

Semente de moringa (*Moringa oleifera* Lam) utilizada no tratamento de água bruta em comunidades rurais

*Moringa seed (Moringa oleifera Lam) used in raw water treatment
in rural communities*

NÁISLA SILVA OLIVEIRA

Discente do curso de Engenharia Química (UNIPAM)

E-mail: naislasilva@unipam.edu.br

DANIEL OLIVEIRA E SILVA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: danielos@unipam.edu.br

Resumo: Descreve-se o saneamento ambiental como conjunto de práticas que certifica a qualidade da água e dos rios, a coleta de lixo e sua acomodação em aterros controlados ou sanitários, o lançamento de esgotos nas vias públicas, a garantia da qualidade e quantidade de água para o consumo humano, além do monitoramento ou erradicação de doenças. O objetivo deste trabalho foi o tratamento de água bruta em propriedades rurais com sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, por meio do processo de coagulação/floculação, utilizando-se coagulantes naturais derivados do extrato da semente de *Moringa oleifera*. Para caracterização do material trabalhado, foram realizados os seguintes testes qualitativos: turbidez e cor. Concluiu-se que a solução coagulante obtida das sementes de *Moringa oleifera* é eficiente para tratar águas com turbidez através da sedimentação simples.

Palavras-chave: Sedimentação. Moringa oleífera. Tratamento de água

Abstract: Environmental sanitation is described as a set of practices that certify the quality of water and rivers, the collection of garbage and its accommodation in controlled or sanitary landfills, the discharge of sewage on public roads, the guarantee of the quality and quantity of water for human consumption, in addition to monitoring or eradication of diseases. The objective of this work was to contribute to the treatment of raw water in rural properties, with the presence of suspended solids and dissolved solids, through the process of coagulation/flocculation using natural coagulants derived from the seed extract of *Moringa oleifera*. To characterize the worked material, the following qualitative tests were carried out: turbidity and color. It was concluded that the coagulant solution obtained from the seeds of *Moringa oleifera* is efficient to treat turbid waters through simple sedimentation.

Keywords: Sedimentation. Moringa oil. Water treatment.

1 INTRODUÇÃO

O primeiro instrumento de controle de uso de recurso hídrico – Código das Águas –, foi desenvolvido entre as décadas de 1930 e 1940. Logo após, foram aperfeiçoadas as técnicas de tratamento e análises dos parâmetros de controle de qualidade de água e esgoto, iniciando o desenvolvimento sustentável e a atenção com o meio ambiente (BITTENCOURT, 2018).

Descreve-se o saneamento ambiental como conjunto de práticas que certifica a qualidade da água e a dos rios, a coleta de lixo e sua acomodação em aterros controlados ou sanitários, o lançamento de esgotos nas vias públicas, a garantia da qualidade e quantidade de água para o consumo humano, além do monitoramento ou erradicação de doenças (BITTENCOURT, 2018).

Para o tratamento de água, aplicam-se processos de decantação, filtração e desinfecção. A sedimentação de poluentes pode ser acelerada pelo uso de produtos químicos, que agem como coagulantes, como o sulfato de alumínio e polímeros, substâncias amplamente utilizadas no sistema de tratamento de água das cidades; contudo, esse recurso não é viável já que o custo desses produtos é elevado e, quando mal dosados, deixam resíduos na água (SCHINTU; MELONI; CONTU, 2000).

Para o tratamento da água bruta, a coagulação é imprescindível na Estação de Tratamento de Água (ETA). Caso essa etapa não seja eficiente, os outros processos estrarão prejudicados. Em alguns casos, faz-se necessário o descarte de toda a água efluente da ETA, por estar fora dos parâmetros de potabilidade (PAVANELLI, 2001).

Tanto no tratamento de água potável, quanto no tratamento de efluentes têm sido utilizados coagulantes naturais em vez de coagulantes químicos, uma vez que os químicos apresentam alto índice de produção de lodo residual e alta toxicidade. (GIRARDI, 2009).

A *Moringa Oleifera Lam* é uma planta perene da família *Moringaceae*, nativa do noroeste indiano, tendo sido transportada para o Brasil há alguns anos (AMAYA *et al.*, 1992).

