

# O Potencial da Espécie *Moringa oleifera* (Moringaceae). I. A Planta como Fonte de Coagulante Natural no Saneamento de Águas e como Suplemento Alimentar

## The Potential of *Moringa oleifera* (Moringaceae). I. The species as a Source of Natural Coagulant for Water Treatment and Nutritional Component

<sup>1</sup>\*Frighetto, R. T. S.;

<sup>2</sup>Frighetto, N.; <sup>3</sup>Schneider, R. P.;

<sup>4</sup>Femandes Lima, P. C.

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, Km 127,5, CP 69, 13820-000, Jaguariúna, SP, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrônômicas, Universidade Estadual de Campinas, CPQBA/UNICAMP, CP 6171, 13.083-970, Campinas, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto de Ciências Biomédicas/USP; Laboratório de Microbiologia Ambiental; Av. Prof. Lineu Prestes, 1374; CEP 05508-900, Cidade Universitária - SP

<sup>4</sup>Embrapa Semi-Árido; BR 428 Km 152, Zona Rural; Caixa Postal 23; CEP 56300-000 Petrolina -PE

\*Correspondência: E-mail: rosa@cnpma.embrapa.br

### Unitermos:

*Moringa oleifera*, Moringaceae, Coagulante Natural, Amaciador de Água Dura, Óleo Comestível, Hortaliças, Componente Nutricional

### Key Words:

*Moringa oleifera*, Moringaceae, Natural Coagulant, Hardwater Softener, Edible Oil, Vegetables, Nutritional Components

### Resumo

*Moringa oleifera* Lam. é uma planta tropical que contém substâncias solúveis em água, dotada de excelentes propriedades de coagulação, para o tratamento de água e água residuária. Uma proteína floculante das sementes é responsável pela eficiência e propriedade como coagulante natural, sendo comparável ao sulfato de alumínio, atualmente o produto químico mais usado nos processos de tratamento de água. Apresenta potencial de aplicabilidade no tratamento de efluentes, com adsorção de compostos orgânicos em solução aquosa, bem como no pré-tratamento de efluentes na Usina de destilação de óleo de palmeira. Esta planta produz óleos de excelente qualidade, com características comparáveis às de azeite de oliva. É uma planta rica em aminoácidos, vitamina A ( $\beta$ -caroteno) e  $\alpha$ - e  $\delta$ -tocoferol, sendo excelente fonte alternativa de proteínas para suplemento alimentar humano e animal. Também é empregada na medicina herbática na Índia.

### Abstract

*Moringa oleifera* Lam. is a tropical plant containing water soluble substances with excellent coagulation properties for treating water and wastewater. A flocculating protein from the seeds is responsible for the efficiency and properties as natural coagulant and comparable to aluminum sulfate, presently the most widely used chemical in water treatment process. Many studies have demonstrated that substances can be removed from water and wastewater by Sorption potential of organic pollutants from aqueous solutions, as well for pretreatment of palm oil mill effluent using *Moringa oleifera*. Its seed is a source of edible oil, 25-41% yield, with excellent quality, with its physico-chemical characteristics comparable to the Olive oil. The leaves of *Moringa oleifera* are a rich source of amino acids,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ - and  $\delta$ -tocoferol, and protein for human food and animal feed. Furthermore it is used in the herbal medicine in India.

## Introdução

É notório que a qualidade da água é uma das grandes preocupações atuais e, certamente, será o maior problema a ser enfrentado nos próximos anos. Por esta razão, seria de grande valia buscar e estimular o uso de tecnologias de recuperação de águas, que envolvam um baixo custo financeiro e uma oferta de tecnologias apropriadas, simples e acessíveis, principalmente, quando se objetiva implementá-las em regiões mais carentes (GUP-TA; CHAUDHURI, 1992; POLLARD et al., 1992). *Moringa oleifera* Lamarck, da família *Moringaceae*, é uma árvore nativa do norte da Índia, hoje encontrado em diversos países tropicais de baixa altitude, incluindo-se zonas áridas (MORTON, 1991; VERDCOURT, 1985; JAHN, 1986). É uma planta rústica e de fácil propagação, que se adapta bem ao clima tropical, tanto em solos pobres, quanto nas regiões áridas e semi-áridas. A multiplicação e a implantação de cultivos racionais de *M. oleifera* podem ser feitos através de sementes ou mesmo por reprodução assexuada através de estaquia (JAHN, 1991; DELDUQUE, 2000), dependendo da variedade. Trata-se de uma planta de crescimento rápido, florescendo e frutificando no final do sexto mês após o plantio (variedade Periyakulam 1 desenvolvida na Índia) ou outras variedades que demoram de 3 a 4 anos (PALADA, 1996).

Um aspecto importante, do ponto de vista agrônomo e ecológico, é o papel dos pigmentos, responsáveis pela cor das flores, que influem diretamente no comportamento dos insetos em relação à planta. Esses pigmentos pertencem essencialmente à classe de flavonóides e carotenóides e atuam como estimulante alimentar em alguns grupos de insetos, nas regiões áridas e semi-áridas (MURUGESAN, 1996). Na região norte da Índia, esta planta floresce duas vezes ao ano, geralmente no período entre fevereiro a maio e de setembro a dezembro. Os grãos de pólen, produzidos entre agosto e setembro, não se dispersam devido à presença de substâncias aderentes, inviabilizando sua ação fecundante, ao passo que em dezembro, essa resinosidade diminui aumentando as chances de polinização, principalmente através do transporte pelos insetos (JYOTHI et al., 1990), e com conseqüente aumento da sua propagação. Um aspecto desfavorável do ponto de vista agrônomo se refere ao tempo de viabilidade das sementes. Porém, essa desvantagem pode ser revertida pela possibilidade de propagação através da tecnolo-

gia de cultura de tecido (MUGHAL et al., 1999) ou através de seleção prévia em sementes pesadas e leves, sendo que as pesadas apresentaram melhor índice de germinação e de plântulas mais vigorosas (BEZERRA et al., 2004).

