

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ALTERNATIVA DE COMPOSTAGEM DO LODO RESIDUAL E REUSO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E PAISAGISMO DE ATERRO SANITÁRIO

*Zorayde Lourenco de Oliveira¹
Marília Regina Costa Castro Lyra²
Jose Fernando do Nascimento¹
Silvio Romero de Melo Ferreira¹

ALTERNATIVE COMPOSITION OF RESIDUAL SLUDGE AND REUSE FOR THE PRODUCTION OF CHANGES AND LANDSCAPING OF SANITARY LAND

Recibido el 25 de octubre de 2017; Aceptado el 16 de octubre de 2018

Abstract

Considering the importance of the environmentally sound management of urban solid waste, the composting process is the process of transforming the waste resulting from the treatment of leachate, the proposal is directed to the management of solid waste without leaving wastes after treatment. The objective was to evaluate the effect of the application of the compound developed from the residual sludge resulting from the Moringa oleifera extract after treatment of leachate on the germination and growth variables of Lettuce - Lactuca sativa L. and on the chemical properties of the compound. The experiment was conducted at the CTR-Candeias landfill and at the UFPE phytomedicine laboratory, the compost (residual sludge) came from the CTR-Candeias Landfill in Muribeca, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. The efficiency of the use of the residual sludge compound through Bioassays with Lettuce seeds was evaluated in the laboratory and in the field. Two experiments were conducted with pots filled with commercial compost and residual sludge grown with lettuce seeds. Physical and chemical characterization of crude leachate (LB), residual sludge and compost were performed. The residual sludge compound did not present toxicity to seedlings and lettuce seedlings developing 100% germination, indicating that the composting process was efficient, mortality of total and fecal coliforms occurred in 96% and 82%. The results indicate the use of the residual sludge compost as a composting alternative for the production of seedlings and landfill landscaping.

Keywords: lettuce, bioassays, compound, coliforms, residual sludge.

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

² Instituto Federal de Pernambuco, Brasil.

*Autor correspondente: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Prof. Moraes Rego, 123 - Cidade Universitária, PE, 50670-901. Email: zoraydelourenco@hotmail.com

Resumo

Considerando-se a importância do manejo, ambientalmente correto dos resíduos sólidos urbanos, o composto feito com o lodo residual através da compostagem se processa a ação transformadora do resíduo resultante do tratamento do lixiviado, a proposta e voltada para o gerenciamento dos resíduos sólidos sem deixar resíduos contaminantes após a tratabilidade. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação do composto desenvolvido a partir do lodo residual resultante do extrato de *Moringa oleifera* após tratamento de lixiviado nas variáveis de germinação e crescimento da Alface - *Lactuca sativa L.* e nas propriedades químicas do composto. O experimento foi conduzido no aterro CTR-Candeias e no laboratório fitoterápico da UFPE, o composto (lodo residual) foi provenientes do Aterro Sanitário CTR-Candeias na Muribeca, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Avaliou-se, em laboratório e em campo, a eficiência do uso do composto do lodo residual através de Bioensaios com sementes da Alface. Foram conduzidos DOIs experimentos com vasos preenchidos com composto comercial e lodo residual cultivados com sementes da Alface. Foram realizadas caracterizações físico-químicas do lixiviado bruto (LB), do lodo residual e do composto. O composto do lodo residual não apresentou toxicidade na germinação de sementes e desenvolvimento das mudas da Alface obtendo 100% de germinação, indicando que o processo de compostagem foi eficiente, ocorreu mortalidade de Coliformes totais e fecais em 96% e 82%. Os resultados indica o uso do composto do lodo residual como alternativa de compostagem para produção de mudas e paisagismo em aterro sanitário.

Palavras chave: alface, bioensaios, composto, coliformes, lodo residual.

Introdução

O tratamento adequado do lixiviado vem alcançando uma maior atenção dos órgãos Públicos e de pesquisadores, visto que políticas mais eficientes estão sendo implantadas buscando o estabelecimento de padrões ambientais de descartes cada vez mais rígidos, devido às elevadas concentrações de poluentes encontradas nos efluentes e a necessidade da manutenção da qualidade ambiental (Oliveira, 2017). Tanto pelo aspecto ambiental e social, quantos pelos custos maximizando qualidade, com a recente Lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

No caso dos lixiviados de aterro sanitários uma alternativa de tratamento é a utilização dos processos de coagulação/floculação, os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. Pesquisas sobre a utilização da semente da *Moringa oleifera* como coagulantes/floculantes naturais, estão sendo conduzida em vários países (Muyibi *et al.*, 2002; Da Silva *et al.*, 2003; Oliveira, 2010, 2015 e 2017).

