

XIV WORLD WATER CONGRESS

EFICIENCIA DOS EXTRATOS AQUOSO E SALINO DE MORINGA OLEIFERA LAM NO TRATAMENTO DO EFLUENTE GERADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

ARAÚJO, Nicolis Amaral de (UFS)¹, RODRIGUES, Raphael Souza (UFS)², MOITINHO, Adriana (UFS)³, GOMES, Maitte Carolina M.(UFS)⁴, SANTANA, Claudia Ramos (UFS)⁵, SILVA, Gabriel F. da (UFS)⁶.

¹Graduação em Engenharia Química, nicolis.amaral@yahoo.com.br; ²Graduação em Engenharia Mecânica, rapharodrigues@hotmail.com; ³ Graduação em Engenharia Química,

RESUMO: Com o passar dos anos, as fontes de petróleo começaram a não ser tão abundantes como no início, fazendo com que se acentuasse a necessidade de buscar insumos energéticos alternativos que viessem a substituir gradualmente o petróleo. Entre as fontes renováveis, tem recebido grande atenção os derivados da biomassa, como o Biodiesel. Na etapa de purificação é feita através lavagem do produto, seguida por filtração e secagem do biodiesel. Assim, as águas de lavagem contêm basicamente resíduos de sabões, além dos ácidos graxos, glicerina, alcoóis e outros contaminantes. Para cada litro de biodiesel produzido, são necessários, no mínimo, 3 litros de água. Em geral, as águas resultantes do processo de lavagem, apresentam-se quimicamente inadequadas para serem lançadas a qualquer corpo hídrico. O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência dos extratos coagulantes de *Moringa oleifera* Lam obtidos em meio salino e aquoso no processo de coagulação/floculação do efluente.

Palavras-Chave: Extratos, Biodiesel, Coagulação

ABSTRACT: Over the years, oil sources started being not so plentiful like it used to be. So, alternative energy inputs search in order to replace oil gradually increased a lot. Among removable sources, biomass derived has had special attention; biodiesel is one of the derivatives. Its purification is done by washing the product, filtration and product drying. This way, washing water contains basically soap scum, fatty acids, glycerin, alcohols and some others contaminants. Each biodiesel liter needs at least three liters of water to be washed. This water is chemically inadequate to be dropped in water bodies. The objective of this work is to check *Moringa oleifera* Lam saline and aqueous extracts efficiency on effluent coagulation/flocculation process.

Kerwords : Extract, Biodiesel, Coagulation

INTRODUÇÃO

1.1 Biodiesel

Segundo a Lei nº11.097, o biodiesel é definido como: Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores à combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

O biodiesel tem sido uma alternativa bastante viável para a substituição da energia proveniente dos derivados de petróleo uma vez que é produzido a partir de biomassa. Entretanto, é necessário que seja feita uma purificação dele antes de ser utilizado para que sejam retirados materiais desnecessários para os fins pretendidos do combustível. A quantidade de efluente oriunda dessa lavagem é enorme e depende de um tratamento para que possa ser descartado em corpos hídricos sem que haja um impacto ambiental negativo.

A purificação do biodiesel empregando-se a lavagem com água apresenta muitas desvantagens, entretanto, é o método mais utilizado pelas indústrias, devido à carência de alternativas viáveis. No processo são utilizadas grandes quantidades de água, havendo possibilidade de formação de emulsões estáveis (COSTA,2000). A geração de efluentes e seu tratamento oneram o produto final e comprometem a viabilidade econômica, pois, apesar da baixa toxicidade, o efluente não pode ser descartado sem tratamento. Na purificação ocorre remoção de impurezas, tais como materiais polares, resíduos de catalisadores e outras, mas ao final, os ésteres precisam ficar isentos de traços de água emulsificada, caso contrário pode acarretar sérias complicações. A água, além de promover a hidrólise dos ésteres resultando em ácidos graxos livres, também está associada à proliferação de micro-organismos, corrosão em tanques de estocagem com deposição e sedimentos (LÔBO, 2009). A destilação como método de purificação de biodiesel é um processo que, além do significativo custo operacional, expõe os ésteres a temperaturas elevadas, que favorecem as reações de termoxidação e a decomposição se torna inerente, mesmo a vácuo.

