



Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias (doi:10.4136/ambi-agua.164)

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹; Antonio Teixeira de Matos²; Ivan Célio Andrade Ribeiro²; Felipe da Silva Nascimento²; Antover Panazzolo Sarmento²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

E-mail: paolalomonaco2004@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Viçosa

E-mail: atmatos@ufv.br; ivancelio2@hotmail.com; felipskt@yahoo.com.br; antoverps@hotmail.com

RESUMO

No presente trabalho, teve-se como objetivo avaliar a eficiência do extrato de sementes de moringa (*Moringa oleifera*), quando utilizado como agente coagulante, na remoção de turbidez e coliformes de esgoto doméstico, de suinocultura e na água a ser utilizada para abastecimento público. Para avaliação do efeito do coagulante em cada tipo de água, foram realizados ensaios utilizando o aparelho Jar-test, sendo avaliados os efeitos das concentrações de 0,02; 0,04; 0,06; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,2 g de sementes trituradas por litro de água a ser analisada. A turbidez foi medida nas suspensões após 2 e 24 h e a contagem de organismos do grupo coliformes totais (CT) e termotolerantes (CF) após 24 h da aplicação e mistura do coagulante. Equações matemáticas foram ajustadas, por regressão, relacionando concentração do extrato de sementes de moringa nas águas analisadas com turbidez. Verificou-se que, na água a ser utilizada para abastecimento público, a concentração de 0,4 g L⁻¹ de sementes de moringa, para um tempo de sedimentação de 2 h, foi a que proporcionou maior remoção de turbidez (98%). No mesmo tempo de sedimentação, a remoção média de turbidez no esgoto doméstico foi de 22,3%. Em maior tempo de sedimentação (24 h), a remoção média passou a ser de 35,3%. A adição do extrato de sementes de moringa não proporcionou remoção da turbidez da água residuária de suinocultura. No que se refere à remoção de CT e CF, a concentração de 0,2 g L⁻¹ de sementes foi a mais adequada para água a ser utilizada em abastecimento público, tendo sido obtida remoção de 100% de CF. No caso de esgoto doméstico, a melhor concentração foi de 0,04 g L⁻¹ de sementes, tendo sido obtidas remoções de 95,6 e 94,3%, respectivamente, e em água residuária da suinocultura, a melhor concentração foi de 0,8 g L⁻¹ de sementes, tendo sido obtidas remoções de 96,5 e 94,8%, respectivamente.

Palavras-chave: turbidez; tratamento de água; clarificação da água.

Use of extract of moringa seeds as coagulant agent in treatment of water supply and wastewater

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the efficiency of the extract of moringa (*Moringa oleifera*) seeds when used as a coagulant agent, in removal of turbidity and coliform in domestic sewage, pig wastewater and water to be used for public supply. To evaluate the effect of coagulant on each type of water, tests were performed using the Jar-test apparatus, and was evaluated the effects of the concentrations of 0.02; 0.04; 0.06; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.6; 0.8 and 1.2 g of powdered seeds per liter of analyzed water. Turbidity was measured in suspensions after 2 and 24 h and counting of organisms of the group total coliforms (TC) and fecal or thermotolerants coliforms (FC) after 24 h of application and mixing of the coagulant.

Mathematical equations were fitted by regression, relating the concentration of the extract of moringa seeds in water samples with turbidity. It was found that in the water to be used for public supply, the concentration of 0.4 g L⁻¹ of moringa seeds to a sedimentation time of 2 h presented the best turbidity removal (98%). In equal sedimentation time, the average removal of turbidity in the domestic wastewater was 22.3%. On a larger sedimentation time (24 h), the average removal is increased to 35.3%. The addition of extract of moringa seeds not presented turbidity removal of pig wastewater. With regard to the removal of TC and FC, the concentration of 0.2 g L⁻¹ of seeds was the most suitable for water to be used for public supply, obtained 90% of FC removal. In the case of domestic sewage, the best concentration was 0.04 g L⁻¹ of seeds, has been obtained removals of 95.6 and 94.3%, respectively, and in pig wastewater, the best concentration was 0.8 g L⁻¹ of seeds, which presented removals of 96.5 and 94.8%, respectively.

Keywords: turbidity; water treatment; water clarification.

1. INTRODUÇÃO

Em razão de dificuldades operacionais e econômicas, apenas 10% do esgoto doméstico de locais com populações de até 5000 habitantes são tratados no Brasil (IBGE, 2000). Essas mesmas comunidades também dispõem de inadequado ou insuficiente sistema de tratamento de água para fins de consumo.

