de germinação de sementes e crescimento de plantas são ferramentas comumente usadas para medir o efeito da fitotoxicidade de compostos orgânicos poluentes (Kapanen and Itavaara, 2001). Além disso, os testes realizados para identificação de fitotoxicidade através da germinação de sementes e crescimento radicular vêm sendo utilizado por várias instituições governamentais, em vista para a estimativa do grau de contaminação de compostos residuais e efluentes descartados no meio ambiente (OECD,1984; USEPA, 1996). De acordo com esses autores, existe um grande número de espécie vegetal que podem ser sugerida nesses ensaios pela OECD, USEPA e USFDA (Tabela 1).

Os principais testes para avaliação da toxicidade do lodo de curtume compostado podem ser a germinação de sementes e a elongação radicular. Segundo Wang and Keturi (1990) os testes de germinação e elongação radicular servem para determinar os danos ocasionados por substancias toxicas existente em vários compostos poluentes. Outros autores afirmam que seu principal benefício é a grande variedade de parâmetros de toxicidade, como a taxa de germinação, ganho de biomassa, alongamento de raízes e aspectos bioquímicos, além de apresentar baixo custo e possibilidade de serem realizados continuamente (ŽALTAUSKITĖ e ČYPAITĖ, 2008).

Na composição dos lodos em geral, a presença de elevados teores de metais pesados e sais solúveis costuma limitar seu uso na agricultura devido ao risco de contaminação dos solos. A permeabilidade a metais pesados em sementes está muitas vezes ligada a composição do tegumento da semente (WIERZBICKA; OBIDZIŃSKA, 1998). Relacionando-se os teores de metais com os testes de fitotoxicidade observa-se que alguns metais como: alumínio, manganês, cálcio, níquel, cobre, cobalto e chumbo podem estar contribuindo para a inibição do crescimento e germinação das sementes (SANTOS et al.; 2013).

Solos tratados com lodo de curtume podem adquirir características salinas, sódicas ou até mesmo salino-sódicas, em decorrência da elevada concentrações de sais contidos e da dose de lodo aplicada (MARTINES, 2005). O grau de salinidade, que pode indiciar possíveis efeitos fitotóxicos na germinação (Gao et al., 2010; Gómez-Brandón et al., 2008), sendo esse um indicativo decisivo especialmente nesse estágio (Hoekstra et al., 2002). Assim, os efeitos tóxicos da salinidade na germinação, ocorram não somente por dificultar a cinética da absorção de água, mas também por facilitar a entrada de íons em quantidades tóxicas nas sementes durante a embebição, sendo constatado que os efeitos provocados pelos sais são mais prejudiciais à germinação (SANTOS, 1992).

Entretanto, Zucconi *et al.* (1981) recomenda que o índice de germinação (GI), baseado na germinação de sementes e no crescimento inicial das raízes, num extrato aquoso do composto, em função de um tratamento controle, tem provado ser um dos parâmetros mais sensíveis (Tam and Tiquia, 1994; Helfrich *et al.*, 1998)

Desse modo, os testes de germinação têm sido os mais usados para avaliar a fitotoxicidade (Wu et al., 2001). A avaliação da fitotoxicidade pelo método de

germinação de sementes tem a vantagem de dar uma resposta a um número elevado de possíveis causas; tendo, no entanto como desvantagem o fato de não permitir identificar as causas específicas (BELO, 2011).

Tabela 1. . Espécies de planta recomendadas pelas OECD guideline for testing of chemicals., United States Environmental Protection Agency (USEPA) e USFDA

	Nome comum	Nome científico
OECD		
	Arroz	<i>Oryza sativa</i>
	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
	Alface	<i>Lactuca sativa</i>
	Rabanete	<i>Raphanus sativus</i>
	Repolho	<i>Brassica campestris</i>
	Agrião	<i>Lepidium sativum</i>
	Mostarda	<i>Brassica sativum</i>
USEPA		
	Alface	<i>Lactuca sativa</i>
	Couve	<i>Brassica oleraceae</i>
	Soja	<i>Glycine max</i>
	Milho	<i>Zea mays</i>
	Cebola	<i>Allium cepa</i>
USFDA		
	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>

Fonte: Kapanen & Itavaara (2001) citado por Araújo (2004)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F. de.; MONTEIRO, R.T.R.; CARVALHO, E.M.S. Effect of textile sludge composted on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 5, p 1028-1032, 2007.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Plant bioassays to assess toxicity of textile sludge compost. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 286-290, 2005.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, v. 64, p.1043–1046, 2006.

ARAÚJO, A.S.F. de.; MONTEIRO, R.T.R.; CARVALHO, E.M.S. Effect of textile sludge composted on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 5, p 1028-1032, 2007.

ARAÚJO, A.S.F. de. **A Compostagem do lodo têxtil e seu efeito sobre indicadores biológicos**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARAÚJO, F.F. Efeitos do lodo de esgoto sobre a nutrição e doenças da soja. 2002. 99 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, São Paulo, 2003.

ARAÚJO, F.F.; GENTIL, G.M. Ação do lodo de curtume no controle de *Meloidogyne* spp. e na nodulação em soja. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 57, n.5, p. 629-632, set/out, 2010.

BARBERO, P.; BELTRAMI, M.; BAUDO, R.; ROSSI, D. Assessment of Lake Orta sediments phytotoxicity after the liming treatment. **J. Limnol.** v.60, n.2, p269-276, 2001.

BEHLING , M; DIAS, F.C.; SOBRINHO, N.M.B.A .; CLARICE DE OLIVEIRA, C.; NELSON MAZUR, N. Nodulação, acumulo de nitrogênio no solo e na planta, e produtividade de soja em solo tratado com lodo de estação de tratamento de resíduos industriais. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.2, p.453-462, 2009.

BELO, S.R.S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra. Coimbra, 36p, 2011.

BIDONE, F. R. A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES. Rio de Janeiro. Brasil, 2001.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p.261-279, 1995.

CAI, Q.; MO C.; WU, Q.; ZENG, Q.; KATSOYIANNIS, A. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-compost. **Journal of Hazardous Materials**, v. 147, p.1063–1072, 2007.

CASTILHOS, D. D.; VIDOR, C.; CASTILHOS, R. M. Atividade microbiana em solo suprido com lodo de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, p.71-76, 2000.

CAVALLET, L. E.; SELBACH, P. A. Populações microbianas em solo agrícola sob aplicações de lodo de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2863-2869, 2008.

CHAUDRI, A.M.; McGRATH, S.P.; GILLER, K.E.; RIETZ, E.; SAUERBECK, D.R. Enumeration of indigenous *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* in soils previously treated with metal-contaminated sewage sludge. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p. 301-309, 1993.

COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de algodão. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.2, p.540-548, 2005.

D'OLIVEIRA, S.P. Uso do lodo de esgoto submetido a diferentes processos de redução de patógenos na produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev.). Tese de Doutorado. Paraná, p.11-12. 2003.

EPSTEIN, E. The Science of Composting. **Boca Raton, FL: CRC Press**. 1997.

FRANSSINETTI, S.; CITTERIO, S.; NAPPI, P. Chemical changes in sludge stabilization. *Biocycle*, v.31, p.50-52, 1990.

GAO, M., LIANG F., Yu, A., Li, B., YANG, L., 2010. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. *Chemosphere*. 78, 614-619.

GOLDBERG, R.B.; DE PAIVA, G.; YEDGARI, R. Plant embryogenesis: zygote to see. *Science*, v. 266, p.605-614, 1994.

GONÇALVES, I. C. R. **Atributos químicos e biológicos do solo e produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) após dois anos de aplicação de lodo de curtume compostado**. 2011. 66 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

GÓMEZ-BRANDÓN, M., LAZCANO, C., DOMÍNGUEZ, J., 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*. 70, 436-444.