*M. oleifera* é considerada uma planta de amplo espectro de ação e com grande potencial de uso múltiplo. Inicialmente, na China, foi utilizada como planta ornamental e de sombra, ou ainda, como cerca viva, ou como barreira de proteção eólica. Nos últimos anos, mais precisamente desde o início da década de 90, esta planta vem sendo alvo de estudos para sua utilização, partes ou o seu todo, como fonte de proteínas no suprimento alimentar humano e animal, como fonte de óleo vegetal comestível ou fonte de energia combustível, como fonte de proteínas na floculação de impurezas em águas; como matéria prima na fabricação de carvão ativo e como insumo na indústria de celulose. Finalmente, em diversas partes desta planta têm-se identificado princípios ativos medicinais com ação em diferentes áreas da saúde humana (COOTE et al., 1997; GUEVARA et al., 1996; EZEAMUZIE et al., 1996; PAL et al., 1995; JAHN, 1996). Pelo amplo espectro de ação, e pelas boas perspectivas de aplicações que oferece, o cultivo de *M. oleifera* poderia constituir numa interessante alternativa sócio-econômica a ser explorada em países tropicais, sendo que no Brasil esta planta vem sendo difundida como fonte de vitamina A (SILVA; KERR, 1999).

## Atividade como coagulante natural na remoção da turbidez de águas

O tratamento tradicional de águas visando sua potabilidade envolve, sucessivamente, processos de coagulação-floculação-sedimentação, seguidos por filtração e desinfecção da água, este último procedimento normalmente feito através do uso de cloro. Na etapa inicial do processo, utilizam-se primordialmente substâncias com grande potencial eletrolítico representadas por:

- coagulantes inorgânicos, na forma de sais de alumínio, normalmente sulfato de alumínio, ou, mais modernamente, cloreto de polialumínio (PAC) ou sulfato silícico de polialumínio (PASS) (JOLICOEUR; HAASE, 1989), conhecidos como polieletrólitos;
- polímeros organo-sintéticos, como polietilenoiminas ou poliácridamidas;
- coagulantes naturais, de origem microbiana e quitosana, onde se enquadra a ação da *M. oleifera*.

Ainda que se reconheça a eficiência, a disponibilidade e a praticidade de uso dos insumos químicos tradicionais, vários estudos recentes associam diversas doenças humanas à presença de alumínio na água, incluindo-se a doença de Alzheimer (AWWS, 1990; MILLER et al., 1984; LETTERMAN; DRISCOLL, 1988; QURESHI; MALMBERG, 1985). Por outro lado, polímeros organo-sintéticos, como poliacrilamida, apresentaram propriedades neurotóxicas e carcinogênicas (MCCOLISTER et al., 1964). Além destes aspectos atinentes à saúde do consumidor, devem-se salientar o aspecto das dificuldades na obtenção e no manuseio de insumos químicos, demandados no tratamento de águas, em locais mais carentes e subdesenvolvidos, além do custo que lhes é imputado como produtos de importação (WARHURST et al., 1997a).

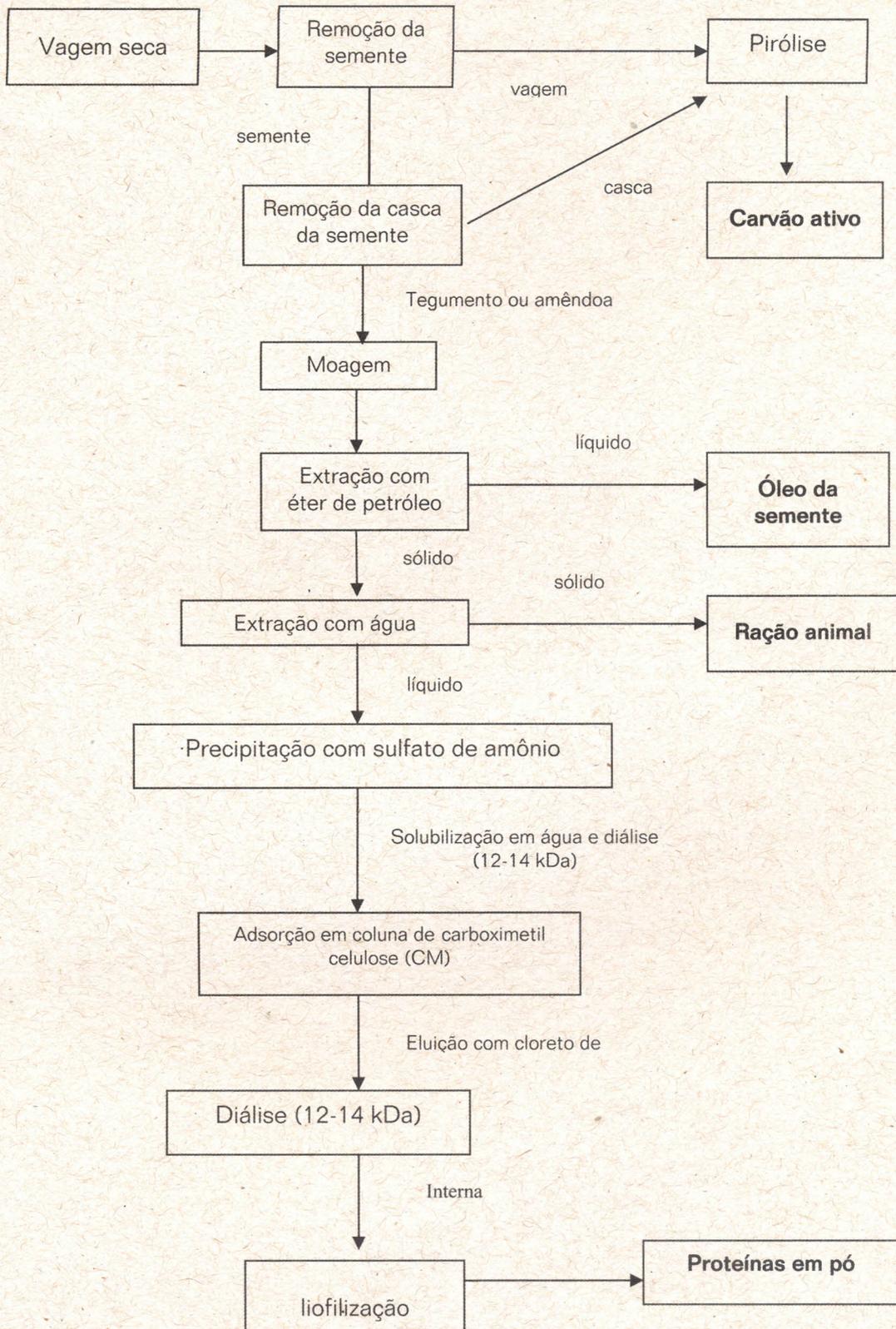
Nos estudos feitos com sementes de *M. oleifera*, após a retirada da casca e da extração do óleo, obtém-se um resíduo denominado de "torta ou borra", constituído de tegumento ou polpa, que pode ser aproveitado como condicionador de solo e fertilizante ou mesmo como suprimento alimentar animal (FOLKARD; SUTHERLAND, 1996). Porém, o enfoque de maior impacto deste material consiste no seu aproveitamento em processos de purificação de água, devido à presença de proteínas piezoelétricas. Ressalve-se, porém, a inconveniência no uso de tal material devido ao incremento na concentração de matéria orgânica na água tratada por este processo, demandando, por conseguinte, uma maior carga de cloro, que por sua vez, na presença da matéria húmica existente na água, pode formar compostos conhecidos como trihalometanos, estes com comprovada ação mutagênica (ZHANG; WANG, 2000).