O não tratamento do esgoto doméstico e o seu lançamento em cursos d'água proporcionam diversos problemas ambientais, tais como a poluição de águas superficiais e subterrâneas, além dos riscos de disseminação de doenças. Assim, muitas comunidades do meio rural, por consumirem água de baixa qualidade, ficam, permanentemente, sob risco de infecções e doenças de grande gravidade.

O sulfato de alumínio destaca-se como o coagulante químico mais utilizado no Brasil no tratamento de água de abastecimento público, em razão da alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo relativamente baixo custo para sua aquisição. No entanto, seu uso pode tornar-se inviável, em termos econômicos, para utilização no tratamento de água de áreas mais afastadas, em decorrência dos elevados custos de transporte. Outro problema associado ao uso do sulfato de alumínio é o lodo gerado no tratamento de água para uso potável. Após ser o sal solubilizado, o cátion Al³⁺ será adsorvido no material sólido em suspensão, proporcionando em razão de um fenômeno físico-químico, a formação de flocos que se sedimentarão no tanque, proporcionando clarificação da água em tratamento. O material sedimentado é, por esta razão, muito rico em alumínio, o que dificulta a disposição final deste material no meio ambiente. De acordo com Martyn et al. (1989), elevadas concentrações de alumínio no meio podem ocasionar problemas à saúde humana, inclusive acelerando o processo degenerativo do Mal de Alzheimer. Além disso, a utilização de sais de alumínio proporciona consumo da alcalinidade da água em tratamento, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do seu pH (Silva et al., 2007).

A utilização de coagulantes naturais, produzido no local e com baixo custo financeiro, pode proporcionar atenuação nos problemas ligados ao consumo de água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos hídricos receptores. Além disso, de acordo com Matos (2004), 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.

Muitos são os resultados de pesquisas comprovando a eficiência do extrato de sementes de moringa, como agente coagulante, na remoção de turbidez e coliformes de águas residuárias e de utilização no abastecimento público. Matos et al. (2007) e Chagas et al. (2009), ao determinarem a melhor combinação concentração-pH de coagulantes, de forma a

maximizar a remoção de sólidos em suspensão presentes na água em recirculação do descascamento/despolpamento dos frutos do cafeeiro e na água residuária de laticínios, respectivamente, concluíram que o extrato de sementes de moringa mostrou grande potencial de utilização como coagulante natural e alternativo no tratamento dessas águas. Silva et al. (2001) estudaram a utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluentes da indústria têxtil e observaram que, comparativamente aos coagulantes químicos convencionalmente utilizados, a *Moringa oleifera* foi uma alternativa promissora no tratamento físico-químico dessas águas residuárias, podendo ser empregada como auxiliar no tratamento primário, já que proporciona aumento na eficiência dos decantadores na remoção de sólidos em suspensão. Heredia e Martín (2009) apontaram o extrato de sementes de moringa como excelente agente removedor de surfactantes aniônicos em solução aquosa, alcançando 80% de remoção do lauril sulfato de sódio. Heredia et al. (2009) concluíram que o extrato de sementes de moringa apresentou elevada eficiência na remoção de corantes. Abdulsalam et al. (2007) ao utilizarem o extrato de sementes de moringa na clarificação de águas brutas de Maiduguri, Nigéria, obtiveram eficiência de remoção da turbidez de 82,4% para a dose ótima de 180 mg L⁻¹ de sementes. Além disso, os mesmos autores observaram que a moringa pode substituir o sulfato de alumínio em razão da favorável razão custo-eficácia, baixa agressão ao meio ambiente, além de poder ser obtida localmente.

De acordo Silva et al. (2007), a solução da semente de moringa tem se mostrado efetiva como agente coagulante e na remoção de patógenos de águas brutas. Al Azharia Jahn (1986), ao pesquisar duas espécies de *Moringa* (*M. stenopetala* e *M. oleifera*) verificou que os cotilédones contêm uma substância antimicrobiana aumentando o efeito do tratamento biológico da água. O mesmo autor afirmou que, com a dose de semente adequada, é possível reduzir de 98 a 100% a contagem de coliformes fecais de águas brutas que apresentavam, inicialmente, elevada turbidez, baixando a turbidez para menos de 10 UNT. Resultados semelhantes foram obtidos por Muyibi e Evison (1995), que concluíram ser a *Moringa oleifera* capaz de reduzir de 80 a 99,5% da turbidez e 90 a 99% das bactérias presentes na água. Chagas et al. (2009) encontraram eficiência de 83,9% na remoção de DQO e de 80,7% de óleos e graxas de águas residuárias de laticínios, obtidas quando da utilização de uma dose de 0,9 g L⁻¹ de sementes. Matos et al. (2007) obtiveram remoção de turbidez acima de 90%, no tratamento de água em recirculação no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro, utilizando-se a dose de 0,15 g L⁻¹ de sementes, estando o pH da suspensão na faixa de 4 a 5.