GUERRA, R.C.; ANGELIS, D.F. Avaliação da toxicidade do lodo gerado em reator biológico, durante o tratamento da água de produção, no terminal marítimo – Almirante Barroso, município de São Sebastião – SP. ABPG, Campinas, 2007.

HABD-ALLA, M.; YAN, F.; SCHUBERT, S. Effects of sewage sludge application on nodulation, nitrogen fixation, and plant growth of faba bean, soybean and lupin. **Journal of Applied Botany, Zeitschrift fuer Angewandte Botanik**, Berlin, v.73, p.69-75, 1999.

HEIDEMANN, B. R. et al. Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 8, p. 42 – 46, 2007.

HELFRICH, P., CHEFETZ, B., HADAR, Y., CHEN, Y., SCHNABL, H., 1998. A novel method for determinig phytotoxicity in composts. **Compost Science & Utilization**. 6, 6-13.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2009. 156p.

JORDAN, D. C. Family III. Rizobeaceae Conn, 1938, 32 AL. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J. G. (Eds.). **Bergerj's manual of systematic bacteriology**. London: William and Willians, 1984. v.1, p.234-256.

KAPANEN, A.; ITAVAARA, M. Testes de ecotoxicidade para aplicação de adubo. *Ecotoxicology and Enviromeental Safety*, v.49,p.1-16, 2001.

KHALIL, A. I.; HASSOUNA, M. S.; EL-ASHQAR, H. M. A.; FAWZI, M. Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge. **World Journal of Microbiology an Biotechnology**, v. 27, p. 1-11, 2011.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KOORNNEEF, M.; KARSEN, C.R. Seed dormancy and germination. In: MEYEROWITZ, E.M.; Sommerville, C.R. (ed.) *Arabidopsis*. Cold Spring Harbor: Laboratory Press. 1994. P.313-334.

KUHLMAN, L. R. Windrow composting of agricultural and municipal wastes. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 4, p.151–160, 1990.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p. 37-51, 1994.

MADARIAGA, G.M.; ANGLE, J.S. Sludge-borne salt effects on survival of *Bradyrhizobium japonicum*. *Journal Environmental Quality*, v. 21, p.276-280, 1992.

MARTINES, A. M. **Impacto do lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo**. 2005. 15p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

MARTINES, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1149-1155, 2006.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006. cap. 9, p. 449-542.

OECD. **OECD guidelines for testing of chemicals**: guideline 208, terrestrial plants, growth test. Paris, 1984.

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 764-772, 2007.

PELCZAR, J. M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia**. 2. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, v.2. 1981.

PEREIRA, M. A.; JACINTO, M. A. C.; GOMES, A.; EVARISTO, L. G. S. **Cadeia produtiva do couro bovino: oportunidades e desafios**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005. 30p.

REBAH, F.B.; PRÉVOST, D.; TYAGI, R.D. Growth of alfalfa in sludge-amended soils and inoculated with rhizobia produced in sludge. *Journal of Environmental Quality*, v.31, p.1338-1348, 2002.

.

ROCA-PEREZ, L.; MARTINEZ, C.; MARCILIA, P.; BOLUDA, R. Composting Rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil-plant system. **Chemosphere**, v.75, p.781– 787, 2009.

SANTOS, D.C.; MEDEIROS, R.M.; OLIVEIRA, V.G. Estudo da fitotoxicidade dos resíduos urbanos da cidade de Campina Grande-PB. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 01, n. 05, 2013, pp. 36-50, 2013.

SANTOS, V. L. M.; CALIL, A. C.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, E. M.; SANTOS, C. M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p189-194, 1992.

SANTOS, J. A. **Compostagem do lodo de curtume e seu uso agrícola: efeito sobre indicadores biológicos de qualidade do solo**. 47-77p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

SANTOS, J. A.; NUNES, L. A. P. L.; MELO, W. J.; ARAÚJO, A. S. F. Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p.146-151, 2011.

SELBACH, P. A.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; CAVALLET, L. E. Descarte e biodegradação de lodo de curtume no solo. **Revista Couro**, v 4, p 51 – 62, 1991.

SELIVANOVSKAYA, S. Y.; LATYPOVA, V. Z. Effects of composted sewage sludge on microbial biomass, activity and pine seedlings in nursery forest. **Waste Manage**, v. 26, p. 1253–125, 2006.

SUTCLIFFE, J. F.; BAKER, D.A. **As plantas e os sais minerais**. São Paulo: EPU, 1989.

TAM, N.F.Y., TIQUIA, S., 1994. Assessing toxicity of “spent sawdust pig-litter” using seed germination technique. *Resource Conservation Recycling*. 11, 261-274.

TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal of Applied Microbiology**, 99: p. 816-828, 2005.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y.; HODGKISS, I.J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environmental Pollution**, v.93, p.249-256, 1996.

U.S.E.PA. Ecological Effects Test Guidelines. OPPTS 850.4200. **Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test**. EPA 712-C-96-154. april 1996.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia** v. 58, p. 59 – 85, 2009.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LE DRÉAN, Y.; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v. 407, p. 2390-2403, 2009.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. **Efeito do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica do N₂ em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004 (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 19).

VISER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicator of soil quality: soil microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture*, New York, v. 7, p. 33–37, 1992.

WEI, Y. J.; LIU, Y. S. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. **Chemosphere**, v. 59, p. 1257-1265, 2005.

WIERZBICKA, M.; OBIDZIŃSKA, J. The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. **Plant Science**, v.137, n.2, p.155-171, 1998.

WU, L., MA, L.Q., 2001. Effects of Sample Storage on Biosolids Compost Stability and Maturity Evaluation. *Journal of Environmental Quality*. 30.

ŽALTAUSKAITÉ, J.; ČYPAITÉ, A. Assessment of landfill leachate toxicity using higher plants. *Assessment of landfill leachate toxicity using higher plants. Environmental Research - Engineering and Management*, v.46, p.42-47, 2008.

CAPÍTULO 1

BIOENSAIOS DE NODULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO LODO DE CURTUME COMPOSTADO

Autor: Alison Alexandrino Lima da Silva

Orientador: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

RESUMO: Os compostos de curtume provenientes do processo de compostagem apresentam diversos elementos químicos, rico em nutrientes na qual as plantas podem se beneficiar. Porém, há uma quantidade crítica composta de metais, que em grandes concentrações podem se tornar tóxicos, que podem proporcionar efeitos negativos ao meio ambiente. Devido à composição desses elementos em grandes quantidades podem afetar a simbiose das bactérias fixadoras de nitrogênio, ocasionando diminuição na nodulação e eficiência do processo, comprometendo também o desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do lodo de curtume compostado adicionado nas doses 2,5, 5, 10, 20 Mg ha⁻¹ em comparação com controle, sobre as propriedades químicas do solo, a nodulação e a eficiência da FBN, rendimento de matéria seca, acúmulo de N na parte aérea. O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, utilizando-se lodo de curtume adicionado ao solo, sendo em seguida plantadas sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP). O lodo de curtume elevou-se o pH e os teores de cromo no solo. Além disso, houve aumento na condutividade elétrica do solo com a aplicação do resíduo. Por outro lado, houve uma diminuição na massa dos nódulos seco com a elevação das doses do composto. O resíduo tenha aumentado o acúmulo de nitrogênio, com o aumento das doses.

Palavras-chave: composto de curtume, compostagem, fixação biológica.

BIOASSAYS NODULATION FOR EVALUATION OF PHYTOTOXICITY OF COMPOSTED TANNERY SLUDGE

Author: Alison Alexandrino Lima da Silva

Advisor: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

ABSTRACT: Compounds tannery from the composting process present various chemical elements rich in nutrients in which plants can benefit. However, there is a critical amount of metal compound, which in large concentrations can become toxic which can give negative effects on the environment. Because of the composition of these elements in large amounts can affect the symbiosis of nitrogen-fixing bacteria, resulting in reduced nodulation and efficiency of the process, also affecting the growth of plants. The objective of this study was to evaluate the effect of composted tannery sludge added at doses 2.5, 5, 10, 20 Mg ha⁻¹ compared with control on the chemical properties of the soil, nodulation and efficiency of BNF, yield of dry matter accumulation in the shoots. The study was conducted in a greenhouse, using tannery sludge added to the soil, and then planted seeds of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Tannery sludge amounted pH and chromium contents in the soil. In addition, there was an increase in the electrical conductivity of the soil with the application of the residue. On the other hand, there was a decrease in dry mass of nodes with increasing doses of the compound. The residue has increased the accumulation of nitrogen, with increasing doses.