A compostagem é um processo de decomposição da matéria orgânica no qual temperatura, oxigênio, umidade e nutrientes devem ser controlados (Oliveira, 2012). O produto final da compostagem pode ser utilizado na agricultura. Porém, deve estar em conformidade com a legislação vigente. O aumento da temperatura durante o processo de compostagem contribui para desinfecção dos patógenos (Brasil, 2008; CAERN, 2016)

Uma das formas ambientalmente correta da destinação adequada do lodo na agricultura é o seu tratamento. O seu uso deve ser criterioso para não contaminar o solo e não colocar em risco a saúde da população. Estudos realizados por Colodro e Espíndola (2006) e Alves *et al.* (2007) mostram que o crescimento de plantas de eucalipto e de espécies nativas de Cerrado foi maior quando se utilizou lodo de esgoto na adubação.

O lodo gerado após tratamento com o coagulante da semente de moringa é constituído de impurezas retiradas durante o tratamento. O lodo é mais compacto que o obtido com substâncias químicas, facilitando a sua remoção das estações de tratamento de água. Outro aspecto pesquisado foi a fácil biodegradabilidade do lodo gerado no tratamento de águas, não permitindo que nenhum produto tóxico permaneça no lodo. (Folkard *et al.*, 1995). Coagulantes orgânicos têm como principal vantagem o menor volume de lodo gerado e a sua biodegradabilidade, podendo esse lodo ser destinado a outros fins, como fonte alternativa de adubação (Blanco, *et al.*, 2016).

No caso do lodo originado do tratamento de lixiviados pode conter microrganismos, sólidos orgânicos e não orgânicos e sólidos do próprio coagulante. Dar-lhes destino adequado, de forma a minimizar os impactos ao ambiente e à saúde do homem, é, sem dúvida, essencial. O uso deste resíduo, ou seja, o lodo gerado no tratamento do lixiviado quando transformado em composto já que a semente da moringa e biodegradável poderá servir de base para que, ao mesmo tempo em que se de um destino de uso a um material, que do ponto de vista ambiental possui sustentabilidade contribuindo ambientalmente, além da economia ao aterro com gastos para tratar o lodo residual. (Messias, 2003; Oliveira, 2012 e 2017).

A proposta deste trabalho é avaliar o uso do lodo residual de extratos de sementes da espécie florestal *Moringa oleífera* após tratamento de lixiviado de aterro sanitário, propor uma alternativa de compostagem do lodo residual com lixiviado, contribuindo para uso em áreas de produção de mudas e no paisagismo do próprio Aterro Sanitário.

Material e métodos

Os experimentos, utilizando vasos (V) foram conduzidos por 50 dias, em casa de vegetação, no Departamento de da Universidade Federal de Pernambuco. Avaliado o desenvolvimento da Alfaca pelas determinações da germinação e desenvolvimento da parte aérea e da raiz.

Experimento de compostagem utilizando o lodo residual após tratamento do lixiviado com extrato de semente de *Moringa oleífera*.

Considerando-se a importância do manejo, ambientalmente correto dos resíduos sólidos urbanos, o composto feito com o lodo residual através da compostagem se processa a ação transformadora do resíduo resultante do tratamento do lixiviado a proposta é voltada para o

gerenciamento dos resíduos sólidos fechando o ciclo da proposta de tratamento do lixiviado sem deixar resíduos contaminantes após a tratabilidade.

O processo de compostagem ocorreu em duas fases distintas. Na primeira, ocorreu as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente termófilas (permanecendo a temperatura do material em compostagem na faixa de 45 a 70°C). Na segunda fase (maturação), ocorreu o processo de humificação (Oliveira, 2012; Matos, 2014). Durante o processo de compostagem ocorreram mudanças físicas, químicas e biológicas no material orgânico, sendo consequência das reações bioquímicas realizadas pelos microrganismos presentes, os quais variam de acordo com a composição química do material em compostagem (Li *et al.*, 2013).

