
NOTA TÉCNICA:

TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO FILTRO ORGÂNICO SEGUIDO DE COAGULAÇÃO COM EXTRATO DE SEMENTES DE MORINGA PREPARADO COM Ca(OH)_2

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹, Antonio Teixeira de Matos², Gustavo Haddad Souza Vieira³, Valdeir Eustáquio Júnior⁴, Magno Pereira dos Santos⁵

RESUMO

Dentre as formas de tratamento primário de águas residuárias, os filtros orgânicos têm se destacado em razão da elevada eficiência na remoção de poluentes, do baixo custo de aquisição e pela possibilidade de ser submetido à compostagem após sua utilização. Objetivou-se avaliar a eficiência do processo de filtração de esgoto doméstico bruto em serragem de madeira, com e sem exclusão dos dois primeiros volumes de poros, seguido de coagulação, utilizando o extrato de sementes de moringa preparado com Ca(OH)_2 . Amostras do esgoto sanitário bruto, submetido à filtração com e sem a exclusão dos dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação e submetido somente à filtração com e sem a exclusão dos dois primeiros volumes de poros, foram analisadas quanto às concentrações de ST, STF, STV, SST, SSF, SSV e quanto aos valores de Turbidez e Condutividade elétrica. Em todas as variáveis físicas avaliadas, à exceção das variáveis SST, SSV e turbidez, o tratamento excluindo os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação ($F_{(E)}+C$) proporcionou menores valores efluentes, comparado com o tratamento no qual isso não foi feito ($F_{(SE)}+C$). Substâncias solubilizadas do material constituinte do filtro orgânico dificultaram o processo de coagulação pelo extrato de sementes de moringa preparado em Ca(OH)_2 , proporcionando baixa ou nenhuma eficiência de remoção de sólidos do esgoto sanitário.

Palavras-chave: Filtração, coagulante, *Moringa oleifera*.

ABSTRACT

SANITARY SEWAGE TREATMENT USING FILTER FOLLOWED BY COAGULATION WITH MORINGA SEED EXTRACT PREPARED WITH Ca(OH)_2

Among the forms of primary wastewater treatment, organic filters have stood out due to the high efficiency in the removal of pollutants, the low cost of acquisition and the possibility of being submitted to composting after its use. It is aimed was to evaluate the efficiency of the filtration process of domestic sewage in gross sawdust, with and without exclusion of the first two pore volumes, followed by coagulation, using the moringa seed extract prepared with Ca(OH)_2 . Samples of the raw sewage, subjected to filtration with or without the exclusion of the first two pore volumes followed by coagulation and only subjected to filtration with or without the exclusion of the first two pore volumes were assayed for concentration of the TS, TFS, TVS, TSS, FSS, VSS and the values of electrical conductivity and turbidity. In all measured physical variables, except the variables TSS, VSS and turbidity, the processing excluding the first two pore volumes followed by coagulation ($F_{(E)}+C$) gave lower values effluent compared to treatment in which this was not done ($F_{(SE)}+C$). Substances solubilized in the organic filter material of the coagulation process hampered by the pitcher seed extract prepared in Ca(OH)_2 , providing little or no removal efficiency of sewage solids.

Keywords: filtration, coagulant, *Moringa oleifera*.

Recebido para publicação em 30/08/2015. Aprovado em 12/09/2016.

1 - Engenheira Agrícola, Prof^a do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Santa Teresa-ES. E-mail: paolalm@ifes.edu.br

2 - Engenheiro Agrícola, Prof. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Email: atmatos@desa.ufmg.br

3 - Engenheiro Agrônomo, Prof. do IFES, *campus* Santa Teresa-ES. Email: ghsvieira@ifes.edu.br

4 - Eng. Agrícola e Ambiental, Prof. do Instituto Federal Fluminense (IFF), *campus* Cambuci-RJ. Email: valdeir.junior@iff.edu.br

5 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando em Recursos Hídricos e Ambientais pela UFV. Email: magno.eaa@gmail.com

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas etapas de tratamento de águas com baixa ou elevada turbidez, destaca-se o processo de coagulação, utilizado no tratamento de águas para abastecimento e diversos efluentes domésticos e industriais.