Key words: compound tannery, composting, biological fixation.

1. INTRODUÇÃO

O uso de resíduos de origem urbana ou industrial, vem sendo estudado e usados na agricultura, como fonte de nutrientes para as culturas. Além de ajudar a diminuir os impactos desses resíduos descartados no ambiente, dando um fim sustentável para os mesmos.

O lodo de curtume compostado possui diversos nutrientes que beneficiam o desenvolvimento das plantas, além de conter uma grande quantidade de metais tóxicos. Diversos autores (Konrad e Castilhos, 2002; Araújo et al., 2005) afirma que a reutilização desses resíduos de curtume no solo, ajuda a melhorar a acidez do solo e contribuir como fonte de fertilizante alternativo.

Porém a preocupação com a utilização desses resíduos dever ser controlada, devido ao conteúdo desses compostos. O monitoramento de elementos nocivos, podendo contaminar o solo (Araújo et al., 2008), de forma desequilibrada pode ocasionar um valor de pH elevado (Selbach et al., 1991) e aumentar os teores de sais solúveis (Konrad e Castilhos., 2002), além de aumentar os teores de metais de cromo trivalente (Cr^{3+}), usados no processo de curtimento (Castilho et al., 2002) podendo excluir o uso desse resíduos nas atividades agrícolas.

Segundo Gonçalves (2011), a utilização da compostagem pode reduzir os teores de elementos químicos tóxicos presentes no lodo de curtume, reduzindo assim a sua toxicidade. A compostagem é um processo biologicamente natural na qual esta ligada a degradação inicial do lodo. A ação da compostagem consiste em um processo biológico de decomposição controlada da fração orgânica contida nos resíduos de modo a resultar em um produto estável, similar ao húmus (KIHIL, 1998). Entretanto, é através desses processo que implica na redução da toxicidade do resíduo, sendo assim possível a sua utilização.

A fixação biológica de nitrogênio vem sendo caracterizado como ferramenta bastante eficiente para a avaliação da ação de poluentes pelo uso de resíduos de curtume. Nesse caso, a nodulação e a FBN vêm sendo incluídas entre os mais importantes indicadores biológicos de poluição do solo (VISER e PARKINSON, 1992). Alguns autores (Teixeira et al., 2006; Santos et al, 2012) trabalharam com a relação da eficiência da FBN e nodulação associada ao efeito do lodo de curtume e observaram que em altas doses, diminuiu a nodulação no caupi. Desta forma,

tornam-se necessários mais estudos sobre a atividade da FBN devido aos efeitos da aplicação consecutiva do composto de lodo de curtume no solo.

A hipótese do estudo é que aplicações contínuas de LCC podem elevar o pH, e os teores de sais e de Cr no solo, podendo ou não contribuir com o desempenho da FBN. Logo, o objetivo desse trabalho foi avaliar as características químicas do solo, a fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi após quatro anos de adição de lodo de curtume compostado, cultivados em casa de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento de nodulação e fixação biológica do nitrogênio

O experimento foi realizado em casa de vegetação e laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, no município de Teresina-PI a 05°02' latitude S e 42°47' de longitude W, altitude 52m. A característica do clima da região, de acordo com o método de Thornthwaite e Mather (1955), é C1sA', titulado como subúmido seco, megatérmico, apresentando excedente hídrico moderado no verão.

O solo utilizado para o estudo foi coletado do experimento de longa duração com aplicação de lodo de curtume compostado (LCC) durante quatro anos. O solo é classificado como NEOSSOLO FLÚVICO (EMBRAPA, 2006) com textura franco arenoso. Durante quatro anos, consecutivamente, foram aplicados 0; 2,5; 5; 10; 20 Mg ha⁻¹ LCC em parcelas experimentais de 1m x 5m com cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), cultivar BR 17-Gurguéia. A caracterização química do solo, após quatro anos de aplicação do LCC, foi realizada no Laboratório de Solos (LASO), conforme metodologia da Embrapa (2005). O teor de Cr no solo foi determinado pelo método 3050 (USEPA, 1998).

2.2 Características do composto lodo de curtume

O composto utilizado nos experimentos durante quatro anos é proveniente da mistura de lodo de curtume, bagaço de cana e esterço bovino (1:1:3; v:v:v). O

processo de compostagem foi conduzido durante 85 dias, utilizando-se o método de pilhas revolvidas (USDA, 1980). Ao final do processo foram retiradas amostras em três pontos da pilha para avaliação de pH, umidade, matéria orgânica, conteúdo de nutrientes e teor de Cr (Tabela 2). Estas análises foram determinadas pelo método USEPA (United State of Environmental Protection Agency) 3051 (USEPA, 1986) e realizadas no Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal, SP (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas do lodo de curtume compostado.

Variável	Valores médios encontrados
	Para o LCC
pH	7,5
Umidade (%)	45,8
Corg (g kg ⁻¹)	194,7
N (g kg ⁻¹)	1,39
P (g kg ⁻¹)	4,25
K (g kg ⁻¹)	3,22
Ca (g kg ⁻¹)	100,26
Mg (g kg ⁻¹)	6,57
S (g kg ⁻¹)	9,34
Cu (mg kg ⁻¹)	17,90
Fe (mg kg ⁻¹)	5,025
Mn (mg kg ⁻¹)	1,848
Zn (mg kg ⁻¹)	132,60
Mo (mg kg ⁻¹)	10,95
Ni (mg kg ⁻¹)	24,60
Cd (mg kg ⁻¹)	2,91
Pb (mg kg ⁻¹)	40,50
Cr (mg kg ⁻¹)	2,260

Modificado por Oliveira e Araújo (2013)

2.3 Condução do bioensaio

No bioensaio de nodulação e fixação de nitrogênio utilizaram sacos plásticos contendo 1 kg de solo proveniente das parcelas experimentais descritas acima, na qual, obteve três repetições para cada tratamento. Nestes solos foram semeadas cinco sementes por sacos do feijão-caupi, cultivar BR 17 Gurguéia. Após cinco dias após a emergência (DAE), procedeu-se o desbaste deixando uma planta por saco. As plantas desenvolveram-se durante 30 DAE e após este período procedeu-se a avaliação. No solo foram avaliados o pH, condutividade elétrica e os valores de pH do solo foi determinado por potenciometria em solução solo:água (1:2,5; m:v). A condutividade elétrica foi estimada através de pasta saturada e com auxílio de condutivímetro. O Cr total foi determinados pelo método USEPA-3050, descrito em USEPA (1986).

A massa dos nódulos foi determinada após a secagem em estufa com circulação forçada e temperatura ajustada a 60°C. Os nódulos foram contados e determinados a sua massa. A parte aérea e as raízes das plantas foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 60°C até atingir a massa constante. Em seguida foram determinadas as suas massas. A parte aérea das plantas foi moída e enviada ao Laboratório de Bromatologia para determinação dos teores de proteína pelo método de Kjeldahl (1883). O tacumulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) foi estimado pelos teores de proteínas em relação à massa da parte aérea seca. A eficiência da fixação de nitrogênio foi estimada através da relação da produção de massa seca dos tratamentos em relação ao controle.