Os passos para a compostagem foram os seguintes:

- A compostagem foi feita na caixa d'água em pátio descoberto, sobre o piso pavimentado, sendo o material disposto dentro das caixas d'água.
- As caixas d'água foram cobertas nas estações chuvosas, para o escoamento da água da chuva. Permitindo apenas chuvas para umedecer o composto e após infiltração da água, quando conveniente eram tampadas as caixas.
- Quando não ocorriam chuvas o composto era descoberto retirando a tampa das caixas na hora da irrigação. E assim, o composto foi totalmente maturado (Oliveira, 2012).
- Análises das amostras do composto foram determinados parâmetros: pH, metal (ferro) e bactérias (coliformes fecais e totais), analisados no Laboratório de Microbiologia da UFPE e no laboratório de Química Ambiental LEAQ – UFPE. Já os macro e micro nutrientes, determinados pela EMBRAPA (1999) realizados no Laboratório de Análises Agrícolas – LABFERT e no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Bioensaios de toxicidade da torta residual

Essa etapa constituiu-se na preparação do material para o teste de toxicidade do composto (lodo residual) utilizando as sementes de Alface (*Lactuca sativa* L.) à alface foi escolhida porque está entre os organismos teste mais utilizados para avaliar a fitotoxicidade de efluentes domésticos (Andrade *et al.*, 2010). *Lactuca sativa* L. é espécie padrão recomendada para bioensaios pela Environmental Protection Agency, EPA (2014).

Para a realização dos testes de toxicidade foi utilizado os compostos: torta residual e comercial produzido na UFPE. Ao final do período de exposição, quantificou-se o efeito na germinação e no crescimento das mudas de alface. O trabalho foi realizado no laboratório de Fitoterapia da Cecine – UFPE. Foi utilizado composto comercial e o composto da torta residual do extrato utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias.

O plantio da alface foi feito em bandejas (32 repetições) e vasos (12 repetições), O preparo do solo foi feito com adubação do composto comercial para o experimento1 que servira de testemunha e o composto do lodo residual do extrato de *Moringa oleífera* com lixiviado foi colocado no experimento 2 para testar o composto do lodo resultante do extrato utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias. O experimento foi regado sempre que necessário. O alface prefere solo fresco, fofo, rico em material orgânico e com pH 6 a 6.8 (pouco ácido), de esterco bem curtido (Herrmann *et al.*, 2017).

Os testes de germinação foram realizados em bandejas e vasos sendo colocado 2 sementes em cada tubete e vaso, umedecidas com água. Para analisar a germinação em cada teste realizado, foram calculados a porcentagem de germinação (PG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e a velocidade de germinação (VG), (Vieira e Carvalho, 1994; BRASIL, 2009; Catão *et al.*, 2014).

Experimento de compostagem utilizando o resíduo o lodo residual do coagulante da *Moringa oleífera* após tratamento do lixiviado.



Figura 1. Resultado visual da sequência de operações para formação do composto utilizando o resíduo (lodo residual) da torta do coagulante da *Moringa oleífera* após tratamento do lixiviado. Legenda: LB - Lixiviado bruto (A) LB após ser submetido ao tratamento com o extrato da *Moringa oleífera* (B) (C), Lixiviado com tratamento com o extrato da *Moringa oleífera* com e sem casca (D e E), Lodo residual após tratamento e decantação (F) Lodo residual com resto de poda (folhas) para formação do composto.

Na Figura 1 apresenta sequência de operações para formação do composto utilizando o lodo residual do coagulante da *Moringa oleifera* após tratamento do lixiviado, a proposta e voltada para o gerenciamento dos resíduos sólidos fechando o ciclo de tratamento do lixiviado sem deixar resíduos contaminantes após a tratabilidade.

Processo de compostagem do lodo residual

O trabalho de compostagem foi desenvolvido de forma artesanal, sendo o processo de decomposição lento e natural, por não utilizar equipamentos de aeração nem produtos para aceleração da compostagem, procedimento similar foi realizado por Junior, 2007. Além disto, o extrato resultante do tratamento de lixiviado foi preparado apenas com adição de resto de poda do aterro e isto contribuiu para que os custos de produção ficassem mais atrativos ainda.

Durante o processo de compostagem, nos meses de novembro e dezembro, as temperaturas máximas do ar variaram entre 30 e 35°C e as mínimas entre 18 e 19°C, Com base neste comportamento térmico, foram adotadas na prática a seguinte metodologia para condução da compostagem: um revolvimento por semana nas primeiras 3 semanas; após, 2 revolvimentos por mês até o final do processo (Figura 1). Os revolvimentos tiveram também por finalidade aerar a massa orgânica e misturar as camadas externas, mais secas, com as camadas internas, mais úmidas. Para não ocorrer encharcamento, devido às chuvas, o que poderia comprometer a aeração do composto, o conseqüentemente o bom andamento do processo com a queda da temperatura, as mesmas eram cobertas com uma tampa plástica, caso houvesse mudança no tempo, método semelhante foi empregado por Junior, 2007.