Objetivou-se, com a realização do presente trabalho, avaliar a eficiência de diferentes concentrações do coagulante extrato de sementes de moringa na remoção de turbidez e coliformes em diferentes tipos de águas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nos ensaios, foram utilizados três diferentes tipos de águas: água superficial, coletada em reservatório do Ribeirão São Bartolomeu (AA), água residuária da suinocultura (ARS) e esgoto doméstico bruto (ED) proveniente do Bairro Acamari, Viçosa-MG. Os valores de turbidez encontrados nessas águas foram, respectivamente, de 285,0; 106,0 e 64,8 UNT.

Para avaliar a eficiência do extrato de sementes de moringa como agente coagulante, foram preparados extratos obtidos com a trituração, em liquidificador, de 1, 2 e 3 gramas de sementes de moringa em cada 100 mL de água destilada (soluções de 10, 20 e 30 g L⁻¹ de sementes), sendo a suspensão, posteriormente, filtrada em malha de 1 mm. A solução preparada foi armazenada em geladeira (4°C) e utilizada no dia seguinte do seu preparo.

Antes da mistura do coagulante nas águas em estudo, estas foram acidificadas com ácido sulfúrico (1 mol L⁻¹) até se obter pH em torno de 4,2, conforme recomendação de Matos et al. (2007) e Chagas et al. (2009).

De cada suspensão preparada com sementes de moringa foram retiradas alíquotas de 1, 5, 10 e 20 mL e aplicadas em 500 mL de cada um dos três diferentes tipos de água em análise, de modo que para a concentração de 10 g L⁻¹ de sementes, as alíquotas de 1, 5, 10 e 20 mL equivaleram a 0,02; 0,10; 0,20 e 0,40 g L⁻¹ de sementes. Para a concentração de 20 g L⁻¹, as alíquotas equivaleram a 0,04; 0,2; 0,4 e 0,8 g L⁻¹ e para a concentração de 30 g L⁻¹, as alíquotas equivaleram a 0,06; 0,3; 0,6 e 1,2 g L⁻¹. Como as concentrações/alíquotas de 0,2 e 0,4 foram aplicadas tanto para o tratamento que recebeu as concentrações de 10 como 20 g L⁻¹ de sementes, consideraram-se os melhores valores obtidos para os parâmetros a serem estudados. Em seguida, as suspensões foram misturadas nos béqueres e colocadas em agitação no aparelho “Jar-test”, permanecendo por 30 segundos sob agitação a 160 rpm e, posteriormente, por 15 minutos, sob agitação a 15 rpm. As suspensões foram mantidas por períodos de 2 e 24 horas em repouso para a sedimentação do material nos béqueres. Decorrido o período, amostras do sobrenadante foram retiradas dos béqueres para medição da turbidez.

Nas amostras em que foram obtidos os melhores resultados na remoção de turbidez, considerando-se o tempo de sedimentação e a concentração correspondentes, foram feitas as análises de Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CF) da água em análise.

Os ensaios em Jar-test e as análises de turbidez, medida em turbidímetro modelo AP 2000, foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água e as microbiológicas (CT e *E. coli*) obtidas utilizando-se o método enzimático, no Laboratório de Análises Microbiológicas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Todas as análises seguiram o que está preconizado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