2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram feitas à análise de variância (ANOVA), análise de regressão para as variáveis químicas do solo e as variáveis de nodulação. A seleção dos modelos de regressão foi realizado através do programa estatístico Assistat Versão 7.7 beta (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de LCC promoveu aumentos significativos nos valores de pH, condutividade elétrica (CE) e Cr no solo (Figura 1). Estes resultados foram decorrentes das propriedades químicas do LCC que apresenta carbonatos e hidróxidos usados no processo de curtimento (SELBACH et al., 1991). Isto contribui para elevar o pH do LCC e consequentemente contribuir para o efeito corretivo do resíduo.

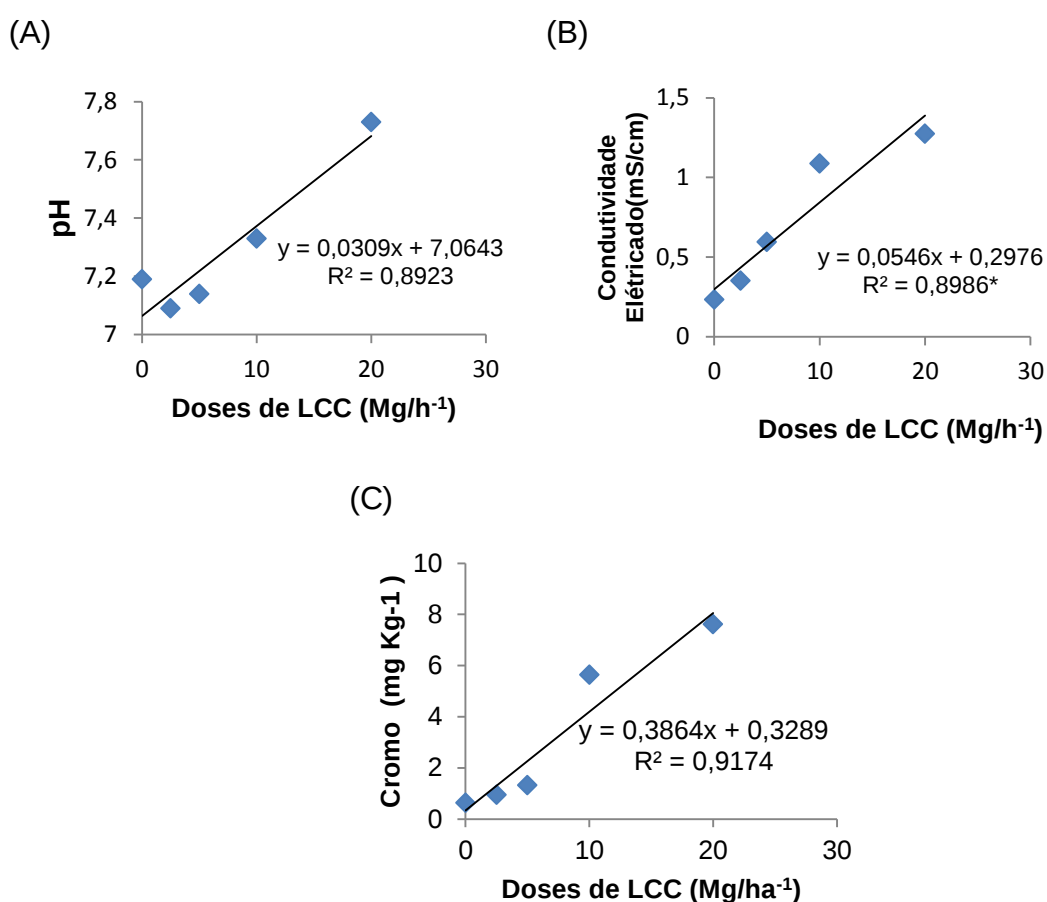


Figura 1. Relação entre o pH em água em solos tratados com lodo de curtume (A). Variação da condutividade elétrica do solo com doses de lodo de curtume (B). Quantidade de cromo acumulado no solo (C).

Além disso, o LCC apresenta alto conteúdo de sódio e, desta forma, a sua aplicação consecutiva promove o aumento da salinidade e condutividade elétrica do solo (ARAÚJO et al., 2013). Desta forma os resultados sugerem que o LCC poderia ser utilizado como corretivo de solo e contribuir para neutralizar a acidez trocável conforme reportado em estudos anteriores (Costa et al., 2001; Konrad and Castilhos, 2002; Ferreira et al., 2003; Teixeira et al., 2006). Em relação à condutividade elétrica, os resultados indicam que aplicações consecutivas de LCC pode aumentar consideravelmente a salinidade do solo (Teixeira et al., 2006, Araújo et al, 2013).

Tabela 3. Resumo do quadro de análise de variância sobre as características química do solo e os aspectos relacionados com a FBN em relação crescentes de lodo de curtume compostado.

F.V	QUADRADO MÉDIO							
	pH	CR	CE	MNS	MPAS	MRS	ANPA	EFBN
Trat.	0,200	30,51	0,622	0,002	0,029	0,039	38,26	284,48
Resíduo	0,007	0,016	0,003	0,000	0,017	0,028	11,69	193,33
R²Linear	0,517**	104,68**	2,380**	0,007**	0,057 ^{ns}	0,018 ^{ns}	106,38*	523,65 ^{ns}
C.V	1,21	3,95	7,96	13,68	14,52	19,25	16,69	15,31

* significativo a 5%; **significativo a 1% ; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste

No caso do Cr, este elemento encontra-se em concentração elevada no resíduo e isto contribui para o aumento dos teores no solo. Por outro lado, em valores de pH do solo acima de 7,0 o Cr encontra-se insolúvel (Aquino Neto and Camargo, 2000) e com baixa mobilidade (Hayes and Traina, 1998) reduzindo o seu potencial tóxico. Segundo MacGrath e Smith, (1990) a forma de Cr^{+3} , tóxica às plantas, é encontrada em condições ácidas, pois a disponibilidade do Cr diminui quando o pH do solo é superior a 5,0.

Houve um efeito decrescente pela aplicação de LCC sobre a massa dos nódulos (Figura 2) sugerindo um efeito tóxico do LCC sobre a nodulação do feijão-caupi. Resultados semelhantes foram encontrado (Teixeira et al., 2006), sendo observado a diminuição da massa dos nódulos decaupi cultivado aos 35 dias em casa de vegetação. Esta redução na nodulação pode ter ocorrido em virtude do aumento da salinidade e dos teores de Cr no solo. O processo de infecção bacteriana é altamente sensível à salinidade devido, principalmente, ao cessamento do crescimento do pêlo radicular (FERREIRA and CASTRO, 1995) e a nodulação decresce em CE superiores a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$.

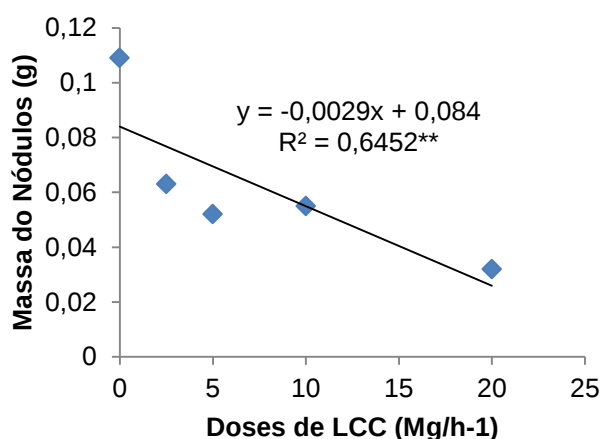


Figura 2. Massa dos nódulos secos, em relação a doses de lodo de curtume compostado.

O LCC não promoveu efeitos positivos ou negativos sobre a massa da parte aérea e das raízes de feijão-caupi. Os valores médios obtidos para a massa da parte aérea e das raízes secas foram $0,91$ e $0,80 \text{ g pl}^{-1}$, respectivamente. Por um lado, os resultados indicam que não houve efeito tóxico do LCC sobre o crescimento das plantas. Desse modo, a adição de LCC não incrementou no crescimento vegetal.