A degradação do material orgânico ao longo do processo de compostagem, além de contribuir para o aumento na massa específica, influenciou na redução do volume da pilha de material em compostagem (Teixeira, 2014). O volume de material presente no início do processo de compostagem foi de 8,8 quilos de lodo residual após tratamento do lixiviado adicionou-se 3 quilos de folhas de poda proveniente do aterro sanitário e 2,0 quilos de casca da semente de moringa, totalizando 13,8 quilos, sendo verificado, ao término do processo, um volume de 9,2 quilos de composto. Assim, houve redução de aproximadamente 33% no volume inicial.

Peneiramento do composto

Após o término da compostagem, o material foi espalhado e revirado diariamente para secar naturalmente. Após a secagem o composto foi passado em uma peneira de 15 mm, para retirar materiais grosseiros e obter uma melhor homogeneização do composto, Junior, 2007, também realizou o mesmo procedimento.

Armazenamento do composto

O composto peneirado foi estocado em sacos plásticos para realização das análises e para os testes de germinação com sementes da alface

Resultados das análises laboratoriais de coliformes totais e fecais no lodo residual do extrato de semente de *Moringa oleífera* após tratamento do lixiviado e no composto resultante do lodo de lixiviado com extrato de *Moringa oleífera*

As análises microbiológicas realizadas antes e após formação do composto apresentaram resultados satisfatórios indicando na torta da moringa após tratamento do lixiviado presença de coliformes (tabela1) as bactérias ficam aprisionadas no coagulante ou extrato da semente de moringa. Quanto à mortalidade de coliformes totais, houve diferença relevante nas amostras do composto produzido resultante da torta de moringa quando comparada com o lixiviado bruto, o mesmo não ocorreu em Coliformes termotolerantes (fecais). O efeito do tratamento biológico da *Moringa oleífera* se deve a DOIs fatores: primeiro, uma grande parte dos micro-organismos fisicamente ligados às partículas em suspensão na água junto com o lodo retido. Os cotilédones da semente de Moringa contêm uma substância (4(LRhamnosyloxybenzylisothiocyanate (RI)) antimicrobiana que aumenta o tratamento biológico da água (Jahn, 1998; Silva; Kerr, 1996; Oliveira, 2015).

As remoções médias de coliformes totais (CT) não foram eficientes após a formação do composto que ressalta a eficiência moderada na remoção de CT, necessitando de um pós-tratamento como o de solarização. Os processos de tratamento térmico são usados para estabilizar e condicionar o biossólido. Nesse processo o biossólido é aquecido a uma temperatura igual ou superior a 180 °C, durante, pelo menos 30 minutos (Simoneti, 2007). Esse processo reduz, efetivamente, vírus patogênicos, bactérias e ovos de helmintos a níveis abaixo dos detectáveis.

Tabela 1. Resultados das análises laboratoriais para efeitos microbiológico de Coliformes totais (A) e Coliformes fecais (B) do composto antes e após tratamento, nos ensaios de tratabilidade em escala real com extrato de sementes da *Moringa oleífera* como coagulante/floculante natural.

Amostras	Coliformes totais (NMP/100ml)	Coliformes fecais(NMP/100ml)	Características da suspensão
Lodo residual da moringa após tratamento do lixiviado	3.5x10 ⁹	3.5x10 ⁹	Aspecto: Turva, marron, com partículas em suspensão Odor: Caract. extrato vegetal pH = 7.0
Composto do lodo residual	3.8x10 ²	3.8x10 ³	Aspecto: Turva, marrom escuro, Odor: Caract. de terra. pH = 6.0
Lixiviado bruto	5.0x10 ³	5x10 ³	Aspecto: escuro, com partículas em suspensão Odor: putrido pH = 8.0

Considerações da avaliação microbiológicas do composto do lodo residual com extrato de semente de *Moringa oleifera* após tratamento do lixiviado

Observou-se a redução das densidades de coliformes, como pode ser observado na Tabela 1. O lodo residual com extrato de semente de moringa após tratamento do lixiviado mostra uma redução gradual, de modo geral, no número de coliformes totais e fecais e sem Odor fétido quando comparado ao lixiviado bruto.

