



Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para Remoção de Cistos de *Giardia* spp. e Oocistos de *Cryptosporidium* spp. da água

L. Nishi ^{a*}, G. S. Madrona ^a, A. M. S. Vieira ^a, F. J. Bassetti ^b, G. F. Silva ^c, R. Bergamasco ^a

a. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, leticianishi@hotmail.com.

b. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, bassetti@utfpr.edu.br

c. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, gabriel@ufs.br

*Bolsita Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Resumo

A contaminação dos recursos hídricos tem se constituído em fator de risco para a saúde da população, com a água assumindo importante papel como fonte de transmissão de doenças. Entre os agentes etiológicos destacam-se os protozoários *Giardia* e *Cryptosporidium* pela elevada incidência de casos, resistência aos tratamentos convencionais e capacidade de permanência no ambiente. No tratamento de água convencional, o coagulante sulfato de alumínio é o mais utilizado, porém a produção de lodo não-biodegradável e indicativos de que pode causar danos à saúde, levam a estudos de outros coagulantes, que produzam lodo biodegradável e não causem danos à saúde humana. Como, por exemplo, as sementes de *Moringa oleifera* Lam. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das sementes de moringa como coagulante na remoção de (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*, cor e turbidez de água superficial. Para realizar os ensaios de coagulação, amostras de água superficial foram artificialmente contaminadas com esses protozoários e submetidas ao processo de coagulação/floculação em equipamento jarrest com diferentes diluições a partir de uma solução de estoque de 1% de sementes de moringa. Para verificar a remoção de (oo)cistos, as amostras foram analisadas pela técnica de filtração em membrana e imunofluorescência direta. Concentrações acima de 150mg/L da solução de moringa apresentaram a melhor eficiência de remoção, 94% para *Giardia* e 90% para *Cryptosporidium*. A remoção de turbidez variou de 3% a 97,4% e de cor de 6,7% a 73,5%, dependendo da turbidez inicial da amostra de água e da concentração da solução de sementes de moringa utilizada. A coagulação com sementes de moringa apresentou resultados satisfatórios, reduzindo o número de (oo)cistos dos protozoários parasitas em estudo, bem como redução de cor e turbidez das amostras de água tratadas pelo processo proposto.

Palavras-chave: *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Moringa oleifera*, coagulação/floculação.

1 Introdução

A contaminação dos recursos hídricos, especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água, tem se constituído em fator de risco para a saúde da população, com a água assumindo papel de veículo de transmissão de agentes biológicos (vírus, bactérias e parasitas), bem como fonte

de contaminação por substâncias químicas (efluentes industriais).

Entre as doenças de veiculação hídrica, as gastroenterites são as mais frequentes. Aproximadamente, 19% dos surtos de gastroenterite por veiculação hídrica, nos Estados Unidos, são atribuídos a protozoários parasitas (LINDQUIST, 2002), especialmente espécies de *Giardia* e *Cryptosporidium*, devido sua ampla distribuição no meio ambiente, alta incidência na população e resistência ao tratamento convencional de água (IACOVSKI et al., 2004).

Giardia duodenalis é um protozoário parasite flagelado que causa giardiase. Os cistos são transmitidos pela rota fecal-oral de forma direta (pessoa a pessoa) ou indireta (água e alimentos contaminados). Em humanos pode causar desde uma enterite auto-limitada até uma enterite crônica, diarreias debilitantes com esteatorréia e perda de peso (REY, 2001).

Cryptosporidium é um gênero de protozoário parasita que possui várias espécies, vem sendo tratado como problema de saúde pública, principalmente após o advento do HIV/AIDS (FAYER, 2004). As rotas de transmissão podem ser diretas de pessoa a pessoa, ou de animais para pessoas (transmissão zoonótica), ou indiretas através da ingestão de água e alimentos contaminados (XIAO, 2010). Em indivíduos imunodeprimidos causa infecção mais grave, com diarreia, cólica intensa, dor epigástrica, náusea, vômito, anorexia, mal-estar. Em alguns casos, pode levar o paciente à óbito se não tratada. É considerado um parasita oportunista (REY, 2001).

Apesar de regulamentos e medidas de controles cada vez mais restritivos, surtos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia duodenalis* por veiculação hídrica tem sido mundialmente relatados (USEPA 1996; CDC 2006). No Brasil, existem alguns estudos relacionados à contaminação da água por *Giardia* e *Cryptosporidium*. (NEWMAN et al., 1993; FRANCO et al., 2001; NISHI et al., 2009).

A Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) que estabelece os padrões de potabilidade para água de consumo humano, em relação a presença de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. na água tratada, não estabelece limites para estes protozoários, apenas recomenda que seja isenta destes. Assim, pouco se conhece sobre a frequência de contaminação dos mananciais e das águas tratadas que abastecem a população no país.

Além destes microorganismos, outras inúmeras impurezas podem prejudicar a saúde humana, caso não sejam reduzidas ou eliminadas. Porém, estas impurezas não se aproximam umas das outras, é necessário a adição de um agente coagulante. Os coagulantes químicos são os mais utilizados e entre eles o mais comum é o sulfato de alumínio, devido seu baixo custo e facilidade de obtenção. Porém, coagulantes químicos apresentam certas desvantagens, pois requerem um controle rígido sobre sua concentração residual na água tratada destinada ao consumo humano bem como no processo industrial de produção de alimentos. A possibilidade de contaminação de alimentos com traços de alumínio, bem como de danos indesejáveis ao organismo humano, em especial do sistema nervoso, são fatos cientificamente comprovados e alvo de constantes e inovadoras pesquisas médicas no mundo inteiro, o que exige cada vez mais um controle rígido da presença dos metais tanto na água potável como na água dos mananciais (NDABIGENGESERE e NARASIAH, 1998; RONDEAU e COMMENGES, 2001).

Uma das alternativas que surge neste contexto é a utilização de coagulantes naturais que apresentam vantagens em relação aos coagulantes químicos por serem biodegradáveis e não tóxicos, e produzirem lodo em menor quantidade e com menores teores de metais. Um exemplo são as sementes da *Moringa oleifera* Lam (moringa), que contém agentes ativos com propriedade coagulante.

A moringa é uma planta tropical pertencente à família Moringaceae (KATAYON et al., 2006). Esta planta é nativa da Índia, mas é encontrada em outras regiões tropicais (BHATIA et al., 2007), sendo tolerante à seca. Possui propriedades nutricionais, medicinais e coagulantes de água. A descoberta do uso das sementes de *Moringa oleifera* Lam para a purificação de água, a um custo menor que do tratamento químico convencional, constitui uma alternativa da mais alta importância (SILVA, 2005). As sementes possuem um composto ativo que atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e conseqüente sedimentação (NDABIGENGESERE et al. 1995; NKURUNZIZA et al. 2009).

Estudos demonstraram a propriedade coagulante das sementes de MO para tratamento tanto de água como de efluentes, as sementes podem ser preparadas tanto com solução aquosa como com solução salina, removendo cor, turbidez e coliformes totais e termotolerantes (NKURUNZIZA et al., 2009; MADRONA et al., 2010)

Considerando o contexto acima, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de remoção de protozoários parasitas, cor e turbidez de amostras de água superficial utilizando extrato aquoso de sementes de moringa, como coagulante natural.

2 Materiais e métodos

2.1 Water Samples

A água superficial usada nos testes foi coletada no mesmo ponto de captação da companhia de abastecimento da cidade de Maringá, Paraná, Brasil, na bacia do rio Pirapó. Amostras dessa água de alta turbidez e de baixa turbidez foram misturadas de forma a obter água com diferentes turbidezes iniciais. Neste estudo utilizou-se água com turbidez inicial de 50, 250 e 450 UNT. As amostras preparadas foram contaminadas artificialmente com 10^6 cistos/L de *Giardia* spp. e 10^6 oocistos de *Cryptosporidium* spp. obtidos a partir do controle positivo (suspensão de cistos e oocistos) presente no kit comercial Merifluor (Meridian Bioscience, Cincinnati, OH, USA).

2.2 Preparação da solução de *Moringa oleifera*

A solução coagulante foi preparada e utilizada no mesmo dia. Foram utilizadas sementes maduras de moringa, manualmente removidas da vagem seca e descascadas. Foram pesados 1 grama de sementes descascadas que foram triturados e adicionados a 100 mL de água destilada. Posteriormente a solução foi agitada durante 30 minutos e filtrada à vácuo (MADRONA et al., 2010).

O extrato de moringa foi utilizado nas concentrações de 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 e 300 mg/L (NKURUNZIZA et al., 2009)

2.3 Processo de coagulação/floculação com solução de moringa

Os testes de coagulação/floculação/sedimentação foram realizados em jar test simples, modelo JT101/6, Milan. As condições de trabalho do processo foram: velocidade de mistura rápida (VMR) de 100rpm, tempo de coagulação (TC) de 3 minutos, velocidade de mistura lenta (VML), 15 rpm e tempo de floculação (TF) de 15 minutos, o tempo de sedimentação (TS) foi de 60 minutos (MADRONA et al. 2010).