O sulfato de alumínio é um dos os principais coagulantes químicos mais utilizados no Brasil, em razão da elevada eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo seu relativo baixo custo (LO MONACO et al., 2010). Os mesmos autores ressaltam, no entanto, que ele pode tornar-se caro quando utilizado em áreas mais afastadas para onde deva ser transportado e por proporcionar, nas estações de tratamento de água, a geração de um lodo de difícil disposição final, já que é rico em alumínio, um elemento químico tóxico às plantas. Além disso, Silva et al. (2007) afirmam que a utilização de sais de alumínio apresenta, como desvantagens, a produção de grande volume de lodo e o consumo da alcalinidade no tratamento da água, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do seu pH.

Dessa forma, em comunidades mais afastadas e com carência de sistemas de tratamento de água e esgoto, uma alternativa à substituição do sulfato de alumínio seria a utilização de coagulantes naturais, produzidos no local e com baixo custo financeiro. Dentre vários coagulantes naturais avaliados, a *Moringa oleifera* tem se destacado (PRITCHARD et al., 2009). Segundo Ndabigengesere et al. (1995), o poder coagulante da *Moringa oleifera* decorre da presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água e, por meio de um processo de neutralização e adsorção, proporcionam floculação dos colóides.

De acordo com Pritchard et al. (2010), a moringa se mostra competitiva com os tradicionais produtos empregados para coagulação, com a vantagem de ser completamente biodegradável, o que permite sua total digestão quando houver etapas biológicas. Devido à sua versatilidade, a moringa apresenta ação efetiva sobre variados tipos de águas, assim como diversos tipos de efluentes industriais.

Além da eficiência já constatada quando se utiliza somente o extrato de sementes de moringa na remoção de diversos sólidos dissolvidos e em suspensão da água (ABDULSALAM et al., 2007; PRITCHARD et al., 2009; 2010; LO MONACO et al., 2010), pesquisas têm sugerido que a adição de

substâncias químicas no preparo do extrato pode proporcionar eficiência ainda maior da referida suspensão na clarificação de diversos tipos águas em tratamento (SÁNCHEZ-MARTÍN et al., 2010).

Pereira et al. (2012), ao avaliarem o efeito da adição de diferentes sais e da cal hidratada (Ca(OH)_2) no preparo do extrato de sementes de moringa, utilizado como agente coagulante na remoção de turbidez de esgoto sanitário, concluíram que o preparo do extrato de sementes de moringa com o Ca(OH)_2 proporcionou elevada remoção (80 a 85%) de turbidez, aplicando-se uma dose ótima de $2,2 \text{ g L}^{-1}$ de esgoto doméstico. Essa dose, no entanto, demandaria grande área cultivada com plantas de moringa. Dessa forma, os autores recomendaram tratamento prévio, como por exemplo, a utilização de filtros orgânicos, antes do esgoto sanitário bruto passar pelo processo de coagulação. Possuindo o efluente do filtro orgânico menor quantidade de sólidos em suspensão, seria gasta menor quantidade de sementes no processo.

Os filtros orgânicos têm sido utilizados no tratamento de diversos tipos de águas residuárias (MATOS et al., 2006; MATOS et al., 2010; LO MONACO et al., 2011a) e, devido aos ótimos resultados obtidos na remoção de diversas variáveis, principalmente sólidos suspensos (MAGALHÃES et al., 2006; LO MONACO et al., 2009; 2011b), podem constituir boa opção de tratamento antecendo à coagulação.