Este problema pode ser contornado pela extração aquosa e purificação prévia das proteínas ativas presentes nas sementes de *M. oleifera* e responsáveis por sua ação coagulante, através de mecanismo de adsorção, e conseqüente neutralização das cargas coloidais, seguido de sedimentação (NDABIGENGESERE et al., 1995; NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998a; FINK, 1984) (Figura 1). As substâncias ativas isoladas são proteínas catiônicas com peso molecular de aproximadamente 13 kDa e ponto isoelétrico (NDABIGENGESERE et al., 1995) entre 10 e 11. A caracterização e a seqüência de aminoácidos de proteínas específicas foram determinadas (GASSEN et al., 1990; GASSENSCHMIDT et al., 1991; GASSENSCHMIDT et al., 1995).

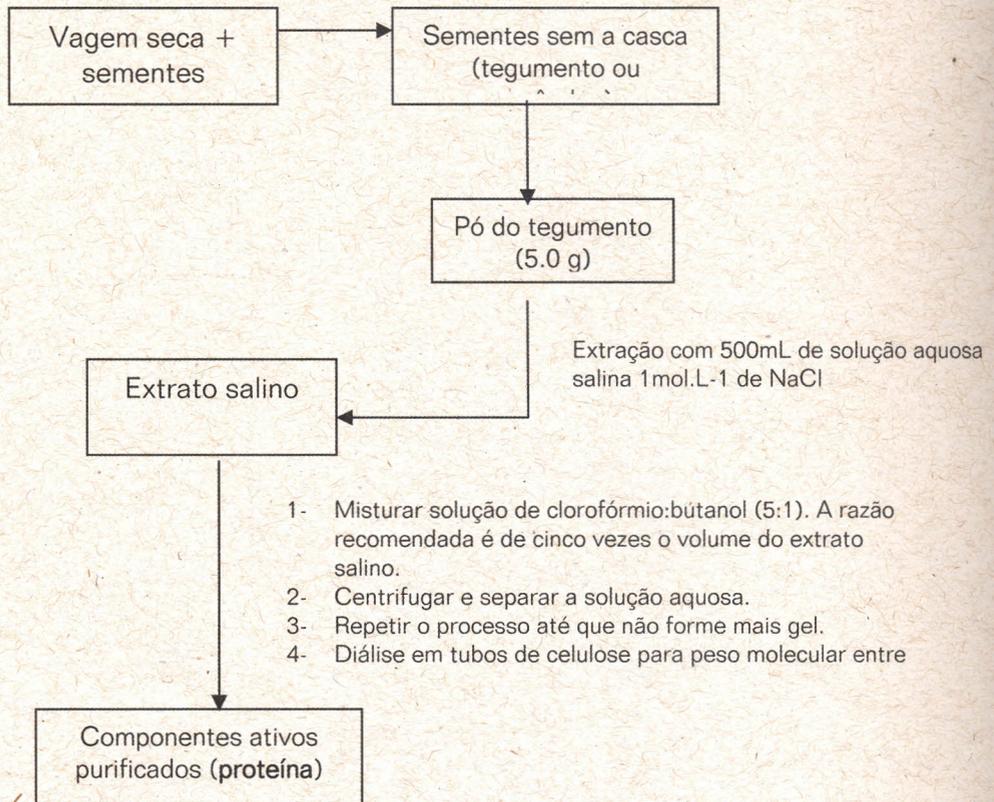
Com o intuito de promover um aumento na eficiência da extração protéica e, conseqüentemente, na disponibilidade de agentes coagulantes, Okuda e colaboradores (1999) introduziram nesse processo uma solução de cloreto de sódio (NaCl), na concentração de 1.0 mol L<sup>-1</sup>, podendo este ser substituído por soluções, em idêntica concentração, de nitrato de potássio, cloreto de potássio ou nitrato de sódio pois o fator principal pelo incremento da eficiência na extração dos componentes ativos está na modificação da força iônica (OKUDA et al., 1999) (Figura 2). As proteínas obtidas da casca, desde que purificadas, foram mais eficientes que os compostos de alumínio no tratamento de água, com algumas vantagens adicionais como a atoxicidade e biodegradabilidade do precipitado protéico e, contrariamente aos compostos químicos, não afetando o pH e a condutividade da água pós-tratamento. O volume de resíduo gerado é de 4 a 5 vezes menor que o precipitado com os compostos de alumínio e é completamente biodegradável (NDABIGENGESERE et al., 1995; GASSENSCHMIDT et al., 1995).