Para fins de controle amostras de água foram submetidas às mesmas condições do

processo descritas anteriormente (VMR, TC, VML, TF e TS), sem a adição da solução coagulante de sementes de moringa.

2.3 Parâmetros avaliados

Os parâmetros avaliados antes e após o processo de coagulação/floculação com sementes de moringa foram: cor, turbidez (HACH DR/2010 spectrophotometer); variação de pH (Digimed DM-2) (APHA, 1995) e presença de protozoários parasitas pela técnica de filtração em membrana com extração mecânica e eluição, seguida de imunofluorescência direta (DAWSON et al., 1993; ALDOM e CHAGLA, 1995; CANTUSIO NETO e FRANCO, 2004;).

3 Resultados e discussão

As características iniciais das amostras de água utilizadas no estudo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros das amostras de água utilizadas no estudo antes do processo de coagulação/floculação.

Turbidez inicial (UNT)	Cor (mg Pt-Co L ⁻¹)	pH
50	350	7,8
250	1000	7,5
450	1885	7,7

Após a contaminação com (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*, as amostras foram submetidas ao processo de coagulação/floculação com agente coagulante MO nas diferentes concentrações estudadas.

Os resultados para o parâmetro turbidez final estão apresentados na Fig.1. A remoção de turbidez variou de 3-75,8% para água de turbidez inicial baixa (50UNT), de 68,9 -94,6% para água de turbidez 250UNT e de 61 - 97,4% para água de alta turbidez (450UNT).

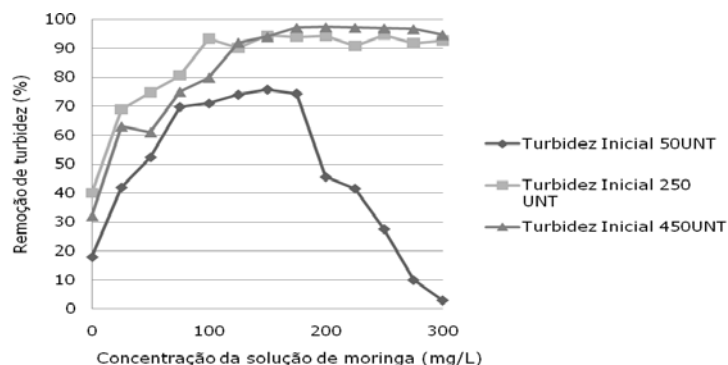


Fig. 1. Porcentagem de remoção de turbidez de acordo com a concentração de solução de moringa e turbidez inicial da água.

A queda da eficiência de remoção de turbidez na água de turbidez inicial 50UNT, após a adição de moringa, pode ser explicada pelo aumento da carga orgânica, isto é justificável, considerando que a moringa é uma oleaginosa muito rica em substâncias orgânicas, tais como, óleo, proteína, gordura, vitaminas, etc. Este aumento dos parâmetros cor e turbidez em águas tratadas com moringa é observada em outros estudos, principalmente quando a água apresenta cor e turbidez iniciais relativamente baixas (RAMOS, 2005)

Para água de baixa turbidez as remoções mais altas (média de 73%) ocorreram no

intervalo de concentração 75 a 175 mg/L de solução de moringa. Para as amostras de maior turbidez (250 e 450 UNT) as eficiências de remoção acima de 90% ocorreram a partir da concentração de 125 mg/L.

NKURUNZIZA et al. (2009) utilizando solução de 3% de sementes moringa, preparadas com solução salina, em água proveniente de rios da província de Ruanda, observaram eficiência de remoção de 83,2% em amostras de turbidez de 50 UNT e maiores remoções (99,8%) em água com turbidez de 450 UNT, as melhores concentrações encontradas nesse estudo foram 150mg/L para 50UNT e de 125mg/L para outros níveis de turbidez testados pelos pesquisadores. Esses resultados concordam com os dados observados neste trabalho, em que a concentração ótima do coagulante é menor à medida que a turbidez da água aumenta. Assim observa-se que a propriedade coagulante da moringa mostra-se de forma mais eficiente em águas de alta turbidez inicial, concordando com dados da literatura (NDABIGENGESERE et al., 1995; MADRONA et al, 2010).

