
NOTA TÉCNICA:**TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM FILTRO ORGÂNICO SEGUIDO DE COAGULAÇÃO COM EXTRATO DE SEMENTES DE MORINGA**

Mateus Pimentel de Matos¹, Antonio Teixeira de Matos², Ana Paula da Silva Batista³, Ivan Célio Andrade Ribeiro⁴, Edson Faria da Silva⁵

RESUMO

Em diversos trabalhos têm sido comprovadas eficientes remoções na turbidez de águas quando se utiliza extrato de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) como agente coagulante. No tratamento de esgoto sanitário, o grande inconveniente do uso deste coagulante é o requerimento de grandes quantidades de sementes. Uma alternativa para redução na quantidade necessária no preparo do extrato é o tratamento primário da água residuária em filtros orgânicos, removendo-se, assim, frações mais grosseiras dos sólidos nela contidos. Com o objetivo de avaliar essa possível redução na demanda de sementes para tratamento de esgoto sanitário, o esgoto doméstico bruto foi passado em filtro orgânico de serragem de madeira. Em amostras do efluente do filtro, foram adicionadas diferentes alíquotas de extrato de sementes de moringa, de forma a se obter concentrações de 0-3,2 g de sementes trituradas em cada litro de efluente do filtro. Negando a hipótese formulada, o aumento na concentração do coagulante proporcionou aumento na turbidez do efluente do filtro, tendo havido inativação do poder coagulante da proteína da semente de moringa por algum constituinte solubilizado do material filtrante.

Palavras-chave: proteína, serragem de madeira, turbidez.

ABSTRACT**SEWAGE TREATMENT IN AN ORGANIC FILTER FOLLOWED BY COAGULATION WITH MORINGA SEED EXTRACT**

Several studies showed effective turbidity removal from water when using moringa seed extract (*Moringa oleifera*) as a coagulating agent. In the treatment of sewage, a major inconvenience of using this natural coagulant is the application of large quantities of the seed. One alternative for reducing the amount of seeds needed to prepare the coagulant extract is primary treatment of sewage in organic filters, thus removing the coarser fractions of the contained solids. In order to evaluate the possible reduction in seed demand for wastewater treatment, it was passed through an organic filter packed with sawdust. In samples of the filter effluent, aliquots of different seed extracts were added to obtain the concentrations of 0-3.2 g of powdered seeds per liter of effluent from the filter. In contrast to the formulated hypothesis, increase in concentration of the coagulant increased the turbidity of the effluent from the filter. In some ways, soluble constituents of the filter material were able to inactivate the protein coagulant of the crushed seeds.

Keywords: protein, sawdust, turbidity.

Recebido para publicação em 22/08/2012. Aprovado em 27/09/2013.

- 1 - Eng. Agrícola e Ambiental, Doutorando em Saneamento, UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil, matmatos_eaa@yahoo.com.br
- 2 - Engenheiro Agrícola, Professor do Departamento de Engenheiro Agrícola, DEA, CCA, UFV, Viçosa-MG, Brasil.
- 3 - Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, DEA, CCA, UFV, Viçosa-MG, Brasil.
- 4 - Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, DEA, CCA, UFV, Viçosa-MG, Brasil
- 5 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA, CCA, UFV, Viçosa-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

O lançamento *in natura* de esgotos sanitários nos corpos de água pode incorrer em impactos como a depleção do oxigênio dissolvido, aumento na cor e turbidez, eutrofização das águas e geração de maus odores, dentre outras consequências. Considerando-se o baixo número de municípios que possuem tratamento de esgoto, esses problemas são mais evidentes, o que torna necessária a disponibilização de alternativas de tratamento/disposição final de baixo custo e de fácil implantação, de forma a minimizar esses problemas. A utilização de agentes coagulantes naturais pode ser importante opção, por ser de baixo custo e menos danosa ao meio ambiente, no tratamento de esgotos sanitários.

O extrato de sementes de moringa (*Moringa oleifera*) é um desses coagulantes naturais, sendo o mais estudado. De acordo com Ndabigengesere *et al.* (1995), a moringa é uma planta tropical, pertencente à família das *Moringaceae*, cujas sementes apresentam propriedades coagulantes.