Águas provenientes de uso doméstico (JAHN, 1988) e de uso industrial (JAHN, 1986; JAHN, 1988; MCCONNACHIE et al., 1994; MUYIBI; EVISON, 1995a) foram submetidas a um processo de coagulação-floculação-sedimentação usando, como agente coagulante, extrato aquoso de sementes de *M. oleifera*, previamente secas. Os resultados foram comparados a outros métodos tradicionais de purificação, no tocante ao material sólido, DQO (demanda química de oxigênio), nutrientes (N e P), microrganismos e metais pesados. A eficiência na remoção de partículas sólidas e de microrganismos foi comprovada, mas para alguns metais, este resultado foi apenas parcial. Já o extrato aquoso foi ineficiente em relação a DQO e aos nutrientes (N e P), que podem ser removidos facilmente por compostos de alumínio, especialmente o fósforo. Contudo, resultados sensivelmente melhores neste processo foram obtidos, com a utilização das proteínas isoladas e previamente purificadas. Muyibi e Evison (1995b) conduziram estudos complementares para a otimização do processo de coagulação de águas turbidas afetado pelos parâmetros físicos.

Comprovou-se ainda que as sementes, tanto na sua forma integral quanto moída, ou mesmo na forma de torta, em proporções de 1 a 3%, atuam como um polieletrólito catiônico no tratamento de águas. Foi eficiente mesmo em conteúdos menores de cascas em relação ao volume de água tratada (50 mg L<sup>-1</sup>), dependendo do grau de impurezas presentes nas águas. Segundo Sutherland e colaboradores (BARTH, 1982 et al.,

Figura 1 – Fluxograma para processamento das vagens secas de *Moringa oleifera*

Ver Ref.: NDABIGENGESERE;NARASIAH, 1998a

**Figura 2 – Fluxograma para extração de componentes ativos de coagulação, a partir da semente de *Moringa oleifera***

Ver ref.: OKUDA et al., 1999

SUTHERLAND et al., 1989; SUTHERLAND et al., 1990), para sementes *in natura*, não descascadas, a proporção mais efetiva foi de 500 mg L<sup>-1</sup>. Além do uso *in natura* das cascas de *M. oleifera* na etapa de floculação, as mesmas foram submetidas a um processo de pirólise à temperatura de 750 a 800°C, fornecendo um carvão ativo de altíssima qualidade. O mesmo estudo demonstrou a eficiência desse material na adsorção, sedimentação e conseqüente remoção de hepatotoxinas, produzidas por cianobactérias, através do processo de filtração por carvão ativo em grânulo, em pó ou acondicionado em filtro (WARHURST et al., 1997b). Diversos estudos demonstraram a eficiência do carvão na remoção de turbidez da água, em condições diversas de pH, temperatura, diferentes concentrações de cátions e ânions, e esses estudos sistemáticos comprovaram a remoção entre 80 e 99% da turbidez (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1996; NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998b; WARHURST et al., 1997b; NDABIGENGESERE et al., 1995; MUYIBI; OKUOFU, 1995; MUYIBI; EVISON, 1996). Em outros estudos, sobre a relação entre a porosidade cristalina do carvão

ativo e as características de adsorção de impurezas em suspensão, em diferentes condições de temperatura e variação no tempo de ativação, concluíram que se trata de um processo técnica e economicamente viável, especialmente para países em desenvolvimento (WARHURST et al., 1997a; WARHURST et al., 1996; WARHURST et al., 1997c; POLLARD, 1995). Outra variante do processo consistiu na suspensão das sementes de *M. oleifera* em águas consideradas duras, com teor de 300 a 1000 mg.L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio, visando o amolecimento das mesmas. O mecanismo de ação consiste na adsorção dos íons que conferem a dureza das águas, formando produtos insolúveis que se separam por precipitação, independente do pH da água (MUYIBI; EVISON, 1995a). Os oxalatos presentes na planta também participam da ação de seqüestro de cálcio da água, sedimentando o produto formado (PANKAJA; PRAKASH, 1994).

Além da sua aplicação no tratamento de água, registra-se atualmente a procura por floculante natural destinado à clarificação de caldo de cana na produção de

açúcar orgânico devido à proibição do uso de polieletrólitos sintéticos nesse processo. Quando a semente de *M. oleifera* (0.16%) foi usada juntamente com a bentonita (0.05%) alcançou-se um bom resultado, com potencial de clarificação acima de 52%; contudo o lodo gerado ainda é considerado alto (WONG; TSE, 1999). As 14 espécies de *Moringa*, já identificadas e estudadas, apresentaram atividade coagulante em maior ou menor escala. Porém, os melhores resultados ainda foram obtidos nos estudos com *M. oleifera* Lam. (JAHN, 1988). Outra espécie de Moringaceae a merecer atenção, com estudos em curso, é a *M. stenopetala* (FOLKARD; SUTHERLAND, 1996), cujos estudos de domesticação foram realizados por JAHN (1991).

### Êxito da aplicação de *M. oleifera* no tratamento de água

O emprego de uma tecnologia simples na purificação de águas, conjugando a ação de areia bentonita e sementes de *M. oleifera* na sedimentação de impurezas, revelou ser um processo eficiente também no tratamento de águas com *Schistosoma mansoni*, *Cercariae*, em vilas do Sudão (OLSEN, 1987). É, pois, desejável que alternativas como esta, da utilização de *M. oleifera*, científica e tecnicamente bem fundamentadas e comprovadas, com experiências bem sucedidas no Sudão (JAHN; HAMID, 1979; JAHN, 1981), possam constituir-se em processos alternativos eficientes no tratamento e na purificação de águas. Em relato mais recente (NYEIN et al., 1997), esta tecnologia também foi bem aceita pela população de uma vila em Myanmar (continente asiático), sendo rejeitada por apenas 2,7% das famílias.