Por meio de regressão, foi feito o ajuste de equações matemáticas relacionando turbidez e contagem de CT e CF (*E. coli*) nos dois tempos estudados (2 h e 24 h) como função da concentração do extrato de sementes de moringa, tendo sido considerado satisfatório o ajuste que proporcionasse coeficiente de determinação maior que 70% e apresentasse significância mínima de 10% de probabilidade nos coeficientes. Para realizar a análise de regressão, utilizou-se o programa SigmaPlot 9.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentados, respectivamente, os valores de turbidez nas águas de abastecimento (AA), esgoto doméstico (ED) e de suinocultura (ARS), para 2 e 24 horas de tempo de sedimentação em função da concentração aplicada de extrato de sementes de moringa.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1 (AA), para o tempo de repouso de 2 horas, os menores valores de turbidez 5,54; 5,74 e 5,12 UNT foram alcançados quando foram utilizadas as concentrações de 0,4; 0,8 e 1,2 g L⁻¹ de sementes, respectivamente. No tempo de sedimentação de 24 horas, as mesmas concentrações proporcionaram também os menores valores de turbidez, porém, ainda mais baixos, já que houve maior tempo para formação e sedimentação dos flocos formados. Como esses valores de turbidez foram muito próximos para as três concentrações e para os 2 tempos estudados (2 e 24 h), torna-se conveniente utilizar a concentração cuja quantidade de sementes de moringa e cujo tempo de sedimentação sejam os menores. Dessa forma, observa-se que a concentração de 0,4 g L⁻¹ de sementes, para um tempo de sedimentação de 2 horas, proporcionou maior viabilidade de utilização, alcançando eficiência de 98% na remoção de turbidez. A concentração ótima de sementes de moringa obtida neste trabalho foi maior que a obtida por Abdulsalam et al. (2007), que ao utilizarem o extrato de semente de moringa em um estudo na clarificação de águas brutas de Maiduguri e obtiveram dose ótima de 0,18 g L⁻¹ de sementes e, nessa condição, a eficiência na remoção da turbidez foi de 82,4%.

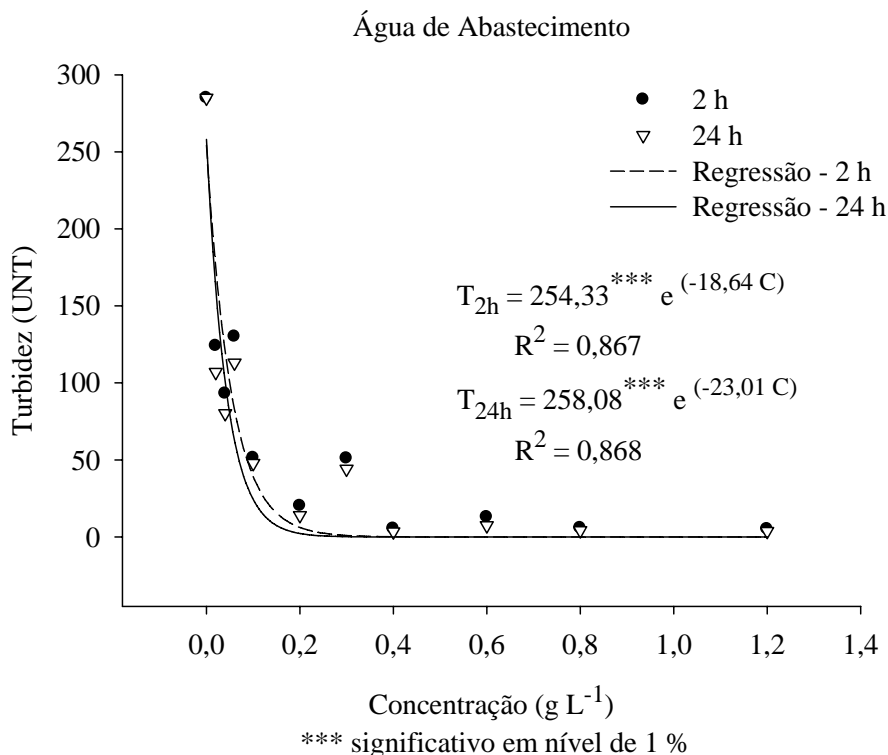


Figura 1. Valores de turbidez (T) em função da concentração de sementes de moringa (C) na água de abastecimento (AA), para 2 e 24 h de sedimentação.

