

ESTUDO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA NATURAL UTILIZANDO SUSPENSÃO AQUOSA OBTIDA COM SEMENTES DE *MORINGA OLEIFERA*

CLARIFICATION OF WATER WITH LOW TURBIDITY AND MODERATE COLOR USING MORINGA OLEIFERA SEEDS

RENATA O. RAMOS¹
JOSÉ E. S. PATERNIANI²
HENRI R. ZURMELY³

RESUMO

A espécie *Moringa oleifera*, destaca-se como uma fonte de coagulante natural, alternativo aos sais de alumínio e ferro, utilizados com o objetivo de eliminar as partículas presentes na água por processos de clarificação. O presente trabalho realizou um estudo comparativo das condições de mistura rápida e de floculação (gradiente de velocidade médio e tempo de agitação), quanto à remoção de cor e turbidez, por meio sedimentação após 15, 30, 60, 90 e 120 min: as águas de estudo foram coletadas durante a realização dos experimentos e apresentaram turbidez baixa e cor moderada. Foram realizados ensaios com reatores estáticos com capacidade para 2 L e os parâmetros analisados foram: cor aparente e turbidez remanescente. Os resultados do trabalho experimental realizado indicam que o emprego do coagulante extraído das sementes de *M. oleifera* trituradas e peneiradas para promover a clarificação de água por filtração direta apresenta grande potencial para o tratamento domiciliar.

Palavras-Chaves: Qualidade de Água, Purificação, Coagulação.

¹ FEAGRI/UNICAMP. CP 6011, Cidade Universitária Zeverino Vaz, S/N. CEP 13083-875, Campinas, SP.

Fone: (19) 35211019, Fax (19) 35211010. E-mail: pater@agr.unicamp.br;

² FEAGRI/UNICAMP. E-mail: pater@agr.unicamp.br

³ FEEC/UNICAMP. E-mail: hzurmely@fee.unicamp.br

ABSTRACT

The specie *Moringa oleifera* stands out as one of the most promising sources of natural coagulants and it is an alternative coagulant to use instead of aluminum salts and iron salts objectivizing to eliminate particles in suspension on water. The present project set out to comparative study of the fast mixture conditions and flocculation conditions (mean average speed gradient and agitation time), concerning color removal and turbidity removal by sedimentation after 15, 30, 60, 90 or 120 min. The sampling waters were collected in the summer months and they presented low turbidity and moderate color. static reactors of 2 L capacity were used in essays that analyzed these following parameters: aparent color and remaining turbity. Basing on results of experimental work made, it's proposed use the *M. oleifera* seeds powder extracted coagulant to promote water clarification by filtration.

Keywords - water quality, purification, coagulation.

INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* é uma árvore que pode atualmente ser encontrada em muitas áreas tropicais, nas quais apresenta um rápido crescimento resistindo até mesmo a períodos de chuva escassa; trata-se de uma espécie perene que produz longas vagens, as quais quando jovens e verdes, servem de alimento ou quando secas e maduras, fornecem sementes que possuem uma grande quantidade de óleo e que também possuem uma característica que lhes permite a utilização como coagulante no tratamento de água (JAHN, 1988).

As cascas, descartadas previamente para ao processo de moagem das sementes podem ser utilizadas para a produção de carvão (POLLARD *et al*, 1995), que por sua vez pode ser empregado na remoção de gostos e odores de determinada água que se queira tratar, mas, no processo de clarificação de água por coagulação aproveita-se apenas os cotilédones.

Os sais do alumínio e de ferro são os coagulantes geralmente mais utilizados no tratamento de água, contudo, particularmente para áreas rurais o custo e obtenção destes compostos despertaram o interesse no uso de coagulantes alternativos, os coagulantes orgânicos, derivados de material vegetal como

é o caso da utilização das sementes de *Moringa oleifera* para promover a melhora da qualidade da água (JAHN, 1988; OLSEN, 1987; MUYIBI & EVISON, 1995).