Hoje, o interesse pelo uso de coagulantes naturais vem despertando interesse, principalmente, como alternativa acessível e barata para países em desenvolvimento, com ênfase no suprimento de água potável às populações mais carentes, especialmente em zonas rurais (JAHN, 1981; JAHN, 1986; JAHN, 1988; DIAZ et al., 1999).

### Aplicabilidade no tratamento de efluentes

A torta das sementes, após a extração de óleo, apresentou grande potencial de uso nos processos de tratamento de efluentes, através do mecanismo de adsorção dos poluentes orgânicos presentes em soluções aquosas, apresentando maior adsorção de cumeno (BTEC) > etilbenzeno > tolueno > benzeno (AKHTAR et al., 2007). Estudo similar foi realizado

no tratamento de efluentes da usina de extração de óleo de palmeira (BHATIA, 2007), apresentando remoção de 95% de sólidos em suspensão e 52,2% de redução na demanda química de oxigênio (DQO). A combinação da torta com um floculante comercial (NALCO 7751) apresentou um desempenho superior ao do alumínio, com a eficiência de remoção de sólidos em suspensão aumentando para 99,3% e a redução de DQO em 52,5% (BHATIA, 2007).

### Aproveitamento como suprimento alimentar

Na análise de sementes maduras, além dos componentes principais como proteínas, gorduras e carboidratos (Tabela 1), registrou-se a ocorrência de metionina e cisteína num teor de 43,6 g kg<sup>-1</sup> de proteína, considerada excepcionalmente alta e muito próxima à encontrada no leite humano, no leite de vaca e em ovos de galinha. Porém, estudos nutricionais com ratos evidenciaram uma série de anomalias, como perda de apetite, diminuição do crescimento e aumento em diversos órgãos vitais e atrofia do timo e do baço, quando comparados com ratos alimentados à base de clara de ovo, sugerindo cautela no consumo de sementes maduras de *M. oleifera*, até que estudos detectem quais seriam os fatores adversos causadores destas anomalias (OLIVEIRA et al., 1999).

**Tabela 1 – Composição nutricional das sementes maduras de *Moringa oleifera***

Componentes em sementes maduras: Teor relativo à matéria seca*			
Proteínas	gorduras	carboidratos	cinzas
332,5 g.kg <sup>-1</sup>	412,0 g.kg <sup>-1</sup>	211,2 g.kg <sup>-1</sup>	44,3 g.kg <sup>-1</sup>

\*Ver ref.: OLIVEIRA et al., 1999

Estudos com as folhas desidratadas de *M. oleifera* (Tabela 2) levaram à conclusão de que elas apresentam um bom potencial nutritivo, especialmente como fonte de caroteno, para dietas de populações de países em desenvolvimento (SESHADRI et al., 1997). O teor de proteínas nas folhas alcança valores da ordem de 27%. Para alimentação animal, tanto as folhas, como a torta de resíduos, mesmo após a extração de óleo vegetal e dos coagulantes protéicos, constituem-se em fontes ricas de proteínas, comparáveis às existentes em soja, com teores correspondentes a 260, 70 e 60 g kg<sup>-1</sup>, nas folhas, brotos e caules, respectivamente, degradáveis em sua grande maioria, em até 24 horas de ruminação (AREGHEORE, 2002). É também recomendado como substituto da torta de girassol na ração animal em regiões escassas

em alimentação (SARWATT et al., 2002). Embora em proporção menor, também foi verificada a presença de proteínas insolúveis (MAKKAR; BECKER, 1996; MAKKAR; BECKER, 1997;).

Devido a essas características desfavoráveis, a substituição de proteínas a partir das folhas de *Moringa oleifera* não deve exceder 10% na ração destinada para tilápia (*Oreochromis niloticus* L.) (RICHTER et al., 2003). Outro estudo mostrou a potencialidade de uso de *M. oleifera* como planta olerícola em área sub-tropical dos EUA (PALADA, 1996). A presença de componentes antinutricionais foi comprovada através de ensaios com ratos recém desmamados, onde um grupo foi alimentado somente com leite e outro com dieta enriquecida de folhas de *M. oleifera*. Os resultados revelaram considerável diminuição na absorção e retenção de cálcio neste último grupo. Isto é devido à presença de oxalatos no material vegetal que atuam como seqüestradores de cálcio (PANKAJA; PRAKASH, 1994).

**Tabela 2 – Composição nutricional das folhas de *Moringa oleifera*: Teores em 100 g de folhas (75kcal)\***

Proteínas	5,9 g
Carboidratos	12,8 g
Ácido ascórbico	232 mg
cálcio, ferro e fósforo	35,3 mg
$\alpha$ -tocoferol (vitamina E)	9,0 mg
Niacina, tiamina, vitamina A e C	não especificado

\* Ver refs.: MAGDA, 1994; CHING et al., 2001.

As sementes de *M. oleifera* são muito ricas em óleo, conhecido como “Ben oil” ou “behen oil”, num teor que varia entre 25 a 41%, de acordo com o processo extrativo como a prensagem a frio, extração com hexano (ou éter de petróleo) ou com a mistura clorofórmio: metanol (50:50). Esse nome popular ao óleo se deve a alta porcentagem de ácido behênico ( $C_{22,0}$ ) na composição do óleo, em até 6,4%, e esse componente tem boa aplicabilidade na indústria alimentícia (RAVAL; TOLI WAL, 1996; LALAS; TSAKNIS, 2002). Comparado ao Azeite de oliva, o óleo de *M. oleifera* apresentou estabilidade e composição em ácidos graxos, similares aos de oliva, embora apresentasse um grau menor de insaturação (TSAKNIS et al., 1998; FOLKARD; SUTHERLAND, 1996), conteúdos similares em ácido oléico ( $C_{18,1}$ ), maiores em ácidos behênico (6,4%,  $C_{22,0}$ ), palmítico (6,4%,  $C_{16,0}$ ), e esteárico (5,7%,  $C_{18,0}$ ), e menores em linoléico (0,7%,  $C_{18,2}$ ) e linolênico (0,2%,  $C_{18,3}$ ) (TSAKNIS et al. 1998; RAVAL; TOLI WAL, 1996). Registram-se, ainda, altos teores de componentes como o  $\beta$ -sitosterol, campesterol e stigmasterol (Tabela 3). O óleo apresentou alta estabilidade à oxidação rançosa, em especial aquele extraído com clorofórmio:metanol. O óleo de *M. oleifera* contém  $\alpha$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol; quando a maioria dos óleos vegetais contém o  $\alpha$ -,  $\beta$ - e  $\gamma$ -tocoferol. Ressalta-se que a atividade antioxidante de  $\delta$ -tocoferol excede as de  $\gamma$ -,  $\beta$ - e  $\alpha$ -tocoferol (LALAS; TSAKNIS, 2002). Além de seu uso como condimento em culinária, este óleo foi utilizado como aditivo em cosméticos, como lubrificante em engrenagens delicadas ou mesmo como combustível em lamparinas (ECKEY; MILLER, 1954; VAUGHAN, 1970; FOLKARD; SUTHERLAND, 1996).