Embora tenha sido observado que a concentração de sementes de moringa que proporcionou menor valor de turbidez (76,6 UNT) na água de esgoto doméstico (ED) foi a de 0,4 g L⁻¹, seguida da concentração de 0,2 g L⁻¹ (78,9 UNT), não foi possível apresentar um modelo matemático que descrevesse o comportamento da turbidez em função das concentrações de sementes de moringa. Dessa forma, na Figura 2 estão apresentadas as médias dos valores dessa variável para os tempos de sedimentação de 2 e 24 horas. Para 2 horas de sedimentação, a média obtida foi de 82,4 UNT e remoção média de 22,3%. Já para 24 horas de sedimentação, a média obtida foi de 68,6 UNT e 35,3% de remoção de turbidez. Comparando-se os resultados obtidos na remoção de turbidez da água de abastecimento com os obtidos no esgoto doméstico, verifica-se maior eficiência na primeira. Muyibi e Evison (1995) constataram maior eficiência do extrato de sementes de moringa em águas com elevada turbidez. Silva et al. (2007), ao realizarem um estudo de pós-tratamentos de efluentes provenientes de reatores anaeróbios de manta de lodo ao utilizarem coagulantes naturais (*Moringa oleífera*, Lam) e não-naturais, verificaram que quando utilizaram uma concentração de 0,2 g L⁻¹ de sementes de moringa em água residuária doméstica bruta foi obtida turbidez de 43 UNT para um tempo de sedimentação de 1,5 h. Como a turbidez inicial era de 108 UNT, a eficiência de remoção obtida foi de 60%, valor bem superior ao obtido neste trabalho. Mesmo com a elevada eficiência obtida, os autores questionaram a eficiência do uso das sementes de moringa no tratamento físico-químico de esgoto sanitário, já que a máxima remoção de turbidez obtida com o extrato de sementes de moringa, utilizando a concentração de 0,2 g L⁻¹ de sementes, foi praticamente igual ao valor encontrado quando foi utilizado o cloreto férrico na concentração de 0,025 g L⁻¹.

Silva et al. (2007), quando avaliaram a influência do pH na remoção de turbidez de esgoto bruto com a aplicação de extrato de sementes de moringa, observaram que o pH dessa água residuária não influenciou, de forma significativa, na eficiência de remoção da turbidez. Entretanto, esses autores indicaram que o pH ótimo para a floculação, quando é utilizado o extrato de sementes de moringa no tratamento de esgoto doméstico bruto, está em torno de

7,0, valor bem acima do que foi utilizado neste trabalho. Entretanto, nesse trabalho, os resultados indicam que o tipo de sólidos em suspensão ou de íons em solução parece ser fator de maior importância na remoção de turbidez das águas, acreditando-se que a remoção proporcionada pelo extrato de sementes de moringa é, preferencialmente, de sólidos inorgânicos em suspensão.

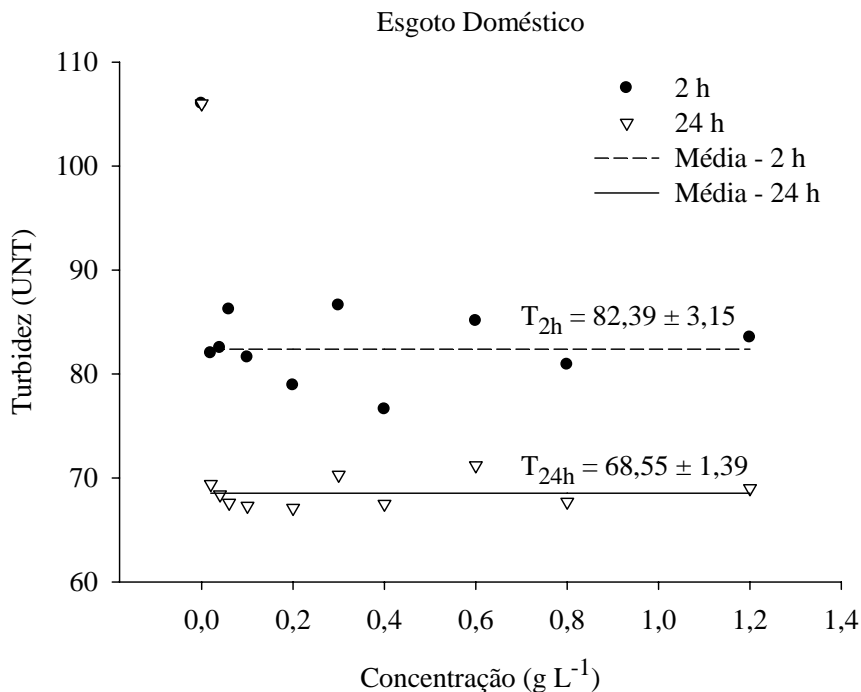


Figura 2. Valores de turbidez (T) em função da concentração de sementes de moringa trituradas no esgoto doméstico (ED), para 2 e 24 h de repouso da amostra.