Em vários trabalhos em que se avaliou o tratamento de águas residuárias em filtros orgânicos, constatou-se aumento de vários constituintes orgânicos e inorgânicos nos primeiros volumes de poros filtrados (LO MONACO et al., 2009; 2011a; 2011b), devido à solubilização desses constituintes oriundos do próprio material filtrante. Assim, levanta-se a hipótese de que se houver a exclusão dos dois primeiros volumes de poros filtrados, ou seja, direcionando-os por disposição no solo via fertirrigação, o processo de coagulação pós filtro possa ser mais eficiente, em razão do efluente conter menor concentração de sólidos e solutos em solução.

Assim, objetivou-se, com a realização do presente trabalho, avaliar a eficiência do processo de filtração de esgoto doméstico bruto em serragem de madeira, com e sem exclusão dos dois primeiros volumes de poros, seguido de coagulação, utilizando o extrato de sementes de moringa preparado com Ca(OH)_2 .

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Tratamento de Resíduos Urbanos, do Departamento de Engenharia Agrícola, receptor de esgoto sanitário proveniente do bairro Acamari e adjacências, em Viçosa, MG.

O sistema de filtração foi constituído por uma tubulação de PVC de 250 mm, com área transversal de 463,8 cm² e 0,7 m de altura e tampão final, onde foi instalada uma válvula de gaveta na parte inferior para permitir a saída da água filtrada. Como material filtrante, optou-se pela serragem de madeira (*Pinus*), em razão dos ótimos resultados obtidos por diversos autores (LO MONACO et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2006), comparados com outros materiais filtrantes. A serragem de madeira 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 0,445 m.

O processo de filtração iniciou-se, primeiramente, com a saturação do filtro com o efluente. Depois de saturado, a válvula posicionada no fundo do filtro foi aberta e, a partir daí, o processo de filtração passou a ser contínuo, mantendo-se carga hidráulica de 0,20 a 0,25 m do esgoto sanitário bruto acima da superfície do material filtrante.

A partir do conhecimento do volume total do filtro, ocupado pela massa de material filtrante e porosidade drenável (obtida em laboratório), foi possível calcular o volume de poros do filtro, ou seja, volume de espaços vazios no material filtrante.

Um total aproximado de 73L de esgoto sanitário bruto foram filtrados, o que correspondeu a 6 volumes de poros, sendo o efluente coletado, em sequência, utilizando-se frascos de capacidade de 1 L. Cada volume de poros correspondeu a 12,2 L. Assim, as amostras eram coletadas entre a filtração de 11,5 a 12,5 L para formação da amostra relativa ao referido número de volume de poros.

De posse dos 6 volumes de poros filtrados, o experimento foi dividido em dois tratamentos: Tratamento 1 (SE), sem exclusão dos 2 primeiros volumes de poros e Tratamento 2 (E), excluindo os 2 primeiros volumes de poros. No primeiro, coletou-se 500 mL de cada volume de poros, totalizando 3 L (Tratamento 1). No segundo tratamento, coletou-se

500 mL dos 4 últimos volumes de poros, totalizando 2 L (Tratamento 2). De cada tratamento coletou-se 500 mL, realizando-se três repetições, e adicionou-se a solução do extrato de sementes de moringa preparada com Ca(OH)₂, 0,011 mol L⁻¹, numa concentração de 1,0 grama de sementes de moringa para cada litro de esgoto sanitário a ser tratado. A solução do extrato de sementes de moringa foi preparada no mesmo dia em que foi utilizada para os ensaios. A concentração escolhida foi menor que a concentração de 2,2 g L⁻¹ utilizada por Pereira et al. (2012), também preparada em Ca(OH)₂, 0,011 mol L⁻¹, na qual obtiveram eficiência de 85% na remoção de turbidez do esgoto sanitário.

Para efeito de comparação, realizou-se outros dois tratamentos idênticos, porém, sem o processo de coagulação. Assim, os tratamentos aplicados podem ser descritos como: **T1** - filtração sem excluir os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação (F_(SE)+C); **T2** - somente a filtração sem excluir os dois primeiros volumes de poros (F_(SE)); **T3** - filtração excluindo os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação (F_(E)+C) e **T4** - somente à filtração excluindo os dois primeiros volumes de poros (F_(E)).