**Tabela 3 – Comparação da composição do óleo das sementes de *Moringa oleifera* e azeite de oliva\***

Componentes principais	Óleo de <i>M. oleifera</i>	Azeite de oliva
Ácido oléico	71.6 – 75.4 %	74.53 %
$\beta$ -sitosterol	45.6 – 50.1 %	64.3 %
Stigmasterol	17.3 – 23.1 %	0.60 %
Campesterol	15.1 – 15.8 %	3.20 %
$\alpha$ -tocoferol	5.06 <sup>(1)</sup> / 15.38 <sup>(2)</sup> mg kg <sup>-1</sup>	88.50 mg kg <sup>-1</sup>
$\gamma$ -tocoferol	4.47 <sup>(1)</sup> / 25.4 <sup>(2)</sup> mg kg <sup>-1</sup>	9.90 mg kg <sup>-1</sup>
$\delta$ -tocoferol	3.55 <sup>(1)</sup> / 15.51 <sup>(2)</sup> mg kg <sup>-1</sup>	1.60 mg kg <sup>-1</sup>

\* Ver refs.: MAKKAR; BECKER, 1996; MAKKAR; BECKER, 1997; PALADA, 1996; TSAKNIS, 1998; RAVAL; TOLI WAL, 1996; LALAS; TSAKNIS, 2002.

<sup>(1)</sup> Extração por prensagem a frio; <sup>(2)</sup> Extração com n-hexano

## Conclusões

A partir deste estudo de revisão, tornou-se patente o amplo espectro de ação e potenciais aplicações e usos que a *Moringa oleifera* apresenta, especialmente no tratamento de águas, industriais ou domésticas, e como fonte alternativa de proteínas e vitaminas no suplemento alimentar humano e animal. As sementes de *Moringa oleifera* constituíram-se em objeto de muitos estudos, como agentes de coagulação-floculação-sedimentação em processos depurativos de águas. Mostraram-se ativas, tanto as sementes por inteiro, quanto suas partes, como as cascas "in natura", ou pirolizadas, estas fornecendo um carvão ativo de alta qualidade, devido à sua densa microporosidade que aumenta sua eficiência na retenção de poluentes. Do tegumento, após a extração do óleo, para uso condimentar, biocombustível, lubrificante ou cosmético, obtêm-se extratos protéicos de alta eficiência na purificação de águas. Os principais parâmetros preconizados para águas tratadas por processos convencionais, como pH, alcalinidade, condutividade, concentração catiônica-aniônica, são compatíveis com as águas tratadas com *Moringa oleifera*. Dessa maneira, a espécie *Moringa oleifera* representa uma alternativa eficiente, biorenovável, inócua à saúde humana e animal, na remoção de turbidez, partículas em suspensão ou microrganismos em sistemas aquosos, constituindo-se numa opção interessante como processo de potabilização de águas.

Considerando-se a viabilidade de cultivo de *Moringa oleifera* em regiões áridas e tropicais, onde os problemas com água potável são mais patentes, e o envolvimento de processos de baixa tecnologia agregada aos extratos de *Moringa oleifera* na depuração de águas impróprias ao consumo, conclui-se que sua implementação é desejável e recomendável. Finalmente, no âmbito social, a exploração racional de *Moringa oleifera* pode significar uma abertura de frentes de trabalho em áreas tropicais, a fixação do homem à vida e às atividades de campo, contando com suprimento de água tratada, podendo-se estabelecer uma exploração econômica de *M. oleifera*, gerando recursos adicionais para o seu sustento.

## Referências

AREGHEORE, E.M. Intake and digestibility *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures by growing goats.

*Small Ruminant Research*, v.46, p.23-28, 2002

AWWS – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water quality and treatment: a handbook of community water supplies*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw Hill Publishing Company, New York, 1990.

BARTH, V. P; HABS., M.; KLUTE, R.; MÜLLER, S.; TAUSCHER, B. Trinkwasseraufbereitung mit Samen von *Moringa oleifera* Lam. *Chemiker-Zeitung*, v.106, n.2, p.75-78, 1982.

BEZERRA, A.M.E.; MOMENTÉ, V.G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação das sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.295-299, 2004.

BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A.L. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. *Journal of Hazardous Materials*, v.145, p.120-126, 2007.

CHING, L.S.; MOHAMED, S. Alpha-tocopherol content in 62 edible tropical plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.49, n.6, p.3101-3105, 2001.

COOTE, C.; STEWART, M.; BONONGWE, C. The distribution, uses and potential for development of *Moringa oleifera* in Malawi. In: Forestry Research Record - Forestry Research Institute of Malawi; Ed. Zomba, Malawi, p.40, 1997.

DELDUQUE, M. Ficha da Planta: Moringa. *Globo Rural*, v.175 (Maio), p.89-91, 2000.

DIAZ, A.; RINCON, N.; ESCORIHUELA, A.; FERNANDEZ, N.; CHACIN, E.; FOSTER, C.F. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *Process Biochemistry*, v.35, p.391-395, 1999.