Durante a etapa de purificação do biodiesel são retirados resíduos de glicerina, sabões e ácidos graxos. Essa purificação é feita pela lavagem do produto, seguida por filtração e secagem do biodiesel. Assim, as águas de lavagem contêm basicamente resíduos de sabões de sódio ou potássio, além dos ácidos graxos, glicerina, alcoóis (metanol ou etanol) e outros contaminantes (NOUREDDINI, 2001).

Em geral, utilizando métodos tradicionais de lavagem, para cada litro de biodiesel produzido, são necessários, no mínimo, 3 litros de água de lavagem (De BONI et al., 2007).

Segundo GRANGEIRO (2009), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os padrões de lançamento de efluentes de qualidade de corpos receptores objetivando a preservação dos corpos d'água. Os mais graves problemas que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem de vários fatores, dentre eles, o tratamento inadequado das águas residuárias.

O tratamento de efluentes utilizando coagulantes naturais tem sido bastante difundido em detrimento dos tratamentos químicos uma vez que seu custo e impacto ao meio ambiente são reduzidos.

2.2 *Moringa Oleifera* Lam

Moringa oleifera Lamarck, planta pertencente à família das *Moringaceae* é nativa da Índia e amplamente cultivada nos trópicos de todo o mundo (Karadi et al., 2006).

Segundo Ndabigengesere e Narasiah (1996) e Gallão et al., (2006), a *Moringa oleifera* L. vem sendo utilizada como agente clarificante no tratamento de água potável em substituição aos sais de alumínio. Uma característica deste coagulante natural é que, além de reduzir 80,0 a 99,5% da turbidez, possui a capacidade de remover as bactérias na ordem de 90 a 99 % (MUYBI; EVISION, 1994).

Segundo Gerdes (1997), a semente contém alta quantidade de óleo, que pode ser usada para fazer sabão e como base para cosméticos, além da alimentação. Um fator interessante é que as sementes podem ser primeiramente utilizadas na extração do óleo, para depois serem usadas no tratamento de água, sem que isso diminua a eficiência do princípio coagulante da *moringa oleifera* Lam.

Muitos coagulantes são usados nos processos de tratamento de água, como os coagulantes inorgânicos (sais de alumínio e ferro), polímeros orgânicos sintéticos e naturais (CARDOSO, 2007).

Em vários países inúmeras plantas estão sendo utilizadas como coagulantes/floculantes naturais, onde alguns biopolímeros vem sendo investigados mais intensamente que outros, como é o caso da *moringa oleifera* Lam, da quitosana e do tamarindo (DA SILVA et al.,2003).

De acordo com Bhatia et al., (2007), o uso de sementes de moringa no tratamento de águas pode reduzir o custo com produtos químicos utilizado para o ajuste de pH que é freqüente.

METODOLOGIA

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Sergipe.

2.1 Extrações do Óleo

A extração do óleo das sementes de *Moringa oleifera* Lam foi realizada por extração química e por extração mecânica. Na extração química foi utilizado o sistema de extração Soxhlet com o solvente etanol, obtendo-se o óleo para a produção do biodiesel e a torta, co-produto utilizado no preparo do extrato. A figura 01 apresenta o processo de extração do óleo das sementes pelo método químico.



Figura 01: Extração da torta de Moringa utilizando

A metodologia para a extração mecânica do óleo da moringa baseou-se no processo de extração por prensa mecânica modelo da TECNAL utilizando-se as sementes de moringa com casca resultando-se na torta como co-produto da produção de biodiesel.