Amostras do esgoto sanitário bruto (EB) e dos quatro tratamentos aplicados foram submetidas às análises de turbidez, condutividade elétrica e sólidos. A determinação da turbidez foi realizada por meio de um turbidímetro de bancada, utilizando-se o método nefelométrico. A condutividade elétrica foi determinada por meio de um condutivímetro de bancada, utilizando-se o método da potenciometria. As análises de sólidos consistiram na quantificação das concentrações de sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV), pelo método gravimétrico. Todas as análises foram executadas em conformidade com recomendações contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

A análise dos dados foi efetuada realizando-se a estatística descritiva, dispendo-se os resultados em gráficos de barras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os resultados das análises físicas dos efluentes submetidos aos tratamentos aplicados, juntamente com os valores de esgoto sanitário bruto (EB), dispostos em gráfico de barras.

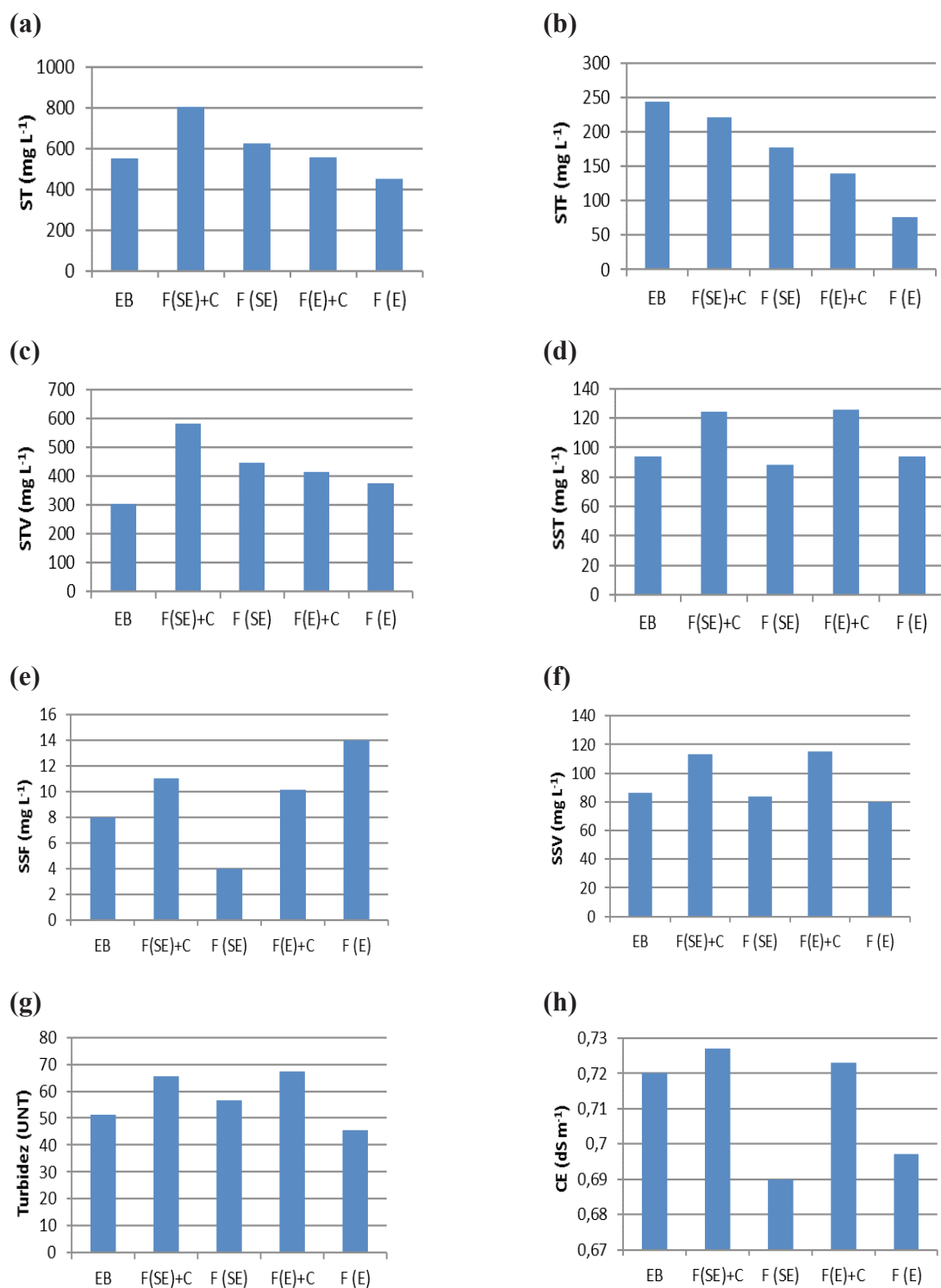


Figura 1. Valores médios da concentração de: (a) Sólidos Totais (ST), (b) Sólidos Totais Fixos (STF), (c) Sólidos Totais Voláteis (STV), (d) Sólidos Suspensos Totais (SST), (e) sólidos Suspensos Fixos (SSF), (f) Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), (g) Turbidez e (h) condutividade elétrica no esgoto bruto (EB), filtração sem excluir os 2 primeiros volumes de poros seguido de coagulação ($F_{(SE)}+C$), somente filtração sem excluir os 2 primeiros volumes de poros ($F_{(SE)}$), filtração excluindo os 2 primeiros volumes de poros seguido do coagulação ($F_{(E)}+C$) e somente filtração excluindo os 2 primeiros volumes de poros ($F_{(E)}$).