Já no composto do lodo residual, apresenta eficiência de remoção de coliformes totais e fecais, os dados referentes ao comportamento Coliformes fecais são bastante similares aos dos apresentados pelos Coliformes totais, mostrando uma tendência de diminuição (mortalidade) ao longo do tratamento do lixiviado como na formação do composto.

O lixiviado após tratamento com o extrato de semente de *Moringa oleifera* não apresenta Odor fétido o resultado foi satisfatório principalmente, para minimização quanto aos impactos ambientais de odor no entorno do aterro sanitário. Portanto, quando o composto do lodo residual atingir total estabilização, ele poderá se enquadrar no tipo "A" da CONAMA 375/06, e ser aplicado na agricultura, se acordados os demais parâmetros.

Com base nas condições analisadas, os resultados permitem concluir que, apesar de ter alcançado eficiência na remoção devendo haver mais repetições para aperfeiçoar os processos de tratamento para controle de Coliformes. Portanto, tratar lodo residual de lixiviado de aterro sanitário em forma de composto pode ser uma promissora alternativa, principalmente para reutilização no aterro para fins de reflorestamento.

Bioensaios de toxicidade do composto do lodo residual resultante do extrato *Moringa oleifera* utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário Ctr-Candeias.

Objetivou-se com esse experimento avaliar o efeito da aplicação do composto desenvolvido a partir do lodo residual resultante do extrato de *Moringa* após tratamento de lixiviado nas variáveis de crescimento inicial da alface e nas propriedades químicas do composto.

Para avaliar a viabilidade da utilização do composto do lodo residual resultante do extrato de semente de *Moringa oleifera* utilizado para o tratamento do lixiviado foi feito teste de toxicidade utilizando a Alface (*Lactuca sativa* L). Avaliou-se a toxicidade do lodo residual em forma de composto utilizando bioensaios em sementes da Alface - *Lactuca sativa* L.

Os resultados não indicam toxicidade pelo composto do lodo residual, a germinação das sementes após semeadura no composto não causou toxidade evidenciada por ter ocorrido germinação e desenvolvimento das mudas da alface. Na germinação da alface não houve diferença significativa entre os tratamentos com composto comercial e o composto da torta resultante do extrato utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias.

Apresentou 100% de germinação de sementes da Alface. Indicando que a toxicidade foi eliminada após o processo de compostagem, com base neste resultado, concluiu-se que o composto do lodo residual não apresentou toxicidade para alface (*Lactuca sativa* L)

Avaliação da toxicidade do composto do lodo residual após tratamento com extratos de *Moringa oleífera* em bioensaio com Alface - *Lactuca sativa* L.

Avaliou-se a toxicidade do composto com extrato de semente de *Moringa oleífera*, utilizando bioensaios em sementes de Alface - *Lactuca sativa* L. Os resultados não indicam toxicidade do composto em *Lactuca sativa* L. as sementes germinaram 100% não causou toxidade evidenciada por ter ocorrido germinação nos experimentos. indicando que a toxicidade é reduzida após o processo de compostagem.

Os resultados dos bioensaios do composto do lodo residual após tratamento com extratos de *Moringa oleífera* com Alface - *Lactuca sativa* L.

Serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de germinação com sementes de Alface realizados para avaliar a toxicidade do composto do lodo residual.

Os resultados estão apresentados de forma a discutir em primeiro lugar a caracterização dos compostos empregados na pesquisa, bem como os resultados das investigações dos experimentos em casa de vegetação, relativos à remoção do metal pesado do composto da *Moringa oleífera* e sobre a qualidade do composto como substrato.

Caracterização Química dos compostos (substrato) antes e após os experimentos

Na tabela 2 são apresentadas as análises químicas dos compostos utilizados nos experimentos (composto comercial e composto do lodo residual) antes e após o período de incubação em casa de vegetação com a adição de água com a finalidade de se avaliar a influência do composto a base de extrato de *Moringa oleífera* e sua reutilização após tratabilidade de lixiviado como substrato (adubo).

Tabela 2. Metais das amostras do lodo residual antes (LR) e após (CLR) produção do composto lodo residual

Parâmetro analisado	LR.Mg.kg ⁻¹	(%)	CLR. Mg.kg ⁻¹	(%)
Ferro (Fe)	207.68	0.02	1,382.71	0.14
Fe ₂ O ₂	296.69	0.03	1,975.34	0.20

O lodo residual analisado apresentou partículas grossas e angulares, elevado teor de ferro e predominância de composto com estrutura amorfa. Já os resultados da análise do Ferro em amostras do lodo residual após a formação do composto constatou-se que para o ferro valores altos.