2.2 Preparação dos Extratos Coagulante

Para o preparo dos extratos triturou-se as sementes e tortas de moringa, em seguida pesou-se 1g das seguintes formas: sementes com casca e com óleo, sementes com casca e sem óleo (torta da prensa mecânica e torta química), diluiu-se em 50 mL de solução salina de cloreto de sódio a 1,0 mol/ L para o meio salino e em 50 mL de água destilada para o meio aquoso, agitando a 1000 rpm por 30 minutos em um misturador FISOTOM-712. Por fim, filtrou-se com o auxílio de uma bomba à vácuo TECNAL TE- 058, como mostra a figura 02.



Figura 02: Agitação do extrato coagulante.

2.3 Preparação da Água de Lavagem

A amostra de água de lavagem foi obtida partindo do processo de transesterificação do óleo de mamona utilizando hidróxido de sódio como catalisador e metanol. Findada a reação e separadas as suas fases, biodiesel e glicerina, procedeu-se com a lavagem do biodiesel. O biodiesel gerado na reação foi inserido em um tanque de lavagem onde se acrescentou uma quantidade proporcional de água deionizada levemente acidificada em relação à de biodiesel produzida, com a finalidade de neutralizar o catalisador não reagido, e posteriormente foram submetidos mais dois processos de lavagem com água deionizada em quantidade equivalente a fase esterificada. No processo tradicional de purificação de biodiesel, a cada 01 litro de biodiesel produzido são necessários 03 de litros de água para a lavagem.

2.4 Ensaios de Coagulação/Floculação

Para avaliar a eficiência das sementes e tortas de moringa, foram realizados ensaios de coagulação/Floculação em um *Jar test* modelo Floc Control II. Alguns parâmetros foram fixados durante os ensaios de coagulação/floculação como a concentração salina de 1,0 mol/L, tempo de mistura seguindo os tempos de mistura rápida e lenta, sendo: 2 minutos a rotação de 150 rpm, 1:45 minutos a 100 rpm, 1:45 minutos a 60 rpm, 2 minutos a 30 rpm, 1 minuto a 10 rpm e o tempo de sedimentação de 90 minutos.

Os ensaios de coagulação/floculação consistiram em colocar 1000 mL do efluente de biodiesel nos recipientes do aparelho Jar Test. Em seguida avaliou-se a quantidades ótimas do coagulante a ser utilizado, variando-se de 1,0 a 4,0 mL.

2.5 Análises para caracterização do efluente

Na caracterização da água de lavagem foi analisando o Teor de Óleos e Graxas (TOG) com Teor de Óleos e Graxas (TOG) em torno de 932 ppm, turbidez em numa faixa de 90 NTU, OD%10,9, Ph 2,25 e Potencial de Oxidação e Redução (ORP) de 464,2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tratamento do efluente de biodiesel o preparo do extrato de moringa foi classificado em dois grupos: Sementes com casca e com óleo e Sementes com casca e em óleo (Torta mecânica e Torta química). Primeiramente foi analisado o melhor meio para o preparo desses extratos: meio aquoso e salino(NaCl) , no qual foi avaliado utilizando 3,0mL de extrato por 1 litro de efluente para cada tipo, como exposto na tabela 01.

Tabela 01: Comparativo de Meios de Preparo Relativos à Turbidez e o TOG.

MEIO	TURBIDEZ	TOG
TMA	89,9	164
TMS	89,8	177
SCA	29,4	241
SCS	19,0	59
TQA	90,5	263
TQS	54,1	163

A partir dos dados da tabela acima, foi realizada a quantificação de cada extrato no seu melhor meio de atuação variando-se de 1,0 a 4,0 mL de coagulante por litro de efluente.