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, observa-se que em todas as variáveis avaliadas, excetuando-se o SST, SSV e Turbidez, cujos valores variaram pouco, o tratamento excluindo os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação ($F_{(E)}+C$) foi o mais eficiente na remoção de poluentes que o que não se excluiu os 2 primeiros volumes de poros. Ainda assim, proporcionou, à exceção da variável STF, maiores concentrações que no esgoto sanitário bruto (Figura 1), o que indica piora na qualidade da água residuária.

Quando foi utilizada somente a filtração do esgoto sanitário, sem excluir os 2 primeiros volumes de poros efluente ($F_{(SE)}$), observou-se decréscimo nos valores de STF, SST, SSF e SSV, em relação ao esgoto bruto (Figura 1), obtendo-se eficiências de remoção de 27,2%; 6,8%; 50% e 2,3% respectivamente. Quando foi utilizada somente a filtração, excluindo-se os 2 primeiros volumes de poros efluentes ($F_{(E)}$), a eficiência de remoção de ST, STF, SSV e turbidez foi, respectivamente, de 18%, 68,7%, 7% e 11,3%.

Embora o tratamento $F_{(E)}$ tenha proporcionado, de um modo geral, resultados relativamente melhores que o tratamento $F_{(SE)}$, as eficiências de remoção foram muito baixas comparando-se com os resultados obtidos em diversos outros trabalhos utilizando filtros orgânicos (MAGALHÃES et al., 2006; LO MONACO et al., 2009; 2011a; 2011b). Há de se ponderar que os resultados contabilizados por esses autores foram relatados, quando houve a estabilização dos filtros, ou seja, no final do processo de filtração. Neste trabalho, os volumes de poros coletados foram misturados desde o início ($F_{(SE)}$) ou a partir do terceiro volume de poros ($F_{(E)}$), o que implicou em menor eficiência de remoção dos poluentes.

De qualquer forma, acredita-se que, na prática, os primeiros volumes de poros devam ser direcionados para a fertirrigação de culturas, já que o efluente é rico em diversos nutrientes disponibilizados pelo próprio material filtrante e que somente a partir do terceiro volume de poros é que o filtro passa a reter efetivamente os diversos constituintes da água residuária em tratamento.