Embora alguns estudos mostraram efeitos positivos do uso de lodo de curtume sobre o desenvolvimento de feijão, leucena, soja e milho (COSTA et al., 2001; FERREIRA et al. 2003; SOUZA et al., 2005; ARAÚJO et al., 2006; BORGES et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008; SANTOS, 2010; MARTINES, 2005), os resultados obtidos neste estudo sugerem que os altos valores de pH e a alta salinidade podem ter desfavorecido o crescimento vegetal.

O acúmulo de nitrogênio foi elevado pela aplicação de LCC ao solo e isto sugere que houve efeito do resíduo na disponibilização do nutriente às plantas. O ANPA foi observado diferenças estatísticas de acordo com a análise de regressão, justificando em resultados crescentes de acordo com as doses utilizadas. Nesse caso o ANPA obteve um aumento de 47,62% na maior dose de LCC em comparação do tratamento controle (Figura 3).

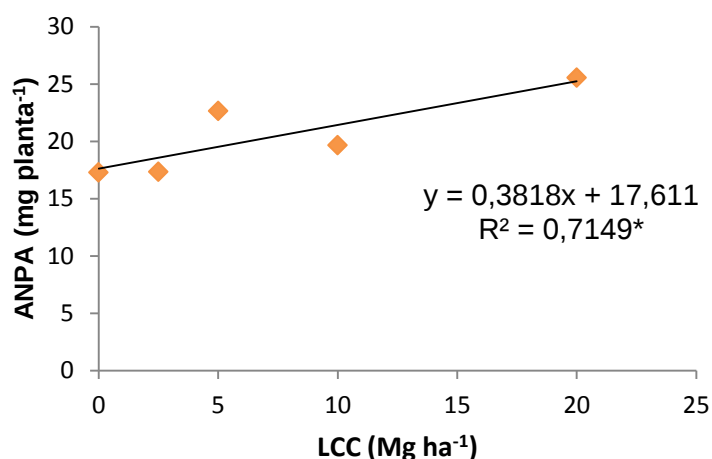


Figura 3. Acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) no feijão-caupi, cultivado com doses crescentes de LCC.

Para a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (EFBN) não houve diferenças estatísticas de acordo com análise de variância. Esses resultados ficaram inferiores ao tratamento controle. Entretanto, Currie et al (2003) relata que a disponibilidade do N é a longo prazo no decorrer do desenvolvimento da planta e não somente no estágio inicial ou no aparecimento das flores, nesse caso a FBN atinge sua atividade máxima quando há formação dos nódulos.

Diversos autores (Angle et al., 1992; Vieira, 2001; Vieira et al., 2004) avaliando a eficiência da fixação biológica do nitrogênio com aplicação de resíduos de esgoto não observou efeitos nocivos sobre a nodulação. Vieira (2001) ao estudar a adição de lodo em soja sobre o parâmetro da FBN obteve resultados positivos, desse modo, um alerta é respaldado pelo autor que deve ter cuidado com as quantidades utilizadas desse composto orgânico, podendo ter uma ação ineficiente com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* provocando negativamente a nodulação.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de lodo de curtume, aumentou, pH, condutividade elétrica e os teores de cromo no solo.

O lodo de curtume apresentou respostas negativas na biomassa dos nódulos secos após quatro anos de aplicações contínuas.

As doses de lodo de curtume compostado aumentaram o acúmulo de N no feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. S. F.; SILVA, M. D. M.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, F. F. e DIAS, N. S. Soil pH, electric conductivity and organic matter after three of consecutive amendment of composted tannery sludge. **Academic Journals**, v 8 (14), p. 1204-1208, 2013.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, p. 25–30, 2008.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARDOSO, P. F. Composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, p. 549-554, 2005.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, v. 64, p.1043–1046, 2006.
- ANGLE, J.S.; MADARIAGA, G.M.; HEGER, E.A. Sewage sludge effects on growth and nitrogen fixation of soybean. **Agriculture, Ecosystem & Environment**, v.41, p.231–239, 1992.
- AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O.A. Crescimento e acúmulo de cromo em alface cultivada em dois latossolos tratados com CrCl_3 e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.225-235, 2000.
- BORGES, J. D.; BARROS, R. G.; SOUZA, E. R. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA, I. P.; CARNEIRO, M. F.; NAVES, R. V.; SONNENBERG, P. E. Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizadas com lodo de curtume. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 1-6, 2007.

CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e crômio hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 1083-1092, 2002.

COSTA, C. N.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; KONRAD, E. E.; PASSIANOTO, C. C.; RODRIGUES, C. G. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 3, p. 189-191, 2001.

CURRIE, V.C.; ANGLE, J.S.; HILL, R.L. Biosolids application to soybeans and effects on input and output of nitrogen. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.97, p.345-351, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: CNPS/EMABRAPA, 2005. 412p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.4, v.27, p.755-763, 2003.

FERREIRA, E. M.; CASTRO, I. V. Nodulation and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in soils previously treated with sewage sludge. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1177-1183, 1995.

GONÇALVES, I. C. R. Atributos químicos e biológicos do solo e produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) após dois anos de aplicação de lodo de curtume compostado. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011, 66p.

HAYES, K.F.; TRAINA, S.J. Metal speciation and its significance in ecosystem health. In: HUANG, P.M. (Ed.) Soil chemistry and ecosystem health. Madison: Soil Science Society of America, 1998. p.45-84. (SSSA Special Publication, 52).

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem, maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 171 p, 1998.

KJELDAHL, J. Neue methode zur bestimmung desstick-stoffs in organischen korpern. Zeitschriftfür Analytische Chemie, v.22, p.366-382, 1883.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrente da adição do lodo de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26,p.257-265, 2002.

MAcGRATH, S.P e SMITH, S. "Chromium and nickel". In: ALLOWAY, B.J (ed) (1990). Heavy metals in soil. New York, John Wiley & Sons, Inc., cap 7, pp. 125-150.

MARTINS, A. M. **Impactos do lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2005, 74 p.

OLIVEIRA, M. L. J.; ARAÚJO, A. S. **Teores de Cr em plantas de feijão-caupi após 4 anos de aplicações consecutivas de composto de lodo de curtume**. III Congresso Nacional de feijão-caupi. Recife – PE, 2013, 5 p.

SANTOS, J. A.; NUNES, L . A. P. L.; MELO, W. J.; ARAUJO, A. S. F. Tannery sludg compost amendment rates on soil microbial biomass in two different soils. **Eur. J. Soil Biol.** 47: 146-151, 2012.

SANTOS, J. A. **Compostagem do lodo de curtume e seu uso agrícola: efeito sobre indicadores biológicos de qualidade do solo**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2010

SELBACH, P. A.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; CAVALLET, L. E. Descarte e biodegradação de lodo de curtume no solo. **Revista Couro**, v 4, p 51 – 62, 1991.

SOUZA, E. R. B.; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA, I. P.; XIMENES, P. A.; CARNEIRO, M. F.; BARROS, R.. Teores de metais tóxicos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n. 2, p.117-122, 2005.

TEIXEIRA, K. R. G.; GONÇALVES FILHO, L. A. R.; CARVALHO, E. M. S.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1071-1076, 2006.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in 32 **Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Tecnology, 1955, 104 p.

USDA. United States Departamento f Agriculture. **Manual for Composting of Swage Sluge by the Beltsville Aerated – pile Methord**. USDA – EPA, 1980, 65 p.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Test method for evaluating soil wast**. Washington, 1986, 152 p.

VIEIRA, R.F.; TSAI, S.M.; TEIXEIRA, M.A. Efeito do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica de N₂ em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2004, 18p.

VIEIRA, R.F. Sewage sludge effects on soybean growth and nitrogen fixation. **Biology & Fertility of Soils**, v.34, p.196–200, 2001.

VISER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicator of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, New York, v. 7, p. 33-37, 1992.