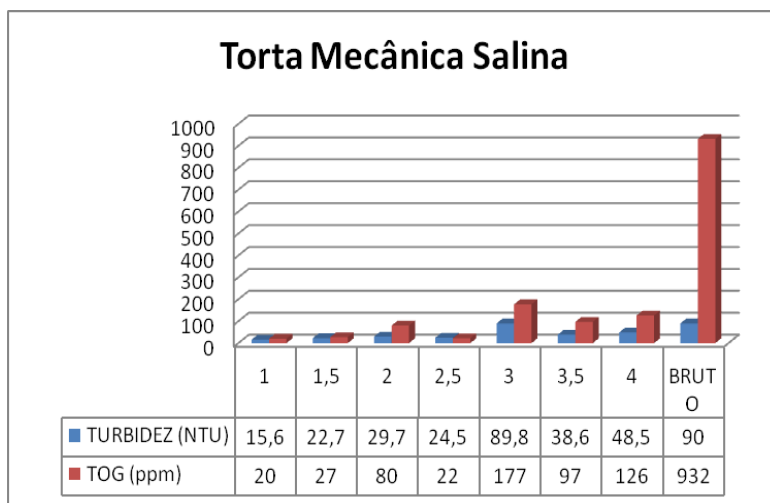


Figura 03: Gráfico de Quantificação da TMS.

De acordo com o gráfico da figura 03, a maior redução em valor de TOG e da turbidez está na faixa entre 1,0 e 2,5 mL para a água de 1ª lavagem estudada neste trabalho. Contudo, a depender da carga orgânica presente no efluente é possível que o valor de melhor atuação do coagulante varie dentro dessa faixa ou ainda que este intervalo seja alterado.

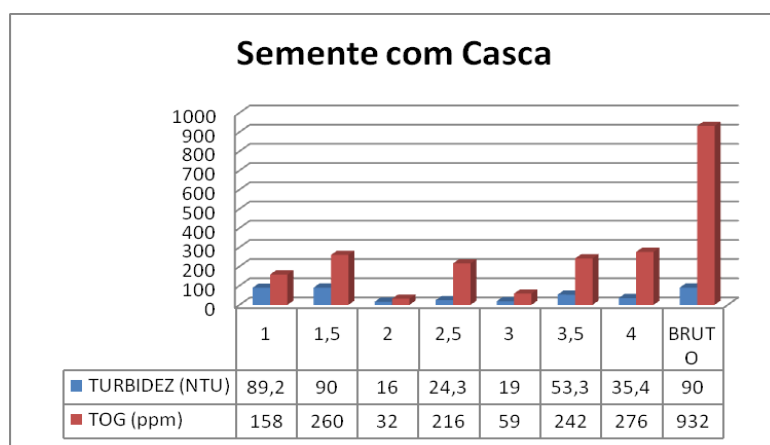


Figura 04: Gráfico da Quantificação da SMS.

Pela figura 04 nota-se que a utilização de 2,0 e 3,0 mL do coagulante gera uma redução satisfatória da turbidez e do TOG em comparativo com as demais quantidades uma vez que o uso de 2,5 mL remete a um ponto fora da linearidade.

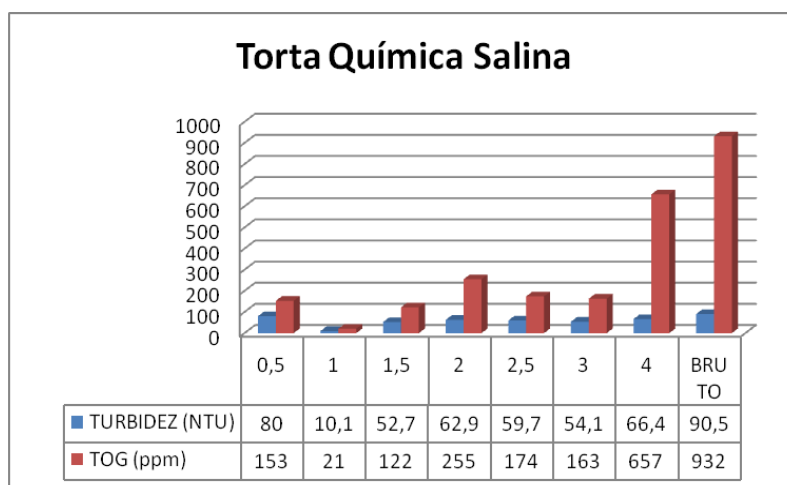


Figura 05: Gráfico da Quantificação da Torta Química Salina.