É muito cultivada devido ao seu valor alimentar, forrageiro, medicinal, condimentar, entre outros, e utilizada no tratamento de água para o consumo humano (JAHN, 1989; MORTON, 1991; CÁCERES *et al.*, 1991; GASSENCHIMIDT *et al.*, 1995; PALADA, 1996; GERDES, 1996; GERDES, 1997; WARHURST *et al.*, 1996; WARHURST *et al.*, 1997; MAKKAR; BECKER, 1997; MATOS, 1998; KERR *et al.*, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 1999).

É uma leguminosa ambientada às condições áridas e semiáridas, também conhecida como lírio branco, quiabo de quina, acácia-branca, árvore-rabanete-de-cavalo, cedro e moringueiro (CORREA, 1984).

É muito frequente a utilização das sementes de moringa no tratamento de água para o consumo humano nas zonas rurais do nordeste brasileiro (GERDES, 1997; O filtro..., 1999), diante a escassez de água potável para a população nessa região.

O presente trabalho teve como objetivo o tratamento de efluentes com sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, por meio do método de adsorção, utilizando-se como biomassa a semente de moringa, visando à retirada de poluentes orgânicos e metais da água.

O tratamento de águas utilizando coagulantes naturais apresenta muitos benefícios em relação a outras tecnologias, destacando-se principalmente por dispensar a aplicação de produtos químicos, não exigir o uso de equipamentos sofisticados ou operadores qualificados para controle do processo, além de ser de simples construção e de produzir pouco lodo, que posteriormente pode ser utilizado como fertilizantes. Essas vantagens ligadas ao uso de insumos alternativos e de mão de obra simples podem reduzir os custos iniciais de implantação, operação e manutenção desse sistema, possibilitando um processo de tratamento de água bastante eficiente e acessível (PATERNIANI, 2004).

Portanto, este trabalho se justifica pela necessidade de novos estudos e novas opções mais ecologicamente corretas, principalmente quando se refere ao tratamento de água nas propriedades rurais, onde é inexistente qualquer tipo de tratamento de água para consumo humano. Além de evitar o desenvolvimento de doenças, esse tipo de alternativa traz benefícios, por ser processo de baixo custo, mostrar eficiência e não gerar resíduos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRATAMENTO DE ÁGUA

No Brasil, para o tratamento de água de abastecimento público, o coagulante químico mais utilizado é o sulfato de alumínio, devido a sua alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo baixo custo para sua aquisição. No entanto, sua aplicação pode tornar-se inviável no tratamento de água de áreas mais afastadas, em decorrência dos elevados custos de transporte (MONACO *et al.*, 2010).

Outra questão associada ao uso desse coagulante é o lodo gerado no tratamento de água para uso potável. Após o sal solubilizado, o cátion Al^{3+} é adsorvido no material sólido em suspensão, proporcionando, em razão de um fenômeno físico-químico, a formação de sedimentos no tanque, ocasionando a clarificação da água em tratamento. Porém, o material sedimentado é muito rico em alumínio, o que dificulta o descarte final desse resíduo no meio ambiente. Segundo Martyn *et al.* (1989), elevadas concentrações de alumínio no meio podem causar problemas à saúde humana, como acelerar o processo degenerativo do Mal de Alzheimer. No mais, acarreta custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do seu pH, pois os sais de alumínio proporcionam consumo da alcalinidade da água em tratamento (SILVA *et al.*, 2007).

2.2 COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO

Segundo Cardoso (2008), a floculação é o método de interação das partículas suspensas causada, principalmente, pelas forças de Van der Waals, de modo a agrupar partículas maiores que possam sedimentar. Desde que o sistema evidencie energia disponível, decorrente da agitação dele, o arranjo em porções pode acontecer

espontaneamente, apenas por contínuos choques entre as partículas presentes. No entanto, não pode ser uma agitação intensa, uma vez que esta provocaria o efeito reverso.

Os coagulantes naturais têm apresentado vantagens em relação aos químicos, exclusivamente quando se trata de biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (MORAES, 2004).