Diversos autores como Cruz *et al.* (2007), Matos *et al.* (2007), Silva *et al.* (2007a), Silva *et al.* (2007b), Pritchard (2010) e Lo Monaco *et al.* (2010) verificaram a eficácia do tratamento de diversas águas residuárias, de abastecimento e esgotos sanitários, utilizando-se o extrato de sementes de moringa. Baker *et al.* (2011) verificaram que a dose de 5,0 g L⁻¹ de sementes trituradas em água destilada proporcionou remoção de até 85,25% na turbidez de esgoto sanitário.

O inconveniente do uso deste coagulante natural é, no entanto, a grande massa de sementes a ser utilizada para tratamento de águas residuárias, inviabilizando o tratamento de esgoto sanitário de médias e grandes cidades. Segundo Morton (1991), árvores adultas de moringa podem produzir de 3 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de sementes de moringa. Desta forma, o tratamento diário demandaria uma área de 15 ha, a fim de se produzir coagulante suficiente para tratar o esgoto de uma cidade do porte de Viçosa (72.220 hab, dados referentes ao ano de 2010 - IBGE, 2012), Minas Gerais.

Paterniani (2009), em estudo para águas de abastecimento, verificou que quanto maior a turbidez da água a ser tratada, maior é a dosagem

ótima para remoção de sólidos suspensos. Assim, torna-se necessário encontrar alternativas para reduzir a massa de sementes requerida no tratamento. Uma opção seria efetuar um tratamento prévio da água residuária, a fim de se remover a fração mais grosseira do material orgânico nela contido. Neste contexto, os filtros orgânicos podem ser boa opção, de baixo custo de implantação para se efetuar essa etapa de tratamento.

A utilização de filtros orgânicos proporciona a retenção de sólidos, em razão de sua capacidade em reter sólidos em suspensão e absorver/adsorver solutos. É uma opção barata, pois nele se utilizam subprodutos de atividades agroindustriais, tais como serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar ou sabugo de milho triturado, casca de arroz, casca ou pergaminho de grãos de café, fino de carvão vegetal etc. (BRANDÃO *et al.* 2003). Lo Monaco *et al.* (2004) encontraram até 70% de eficiência na remoção de sólidos totais, utilizando serragem de madeira, na granulometria de 2,00 a 2,83 mm, no tratamento de água residuária da suinocultura.

Tendo em vista a pouca disponibilidade de informações a respeito de técnicas de tratamento que visem redução na massa de sementes de moringa a serem utilizadas no tratamento de águas residuárias, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o tratamento prévio do esgoto sanitário em filtro orgânico de serragem de madeira, na tentativa de se reduzir a massa de sementes de moringa a ser adicionada ao efluente.

MATERIAL E MÉTODOS

O esgoto sanitário utilizado no presente trabalho foi proveniente do condomínio Bosque Acamari, que foi bombeado para a Área Experimental de Tratamento de Resíduos Urbanos do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O filtro orgânico, utilizado como tratamento primário da água residuária, foi montado na mesma área experimental, sendo constituído por um tubo de PVC com 70 cm de altura e diâmetro interno de 22,43 cm, preenchido com serragem de madeira (*Pinus elliottii*). A serragem de madeira, utilizada como material filtrante, foi secada ao ar e passada

em peneira, de forma a se obter partículas de diâmetro entre 2 e 3 mm, conforme recomendações de Lo Monaco *et al.* (2004). O material filtrante foi acondicionado no filtro de forma gradual, em camadas de 10 cm de espessura, sob compressão de 12.490 N m^{-2} (pressão equivalente à proporcionada por um homem de 70 kg), até ser atingida a altura de 0,50 m. Para impedir o fluxo preferencial, colou-se nas paredes do filtro, parte da serragem de madeira. Posteriormente, adicionou-se o restante da serragem até alcançar a altura pretendida, pressionando o substrato para baixo, a fim de acomodar melhor o material filtrante. O material filtrante, após acondicionado, proporcionou uma porosidade drenável de $0,58 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ o que concorreu para que o volume de vazios na coluna de material filtrante (volume de poros) fosse de 11,46 L.