Convencionalmente a agitação intensa da água é responsável pela dispersão do coagulante adicionado visando reduzir a repulsão existente entre as partículas primárias causadoras de cor e turbidez; a etapa subsequente consiste a agitação lenta a fim de promover a colisão das partículas já desestabilizadas para a obtenção de flocos. Neste sentido, dentre todas as utilidades já conhecidas da *M. oleifera*, e até mesmo sobre suas propriedades medicinais, é a propriedade coagulante das sementes que tem despertado maior interesse de forma a difundi-la.

Em estudos de clarificação conduzidos em laboratório, às sementes de *M. oleifera* demonstraram seu potencial para atuar como coagulante (JHAN, 1988; NDABIGENEGESERE EE& NARASIAH, 1998; FOLKARD & SUTHERLAND, 2002) e em experimentos realizados utilizando extratos de *Moringa oleifera* obteve-se significativa remoção na turbidez da água de estudo (acima de 90%).

Alguns pesquisadores observaram que a

água tratada com o coagulante extraído das sementes de *M. oleifera* produz um volume de lodo menor se comparado ao volume gerado quando se utiliza sal de alumínio (NDABIGENEGESERE & NARASIAH, 1998), contudo, a principal atenção quando se utiliza o coagulante obtido com as sementes de *M. oleifera* para o tratamento de água diz respeito ao aumento significativo na carga orgânica: (JHAN, 1988) relatou que a água tratada desta forma clarificada não deve ser armazenada para mais do que 24 h.

Diversos pesquisadores utilizaram os extratos da semente do *M. oleifera* foram usados como um agente tradicional para melhorar a qualidade da água fazendo sedimentar partículas coloidais e bactérias suspensas (MUYIBI & EVISON, 1995; OKUDA et al, 2001a; OKUDA et al, 2001b).

No presente estudo acerca da influência das condições de coagulação e floculação quando utilizado o extrato aquoso das sementes de *M. Oleifera* as pesquisas realizadas por (RAMOS, 2005) foram tidas como referência para os parâmetros arbitrados. Adicionalmente o trabalho permitiu um estudo comparativo dos parâmetros envolvidos no processo de clarificação de água natural por sedimentação em relação aos tempos e intensidades de agitação para promover a coagulação e floculação.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia para a obtenção do coagulante a partir das sementes de *M. oleifera* consistiu, inicialmente, na utilização de um pilão para a trituração manual das sementes (sem a casca) e posterior peneiramento do pó; a suspensão coagulante é obtida pela adição de água destilada ao pó das sementes em quantidade conveniente à concentração (massa/volume) desejada, e para que fossem minimizados eventuais problemas com a atividade coagulante uma nova solução foi preparada para ser utilizado a cada novo experimento.

A concentração utilizada foi 2,5 % para uma dosagem de coagulante igual a 37,5 mg/L. Antes de ser utilizada, a suspensão composta pelo pó das sementes e água destilada foi homogeneizada durante 2 min e deixada em condições de repouso durante 5 min a fim de que se fosse possível coletar o sobrenadante, descartando desta forma os pedaços maiores que sedimentam espontaneamente. Nesse estudo, o volume de solução preparado era sempre acrescido de 50 % do volume necessário para a dosagem de todos os jarros, de forma a garantir a coleta do sobrenadante sem que os pedaços e resíduos maiores da semente triturada fossem succionados.

Os resultados foram coletados seguindo-se a metodologia usualmente utilizada para ensaios de bancada utilizando equipamento do tipo Jar-Test, de forma que todos os seis jarros foram preenchidos simultaneamente (parcelas de 500 mL até completar 2 L), e todos foram submetidos às mesmas condições de mistura rápida, porém, a etapa da mistura lenta foi diferenciada no que diz respeito aos períodos de floculação (5, 10, 15, 20, 25 e 30 min de agitação). A principal característica da água de estudo eram os baixos valores de turbidez e a sua cor aparente moderada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evidentemente, a eficiência da remoção tanto da cor aparente como da turbidez de uma água é influenciada não só pelas condições de coagulação, como também pelas condições de mistura lenta, ou seja, pela floculação. Na Figura 1, 2 e 3, nota-se que para períodos de mistura rápida (T_{mr}) igual a 15 s, foi maior a interação entre o período de mistura lenta (T_{ml}) e tempo de sedimentação (T_s) quando o G_{mr} utilizado foi 100 s^{-1} e $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$, resultando desta forma em uma maior remoção da cor ou turbidez da água de estudo; contudo, para períodos de mistura rápida da ordem de 30 s (Figura 1b, 2b e 3b) e $T_{mr} = 60 \text{ s}$ (Figura 4, 5 e 6) o período de mistura lenta não foi tão significativo quanto o tempo de sedimentação, em termos de remoção de cor ou turbidez.