Segundo Bettiol e Camargo (2006) os micronutrientes são essenciais para as plantas, mas em altas concentrações podem causar problemas (Jones *et al.*, 2013), o Ferro e um micronutriente essencial, para espécies agrícolas e florestal, os resultados obtidos do composto do lodo residual não apresenta influência negativa o teor de Fe.

Na Tabela 3 apresenta os resultados para Macronutrientes (TMA) e após (TMD) produção do composto

Tabela 3. Macronutrientes (TMA) e após (TMD) produção do composto

Resultados das amostras					
Elementos	Unidade	Substrato comercial da UFPE (SCO)	Substrato Composto do lodo residual		
N		1.480	0.460		
P		0.610	0.330		
K	%	2.130	1.530		
Na		0.127	0.111		
Ca		1.450	1.041		
Mg		0.509	0.162		
Zn		29.00	23.00		
Cu		16.00	14.00		
Fe		1320.00	1357.00		
Mn		72.00	69.00		
MO		18.16	28.02		
Umidade		24.55	46.50		
pH		4.90	9.85		
Condutividade	μS/cm	496	681		

Após o processo de compostagem do lodo residual foi evidenciado presença de maiores teores de compostos orgânicos facilmente degradáveis, bem como de carbono nitrogênio e fósforo, alta porcentagem de umidade e alto teor de matéria orgânica. Em ambos os compostos houve expressiva participação do conteúdo protéico na matéria orgânica, evidenciando um valor maior no composto do lodo residual. Os elementos essenciais para a nutrição das plantas são os macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), macronutrientes secundários: Enxofre (S), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), micronutrientes: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo) e Zinco (Zn), além de Carbono, (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio(O₂). Mesmo que em quantidade muito pequena, são fundamentais para o bem desenvolvimento da planta.

Os maiores teores de Fósforo foram obtidos pela testemunha (composto comercial). Em relação aos teores de potássio (K), todos os tratamentos diferiram entre si. À testemunha apresentou a maior concentração em relação ao composto do lodo residual.

Em relação à testemunha, que obteve percentual de 18.16% de M.O, o composto do lodo residual apresentou média de 28.02% de matéria orgânica. O composto que apresentou maiores teores de N, P e K foi o composto comercial, no entanto, ambos os compostos apresentam nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas.

Na Figura 2 apresenta visualmente a Germinação e crescimento da alface com o substrato Controle (Comercial) e o Composto do lodo residual do extrato de semente de *Moringa oleifera* utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias.



A (semeadura)



B (Germinação com 5 dias)



C(Germinação com 15 dias) controle



D(Germinação com 15 dias)



E(Germinação com 25 dias) Controle



F(Germinação com 25 dias) composto

Figura 2. Semeadura da alface; A (ambos os tratamentos), Germinação de sementes de alface com 5 dias B (ambos os tratamentos), Germinação da alface com 15 dias C (controle) e D (composto lodo residual), referente aos tratamentos; Geminação com 25 dias E (controle) e Geminação com 25 dias F (composto lodo residual).

Na Figura 3 são apresentados visualmente o desenvolvimento da alface com o substrato Controle e o Composto do lodo residual resultante do extrato utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias.



Figura 3: apresenta visualmente o desenvolvimento das mudas de alface (A- controle) e (B – composto do lodo residual) aos 35 ,45 e 50 dias.

Na Figura 4: apresenta visualmente o desenvolvimento da raiz da alface (A- controle) e (B – lodo residual) aos 50 dias.



Figura 4: desenvolvimento da raiz da alface (A- controle) e (B – lodo residual) aos 50 dias.

Considerações da avaliação de toxicidade

O teste de germinação com sementes da alface (*Lactuca sativa*) possibilitou avaliar a toxicidade composto do lodo residual, os resultados indicam que o composto produzido no aterro com extrato de semente de moringa após tratamento de lixiviado não apresenta toxicidade. Não houve efeito inibitório do composto no índice de germinação. Na germinação da alface não houve diferença significativa entre os tratamentos com composto comercial e o composto do lodo residual resultante do extrato utilizado para o tratamento do lixiviado do aterro sanitário CTR-Candeias. A germinação leva de 4 a 6 dias no experimento ocorreu como esperado pela metodologia. A alface germinou no 4 dia de semeadura. Apresentou coloração verde escura para ambos os tratamentos e não ocorreu morte de nenhuma muda após germinação e desenvolvimento. O desenvolvimento da raiz da alface (tamanho) apresentou valores semelhantes para os DOIs compostos: controle e lodo residual.