Baseado nos valores da figura 05 é perceptível que a quantidade de 1,0 mL obteve os melhores resultados comparado às demais quantidades em estudo.

A partir da análise dos dados de quantificação, torna-se possível estabelecer o melhor extrato para o tratamento para o efluente de biodiesel de acordo com os parâmetros de turbidez e TOG. No comparativo das figuras 06 e 07, observa-se que 1,0 mL do coagulante em meio salino preparado a partir de torta química apresenta uma significativa redução. Sendo que a moringa mostrou-se eficiente no tratamento de TOG alto, turbidez moderada e elevada carga orgânica, apresentando aspecto de mistura totalmente homogênea .

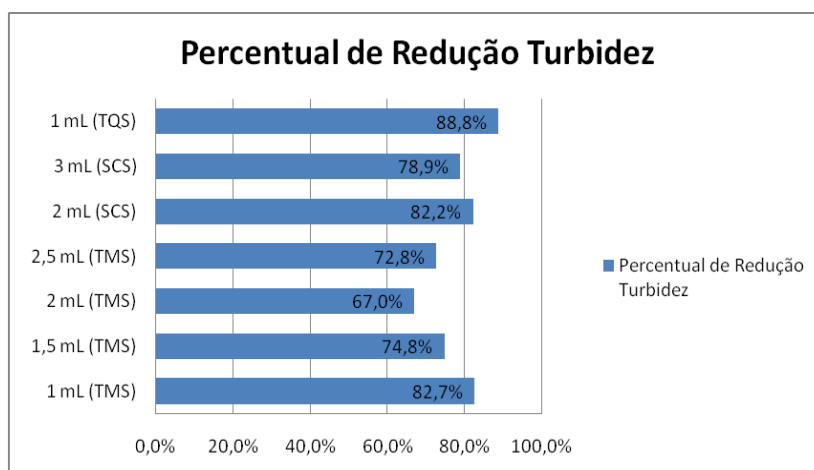


Figura 06: Gráfico de Percentual de Redução da Turbidez.

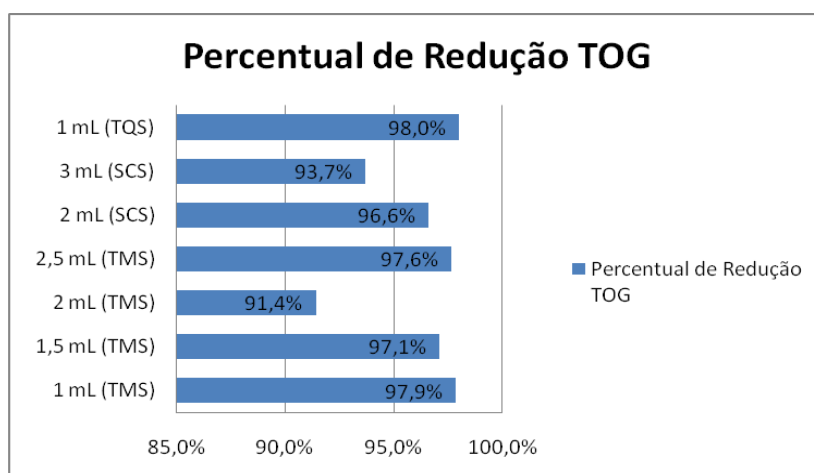


Figura 07: Gráfico de Percentual de Redução do TOG.

De acordo com a figura 08 no qual é possível verificar o resultado visual do tratamento, no qual foi utilizado somente o extrato de moringa obtendo-se resultados satisfatórios pelo processo de coagulação/floculação sem adição de nenhum processo físico.

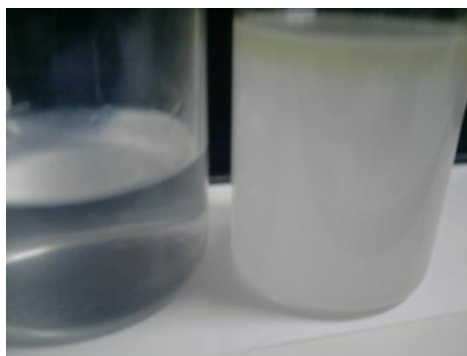


Figura 08: Comparativo de Efluente Bruto e Tratado.