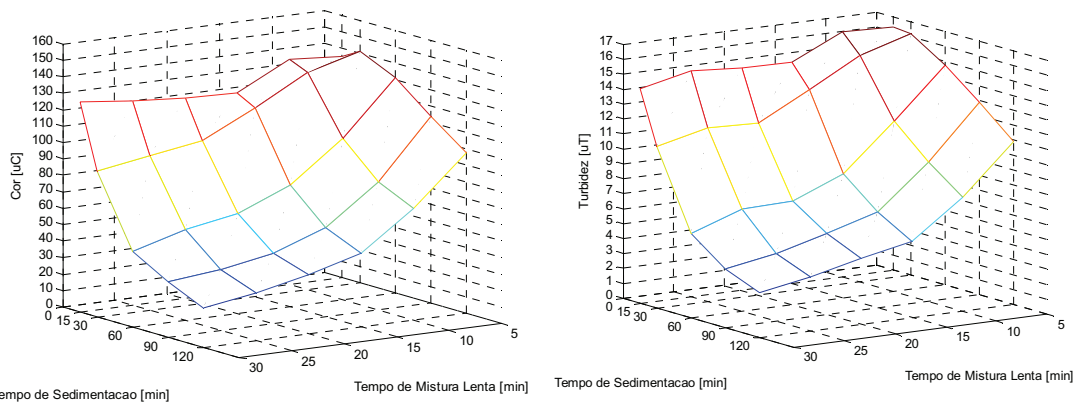


FIGURA 1 - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$; $T_{mr} = 30 \text{ s}$; $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$ (Turbidez da água bruta = 12,7 uT e cor aparente = 125 uC)

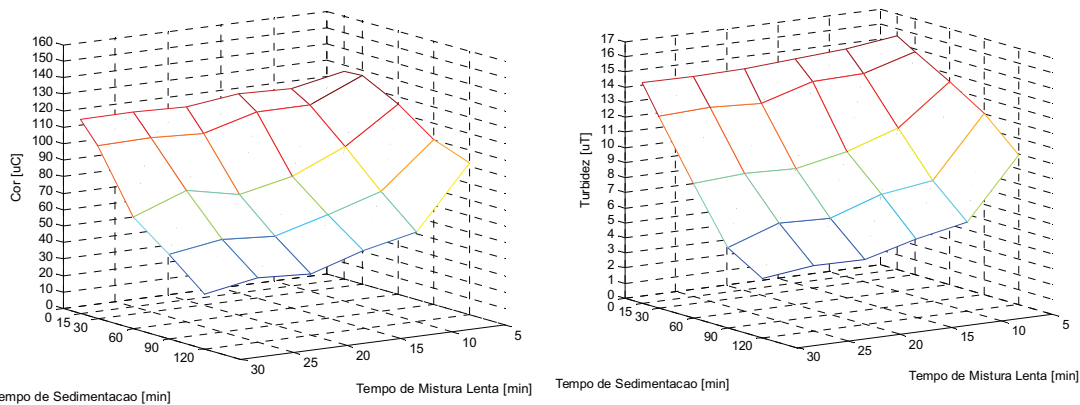


FIGURA 2 - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30 \text{ s}$ e $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$ (Turbidez da água bruta = 10,0 uT e cor aparente = 104 uC)