A Alface é de fácil aplicação, apresentando sensibilidade a uma diversidade de aspectos, tendo permitido obter resultados em estudos para avaliação dos efeitos toxicológicos. Segundo Environmental Protection Agency, EPA (2014) a condição estabelecida para a confiabilidade do teste de fitotoxicidade com hortaliças, e que devem germinar 65% das sementes do controle negativo. Nos ensaios realizados com alface obtiveram-se, respectivamente, os valores de 100% superiores ao estipulado pela EPA (2014). Oh *et al.*, (2010) estudando aplicação de lodo e estação de tratamento em cultivos de alface, observou que o mesmo melhorou a quantidade de nutriente substrato, pode ter influenciado nesta resposta a este alto índice de germinação com o uso do composto do lodo residual.

Os resíduos ricos em matéria orgânica trazem grandes benefícios ao desenvolvimento das culturas, principalmente por favorecer a disponibilidade de nutrientes necessários ao crescimento vegetal (Silva *et al.*, 2012), porém as consequências que a utilização desses resíduos na agricultura podem trazer ao meio ambiente ainda não está bem definida. Moreira *et al.*, (2003), destacam que apesar da importância da reciclagem do biossólido como fonte de nutrientes, os resultados de trabalhos realizados revelam a necessidade de seleção de indicadores de sanidade rigorosos que permitam o uso seguro deste adubo.

Conclusões

Os resultados em escala de bancada demonstram eficiência dos coagulantes na remoção dos parâmetros avaliados. O uso do coagulante da semente da *Moringa oleífera* (LBEMS 37,5g/L) sem casca no tratamento de lixiviados de aterro sanitário como uma alternativa promissora.

O tratamento do lixiviado bruto com extrato de semente de *Moringa oleífera* não alterou o pH e obteve remoção para os parâmetros: cor, turbidez, condutividade, DQO e DBO₅.

O composto do lodo residual se equivale ao uso do substrato comercial, na produção das mudas. Indicando o uso deste como alternativa de composto para reuso na adubação do viveiro do aterro para produção de mudas e reflorestamento da área do aterro sanitário.

Agradecimentos

Á Deus autor da vida, ao CNPq, e aos Laboratórios de Microbiologia e o LEAQ da UFPE pelo apoio ao desenvolvimento dos experimentos e análises laboratorial.

Referências bibliográficas

- Alves, M. C., Suzuki, L.G.A., Suzuki, L. E. A. S. (2007) Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *R. Bras. Ci. Solo*, **31**, 617-625. doi: 10.1590/S0100-06832007000400002
- Andrade, L. F., Davide, L. C., Gedraite, L. S. (2010) The effect of cyanide compounds, fluorides, aluminum, and inorganic oxides present in spent pot liner on germination and root tip cells of *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **73**, 626-31.
- Bettiol, W., Camargo, O. A. de, Galvão, J. A. H., Ghini, R. (2006) *Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Descrição do Estudo*. In: Bettiol, W., Camargo, O. A. Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 11 pp.
- Blanco, L. M., Minhoni, R. T. A., Costa, H. G. (2016) Extrato de acácia negra no tratamento primário de água fluvial. *Environmenta*, **1**, 10-15.
- Brasil (2009) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para Análise de Sementes. Brasília: Departamento Nacional de Defesa Vegetal, 394 pp
- Brasil (2010) Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, CXLVII, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1, 3-7. Acesso em: 18 de outubro de 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>
- Brasil (2008) Ministério das Cidades (org.). Lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto. Transversal: guia do profissional em treinamento: nível 2. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 90 p.
- CAERN, Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte (2014) Tratamento de Lodo de Esgoto Governo do Estado de Rio grande do Norte Acesso: Janeiro. 2016, desde em: <http://www.caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=12037&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=>
- Catão, H. C. R. M., Gomes, L. A. A.; Santos, H. O., Guimarães, R. M.; Fonseca, P. H. F.; Caixeta, F. (2014) *aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de alface em diferentes temperaturas*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 49, (4), p.316-322. doi: 10.1590/S0100-204X2014000400010