Os extratos de sementes de moringa foram preparados por trituração do material em liquidificador, na proporção de 20 gramas de semente por litro de água destilada, o que constituiu a suspensão padrão, de onde foram retiradas alíquotas para ter as seguintes concentrações de sementes trituradas no efluente a ser tratado: 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8 e 3,2 g.L^{-1} . Com exceção do tratamento controle, no qual não foi adicionado o extrato de sementes de moringa, os demais foram feitos em triplicata.

No primeiro teste, recolheu-se 6 volumes de poros, ou seja, um total de 68,76 L de efluentes no filtro de serragem de madeira. O efluente do filtro foi levado ao Laboratório de Qualidade da Água, do mesmo departamento, para adição das diferentes alíquotas do extrato de sementes de moringa, com as quais foram obtidas as citadas concentrações de sementes trituradas. Essas suspensões foram, então, agitadas por 30 segundos, a 160 rpm e, posteriormente, a 15 rpm, por 15 minutos, utilizando-se, para isso, o aparelho Jar-Test. Posteriormente, as suspensões coaguladas foram deixadas em repouso, por 2 horas. Decorrido o tempo estabelecido para sedimentação dos sólidos, retiraram-se alíquotas do sobrenadante, para se efetuar a análise da turbidez.

No segundo teste, conduzido no mesmo filtro orgânico utilizado anteriormente, foi aplicado um volume de esgoto sanitário suficiente para produzir

o sétimo volume de poros do efluente filtrado, ao qual foram adicionadas, sem repetições, as concentrações de semente trituradas de moringa de 0; 0,04; 0,4; 1,6 e 2,8 mg L^{-1} . Esses valores foram estabelecidos com vistas a se proporcionar avaliações do efeito coagulante do extrato de sementes de moringa, sob menores concentrações, em efluente com menor influência do lixiviado do material filtrante, na remoção da turbidez do esgoto doméstico.

Diante dos resultados obtidos nos dois primeiros testes, decidiu-se efetuar um terceiro teste, com o qual se pretendia observar o efeito anticoagulante de substâncias solubilizadas do filtro orgânico de serragem de madeira, que impediam a ação do extrato de sementes de moringa. Para isso, foi produzido um efluente (lixiviado) de filtro ao se colocar, em uma proveta, 0,58 L de água destilada para cada 1 L de serragem. A relação foi calculada com base na passagem de um volume de poros no filtro. A serragem de madeira e a água destilada foram misturadas na proveta e, depois, o lixiviado foi utilizado para composição das suspensões a serem analisadas. A suspensão foi preparada com água de curso de água superficial (Represa da Hidráulica, pertencente à UFV), misturada com solo, na proporção de 23,0 g de solo para cada 1 L de água da represa. Em béqueres de 500 mL, foi colocado 470 mL dessa suspensão solo-água, 30 mL do lixiviado e alíquotas de extrato de sementes de moringa que proporcionassem a obtenção das concentrações de sementes trituradas de 0,4 g L^{-1} (A1) e 1,2 g L^{-1} (A2). Também foi incluído um tratamento controle, sem adição do coagulante (C1), além de dois outros nos quais, no preparo da suspensão, não foi adicionado lixiviado do filtro orgânico, mas apenas extrato de sementes de moringa, até se obterem as concentrações de sementes trituradas de 0,4 g L^{-1} (B1) e 1,2 g L^{-1} (B2). Neste ensaio, utilizou-se a suspensão preparada (água de curso de água superficial misturada com solo) ao invés do esgoto sanitário, por ter na primeira amostra, sabidamente, maiores valores de turbidez, o que propiciaria maior sensibilidade na observância da variação deste parâmetro com o uso do coagulante natural. Tanto no segundo como no terceiro teste, o método e as análises foram idênticos aos já apresentados para os primeiros testes.