2.3 ADSORÇÃO

Através de adsorção, as biomassas têm a capacidade de reter íons metálicos e poluentes orgânicos, levando vantagem por serem viáveis economicamente, biodegradáveis e derivadas de recursos renováveis (VAUGHAN *et al.*, 2001). O termo bioadsorção tem sido empregado para descrever a propriedade desses materiais. Esse processo resulta de interações eletrostáticas e da formação de complexos entre os íons metálicos e os grupos funcionais presentes na superfície celular. Esse fenômeno ocorre devido à presença de diversos grupos funcionais que constituem a biomassa, como celulose, polioses, proteínas e ligninas (MARSHAL *et al.*, 1999).

Existem abundantes materiais adsorventes, sendo o carvão ativado o mais usual, porém apresentam alto custo e difícil renovação, limitando assim seu uso. (LENG; PINTO, 1996 *apud* MORAIS, 2004). Outros materiais têm substituído o carvão ativado, como adsorventes alternativos, como algas, microrganismos, materiais compostados e materiais lignocelulósicos, por exemplo, bagaço de cana, casca de amendoim, de soja e de algodão (BAILEY *et al.*, 1999).

2.4 MORINGA OLEIFERA LAM

O gênero *Moringa*, sobretudo as espécies *M. oleifera* e *M. stenopetala*, sobressai como um dos mais prósperos coagulantes naturais, entretanto sete espécies mostraram-se o efeito coagulante. (CARDOSO *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2011). Segundo Jahn (1989), o fator coagulante presente nas sementes de *Moringa oleifera Lam* foi separado e seis polipeptídios foram denominados, formados por várias unidades de aminoácidos. A porção ativa desse coagulante se deve à presença de uma proteína catiônica de alta massa molecular, que altera as partículas contidas na água, normalmente partículas coloidais de carga negativa, e floclula os coloides.

Não há reações de neutralização entre o coagulante e a água para formar complexos gelatinosos, no entanto, quando a coagulação/floculação é realizada por polieletrólitos, ocorre com os coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro. Isso ocorre porque esses polieletrólitos são formados de complexos de grandes cadeias moleculares, que possuem sítios com cargas positivas ou negativas, com alta capacidade de adsorção de partículas ao seu redor. Portanto, esse tipo de coagulação/floculação praticamente não decorre da alcalinidade da água, podendo processar numa grande faixa de valores de pH, entre 4,0 e 12,0 (CARDOSO, 2008).

Podem ser extraídos das sementes de *Moringa* muitos benefícios, essencialmente, óleos comestíveis e outros óleos fundamentais podem ser extraídos antes do coagulante ser fragmentado. Os resíduos sólidos podem ser utilizados como

ração animal e fertilizante, enquanto a casca da semente pode ser ativada e usada como um adsorvente. O coagulante terá um custo extremamente baixo. Sementes de moringa são efetivas na remoção de material em suspensão, produzem volumes menores de lodo quando comparados a coagulantes químicos e são adsorventes efetivos de cádmio. Se um tratamento físico-químico aplicado é eficiente no início do tratamento de efluente, logo o lodo de qualquer fase de tratamento biológico subsequente é consideravelmente reduzido (VIEIRA *et al.*, 2010).

A grande preocupação na utilização de extratos de sementes para tratamento de água é o material residual orgânico de semente que estará presente na água ao final do tratamento, no entanto ela é orgânica e biodegradável. Se as partículas são removidas e o lodo que é gerado é comprovadamente inócuo, então este pode ser aplicado como fertilizante. Se moringa é comprovadamente ativa, segura e barata, é possível usá-la para tratamento de água potável e águas residuais (VIEIRA *et al.*, 2010).

3 METODOLOGIA

O material para o estudo foi coletado no Rio Mateus, localizado na zona rural do município de Luz – MG.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE EFLUENTES

Para caracterizar do material trabalhado, foram realizados os seguintes testes qualitativos:

3.1.1 Determinação de turbidez

Para análise da turbidez, foi utilizado Turbidímetro MS Tecnopom, antes de se realizarem as leituras das amostras. O medidor foi submetido à calibração com as devidas soluções padrões indicados pelo fabricante.

3.1.2 Determinação de cor

Foi utilizado o Colorímetro DEL LAB para a aferição de cor, devidamente calibrado com suas respectivas soluções padrões.

3.2 PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS

A biomassa foi triturada em liquidificador. Em seguida, foram pesadas 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).