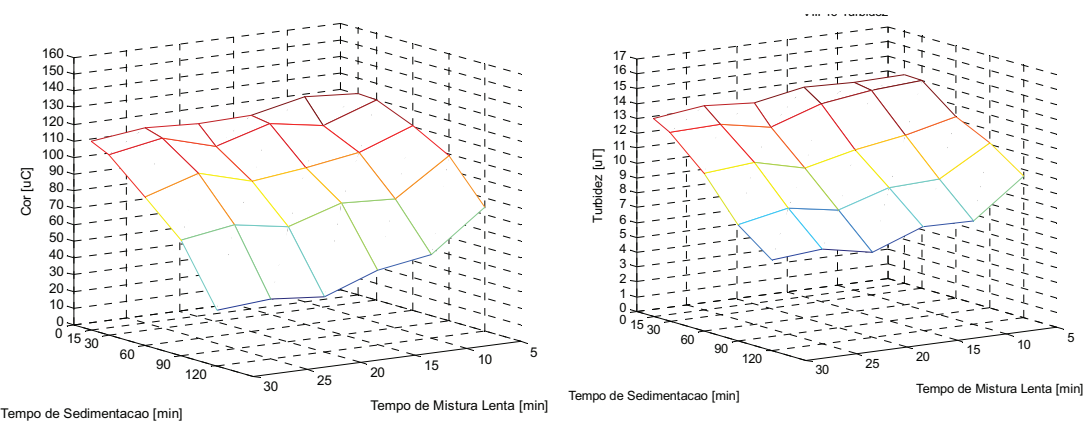


FIGURA 3 - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30 \text{ s}$ e $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$ (Turbidez da água bruta = 9,89 uT e cor aparente = 95 uC)

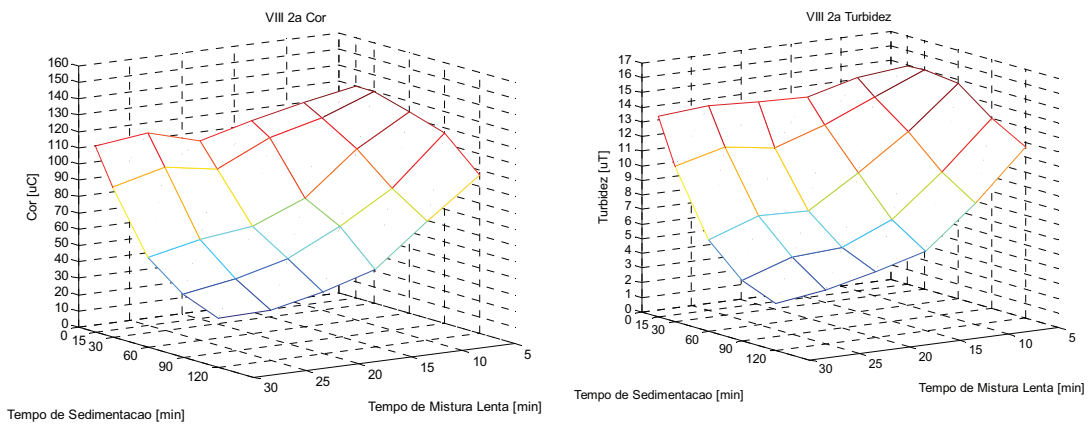


FIGURA 4 - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$ e $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$ (Turbidez da água bruta = $11,0\text{ uT}$ e cor aparente = 105 uC)