Além do que foi discutido, dois fatores estiveram diretamente relacionados à inoperância

do sistema em remover sólidos do esgoto sanitário: incremento na concentração de sólidos, proporcionada pela adição da solução de extrato de sementes de moringa ao esgoto sanitário, e prejuízo que os sólidos solúveis disponibilizados pelo próprio material orgânico filtrante proporcionaram ao processo de coagulação pela moringa.

Os sólidos solúveis disponibilizados pelo próprio material orgânico do filtro dificultaram o processo de coagulação proporcionado pelo extrato de sementes de moringa no efluente do filtro. Tal fato foi também constatado em trabalho realizado por Matos et al. (2012) que, ao avaliarem o efeito de concentrações crescentes do extrato de sementes de moringa no efluente de filtro orgânico constituído por serragem de madeira, concluíram que o aumento na concentração do coagulante proporcionou aumento na turbidez do efluente do filtro. Os autores atribuíram esse resultado à inativação do poder coagulante da proteína da semente de moringa por algum constituinte solubilizado do material filtrante. Assim, os autores observaram que, não havendo coagulação de sólidos do efluente do filtro orgânico, a turbidez aumentou, proporcionalmente, à quantidade de extrato de sementes de moringa adicionado à água residuária.

CONCLUSÕES

- Em todas as variáveis físicas avaliadas, à exceção das variáveis SST, SSV e turbidez, o tratamento excluindo os dois primeiros volumes de poros seguido de coagulação ($F_{(E)}+C$) proporcionou menores valores efluentes, comparado com o tratamento no qual isso não foi feito ($F_{(SE)}+C$).
- Substâncias solubilizadas do material constituinte do filtro orgânico dificultaram o processo de coagulação pelo extrato de sementes de moringa preparado em $Ca(OH)_2$, proporcionando baixa ou nenhuma eficiência de remoção de sólidos do esgoto sanitário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, Helsinki, v.5, n.1, p.302-306, 2007.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.
- LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; BRANDAO, V.S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.5, p.975-985, 2011a.
- LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; SARMENTO, A.P.; MOREIRA, R.M.G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos de café (*Coffea* sp.) no tratamento de águas residuárias. **Coffe Science**, Lavras, v.6, n.2, p.120-127, 2011b.
- LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; JORDÃO, C.P.; CECON, P.C.; 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.1, p.116-119, 2004.
- 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.
- LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; SARMENTO, A.P.; LOPES JÚNIOR, A.V.; LIMA, J.T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.17, n.6, p.473-480, 2009.
- MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I.F.F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.472-478, 2006.
- MATOS, A.T.; MAGALHÃES, M.A.; FUKUNAGA, D. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.610-616, 2006.
- MATOS, A.T.; MAGALHÃES, M.A.; SARMENTO, A.P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.527-537, 2010.
- MATOS, M.P.; BATISTA, A.P.S.; RIBEIRO, I.C.A.; SILVA, E.F. Tratamento de esgoto sanitário em filtro orgânico seguido por coagulação com adição de extrato de sementes de moringa. **Anais...** In: XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – SBEA, 2012, Londrina-PR.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S.; TALBOT B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, v.29, n.2, p.703-710, 1995.
- PEREIRA, M.S.; LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; BAKER, S.A.A.; BATISTA, A.P.S. Efeito da adição de diferentes sais no preparo do extrato de sementes de moringa utilizada como coagulante no tratamento de esgoto sanitário. **Anais...** In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, 2012, Salvador-BA.
- PRITCHARD, M.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.; O'NEILL, J.G.; KULULANGA, G. Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi.

Physics and Chemistry of the Earth, v.34, p.799-805, 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 – Alternative sustainable solution for developing countries. **Physics and Chemistry of the Earth**, Amsterdam, v.35, p.798–805, 2010.

SANCHEZ MARTIN, J. ; GHEBREMICHAEL,

K.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Comparison of single-step and two-step purified coagulants from *Moringa oleifera* seed for turbidity and DOC removal. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 15, p. 6259-6261, 2010.

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, 2007.