De acordo com os dados apresentados na Figura 3, observa-se que além da moringa não ter contribuído no processo de coagulação da água residuária de suinocultura, a matéria orgânica originária das sementes contribuiu para o aumento de sólidos em suspensão na água e, tal como ocorrido em esgoto doméstico, não foi possível apresentar um modelo que descrevesse o comportamento da turbidez em função das concentrações de sementes de moringa. Assim, estão apresentadas apenas as médias dessa variável para os tempos de sedimentação de 2 e 24 horas. Acredita-se, tal como já discutido anteriormente, que há menor eficiência do extrato de sementes de moringa quando o material em suspensão é, predominantemente, orgânico ou quando os solutos presentes nas águas residuárias interferem, de forma negativa, na coagulação desse material. Isso contraria, em parte Muybi e Evison (1995), que afirmaram que o extrato de sementes de moringa possui propriedades coagulantes atribuídas a proteínas catiônicas de baixo peso molecular, as quais interagem com o material orgânico da água, destruindo a estabilidade coloidal e facilitando a sua remoção por sedimentação (Ndabigengesere e Narasiah, 1998). Acredita-se que, devido à presença de maior concentração de solutos nas águas residuárias domésticas e da suinocultura, o poder coagulante do extrato de sementes de moringa tenha ficado prejudicado.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se ser inviável, da forma como conduzida neste experimento, o uso do extrato de sementes de moringa como coagulante natural alternativo na etapa de tratamento primário da água residuária da suinocultura e esgoto doméstico.

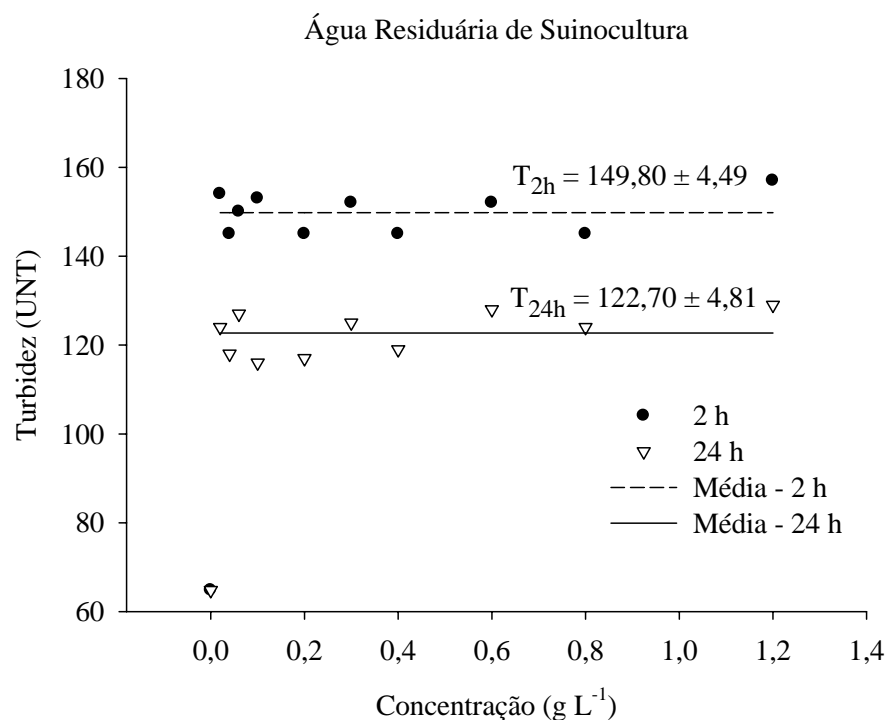


Figura 3. Valores de turbidez (T) em função da concentração de sementes de moringa (C) na água residuária da suinocultura (ARS), para 2 e 24 h de repouso da amostra.

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentadas as contagens de CT e CF, respectivamente, em função da concentração de sementes de moringa na suspensão, para o mesmo tempo de sedimentação e tipos de águas residuárias. A escolha das alíquotas da concentração de 20 g L⁻¹ de sementes para o tempo de sedimentação de 24 horas deveu-se, a ser essa a condição que propiciou a maior remoção de turbidez, o que, coincidentemente, ocorreu no mesmo tempo de repouso, para os três tipos de águas analisadas.

De acordo com o que está apresentado nas Figuras 4 e 5, as concentrações de sementes de moringa na água de abastecimento que proporcionaram remoção máxima de CF foram 0,2; 0,4 e 0,8 g L⁻¹ de sementes. Para CT, não houve diferença na remoção com o aumento na concentração de sementes. Dessa forma, do ponto de vista técnico e econômico, a concentração de 0,2 g L⁻¹ de sementes mostrou-se a mais adequada, pois nenhuma das concentrações avaliadas apresentou remoção de CT, porém alcançou-se 100% de remoção para CF presentes da água de abastecimento.