CAPÍTULO 2

BIOENSAIOS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES PARA AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DE LODO DE CURTUME COMPOSTADO

Autor: Alison Alexandrino Lima da Silva

Orientador: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

RESUMO: O uso agrícola do lodo de curtume é uma forma sustentável que apresenta como alternativa de fertilizante e corretivo do solo em vantagens do descarte final na qual sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura. Sendo que o uso irracional desses resíduos pode contribuir com a poluição do ambiente. Além disso, os elementos tóxicos presentes no LCC, em destaque os elementos traços como Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, e Cd quando acima do limite pode contribuir com a poluição no solo, quando lixiviados para o solo podem ficar disponíveis e serem absorvidos pelas plantas ou podendo ser transportado para diversas unidades ambientais. O presente estudo teve como objetivo avaliar através de bioensaios de germinação e desenvolvimento da radícula em plantas de couve, repolho e feijão-caupi exposto a extratos de lodo de curtume compostado: 0, 15, 30 e 60 mg/mL para observar a fitotoxicidade desse composto. Avaliou-se a porcentagem, de germinação de sementes o índice de germinação e alongação radicular. Os resultados encontrados mostraram que ocorreu diminuição na germinação das sementes, sendo a mais influenciada as sementes de caupi com valores médio de 60,23%. No crescimento da radícula também ocorreu redução nas três plantas utilizadas. O índice de germinação de acordo com a média sugerida de IG com valor de 80%, somente sementes de caupi conseguiram ultrapassar essa média nas doses de 15 e 30 mg/mL.

Palavras-chave: resíduos, extratos aquosos, metais tóxicos.

GERMINATION ASSAYS SEED FOR EVALUATION OF PHYTOTOXICITY COMPOSTED TANNERY SLUDGE.

Author: Alison Alexandrino Lima da Silva

Advisor: Ademir Sérgio Ferreira de Araújo

ABSTRACT: The agricultural use of tannery sludge is a sustainable way to providing an alternative fertilizer and soil corrective advantages in the final disposal in which its application in soil can bring benefits to agriculture. Since the irrational use of these residues may contribute to environmental pollution. Furthermore, the toxic elements present in the LCC highlight the trace elements as Zn, Cu , Pb , Ni , Cr, Cd and when above threshold can contribute to pollution in the soil when leached into soil may become available and are or absorbed by plants may be transported to various environmental units . The present study aimed to evaluate through bioassay germination and radicle in cabbage plants, cabbage and cowpea exposed to extracts of composted tannery sludge: 0, 15, 30 and 60 mg / mL for observe the phytotoxicity of the compound . We evaluated the percentage of germination of seeds germination index and root elongation. The results showed that there was a decrease in seed germination, most influenced the cowpea seeds with average values of 60.23 %. In radicle growth reduction also occurred in the three plants used. The germination rate according to the suggested average GI value of 80 % with only cowpea seeds was able to exceed these average doses of 15 and 30 mg / mL.

Key words: waste, aqueous extracts, toxic metals

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem de resíduos de origem industrial vem crescendo com a estimativa de sustentação e preocupação ambiental, na qual uma alternativa empregada é substituição de parte ou total de adubos químicos, sendo esses usados na agricultura. No entanto, os melhores benefícios que os resíduos de curtume pode contribuir em áreas agrícolas como a ação de elevar os nutrientes do solo, a matéria orgânica, fornecendo alimento para a regulação e desenvolvimento dos microrganismo e ajuda a neutralizar os solos de sua acidez.

Apesar de que o lodo de curtume apresenta em sua composição grandes teores de elementos tais como nitrogênio, sódio e diversos metais, se destacando o cromo, podendo resultar com sua adição não recomendada em problemas de contaminação ao meio ambiente.

A germinação é definida como a ruptura da radícula através do pericarpo. Os fatores principais que acontecem nesse processo são: entrada de água (embebição), degradação dos tecidos de reservas, acionamento das atividades enzimáticas, crescimento do embrião, protrusão do pericarpo e formação das plântulas.

A capacidade elevada de germinação e a eficiência de encontrar sementes com grande poder germinativo e alta qualidade, são utilizadas varias espécies para serem incluídas nos testes de toxicidade. A germinação é obtida como um método importante na detecção de toxidez de diferentes compostos poluentes, podendo conter em sua composição elementos que podem interferir, na germinação e no crescimento radicular, como reflexo da toxicidade.

Os bioensaios de germinação comprovam grande eficiência tanto no monitoramento de poluentes ambientais quanto na constatação da ação de compostos químicos dos resíduos Dessa forma, a utilizações de extratos contendo resíduos orgânicos poluentes pode revelar-se a toxicidade destes resíduos aos bioindicadores (sementes).

O objetivo desse trabalho foi avaliar através da metodologia de bioensaios de germinação a capacidade fitotoxicidade provocada por extratos aquosos com lodo de curtume compostado. Sendo os parâmetros baseados na porcentagem de germinação de sementes, alongação radicular e no índice de germinação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Composto de lodo de curtume

O lodo de curtume foi obtido do curtume Europa, localizado em Teresina, Piauí. A pilha de compostagem foi feita utilizando-se lodo de curtume, bagaço de cana e esterco (1,1,3;v:v:v). O processo foi conduzido por 85 dias. As características químicas do lodo de curtume compostado estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Características químicas do composto de lodo de curtume.

Variável	Valores médios encontrados
	Para o LCC
pH	7,5
Umidade (%)	45,8
Corg (g kg ⁻¹)	194,7
N (g kg ⁻¹)	1,39
P (g kg ⁻¹)	4,25
K (g kg ⁻¹)	3,22
Ca (g kg ⁻¹)	100,26
Mg (g kg ⁻¹)	6,57
S (g kg ⁻¹)	9,34
Cu (mg kg ⁻¹)	17,90
Fe (mg kg ⁻¹)	5,025
Mn (mg kg ⁻¹)	1,848
Zn (mg kg ⁻¹)	132,60
Mo (mg kg ⁻¹)	10,95
Ni (mg kg ⁻¹)	24,60
Cd (mg kg ⁻¹)	2,91
Pb (mg kg ⁻¹)	40,50
Cr (mg kg ⁻¹)	2,260

2.2 Bioensaio de germinação de sementes

Os ensaios de germinação de sementes foram conduzidos no Laboratório de Solos (LASO) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí.

As doses de LCC utilizadas foram: 0, 15, 30 e 60g de LCC. Estas doses foram misturadas com 30 mL de água destilada e agitadas por 10 minutos, formando um extrato aquoso.

De cada extrato aquoso foram utilizados 10 mL para adicionar às placas contendo as sementes. As espécies utilizadas para o ensaio de germinação foram couve, repolho e feijão-caupi. As características do bioensaio estão mostradas na Tabela 5.

Tabela 5. Condições do bioensaios de germinação de sementes

Tipo de teste	Grupo de sementes
Temperatura ambiente	25°C
Luminosidade	Nenhuma (escuro)
Recipiente do teste	Placas de Petri (1 x 9 cm) + papel filtro
Volume do teste	10 mL por placa
Número de sementes	20*, 20**, 10***
Repetições	Três
Controle	Água destilada
Duração do teste	8 dias*, 10 dias**, 5 dias***
Avaliação final	Germinação e raízes primárias $\geq$ 5mm

Couve*, Repolho**, Feijão-caupi***

As sementes foram colocadas em placas de petri esterilizadas contendo papéis de filtro onde se adicionou 10 mL do extrato contendo LCC (Figura 1). As placas com as sementes foram cobertas com papel opaco e deixado em temperatura ambiente, a 25°C, durante o período de germinação.

Após o período de incubação, foram realizadas as avaliações nas sementes. Nas avaliações foram mensurados o número de sementes germinadas e os tamanhos das radículas, com auxílio de régua milimetrada. A germinação de sementes (GS%), alongação radicular (ER%) e o índice de germinação (IG%) foram calculados através das equações Tam & Tiquia (1994).