NDABIGENGESERE et al. (1995) aplicando solução aquosa de 5% de sementes de moringa em água turva sintética (caolim) com turbidez inicial de 426 UNT, obtiveram remoções de 80 a 90% e chegaram à concentração ótima de 500mg/L da solução coagulante, concentração ótima de valor mais elevado do que a obtida pelo presente estudo. CARDOSO et al. (2008), no entanto, obtiveram remoção de turbidez de 91,4% em água superficial proveniente do rio Pirapó com 247 UNT, com solução aquosa de moringa, eficiência de remoção de valor próximo ao observado neste estudo. As diferentes eficiências de remoção de turbidez e concentrações ótimas podem ser explicadas pelos diferentes tipos de amostras de água utilizados pelos trabalhos citados anteriormente (água bruta, água artificial), assim como pelo modo de preparo da solução de moringa (extração salina, aquosa), concentrações avaliadas, qualidade das sementes, entre outros fatores.

As eficiências de remoção de cor encontram-se na Fig. 2. A remoção variou de 6,7 a 73,5% para água de turbidez inicial de 50 UNT, as maiores remoções para essa amostra foram na faixa de concentração 125 a 200 mg/L (remoção média de 72,3%). Para água de turbidez inicial 250 UNT a eficiência de remoção variou de 21,8 a 88,4%, com as maiores remoções a partir da concentração de 150 mg/L do coagulante (remoção média de 80%). E para água de turbidez 450UNT, a remoção variou de 39% a 96,4%, com maiores remoções a partir de 150 mg/L da solução coagulante (remoção média de 95%). Observa-se que a remoção de cor pela moringa é semelhante ao seu comportamento com relação a turbidez, os menores valores do parâmetro cor são obtidos em águas de alta turbidez inicial, o que concorda com dados da literatura (CARDOSO et al., 2008; NKURUNZIZA et al., 2009; MADRONA et al., 2010).

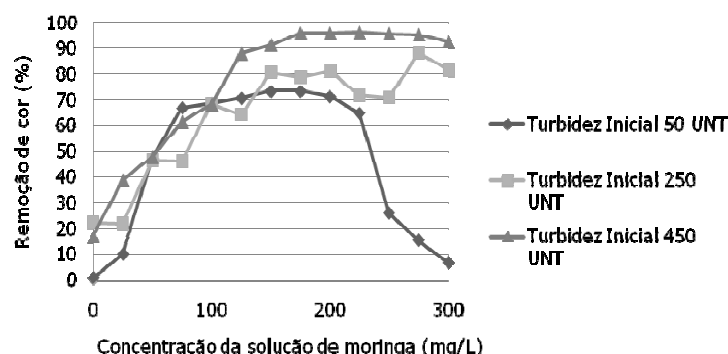


Fig. 2. Porcentagem de remoção de cor de acordo com a concentração de solução de moringa e turbidez inicial da água.

A Fig. 3 apresenta as valores de pH das amostras de água após o processo de

coagulação com as diferentes concentrações de moringa. A média de pH das amostras é de 7,6, com variação de aproximadamente 10%. Observa-se que houve pouca variação entre as amostras independentemente da quantidade de solução de moringa adicionada, o que consiste em uma das vantagens da moringa como agente coagulante, ou seja, sua adição não altera significativamente o pH da água (NDABIGENGESERE et al., 1995; NKURUNZIZA et al., 2009), ao contrário do tratamento com sulfato de alumínio em que é necessário ajustar o pH da água para melhorar sua ação coagulante, aumentando a quantidade e o custo de reagentes químicos para tratamento de água.

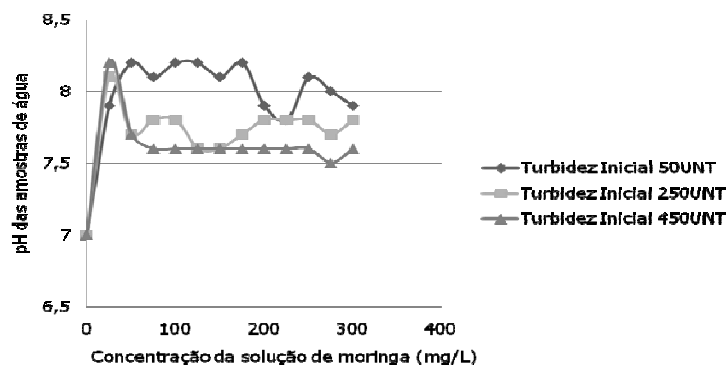


Fig. 3. Valores de pH das amostras de água tratadas com solução de moringa.