No primeiro ensaio, foram feitas repetições a fim de se verificar a possibilidade de redução do número de sementes utilizadas, usando o filtro orgânico, foco principal do trabalho. Em virtude dos resultados observados, os demais testes foram feitos apenas para verificação se as hipóteses apresentadas são razoáveis, por isso, o não uso de repetições.

Foram utilizados os aplicativos Excel 2003 e Sigmaplot 10.0, para análises estatísticas e construção dos gráficos que possibilitaram a obtenção de informações sobre o fenômeno estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os valores

de turbidez no efluente do filtro de serragem de madeira (valores das três repetições), no qual foram adicionadas diferentes concentrações de extrato de sementes de moringa, após ter sido submetido ao “teste do jarro”. Verifica-se, ao contrário do esperado, crescente aumento na turbidez no efluente do filtro com a adição de crescentes concentrações de sementes, via extrato de sementes de moringa, ou seja, o coagulante prejudicou o tratamento proporcionado pelo filtro de serragem de madeira. A expectativa era que a concentração ótima no efluente do filtro fosse menor do que a concentração encontrada por Baker *et al.* (2011). Entretanto, houve aumento na turbidez do efluente do filtro com o aumento na concentração do coagulante adicionado, conforme pode ser observado na Figura 1

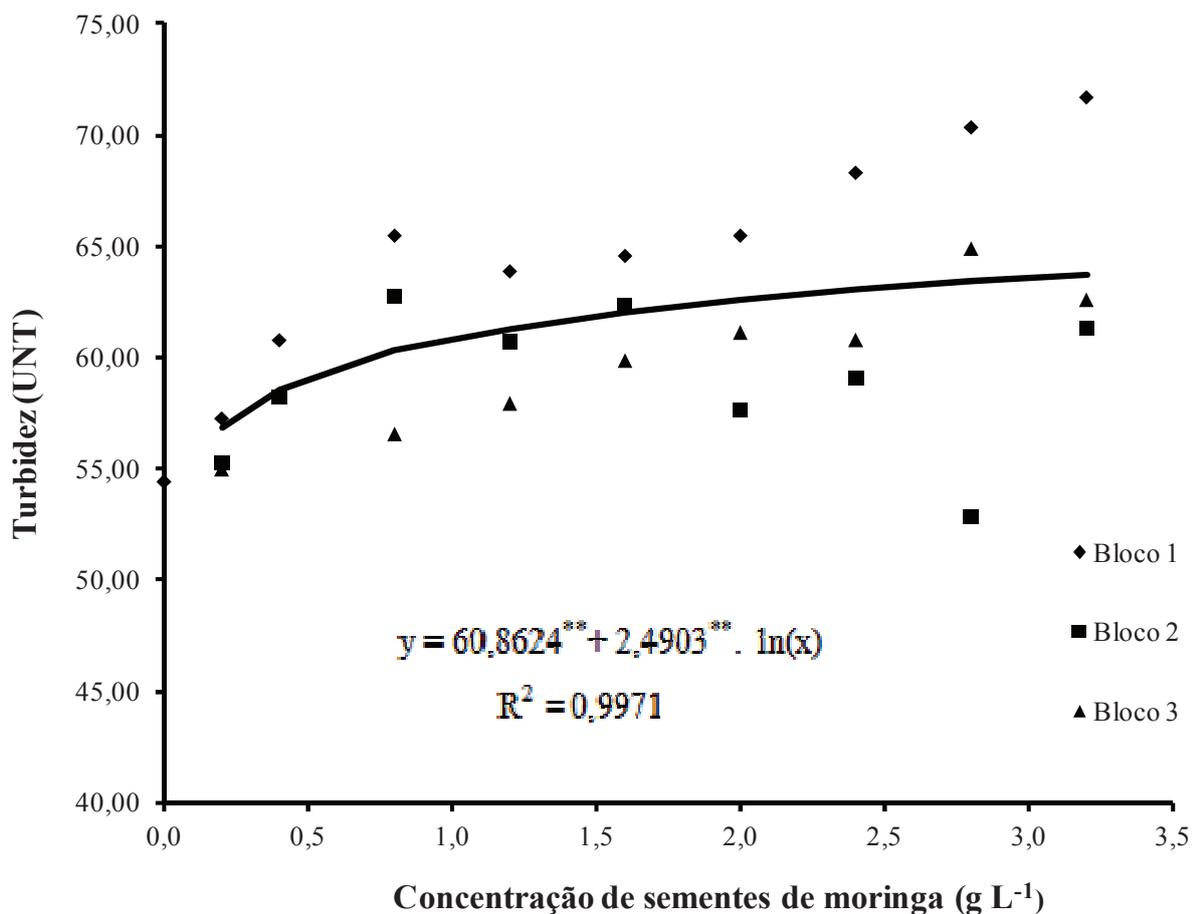


Figura 1. Turbidez como função da concentração de sementes trituradas de moringa no efluente (mistura dos seis primeiros volumes de poros) do filtro orgânico utilizado no tratamento de esgoto sanitário. Sendo, ** e *, respectivamente significativos em nível de 1% de probabilidade e 5% de probabilidade.