A partir do aparelho da marca HANNA modelo HI 9828 multiparameter o efluente de biodiesel foi analisado em outros parâmetros além da turbidez e TOG. A partir da tabela 02 pode-se observar que a maioria dos parâmetros tornou-se invariantes.

Tabela 02: Análise Complementar de Parâmetros do Efluente.

Amostra	pH	pH mV	ORP	OD %	$\mu\text{S/cm}$	$\mu\text{S/cm A}$	MOhm-cm	SDT ppm	Salinidade
Bruto	2,25	253,0	464,2	10,9	1679	1633	0,0006	839	0,85
TMS 1,0 mL	2,16	258,0	507,4	12,5	1759	1705	0,0006	880	0,89
TMS1,5 mL	2,14	259,0	496,1	12,2	1815	1763	0,0006	907	0,92
TMS 2,0 mL	2,13	259,6	454,5	12,4	1893	1846	0,0005	946	0,96
TMS 2,5 mL	2,13	259,6	439,0	12,5	1928	1875	0,0005	964	0,98
TMS 3,0 mL	2,13	259,5	408,6	12,5	2034	1981	0,0005	1017	1,04
TMS 3,5 mL	2,15	258,7	429,1	12,5	2040	1995	0,0005	1020	1,04
TMS 4,0 mL	2,17	258,0	446,3	12,5	1689	1653	0,0006	844	0,85
TQA 3,0 mL	2,17	258,2	416,7	12,6	1920	1892	0,0005	960	0,98
SCA 3,0 mL	2,15	259,0	439,8	12,7	1811	1787	0,0006	906	0,92
SCS 1,0 mL	2,16	258,7	448,8	12,5	1752	1731	0,0006	876	0,89
SCS 1,5 mL	2,14	259,4	450,1	12,8	1863	1834	0,0005	932	0,94
SCS 2,0 mL	2,15	259,7	429,5	12,3	1906	1896	0,0005	953	0,97
SCS 2,5 mL	2,14	259,6	425,1	12,8	1953	1925	0,0005	976	0,99
SCS 3,0 mL	2,15	259,4	397,5	12,7	2053	2027	0,0005	1027	1,05
SCS 3,5 mL	2,15	259,4	389,6	12,8	2014	2002	0,0005	1007	1,02
SCS 4,0 mL	2,18	257,7	408,6	12,7	1999	1984	0,0005	999	1,02
TMA 3,0 mL	2,18	257,9	422,4	12,7	1631	1619	0,0006	816	0,82
TQS 1,0 mL	2,46	242,6	398,3	12,5	1649	1632	0,0006	825	0,83
TQS 2,5 mL	2,35	248,7	404,2	12,9	1921	1902	0,0005	960	0,98

A tabela 02 descreve os valores dos parâmetros analisados após o tratamento das amostras do efluente de forma complementar. A não alteração do valor do pH é de grande valia para o processo contribuindo para um melhor controle de corrosão de tubulações e equipamentos em geral, mostrando que a moringa realmente não altera a variação de pH e podendo ser ajustado com adição de produtos químicos. A convergência de valores para o potencial de redox, que é um parâmetro de controle importante no tratamento das águas e efluentes, em que um oxidante (como o cloro) é adicionado à água para eliminar substâncias contaminantes. Quanto mais elevado é o valor de ORP, mais alto é o poder desinfetante, o ORP está relacionado à concentração total dos oxidantes e ao seu grau de atividade no meio (no pH e temperatura da solução em questão), no estudo com efluente de biodiesel sendo previamente tratado com coagulante de moringa houve um aumento parcial em algumas amostras tratadas, o que sugere que as sementes de moringa podem agir como agente desinfetante.