- Colodro, G., Espindola, C.R. (2006) Alterações na fertilidade de um Latossolo degradado em resposta à aplicação de lodo de esgoto. *Acta Sci. Agron.*, **28**, 1-15.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução de 29 de agosto de 2006 nº 357: De fine critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário seus produtos derivados, e dá outras providências. Acesso em: 18 de outubro de 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfmcodlegi=506>
- Da Silva, F. J. A., Souza, L. M. M., Magalhães, S. L. (2003) Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22.2003, Joinville. Anais. Joinville: ABES., CD-ROM.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Produção de Informação; 1999.
- EPA, Environmental Protection Agency (2014), a Food and Drug Administration, FDA e pela Organization for Economic Cooperation and Development. Acesso em agosto de 2014. Disponível em: <http://www.epa.gov/pesticides/tolerance/reassessment.htm>
- Folkhard, G. K., Sutherland, J. P., Grant, W. D. (1995) Natural Coagulants for small scale water treatment. In. Tharun et al. (eds). Experiences in the Development of Small Scale Water Resources in Rural Areas, Pub. Carl Duisberg, 115-123.
- Herrmann, J. C., Kinetz, S. R. R., Elsne, R. T.C. (2017) *Produção de Alface*. Acesso em: 10 de Março de 2017. Disponível em: <https://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/modelagem/alface/index.html>
- Jahn, S. A. A. (1998) Using Moringa seeds as coagulant in developing countries. *Journal of the American Water Works Association*, **6**, 43-50.
- Jones, R., Ougham, H., Thomas, H., Waaland, S. (2013) *The Molecular Life of Plants*. American Society of Plant Biologists, Wiley-Blackwell, UK.
- Júnior, A. P. B. (2007) *Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas*. Dissertação Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Rio de Janeiro, Seropédica. 57 pp.
- Li, Z., Lu, H., Ren, L., He, L. (2013) Experimental and modeling approaches for food waste composting: A review. *Chemosphere*, **93**, 1247-1257. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.06.064.
- Matos, A. T. (2014) *Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos*. Viçosa, MG: Editora UFV, 241 pp.
- Messias A. S., Silva R. C. R., Távora B. E. (2003) Influência do lodo têxtil na produtividade do milho. In: Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 22, 2003. Joinville. Anais Eletrônicos. Joinville: ABES.
- Moreira, R. E.R, Pimentel, M. S., Zago, V. C. P., Rumjanek, N. G. Polli, H (2003) Avaliação de biossólido de águas servidas domiciliares. n. 1, 1435-1441.
- Muyibi, S. A., Noor, M. J. M. M., Leong, T. K., Loon, L. H. (2002) Effects of oil extraction from Moringa oleifera seeds on coagulation of turbid water. *Environ. Studies*, **59**(2), 243-254.
- Oh, T.K., Nakaji, K., Chikushi, J., Park, Gon, S. (2010) Effects of the Application of Water Treatment Sludge on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa L.*) and Changes in Soil Properties. *Journal of the Faculty of Agricultur, Kyushu Univ.*, **55**(1), 15-20.
- Oliveira, Z., L. de. (2010) Avaliação do uso da Moringa oleifera Lam para fitorremediação e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife/PE, 124 pp.
- Oliveira, Z., L. de. (2015) Lixiviado de aterro sanitário tratados com extratos de moringa oleifera Lam isolados e combinados com abelmoschusculentus L. Moench e biossurfactante. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife/PE, 166 pp.

- Oliveira, Z., L. de. (2017) Lixiviado de Aterro Sanitário Tratado com Extratos de Moringa oleífera Lame Alternativa de compostagem do resíduo do extrato coagulante. Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife/PE., 71 pp.
- Oliveira, Z., L. de. (2012) Manual para implantação de horta escolar e ecoalfabetização como alimentação básica, Manual para implantação de projetos. IFPE/Instituto Ecoa Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência-SBPC.Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.
- Silva, A.R., Kerr, W.E. (1999) Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil. Uberlândia: UFU/DIRIU, 95 pp.
- Silva, M. M., Medeiros, P. R. F., Silva, E. F. F. (2012) Reuso da água proveniente de esgoto doméstico tratado para produção agrícola no semiárido pernambucano. In: Gheyi, H. R., Paz, V. P. S., Medeiros, S. S., Galvão, C. O. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 258 pp.
- Simoneti, M. F. (2007) Inativação térmica de ovos de helmintos em água e biossólido digerido. Tese Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 251 pp. doi: 10.11606/T.3.2006.tde-22042007-225732
- Teixeira, D. L. (2014) *Determinação do gradiente de pressão estática do ar para sistemas de compostagem por aeração forçada*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa/ MG. 54 pp.
- Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. (1994) Testes de vigor de sementes. Jaboticabal: FUNEP.