No segundo teste, procurou-se confirmar (ou não) a tendência apresentada na primeira avaliação. A suspeita era de que o efluente referente aos primeiros volume de poros filtrados continha grande concentração de sólidos solúveis, solubilizados da serragem de madeira, que prejudicavam o efeito coagulante do extrato de sementes de moringa. Desta forma, nos primeiros volumes de poros efluentes, a concentração desses sólidos seria mais alta, tendendo a decrescer à medida que mais água residuária era, nele, sendo tratada. Assim, a expectativa ao se coletar o sétimo volume de poros, estaria sendo avaliado um efluente com menor concentração dos referidos contaminantes.

Avaliando-se o efeito da adição do extrato de sementes de moringa na remoção da turbidez de amostras referentes ao sétimo volume de poros filtrado, verificou-se, de forma semelhante, aumento na turbidez do efluente do filtro com a

adição de diferentes concentrações do extrato de sementes de moringa, conforme apresentado na Figura 2.

O resultado do segundo teste confirmou que o extrato de sementes de moringa, independente da sua concentração na amostra, proporcionou aumento na turbidez do efluente de filtros orgânicos de serragem de madeira. Uma explicação plausível é que isso seja devido à ação anti-coagulante proporcionada por sólidos (substâncias ou íons) solubilizados da serragem de madeira e que estão presentes no efluente, os quais estariam prejudicando o efeito coagulante da proteína contida na semente de moringa.

Tentando-se isolar o efeito desses sólidos solúveis presentes no efluente, avaliou-se, no terceiro teste, a aplicação de alíquotas desse lixiviado em água de alta turbidez (inicial de 114,1 UNT), a fim de verificar se ele iria proporcionar