Em relação à solução de *Moringa oleifera* extraída com água, a concentração é de 1%, ou seja, a cada 1000 mg de polpa de semente de *Moringa oleifera Lam*, completou-se com água destilada para o volume de 0,1 L. Logo após, colocou-se em agitação no aparelho “Jar-test” por 30 minutos, sob agitação a 15 rpm, finalmente filtração a vácuo.

As suspensões foram mantidas por períodos de 2 e 24 horas em repouso para a sedimentação do material nos béqueres. Decorrido o período, as amostras do sobrenadante foram retiradas dos béqueres para análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1, tem-se a variação do tempo em relação à concentração de coagulante.

Tabela 1: Turbidez e Cor encontradas

Tempo de sedimentação (min)	Eficiência da remoção da turbidez (Floculador maior) (%)			Eficiência da remoção da turbidez (Floculador menor) (%)		
	Quantidade de coagulante (mg L ⁻¹)					
	Turbidez (A)					
	150	300	500	150	300	500
t ₀	30	65	73	23	59	3
t ₁₀	34	70	92	42	75	87
t ₃₀	43	76	93	45	77	86
	Cor (B)					
t ₀	41	73	77	31	67	21
t ₁₀	45	77	91	47	80	88
t ₃₀	50	81	95	50	82	91

Fonte: dados pesquisa, 2020.

Para os valores de turbidez, houve um decaimento nos primeiros segundos e posteriormente um pequeno aumento. A maioria dos resultados está abaixo dos limites estabelecidos; o que é recomendado para este parâmetro varia de 40 a 100 NTU (CONAMA, 430/2011).

Em termos de redução da cor aparente, as taxas de remoção dos floculadores maiores e menores são de 56% e 61%, respectivamente. Em relação aos melhores resultados obtidos, o primeiro é um pouco mais eficiente, conforme mostrado na tabela 1.

O tempo médio de residência do grande coagulante é de 2 minutos e 30 segundos, enquanto o tempo médio de residência do pequeno floculador é de 2 minutos e 10 segundos.

A partir dos resultados apresentados na tabela, pode-se notar que a eficiência na redução de turbidez e cor aparente está relacionada com o aumento da concentração da solução coagulante, ou seja, quanto mais concentrada a solução coagulante de sementes de *moringa oleifera*, melhor a remoção.

5 CONCLUSÃO

Conforme o objetivo proposto, o tratamento de água bruta em propriedades rurais com sólidos suspensos e sólidos dissolvidos, por meio do processo de coagulação/floculação, utilizando-se coagulantes naturais derivados do extrato da semente de *Moringa Oleifera*, mostrou-se satisfatório, evidenciando os que possuem os melhores parâmetros físico-químicos.

Concluiu-se que a solução coagulante obtida das sementes de *Moringa oleifera* é eficiente para tratar águas com turbidez através da sedimentação simples, sendo assim necessária a realização de mais experimentos para avaliar melhor a sua eficiência.

Obtiveram-se reduções médias da turbidez e da cor aparente, de 56 e 61%, nos processos de sedimentação simples.

REFERÊNCIAS

- AMAYA, D. R; KERR, W. E; GODOI, H. T; OLIVEIRA, A. L; SILVA, F. R. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.10, n. 2, p. 126,1992.
- BAILEY, S. E. *et. al.* A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. **Water Research**, v. 33, n. 11, p. 2469-2479, 1999.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. São Paulo: Saraiva, 2018.
- BOROWSKI, H. C.; SILVEIRA, J. L., EBINUMA, C. D.; FERREIRA, E. D. Análise de um modelo de co-geração a partir de resíduos sólidos urbanos. **Revista de Tecnologia**, Fortaleza, v. 23, n. 1, p. 26-27, dez. 2002.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível: em:
https://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_CONAMA/Resolucao_CONAMA_430_2011.pdf
- CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRÓN, L. M.; AVILÉS, O.; PACHECO, G. *Moringa oleifera* (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, New York, v. 45, n. 4, p. 522-523, 1991.
- CARDOSO, K. C; BERGAMASCO, R; COSSICH, E. S.; MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Sci. Tech.**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.

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.

CORRÊA, Manuel Pío. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. *In: Dicionário de Plantas úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas*. Brasília: Imprensa Nacional, 1984.

COSTA, V. R. Plásticos a caminho da reciclagem. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 107, p. 8-15, mar. 1995.

GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K. D.; TAUSCHER, B.; NIEBERGALL, H. Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. **Biochimica et Biophysical Acta**, v.1243, p.477-481, 1995.

GERDES, G. **O uso das sementes da árvore moringa para o tratamento de água turva**. Fortaleza: Esplar, 1996. (Boletim Técnico)

GERDES, G. **Como limpar e tratar água suja com sementes da moringa**. Fortaleza: Esplar, 1997. (Boletim Técnico)

GIRARDI, F. **Tratamento de vinhaça utilizando coagulantes naturais**. 2009. 98 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

JAHN, S. A. A. Monitored water coagulation with Moringa seeds in village households. **GTZ: gate**, Eschborn, n. 1, p. 40-41, 1989.

JAHN, S. A. A. Using Moringa seeds as coagulant in developong countries. **Journal of the American Water Works Association**, New York, v. 6, p. 43-50, 1998.

KERR, W. E.; SILVA, F. R.; RESENDE, A.; GODOI, H. T.; KERR, L. S. *Moringa oleifera*: distribuição de sementes dessa hortaliça arbórea. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, 1998.

LENG, Chi-Cheng; PINTO, Neville G. An investigation of the mechanisms of chemical regeneration of activated carbon. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 35, n. 6, p. 2024-2031, 1996.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 128, p. 331-322, 1997.

MARSHALL, W. E. *et al.* Enhanced metal adsorption by soybean hulls modified with citric acid. **Bioresource Technology**, v. 69, p. 263-268, 1999.

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**, v. 1, n. 8629, p. 59-62, 1989.

MATOS, F. J. A. **Farmácias vivas: sistemas de utilização de plantas medicinais projetados para pequenas comunidades**. 3. ed. Fortaleza: EUFC, 1998.

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.

MONACO, P. A. V. L. *et al.* Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambiente & Água: an interdisciplinary journal of applied science**, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.

MORAES, L. C. K. **Estudo da coagulação-ultrafiltração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

MORTON, J. F. The horseradish thre, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae): a boon to arid lands? **Economic Botany**, Ypsilanti, v. 45, n. 3, p. 318-333, July/Sept. 1991.

O FILTRO natural: experiência com semente de moringa reduz endemias em águas contaminadas. **Revista Abastece**, v. 1, n. 2, p. 22, 1999.

OLIVEIRA, J. T. A.; SILVEIRA, S. B.; VASCONCELOS, I. K. M.; CAVADA, B. S.; MOREIRA, R. A. Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa oleifera* Lamarck. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 815-820, 1999.

PALADA, M.C. *Moringa (Moringa oleifera Lam.): a versatile tree crop with horticultural potential in the Subtropical United States*. **HortScience**, v. 31, n. 5, p. 794-797, 1996

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z da. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, n. 1, p. 17-21, 2004.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. Dissertação

(Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001.

PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; SANTOS, T. M.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. Aproveitamento da torta da *Moringa oleifera Lam* para tratamento de água produzida. **Exacta**, v. 9, n. 3, p. 323–331, 2011.

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.

SCHINTU, M., MELONI, P.; CONTU, A. Aluminum fractions in drinking water from reservoirs. **Ecotoxicology and Environment Safety**, v. 46, p. 29-33, 2000.

SPERLING, M. V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. In: SPERLING, M. V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

VAUGHAN, T. *et al.* Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 133-139, 2001.

VIEIRA, A. M. S.; VIEIRA, M. F.; SILVA, G. F.; ARAÚJO, A. A. A.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. Use of *Moringa oleifera* seed as a natural adsorbent for wastewater treatment. **Water Air Soil Pollut**, v. 206, p. 273-281, 2010.

WARHURST, A. M.; McCONNACHIE, G. L.; POLLARD, S. J. T. The production of activated carbon for water treatment in Malawi from the waste seed husks of *Moringa oleifera*. **Water Science Technology**, v. 34, n. 11, p. 117-184, 1996.

WARHURST, A. M.; McCONNACHIE, G. L.; POLLARD, S. J. T. Characterisation and applications of activated carbon produced from *Moringa oleifera* seed husks by single-step steam pyrolysis. **Water Research**, v. 31, n. 4, p. 759-766, 1997.