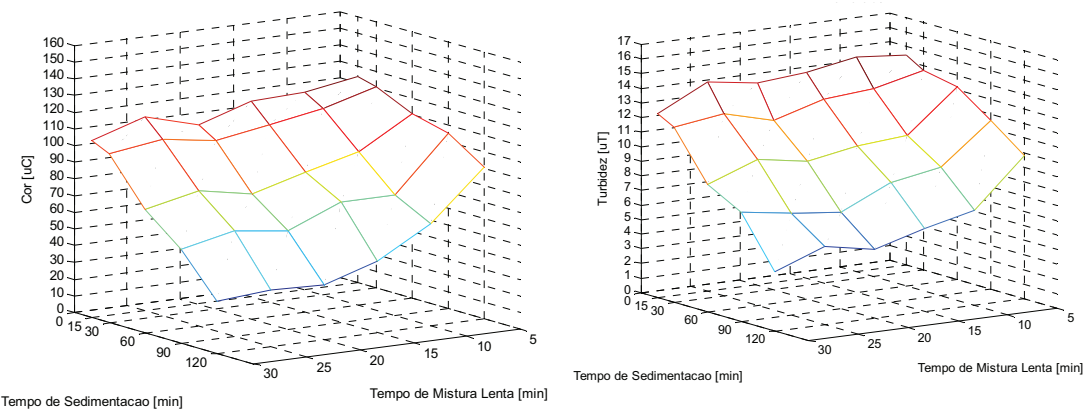


FIGURA 5 - superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $g_{mr} = 200\text{s}^{-1}$, $t_{mr} = 30\text{s}$ e $g_{ml} = 40\text{s}^{-1}$ (turbidez da água bruta = $9,11\text{ ut}$ e cor aparente = 95 uc)

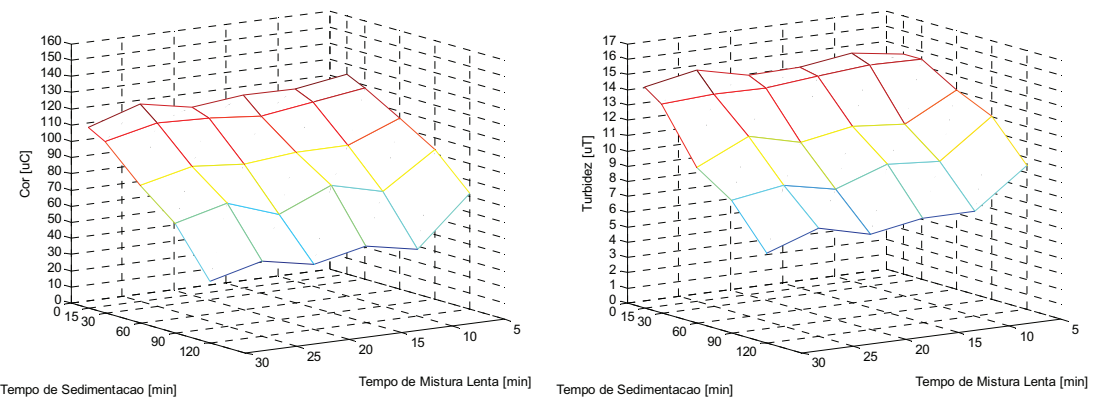


FIGURA 6 - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação: $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$ (Turbidez da água bruta = $9,52\text{ uT}$ e cor aparente = 101 uC)

Para o tipo de água utilizada, de maneira geral quanto maior foi o tempo utilizado para a mistura lenta, maior foi a eficiência em termos de remoção, contudo, períodos de floculação acima de 20 min não proporcionaram uma melhora significativa. Também se pode observar que períodos de sedimentação maiores que 90

min não contribuem para uma melhora significativa da qualidade da água clarificada e as maiores interações entre os tempos de floculação e sedimentação foram observadas para $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 15 \text{ s}$ e $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$ assim como para $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30 \text{ s}$ e $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$.

TABELA 1 – Resultados obtidos com ensaios de filtração direta em papel de filtro após coagulação e floculação utilizando a suspensão aquosa das sementes de *Moringa oleifera* como coagulante.