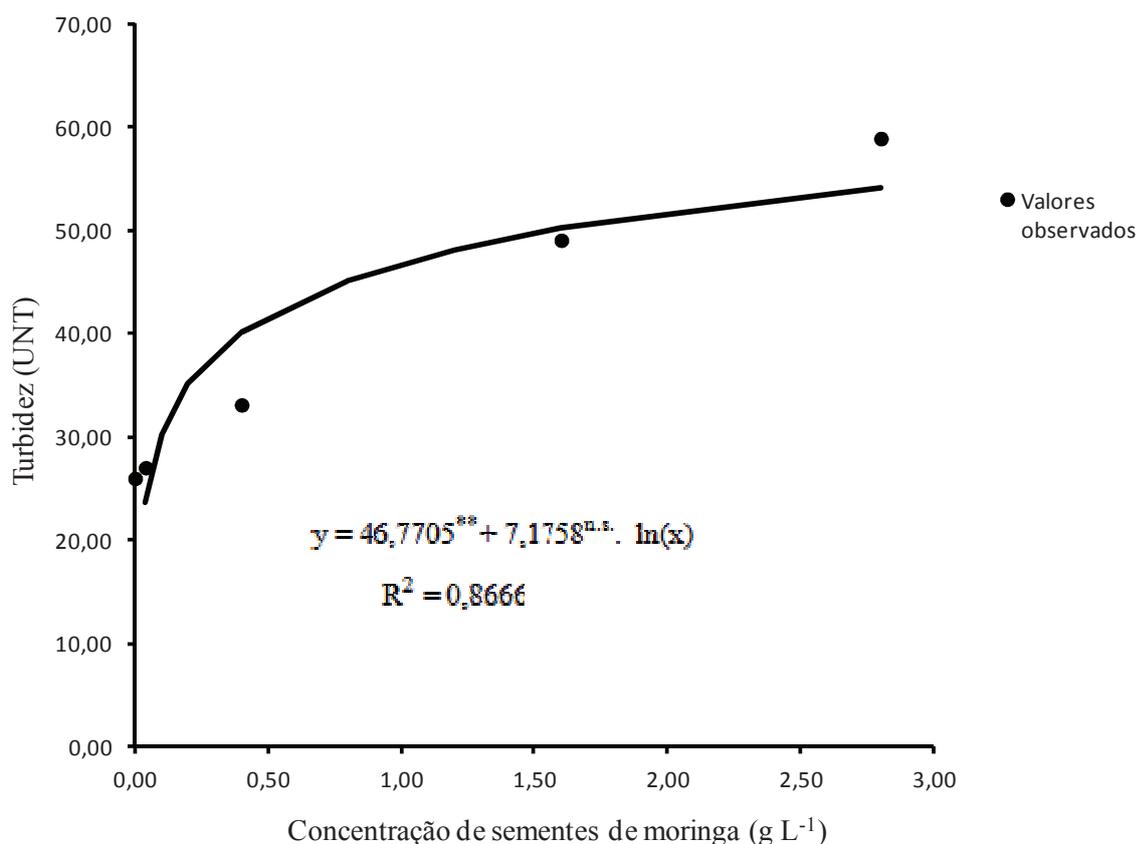


Figura 2. Turbidez como função da concentração de sementes trituradas de moringa no efluente (sétimo volume de poros) do filtro orgânico utilizado no tratamento de esgoto sanitário. Sendo, ** e n.s., respectivamente significativo em nível de 1% de probabilidade e não significativo

efeito prejudicial à coagulação de sólidos pelo extrato de sementes de moringa.

Na Figura 3 estão apresentados valores de turbidez nas suspensões preparadas com solo, contendo ou não lixiviado de serragem de madeira, após receberem diferentes concentrações de sementes trituradas de moringa, via extrato. Nessa figura fica evidente que a presença de lixiviado de serragem de madeira neutralizou o efeito coagulante proporcionado pelo extrato de sementes de moringa, proporcionando, inclusive, aumento na sua turbidez com o aumento da concentração de sementes trituradas de moringa.

Ndabigengesere *et al.* (1995) afirmaram que as proteínas de alto peso molecular, presentes nos cotilédones das sementes, é que são os maiores responsáveis pelo efeito coagulante das sementes de moringa. Adicionando apenas extrato de cascas trituradas das sementes de moringa, Borba (2001)

verificou insignificante redução, ou mesmo aumento na turbidez de águas superficiais, com adição de extratos com crescentes concentrações de sólidos. Neste trabalho, de forma semelhante, verificou-se que, em face da neutralização do seu poder coagulante, concentrações crescentes de extrato de sementes de moringa, em razão da introdução de mais sólidos à suspensão, proporcionaram aumento na sua turbidez. Desta forma, de alguma maneira, a passagem do afluente pelo filtro tenha prejudicado a ação coagulante do extrato de sementes de moringa, passando este a ser apenas mais uma fonte de sólidos, com conseqüente majoração da turbidez observada no efluente coletado. Uma possível explicação para isso poderia ser o aumento na concentração de íons monovalentes tais como Na^+ e K^+ , tal como observado por Brandão *et al.* (2003), em, relativamente, altas concentrações, têm reconhecida ação dispersante em suspensões pouco

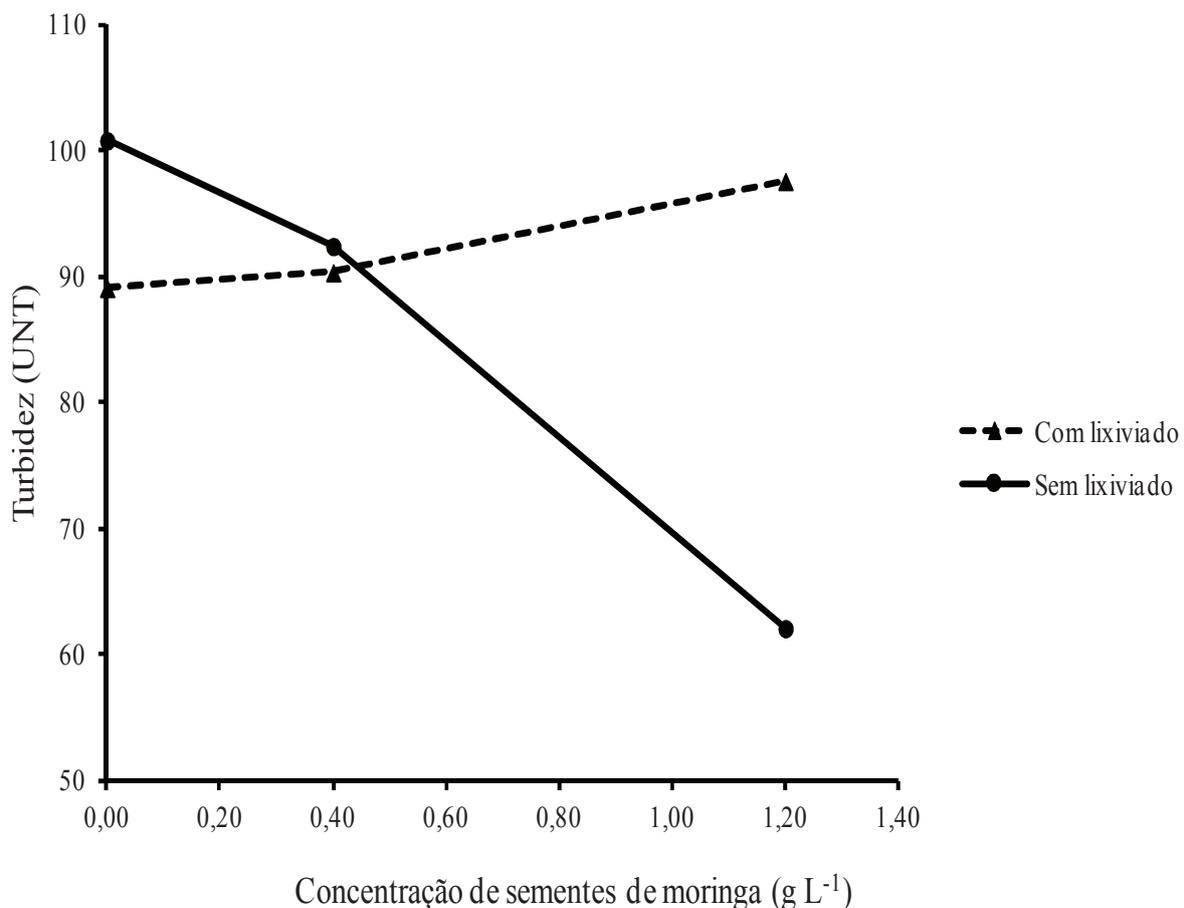


Figura 3. Efeito da concentração de sementes trituradas de moringa na suspensão contendo ou não lixiviado de serragem de madeira.

salinas, embora em alguns trabalhos (OKUDA *et al.*, 1999) tenha sido demonstrado que a adição de sais, como por exemplo, NaCl também podem favorecer a ação coagulante do extrato de sementes de moringa.