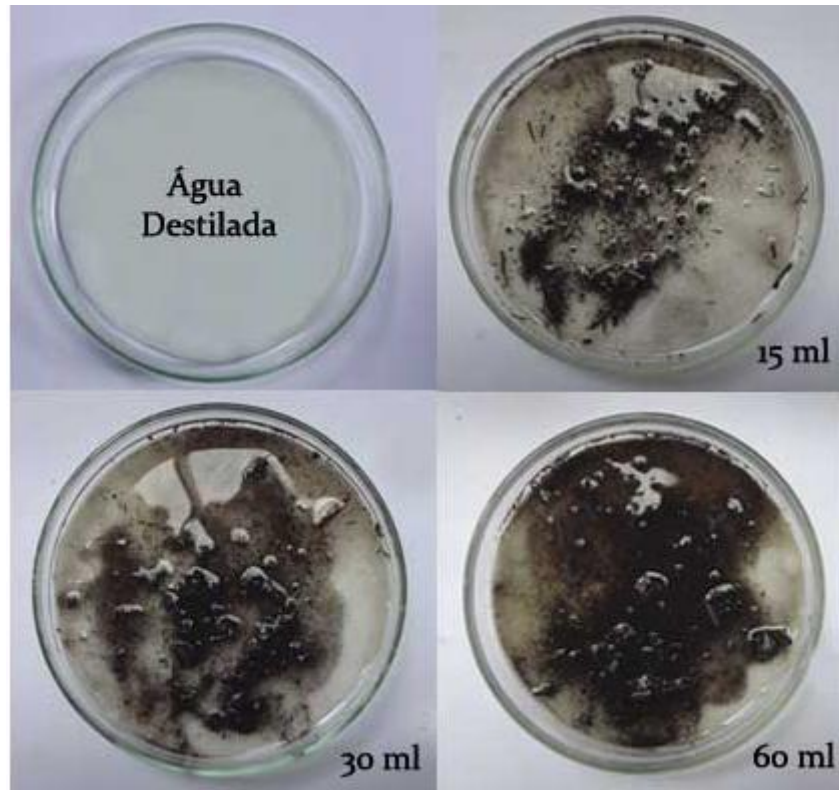


Figura 4. Placas contendo lodo de curtume para diferentes diluições (0, 15, 30, e 60 mL).

Germinação de sementes (%)

$$GS = \frac{\text{Número de sementes germinadas no extrato} \times 100}{\text{Número de sementes germinadas no controle}}$$

Elongação radicular (%)

$$ER = \frac{\text{Média do comprimento radicular no extrato} \times 100}{\text{Média do comprimento radicular no controle}}$$

Índice de germinação

$$IG = \frac{(\% \text{ de germinação de sementes}) \times (\% \text{ crescimento radicular})}{100\%}$$

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.6 beta (2013), sendo submetido a análise de regressão a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeitos significativos do LCC sobre a germinação de sementes de couve e repolho (Figura 5). Em todos os tratamentos, a germinação foi superior a 80%, indicando que não houve efeito deletério do LCC, nas doses avaliadas, sobre as sementes.

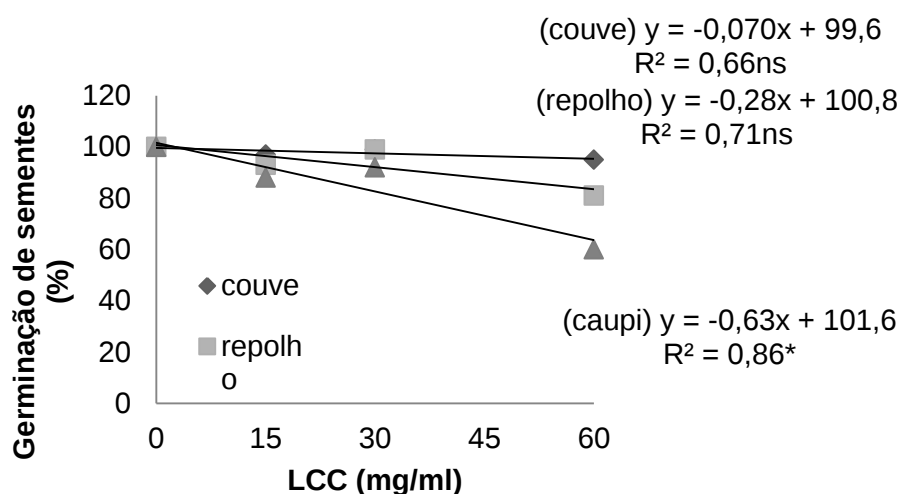


Figura 5. Bioensaios de germinação de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de LCC.

Os resultados dos testes de fitotoxicidade expressam a porcentagem dos índices de germinação e crescimento das sementes em relação ao controle (amostras com água destilada). Bisognin et al., (2005) explica que a parte que age como forma de resistência da germinação às diversas condições do ambiente é o endosperma. Assim como o endosperma e o tegumento das sementes participa na proteção do embrião contra a atuação tóxicas dos metais (Li et al., 2005).

Portanto, sementes que proporcionam uma menor quantidade de endosperma se tornam mais fácil de ser afetada às condições do meio. Contradizendo nesse experimento as sementes de feijão-caupi por possuir maior quantidade de endosperma que as outras sementes avaliadas nesse trabalho alcançaram os menores resultados de germinação comparando com as sementes de couve e repolho. Por possuírem a menor quantidade de endosperma, apresentaram melhores resultados na germinação, podendo esse efeito estar relacionado ao tegumento dessas sementes, por dificultar a entrada da solução de LCC, e não favorecendo a inibição da germinação.

Portanto houve efeito significativo, para GS de feijão-caupí, com o aumento das concentrações de LCC ocorreu aumento da entrada desses metais nas sementes de feijão-caupí, causando algum efeito negativo ao embrião e consequentemente, diminuindo proporcionalmente o percentual de germinação. De acordo com o gráfico (Figura 5) mostra a redução de 40% da porcentagem de sementes germinadas, na maior dose do extrato (60 mL).

Baixo número de sementes germinadas podem ser associados a presença de metais tóxicos, elementos inorgânicos, sais solúveis e compostos orgânicos. Durante o processo de compostagem elementos fitotóxicos podem ser produzidos, como consequência de condições anaeróbica, essas características se estiverem presentes no material orgânico, a germinação de sementes diminuirá, dependendo do grau de fitotoxicidade da mistura (MENDES, 2011). A permeabilidade a metais pesados em sementes está muitas vezes relacionada a estrutura do tegumento da semente (WIERZBICKA; OBIDZIŃSKA, 1998). Dessa forma, a germinação da couve e repolho não foi afetada em concentrações mais altas devido à proteção promovida pelo pericarpo e o tegumento da semente, restringindo a entrada dessas substâncias.

Em relação à elongação radicular, os resultados mostram que houve diferenças significativas entre os tratamentos no comprimento das radículas para as três plantas (Figura 6). Enquanto que o feijão-caupí apresentou uma redução no comprimento radicular com a aplicação de LCC em doses superiores a 15 mL. Para as sementes de couve e repolho com adição da primeira dose do tratamento (15 mL), ocorreu a diminuição do crescimento radicular.

Os resultados sugerem que o LCC não afetou a absorção de água e o processo de germinação das sementes de couve e repolho. Entretanto, o

crescimento radicular pode ser afetado pela extrato devido, provavelmente, aos elementos químicos presentes no resíduo, principalmente metais tóxicos. Essa redução no crescimento radicular pode afetar o crescimento de toda a plântula por restringir a absorção de água e nutrientes.

Segundo Marques et al. (2002), a raiz é o principal órgão que sofre com os efeitos dos metais, sendo que a toxidez se inicia nessa parte tanto na absorção quanto na fixação desses componentes químicos. Da mesma forma, Campbel et al. (1995) relatam que compostos orgânicos poluentes podem inibir o crescimento radicular.