A quantidade de oxigênio dissolvido foi mantida, o que remete a uma facilidade no tratamento da matéria orgânica presente a partir da adição de microrganismos. A condutividade eletrolítica apresenta uma leve flutuação, pode-se acarretá-la ao uso do meio salino para o preparo dos coagulantes e assim uma maior quantidade de íons dispersos no meio. A resistividade elétrica mantém seu valor constante e baixo devido à quantidade de íons

presentes. Os sais dissolvidos totais não apresentam um valor regular para as diferentes amostras, a precipitação deles difere a cada tipo de coagulante utilizado no processo de tratamento. A salinidade difere a cada amostra, pois a quantidade de em mol/L de sal utilizado para o preparo de cada extrato coagulante varia a cada coagulante.

4.CONCLUSÃO

O tratamento do efluente de biodiesel feito por diferentes extratos coagulantes preparados com a semente da *Moringa oleifera* Lam apresenta resultados satisfatórios quanto à redução do TOG, Turbidez e demais parâmetros analisados. No estudo comparativo entre os meios de preparo dos extratos entre salino (NaCl) e aquoso, o meio salino mostrou-se mais eficiente devido a presença das proteínas, na semente de moringa, que são polieletrólitos catiônicos de alto peso molecular, que neutralizam as partículas contidas na água e coagulam os colóides de carga negativa.

BHATIA, S., OTHMAN, Z., AHMAD, A. L. Coagulation-flocculation Process for POME Treatment Using *Moringa oleifera* Seeds Extract: Optimization Studies. Chemical Engineering Journal, v.133, pp. 205-212. 2007.

BORBA, L. R. (2001), Viabilidade do Uso da *Moringa oleifera* Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades. Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Paraíba. 92 f. (Dissertação de Mestrado).

DA SILVA, F. J. A.; DE SOUZA, L.M. M.; MAGALHÃES, S. N. 2003. Uso Potencial de Biopolímeros De origem vegetal na descolorização de efluentes têxtil índigo. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Joinville, SC, Setembro.

GERDES, G. Como Limpar e Tratar Água Suja com Sementes de *Moringa oleifera*. Fortaleza, Centro de Pesquisa e Acessoria - ESPLAR. 1997.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. Environmental Technology, v.17, p.1103-1112, 1996.

CARDOSO, K.C. Estudo do Processo de Coagulação/Floculação por meio da *moringa oleifera* Lam para Obtenção de Água Potável. 2007. 123f. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Maringá- UEM.

NOUREDDINI; Hossein. System and process for producing biodiesel fuel with reduced viscosity and a cloud point below thirty-two (32) degrees Fahrenheit. USPTO Patent Full. Patent no 6.174.501. p. 4-14. 2001.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. Environmental Technology, v. 17, p.1103-1112, 1996.

RICO, T.E.F. *Tratamento de água residuária de curtume com utilização de sementes de moringa (Moringa oleifera L.)* JUL/2010. Boa Vista - RR. Brasil.

DE BONI, L.A.B., GOLDANI, E., MILCHAREK, C.D. SANTOS, F. A. DOS. *Tratamento Físico-Químico da Água de Lavagem Proveniente da Purificação do Biodiesel. Periódico Tchê Química*. Vol. 4 – N. 7 – JAN/2007. Porto Alegre – RS. Brasil.

Karadi, R.V.; Gadge, N. B.; Alagawadi, K. R.; Savadi, R. V. Effect of *Moringa oleifera*

Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 105, p. 306-311, 2006.

MUYBI, S. A.; EVISON, L. M. Moringa oleifera seeds for softening hardwater. 46 Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semi-Árido do Brasil Newcastle: University of Newcastle upon Tyne, 1994.

Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S.; Zagonel, G. F.; Ramos, L. P.; *Quim. Nova* 2000, 23, 531; Lie, H.; Xie, W.; *Catal. Lett.* 2006, 107, 25; Meher, L. C.; Sagar, D. V.; Naik, S. N.; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2006, 10, 248.

Lôbo, I. P.; Ferreira, S. L. C.; Cruz, R. S.; *Quim. Nova* 2009, 32, 1596.