Em relação ao esgoto doméstico, observou-se que a concentração que proporcionou maior remoção de CT e CF foi a de 0,04 g L⁻¹ de sementes, alcançando-se remoções de 94,3% e 95,6%, respectivamente. Esses resultados foram superiores aos obtidos por Silva et al. (2007) que, ao avaliarem o pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios, não verificaram qualquer redução na contagem de coliformes com a adição de extrato de sementes de moringa ao esgoto tratado. Tanto para esgoto doméstico como para água de abastecimento, as maiores remoções foram obtidas quando foram aplicadas as menores concentrações de sementes de moringa. Já para a água residuária da suinocultura, as maiores remoções foram obtidas quando utilizada a maior concentração, ou seja, de 0,8 g L⁻¹ de sementes, alcançando-se 94,8 e 96,5% para CF e CT, respectivamente. Embora se saiba que o extrato de sementes de moringa seja efetivo na remoção de bactérias do grupo coliforme, a acidificação das amostras até se obter pH na faixa de 4,5 pode ter sido, no entanto, fator de grande influência na remoção de CT e CF.

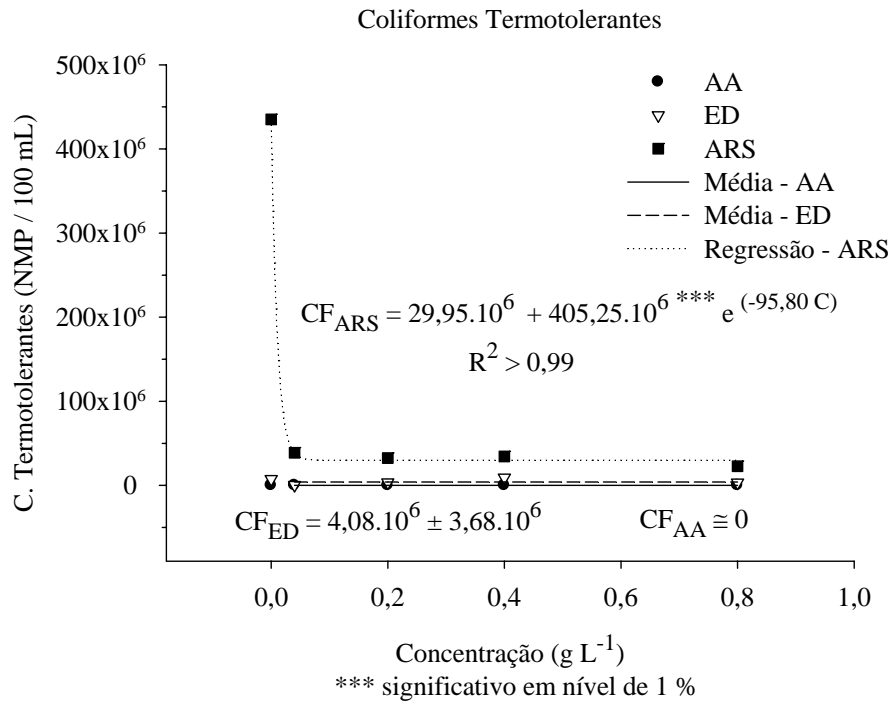


Figura 4. Contagem de coliformes termotolerantes (CF_{ARS} , CF_{AA} e CF_{ED}) em função da concentração de sementes de moringa.