Em relação à remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, observaram-se comportamentos bem semelhantes entre as amostras. As melhores remoções tanto de *Giardia* quanto de *Cryptosporidium* ocorreram a partir da concentração de 150mg/L da solução de moringa para todas as amostras de água tratadas (50, 250 e 450 UNT), com eficiência de remoções médias de 94% e 90% respectivamente (Fig. 4).

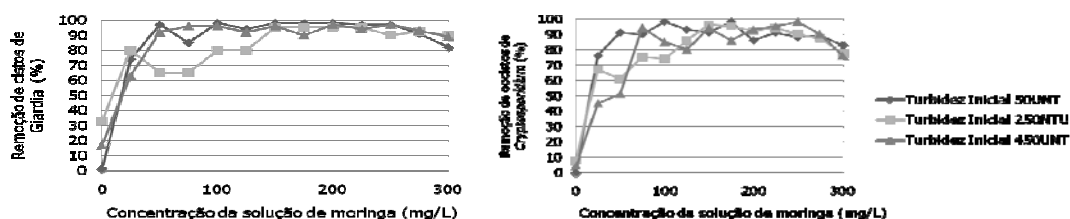


Fig. 4. Eficiência de remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* com solução de moringa em diferentes concentrações.

Na literatura não foram encontrados trabalhos em relação à remoção desses protozoários parasitas utilizando moringa como agente coagulante. A alta remoção obtida pode ser explicada pela ação coagulante da moringa, que se baseia na presença de proteínas catiônicas nas sementes, estas proteínas são dímeros catiônicos densamente carregados com peso molecular de cerca de 13kDa, sendo a adsorção e a neutralização de cargas os principais mecanismos de coagulação da moringa (NDABIGENGESERE et al., 1995). Visto que o potencial zeta calculado dos (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium* em água com pH neutro são, em média, -17 and -38 mV, respectively (HSU e HUANG, 2002), o mecanismo de neutralização de cargas das proteínas do coagulante natural poderiam atuar na remoção destes protozoários parasitas.

A remoção de protozoários parasitas obtida neste estudo é próxima aos resultados de outros trabalhos da literatura que utilizam coagulantes químicos, como sulfato de alumínio e cloreto férrico, para remoção destes microorganismos (BUSTAMANTE et al 2001; XAGORARAKI e HARRINGTON, 2004), sendo também a neutralização de

cargas o mecanismo principal de coagulação do sulfato de alumínio nesse quadro.

BROWN e EMELKO (2009) analisaram outro coagulante natural, a quitosana, para remoção de *Cryptosporidium parvum* em tratamento em escala piloto com água artificial (caolim), utilizando concentrações de 0,1, 0,5 e 1,0 mg/L de solução de quitosana, obtiveram ótimas reduções de turbidez, porém não observaram bom resultados na remoção de *C. parvum* com remoções médias menores de 10%.

Uma possível explicação para esta diferença, visto que a quitosana também é um polímero catiônico, é a possibilidade que, durante o processo de coagulação/floculação, os oocistos também são removidos pelo envolvimento com os flocos, sendo este outro mecanismo participante na remoção do protozoário (BUSTAMANTE et al., 2001). Considerando que os flocos formados dependem das características das partículas presentes na água, pode-se dizer que a remoção de microorganismos dependerá também destas características, visto que BROWN e EMELKO (2009) utilizaram água artificial e neste trabalho utilizou-se água bruta natural.

4 Conclusões

- No processo avaliado, a solução de sementes de moringa apresentou resultados satisfatórios (acima de 90%) de remoção de (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*, nas maiores concentrações (a partir de 150mg/L).
- A solução de sementes de moringa também apresentou, em concentrações a partir de 150mg/L, resultados satisfatórios de remoção de turbidez e cor, principalmente, em águas de alta turbidez inicial.
- O pH da água após o processo de coagulação/floculação com moringa apresentou pouca variação, sendo uma das vantagens deste coagulante natural.
- O uso das sementes de moringa pode ser considerado vantajoso e uma etapa promissora no sentido de melhorar o processo de coagulação/floculação da água, visando, entre outras ações, a remoção de (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*.

5 Referências

- Aldom, J.E., Chagla, A.H., 1995. Recovery of *Cryptosporidium* oocysts from water by a membrane filter dissolution method. Letters in Applied Microbiology. 20, 186-187.
- American Public Health Association (APHA), 1995, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19^a ed., Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF, 1157p.
- Bhatia, S., Othman, Z., Ahmad, A. L., 2007. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. Journal of Hazardous Materials. 145, 120–126. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.11.003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2004.
- Brown, T.J., Emelko, M.B., 2009. Chitosan and metal salt coagulant impacts on *Cryptosporidium* and microsphere removal by filtration. Water Research. 43,331–338.

Bustamante, H.A., Shanker, S.R., Pashley, R.M., Karaman, M.E., 2001. Interaction between *Cryptosporidium* oocysts and water treatment coagulants. *Water Research*. 35, 3179-3189.

Cantusio Neto, R., Franco, R.M.B., 2004. Ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. em diferentes pontos do processo de tratamento de água, em Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Higiene Alimentar*. 118, 52-59.

Cardoso, K.C., Bergamasco, R., Cossich, E.S., Konradt-Moraes, L.C., 2008. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. *Acta Scientiarum – Technology*. 30, 193-198.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2006, Surveillance Summaries, December 22. *MMWR*, 55 (No SS-12).

Dawson, D.J., Maddocks, M., Roberts, J., Vidler, J.S., 1993. Evaluation of recovery of *Cryptosporidium parvum* oocysts using membrane filtration. *Letters in Applied Microbiology*. 17:276-279.

Fayer, R., 2004. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Veterinary Parasitology*. 126, 37-56.

Franco, R.M., Rocha-Eberhardt, R., Cantusio Neto, R., 2001. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in raw from the Atibaia river, Campinas, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 43, 109-111.

Hsu, B.M., Huang, C., 2002. Influence of ionic strength and pH on hydrophobicity and zeta potential of *Giardia* and *Cryptosporidium*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 201, 201-206.

Iacovski, R.B., Barardi, C.R.M., Simões, C.M.O., 2004. Detection and enumeration of *Cryptosporidium* sp. oocysts in sewage sludge samples from the city of Florianópolis (Brazil) by using immunomagnetic separation combined with indirect immunofluorescence assay. *Waste Management & Research*. 22, 171-176.

Katayon, S., Noor, M. J. M. M., Asma, M., Ghani, L. A. A., Thamer, A. M., & Azni, I., 2006. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. *Bioresource Technology*. 97, 1455-1460.

Lindquist, A., 1999. Emerging pathogens of concern in drinking water. United States Environmental Protection Agency, EPA.

Madrona, G.S., Serpelloni, G.B., Vieira, A.M.S., Nishi, L., Cardoso, K.C., Bergamasco, R., 2010. Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seed's active component for water treatment. *Water, Air and Soil Pollution*. 211, 409-415.

Ndabigengesere, A., Narasiah, S.K., Talbot, B.G., 1995. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*. 29, 703-710.

Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S., 1998. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*. 32, 781-791.

Newman, R.D., Wuhib, T., Lima, M., Guerrant, R.L., Sears, C.L., 1993. Environmental sources of *Cryptosporidium* in an urban slum in Northeastern Brazil. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 49, 270-275.

Nishi, L., Baesso, M.L., Santana, R.G., Fregadolli, P., Falavigna, D.L.M., Guilherme, A.L.F., 2009. Investigation of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. in a Public Water-Treatment System. *Zoonoses and Public Health*. 56, 221-228.

Nkurunziza, T., Nduwayezu, J.B., Banadda, E.N., Nhapi, I., 2009. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Science and Technology*. 59, 1551-1558.

Ramos, R.O., 2005. Clarification of water with low turbulence and moderate color using seeds of *Moringa oleifera*. State University of Campinas, Campinas-SP, Brazil. 276 pages. (Doctoral Thesis; in Portuguese).

Rey, L. (Ed.), 2001. *Parasitologia*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

Rondeau, V., Commenges, D., 2001. Aluminium and Alzheimer's disease. *The Lancet*. 333, 82-83.

SILVA, C.A., 2005. Estudos aplicados ao uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996. National Primary Drinking Water Regulations: Monitoring Requirements for Public Drinking Water Supplies; Final Rule, 40CFR Part 141.

Xagorarakis, I., Harrington, G.W., 2004. Zeta potential, dissolved organic carbon, and removal of *Cryptosporidium* oocysts by coagulation and sedimentation. *Journal of Environmental Engineering*. 130, 1424-1432.

Xiao, L., 2010. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. *Experimental Parasitology*. 124, 80-89.