ECKEY, E. W.; MILLER, L.P. *Vegetable fats and oils*, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1954.

EZEAMUZIE, I.C.; AMBAKEDEREMO, A.W.; SHODE, F.O.; EKWEBELEM, S.C. Antiinflammatory effects of *Moringa oleifera* root extract. *International Journal of Pharmacognosy*, v.34, n.3, p.207-212, 1996.

FINK, W. Identifizierung, Reindarstellung und

Strukturaufklärung flockungsaktiver wirkstoffe aus höheren pflanzen zur wasserreinigung, Doctoral thesis, University of Heidelberg, Heidelberg, RFA, 1984.

FOLKARD, G.; SUTHERLAND, J. *Moringa oleifera*: un árbol con enormes potencialidades. *Agroforesteria en las Américas*, v.5, n.19, p.23-27, 1998. Tradução de: *Agroforestry Today* v.8, n.3, p.5-8, 1996,

GASSEN, H.G.; GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K.D.; TAUSCHER, B.; WOLF, S. . Modern methods in protein and nucleic acid analysis. *Biological Chemistry Hoppe-Seyler*, v.371, n.9, p.768-769, 1990.

GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K.D.; TAUSCHER, B. Chemical properties of flocculant-active proteins from *Moringa oleifera* Lam. *Biological Chemistry Hopper-Seyler*, v.372, p.659, 1991.

GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K.D.; TAUSCHER, B.; NIEBERGALL, H. Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA): Gen. Subj.*, v.1243, n.3, p.477-481, 1995.

GUEVARA, A.P.; VARGAS, C.; UY, M. Anti-inflammatory, anti-tumor activities of seed extracts of malunggay, *Moringa Oleifera* L. (Moringaceae). *Philippine Journal of Science*, v.125, n.3, p.175-184, 1996.

GUPTA, A.; CHAUDHURI, M. Domestic water purification for developing countries. *Aqua (Oxford)*, v.41, n.5, p.290-298, 1992.

JAHN, S.A.A.; HAMID, D. Studies on natural water coagulants in the Sudan, with special reference to *Moringa oleifera* seeds. *Water SA*, v.5, p.90-97, 1979.

JAHN, S.A.A. *Traditional water purification in developing countries: existing methods and potential applications*, German Agency for Technical Cooperation (GTZ), Manual N°117, Eschborn, 1981.

JAHN, S.A.A. *Proper use of African natural coagulants for rural water supplies: Research in the Sudan and a guide for new projects*, German Agency for Technical Cooperation (GTZ), Manual No.191, Eschborn, 1986.

JAHN, S.A.A. Using moringa seeds as coagulants in developing countries *Journal of American Water Works Association*, v.80, n.6, p.43-50, 1988.

JAHN, S.A.A. The traditional domestication of a multipurpose tree *Moringa stenopetala* (Bak.f.) Cuf. in the Ethiopian Rift Valley. *AMBIO*, v.20, n.6, p.244-247, 1991.

JAHN, S.A.A. On the introduction of a tropical multipurpose tree to China: traditional and potential utilization of *Moringa oleifera* Lam. *Senckenbergiana Biologica*, v.75, n.(1/2), p.243-254, 1996.

JOLICOEUR, C.; HAASE, D. Les aluns basiques dans le traitement physico-chimique de léau: survol de propriétés et évolution récente. *Sci. Techn. Eau*, v.22, p.31-46, 1989.

JYOTHI, P.V.; ATLURI, J.B. REDDI, C.S. Pollination ecology of *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Proceedings of the Indian Academy of Science. Plant Science*, v.100, n.1, p.32-42, 1990.

LALAS, S.; TSAKNIS, J. Characterization of *Moringa oleifera* seed oil variety "Periyakulam 1". *Journal of Food Composition and Analysis*, v.15, n.1, p.65-77, 2002.

LETTERMAN, R. D.; DRISCOLL, C.T. Survey of residual aluminum in filtered Water. *Journal of American Water Works Association*, v.80, p.154-158, 1988.

MAGDA, R. *Moringa*: A health-giving, water-purifying vegetable. *Food Marketing & Technology*, v.8, n.6, p.10-11, 1994.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*, v.63, n.1-4, p.211-228, 1996.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science*, v.128, n.3, p.311-322, 1997.

MCCOLLISTER, D. D.; OYEN, E.; ROWE, V.K. Toxicology of acrylamide. *Toxicology of Applied Pharmacology*, v.6, p.172-181, 1964.

MCCONNACHIE, G.; MTAWALI, A.; YOUNG, R. In: *Affordable Water Supply and Sanitation: Proceedings of the 20th WEDC Conference*, John Pickford (ed.), 354 p. *Proceedings of 20th WEDC Conference*, Colombo, Sri Lanka, 1994 (available on line).