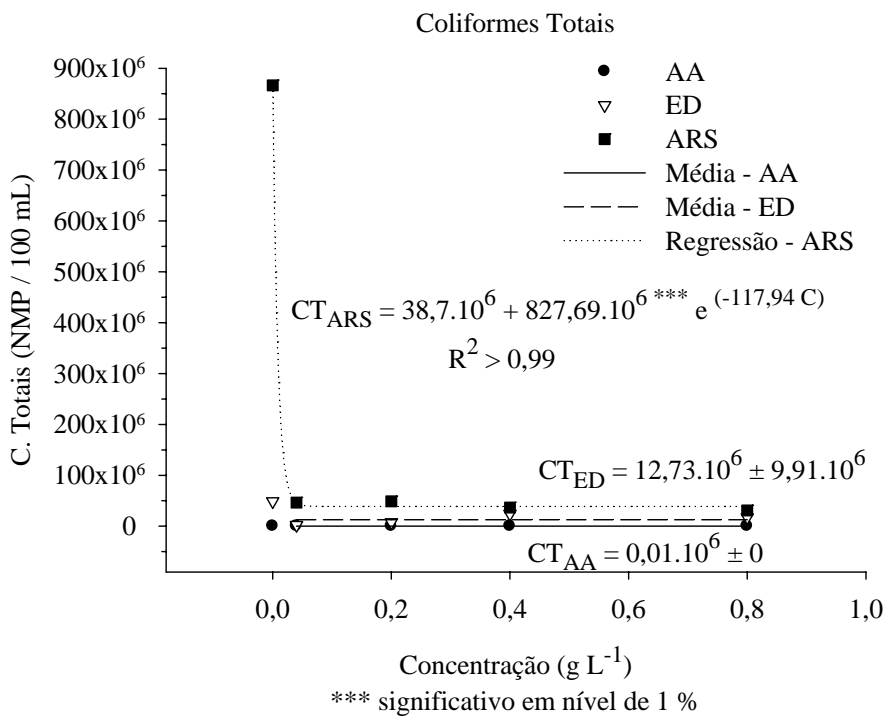


Figura 5. Contagem de coliformes totais (CT_{ARS} , CT_{AA} e CT_{ED}) em função da concentração de sementes de moringa.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

A concentração de 0,4 g L⁻¹ de sementes de moringa, para um tempo de sedimentação de 2 horas na água de abastecimento, apresentou-se como de maior viabilidade para utilização no tratamento dessa água, proporcionando remoção de turbidez de até 98%;

No esgoto doméstico, em 2 horas de sedimentação, a remoção média de turbidez foi de 22,3%, sendo a remoção obtida em 24 horas de sedimentação de 35,3%;

Não houve remoção da turbidez da água residuária de suinocultura pela adição de extrato de sementes de moringa;

A concentração de 0,2 g L⁻¹ de sementes mostrou-se a mais adequada para remoção de CF na água de abastecimento, tendo sido alcançado 100% de remoção. A melhor concentração de sementes no esgoto doméstico para remoção de CT e CF foi de 0,04 g L⁻¹ de sementes, alcançando-se remoções de 95,6 e 94,3%, respectivamente, e para a água residuária da suinocultura, a melhor concentração foi de 0,8 g L⁻¹, alcançando-se 96,5 e 94,8%, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS

- ABDULSALAM, S.; GITAL, A. A.; MISAU, I. M.; SULEIMAN, M. S. Water clarification using *Moringa oleifera* seed coagulant: maiduguri raw water as a case study. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 5, n. 1, p. 302-306. 2007.
- AL AZHARIA JAHN, S. **Proper use of african natural coagulants for rural water supplies**: research in the Sudan and guide for new projects. Eschborn: GTZ, 1986. 541 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268 p.
- CHAGAS, R. C.; SARAIVA, C. B.; MOREIRA, D. A.; SILVA, D. J. P.; MATOS, A. T.; FARAGE, J. A. Uso do extrato de moringa como agente coagulante no tratamento de águas residuárias de laticínios. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 26., 2009, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ICLT/EPAMIG, 2009.
- HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S. Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/flocculation with *Moringa oleifera* seed extract. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, n. 2/3, p. 713-719, 2009.
- HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S.; REGALADO, A. D. Removal of carmine indigo dye with *Moringa oleifera* seed extract. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 14, p. 6512-6520, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso:
- MARTYN, C. N., BARKER, D. J., OSMOND, C., HARRIS, E. C., EDWARDSON, J. A., LACEY, R. F. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminum in drinking water. *Lancet*, 1(8629): 59-62, 1989.

LO MONACO, P. A. V.; 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. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.164)

MATOS, A. T.; CABANELLAS, C. F. G.; CECON, P. R.; BRASIL, M. S.; MUDADO, C. S. 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**, v. 27, n. 2, p. 544-551, 2007.

MATOS, A. T. **Práticas de manejo e tratamento de resíduos agroindustriais**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2004. 52p. (Caderno Didático, 32)

MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 29, n. 12, p. 2689-2695, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998.

SILVA, F. J. A.; SILVEIRA NETO, J. W.; MOTA, F. S. B.; SANTOS, G. P. Descolorização de efluente da indústria têxtil utilizando coagulante natural (*Moringa oleifera* e quitosana). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

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**, v. 28, n. 2, p. 178-190, 2007.