Apesar do cunho exploratório deste trabalho, os resultados obtidos indicaram que a eficiência do extrato de sementes de moringa na remoção de turbidez das águas depende da quantidade e, talvez, da qualidade do material orgânico em suspensão, podendo haver prejuízo à coagulação e, desta forma, prejuízo no tratamento de águas superficiais e residuárias. Por essa razão, mais pesquisas devem ser conduzidas a fim de se esclarecer a causa da inibição do efeito coagulante proporcionada pelo lixiviado de serragem de madeira de Pinus e se outras espécies de madeira proporcionariam resultados semelhantes. O melhor entendimento deste fenômeno irá possibilitar a escolha de materiais filtrantes que possibilitem, como tratamento primário, redução no consumo de extrato de sementes de moringa sem, contudo, causar prejuízos à coagulação.

CONCLUSÕES

- A adição de extrato de sementes de moringa no efluente de filtros orgânicos de serragem de madeira, quando utilizados no tratamento de esgoto sanitário não proporcionou remoção da sua turbidez. Os sólidos dissolvidos solubilizados da serragem de madeira proporcionaram inibição do poder coagulante do extrato de sementes de moringa, quando adicionados à suspensão, para remoção de sua turbidez;
- É necessário mais estudos para se entender a razão da inativação da ação coagulante do extrato de sementes de moringa por lixiviados de materiais utilizados em filtros orgânicos e formas de inibir esse fenômeno.

REFERÊNCIAS

BAKER, S.A.A.; LOMONACO, P.A.V.; PEREIRA, M.D.S.; MATOS, A.T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V. Effect of different concentrations of the extract of

moringa seeds as coagulant agent in the treatment of domestic sewage. In: WASTES: SOLUTIONS, TREATMENTS AND OPPORTUNITIES, 1st International Conference; September, 2011, Guimarães, Portugal: Universidade do Minho. **Proceedings...** Guimarães: Universidade do Minho, 2011. v.1, p.119-120

BORBA, L.R. **Viabilidade do uso da moringa oleifera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades.** 2001. 92f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - UFPB/UEPB; João Pessoa, 2001.

BRANDÃO, V.S.; MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; MARTINEZ, M.A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.329-334, 2003.

CRUZ, M.W.O.; OLIVEIRA, E.G. ARAÚJO, J.M.; HIPÓTILO, M.L.F.; LIMA, C.B. Avaliação de eficiência de sementes de moringa no tratamento de efluentes de viveiros de camarão marinho. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v.38, n.3, p.257-263, Jul.-Set., 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=317130>> Acesso em 24 de março de 2012.

LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; JORDÃO, C.P.; CECON, P.R.; MARTINEZ, M.A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2, p.329-334, 2004.

LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; RIBEIRO, I.C.A.; NASCIMENTO, F.S.; SARMENTO, A.P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.5, p.222-231, 2010.

MATOS, A.T.; CABANELLAS, C.F.G.; CECCON, P.R.; BRASIL, M.S.; SILVA, C.M.; Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.544-551, 2007.

MORTON, J.F. The horsedish tree. *Moringa pterygosperma* (moringaceae): a boom to arid lands? **Economic Botany**, Ypsilanti, v.45, n.3, p.318 – 333, July/Sept. 1991.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S.; TALBOLT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, Londres, v.29, n.2, p.703-10, 1995.

OKUDA, T.; BAES, A.U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from *moringa oleifera* seed. **Water Research**, Londres, v.33, n.15, p.3373-3378, 1999.

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Coagulation mechanism of salt solution-extracted active component in *moringa oleifera* seeds. **Water Research**, Londres, v.35, n.03, p.830-834, 2001.

PATERNIANI, J.E.S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M.R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.329-334. 2009.

PRITCHARD, M; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.S.; O'NEILL, J. G. A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, v.35, p.798–805, 2010.

SILVA, D.J.P.; MATOS, A.T.; MOREIRA, D.A.; CHAGAS, R.C.; SARAIVA, C.B.; FARAGE, J.A.P. Eficiência do extrato de sementes de *moringa* na remoção de sólidos suspensos de águas residuárias de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v.357, n.62, p.258-261, 2007a.

SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.28, n.2, p.178-190, 2007b.