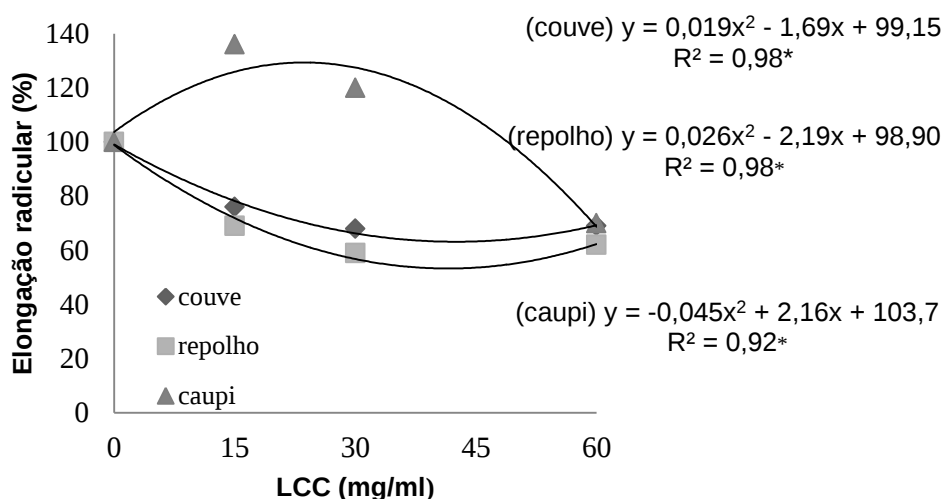


Figura 6. Elongação radicular de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de lodo de curtume compostado.

Analisando as Figuras 5 e 6 relacionadas à GS e a ER para ambas as sementes, de acordo com a sua espécie pode-se observar que, de maneira geral, os índices de GS (Figura 5) são maiores que os de ER (Figura 6), com germinações que chegam a 99,99% para as sementes de couve. Para os valores de ER o percentual máximo de crescimento foi de 136%, para as sementes de feijão-caupí.

Tiquia et al. (1996) assegura que valores de índice de germinação acima de 80% resulta na eliminação dos efeitos de fitotoxicidade dos resíduos. De acordo com os resultado do experimento a dose de 15 e 30 mL mostrou-se os melhores resultados de 121,79% e 117,23% de índice de germinação (IG) para as sementes de feijão-caupí (Figura 4). Valores de IG superiores a 80% parecem indicar que o

composto está livre de fitotoxinas e que o composto se encontra maturado (Tiquia, 2010 cit. Zucconi *et al.*, 1981; Tiquia *et al.*, 1998).

No entanto na maior dose (60 mL), correspondeu em uma redução drástica no IG, para o feijão-caupí com valor de 42,81% (Figura 7). De acordo com os autores citados as sementes de couve e repolho não atingiram o percentual de IG adequado, revelando que a solução de LCC contribuiu com a diminuição dessa variável, devido o efeito fitotóxico do lodo (Figura 4).

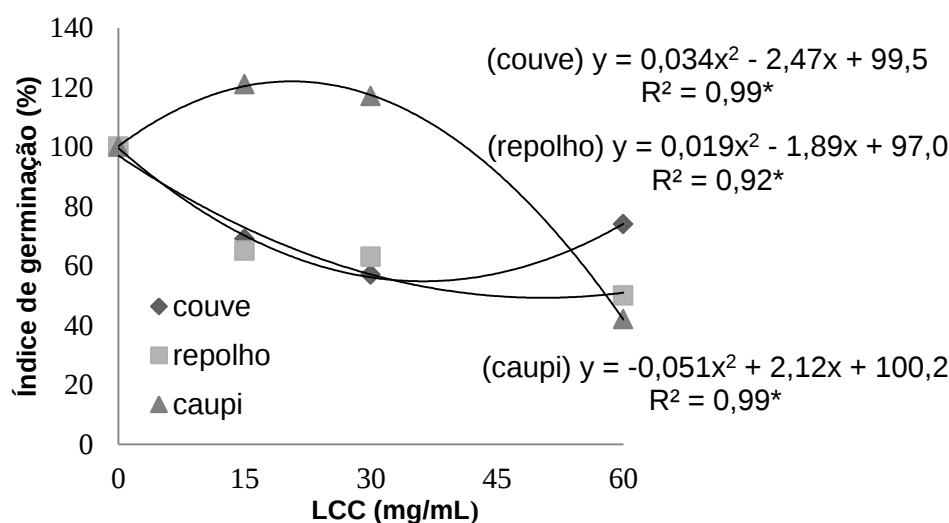


Figura 7. Índice de germinação de sementes para as espécies testadas, submetidas à concentrações de extrato aquoso de lodo de curtume compostado

Diante disso Zucconi e de Bertoldi (1987), em sua pesquisa relatou que o IG inferior a 60% o composto não pode ser aplicado com segurança nos solos agrícolas. No entanto nas amostras de maiores doses confirmou essa hipótese para as sementes de repolho e feijão-caupí com IG de 50,50% e 42,81, respectivamente. O mesmo autor ainda afirma que valores de IG muito próximos ou inferiores a 30%, indicando que os compostos ainda se encontravam muito fitotóxicos, e o composto com cerca de 60%, limite a partir do qual o composto é moderadamente tóxico. Contudo (Gómez-Brandón *et al.*, (2008) afirma que é possível identificar que o valor de IG de 60% refere-se a um valor considerado moderado em relação a inibição de germinação, confirmando que a adição do composto é segura.

Entretanto, Zucconi *et al.* (1981) recomendam que o índice de germinação (IG), baseado na germinação de sementes e na elongação radicular, num extrato

aquoso do composto, em função de um tratamento controle, tem confirmado ser um dos parâmetros mais sensíveis, que este índice tem provado ser adequado de indicar tanto a baixa toxicidade, que afeta o crescimento das raízes, como a elevada toxicidade que afeta a germinação de sementes

4. CONCLUSÕES

Para a germinação de sementes, em todas as espécies do bioensaio verificaram a germinação de sementes superior a 80%. Exceto para a dose de 60 mL para feijão caupi que obteve um resultado de 60,23%.

Ocorreu um decréscimo na elongação radicular com o aumento das doses nos extratos aquosos de lodo.

Os melhores índices de germinação foram de 121,29% e 117,23% nas doses de 15 e 30 mL, respectivamente para as sementes de feijão caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISOGNIN, D. A.; VELASQUEZ, L.; WILDDERS, I. Cucumber seedling dependence on cotyledonary leaves for early growth *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.531-539, 2005.

CAMPBELL, A.G.; ZHANG, X.; TRIPEPI, R.R. Composting and evaluating a pulp and paper sludge for use as a soil amendment/ mulch. **Compost Science and Utilization**, v.84, p.84-95, 1995.

GÓMEZ-BRANDÓN, M., LAZCANO, C., DOMÍNGUEZ, J., 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*. 70, 436-444.

LI, W.; KHAN, M. A.; YAMAGUCHI, S.; KAMIYAK, Y. Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation*, v.46, p.45-50, 2005.

MARQUES, M.O.; MELO, W.J.; MARQUES, T.A. Metais pesados e o uso de bio-sólidos na agricultura. In: TSUTIYA, M.T. (Ed.) **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2002. P.365-403.

MENDES, P.M. Avaliação da estabilização de camas usadas na avicultura através de bioindicadores vegetais. Dissertação de (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011. 37p.

TIQUIA, S., 2010. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere*. 79, 506-512.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.; HODGKISS, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pigmanure sawdust litter. **Environmental Pollution**, v. 93, p. 249-256, 1996.

TIQUIA, S. M.; TAM, N.F.Y. Elimination of Phytotoxicity during cocomposting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology*, 65, p. 43-49, 1998.

ZUCCONI, F., A. Peram, M. Forte, and M. De Bertolidi. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 22:54-56.

ZUCCONI, F., DE BERTOLD, M., 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: de BERTOLDI, M., FERRANTI, M.P., L'HERMITE, P.L., ZUCCONI, F. (Eds.), *Compost: Production, Quality and Use*. Elsevier, London, UK, pp. 30–50.