- MILLER, R. G.; KOPFLER, F.C.; KELTY, K.C.; STOBBER, J.A.; ULMER, N.S. The occurrence of aluminum in drinking water. *Journal of American Water Works Association*, v.76, p.84-91, 1984.
- MORTON, J. F. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) – a boon to arid lands? *Economic Botany*, v.45, p.318-333, 1991.
- MUGHAL, M.H.; GAYOOR, ALI; SRIVASTAVA, S.; MUHAMMAD, IQBAL; ALI, G.; IQBAL, M. Improvement of drumstick (*Moringa pterygosperma* Gaertn.) (syn. *M. oleifera*) - a unique source of food and medicine through tissue culture. *Hamdard Medicus*, v.42, n.1, p.37-42, 1999.
- MURUGESAN, S.; SUNDARARAJ, R.; KUMAR, S. Effect of flower colour of arid and semi-arid tree species and its effect on insect colonization. *Indian Journal of Environment and Toxicology*, v.6, n.2, p.89-91, 1996.
- NYIBI, S.A.; EVISON, L.M. *Moringa oleifera* seeds for softening hardwater. *Water Research*, v.29, p.1099-1104, 1995a.
- NYIBI, S. A.; EVISON, L.M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, v.29, n.2, p.2689-2695, 1995b.
- NYIBI, S. A.; EVISON, L.M. Coagulation of turbid waters and softening hardwater with *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environment Studies*, v.49, p.247-259, 1996.
- NYIBI, S. A.; OKUOFU, C.A. Coagulation of low turbidity surface waters with *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environment Studies*, v.48, n.(3/4), p.263-273, 1995.
- 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.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. *Environmental Technology*, v.17, n.10, p.1103-1112, 1996.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, v.32, n.3, p.781-791, 1998a.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Use of *Moringa oleifera* seeds as a primary coagulant in wastewater treatment. *Environmental Technology*, n.19, p.8, p.789-800, 1998b.
- NIKKON, F.; SAUD, Z.A.; RAHMAN, M.H.; HAQUE, MD.E. *In vitro* Antimicrobial Activity of the Compound Isolated from Chloroform Extract of *Moringa oleifera* Lam. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v.6, n.22, p.1888-1890, 2003.
- NYEIN, M.M.; AYE, T.; KHINE, W.W.; WAI, K.T.; TUN, S.; HTWE, S.S.; MYINT, T.; SWE, T. The use of *Moringa oleifera* (dan-da-lun) seed for the sedimentation and decontamination of household water. Part II: Community-based study. *Myanmar Health Sciences Research Journal*, v.9, n.3, p.163-166, 1997.
- OKUDA, T.; BAES, A.U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. *Water Research*, v.33, n.15, p.3373-3378, 1999.
- OLIVEIRA, J.T.A.; SILVEIRA, S.B.; VASCONCELOS, I.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, n.6, p.815-820, 1999.
- 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*, v.21, n.5, p.517-522, 1987.
- PAL, S.K.; MUKHERJEE, P.K.; SAHA, B.P. Studies on the antiulcer activity of *Moringa oleifera* leaf extract on gastric ulcer models in rats. *Phytotherapy Research*, v.9, n.6, p.463-465, 1995.
- 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.
- PANKAJA, N.; PRAKASH, J. Availability of calcium from kilkeerai (*Amaranthus tricolor*) and drumstick (*Moringa oleifera*) reens in weanling rats. *Nahrung*, v.38, n.2, p.199-203, 1994.
- POLLARD, S.J.T.; FOWLER, G.D.; SOLLARS, C.J.; PERRY, R. Low-cost adsorbents for waste

and wastewater treatment: a review. *Science of Total Environment*, v.116, n.(1/2)p.31-52, 1992.

POLLARD, S.J.T.; THOMPSON, F.E.; MCCONNACHIE, G.L. Microporous carbons from *Moringa oleifera* husks for water purification in less developed countries *Water Research*, v.29, n.1, p.337-347, 1995.

QURESHI, N.; MALMBERG, R.G. Reducing aluminum residuals in finished water. *Journal of American Water Works Association*, v.77, p.101-108, 1985.

RAVAL, D.A.; TOLIWAL, S.D. Nutritional study on drumstick seed (*Moringa oleifera*) oil. *Journal of the Oil Technologists - Association of India*, v.28, n.1, p.3-5, 1996.

RICHTER, N.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.217, p.599-611, 2003.

SARWATT, S.V.; KAPANGE, S.S.; KAKENGI, A.M.V. Substituting sunflower seed-cake with *Moringa oleifera* leaves as a supplemental goat feed in Tanzania. *Agroforestry Systems*, v.56, n.3, p.241-247, 2002.

SESHADRI, S.; JAIN, M.; DHABHAI, D.; SUBADRA, S. Retention and storage stability of beta-carotene in dehydrated drumstick leaves (*Moringa oleifera*) *International Journal of Food Science and Nutrition*, v.48, n.6, p.373-379, 1997.

SILVA, A.R.; KERR, W.E. Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil. Uberlândia: UFU/DIRIU, 1999, 95p.

SUTHERLAND, J.P.; FOLKARD, G.K.; GRANT, W.D. Natural coagulants for appropriate water treatment: a novel approach. *Waterlines*, v.8, n.4, p.30-32, 1990.

SUTHERLAND, J.P.; FOLKARD, G.K.; GRANT, W.D. Seeds of *Moringa* species as naturally occurring flocculants for water treatment. *Science, Technology and Development*, v.7, p.191-197, 1989.

TSAKNIS, J.; LALAS, S.; GERGIS, V.; SPILIOTIS, V. A total characterisation of *Moringa oleifera* Malawi seed oil. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, v.75, n.1, p.21-27, 1998.

VAUGHAN, J.G. *The structure and utilization of oil seeds*, Ed. Chapman and Hall Ltd., London, 1970.  
VERDCOURT, B.A. A synopsis of the Moringaceae. *Kew Bulletin*, v.40, p.1-23, 1985.

WARHUST, 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.177-184, 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, 1997a.

WARHURST, A.M.; RAGGETT, S.L.; MCCONNACHIE, G.L.; POLLARD, S.J.T.; CHIPOFYA, V.; CODD, G.A. Adsorption of the cyanobacterial hepatotoxin microcystin-LR by a low-cost activated carbon from the seed husks of the pan-tropical tree, *Moringa oleifera*. *Science of the Total Environment*, v.207, n.(2/3), p.207-211, 1997b.

WARHURST, A.M.; FOWLER, G.D.; MCCONNACHIE, G.L. POLLARD, S.J.T. Pore structure and adsorption characteristics of steam pyrolysis carbons from *Moringa oleifera*. *Carbon*, v.35, n.8, p.1039-1045, 1997c.

WONG, S.H; TSE, C.S. Plant materials as natural flocculant in cane juice clarification, 23<sup>rd</sup> International Society Sugar Cane Technologists (ISSCT) Congress, New Delhi, India, 22-26 February, 1999.

ZHANG, G.; WANG, Z. Mechanism study of the coagulant impact on mutagenic activity in water. *Water Research*, v.34, n.6, p.1781-1790, 2000