Condições de coagulação		Condições de floculação		Características da água de estudo				
Gmr	Tmr	Gml	Tml	Antes do tratamento			Após a filtração direta em papel de filtro*	
(s ⁻¹)	(s)	(s ⁻¹)	(s)	pH	Cor (uC)	Turbidez (uT)	Cor (uC)	Turbidez (uT)
100	30	20	5	7,2	125	12,7	16	2,8
			10	7,2	125	12,7	9	2,0
			15	7,2	125	12,7	7	1,9
			20	7,2	125	12,7	7	1,9
			25	7,2	125	12,7	5	1,8
			30	7,2	125	12,7	3	1,5
100	30	40	5	7,1	104	10,0	15	2,0
			10	7,1	104	10,0	13	1,7
			15	7,1	104	10,0	9	1,3
			20	7,1	104	10,0	10	1,5
			25	7,1	104	10,0	6	0,8
			30	7,1	104	10,0	7	1,0
100	30	80	5	7,1	95	9,9	22	2,3
			10	7,1	95	9,9	8	1,1
			15	7,1	95	9,9	7	1,0
			20	7,1	95	9,9	9	1,3
			25	7,1	95	9,9	6	0,9
			30	7,1	95	9,9	8	1,0
200	30	20	5	7,5	105	11,0	18	1,9
			10	7,5	105	11,0	18	2,1
			15	7,5	105	11,0	15	1,8
			20	7,5	105	11,0	12	1,3
			25	7,5	105	11,0	14	1,6
			30	7,5	105	11,0	16	1,6
200	30	40	5	7,3	95	9,1	25	2,5
			10	7,3	95	9,1	15	1,5
			15	7,3	95	9,1	8	0,9
			20	7,3	95	9,1	8	1,0
			25	7,3	95	9,1	9	1,2
			30	7,3	95	9,1	7	1,1
200	30	80	5	7,0	101	9,5	11	1,4
			10	7,0	101	9,5	14	1,8
			15	7,0	101	9,5	11	1,2
			20	7,0	101	9,5	8	0,8
			25	7,0	101	9,5	10	1,0
			30	7,0	101	9,5	5	0,7

* papel de filtro para filtração média com diâmetro de 12 cm (FRAMEX)

As maiores eficiências, em termos de remoção da cor aparente e turbidez da água de estudo, foram observadas quando foi empregado o gradiente de mistura rápida igual a 100 s^{-1} por um período de 60 s, seguido por uma agitação lenta da ordem de 20 s^{-1} durante 30 min (76 % de remoção para a turbidez e 81 % para a cor aparente da água de estudo), mas sobretudo, o grande potencial do coagulante estudado diz respeito à filtração direta (Tabela 1): em 17 % dos ensaios realizados a turbidez da água após a filtração direta foi menor que 1 uT e em 21 % foi menor ou igual a 1 uT (valor máximo igual a 2,8 uT para um período de floculação de 5 min e 0,72 para a água floculada com 30 min de agitação lenta).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que períodos de agitação lenta maiores que 15 minutos não proporcionam uma melhora no processo de remoção da cor ou turbidez. e conclui-se também que gradientes de velocidade utilizados para promover a formação de flocos cujas intensidades foram maiores que 20 s^{-1} estão associados à uma piora da qualidade da água clarificada, provavelmente, devido à ruptura dos flocos. De maneira geral, os melhores pares de valores foram $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$ e $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$ assim como $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$ e $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Nikolaus Von Bher pelas sementes que foram doadas e também à FAPESP, pelo auxílio financeiro para a realização deste projeto (Processo: 03/07709-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLKARD, G. SUTHERLAND, J. Development of a naturally derived coagulant for water and wastewater treatment. *Water Science & Technology: water supply*, London, UK, v.2, n. 5-6, p.89-94, 2002

JAHN, S.A.A. Using Moringa seeds as coagulant in developing countries. *Journal of the American Water Works Association*, Denver, CO, v. 6, p. 43-50, 1988.

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

NDABIGENEGESERE, A.; NARASIAH, K.S., TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. *Water Research*, Oxford, NY, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.

OLSEN, A. Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seed flocculation as performed in sudanese villages: effects on *Schistosoma mansoni* cercariae... *Water Research*, Oxford, NY, v. 21, n. 5, p. 517-522, 1987.

OKUDA, T.; BAES, A.U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *Water Research*, Oxford, NY, v.35, n. 2, p. 405-410, 2001.

OKUDA, T.; BAES, A.U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Coagulation mechanism of salt solutin-extracted active component in Moringa oleifera seeds. *Water Research*, Oxford, NY, v.35, n. 3 p. 830-834, 2001.

POLLARD, S. J.; THOMPSON, F. E. ; MCCONNACHIE, G. L. Microporous carbons from *Moringa oleifera* husks for water purification in less developed countries. *Water Research*, Oxford, NY, v. 29, 337-347, 1995.

RAMOS, R. O. *Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada utilizando sementes de M. oleifera*. Campinas/SP, 2005. 276p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP