



POTENCIAL DE USO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO, COAGULANTES, FLOCULANTES E ADSORVENTES NO TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES.

Alvaro Alves Martins¹

Rafael Montanhini Soares de Oliveira²

Emerson Adriano Guarda³

RESUMO

O grande crescimento populacional e industrial resultou também no elevado aumento da demanda por água, principalmente potável. Vários estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar os sistemas e métodos de tratamentos já existentes e a redução de impactos ambientais resultantes. Através da maior eficiência nos processos, minimizando as concentrações de produtos químicos utilizados principalmente na coagulação e floculação. Este trabalho busca descrever a eficiência, viabilidade e vantagens, principalmente de cunho ambiental na utilização de coagulantes e floculantes orgânicos no tratamento de água e efluentes em substituição aos convencionais coagulantes inorgânicos, além de relatar as propriedades adsorventes dos coagulantes orgânicos na remoção de íons metálicos. Para tanto foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a utilização, eficiência, aplicabilidade, viabilidade e pontos negativos dos coagulantes e floculantes orgânicos, quitosana, moringa olifeira Lam e tanino, e posterior correlação com os coagulantes e floculantes inorgânicos convencionais, a base de sais de alumínio e ferro.

Palavras-chaves: Coagulantes. Floculantes. Água. Tratamento.

¹ Mestrando em Engenharia Ambiental, UFT. a.uft@hotmail.com.

² Doutor em Engenharia Química, UTFPR/ professor. rafaeloliveira@utfpr.edu.br.

³ Doutor em Química Orgânica, UFT/ professor. emersonprof@uft.edu.br.



COMPOUNDS OF USE POTENTIAL AS ORGANIC, COAGULANTS, FLOCCULANTS And ADSORBENTS IN WATER TREATMENT AND WASTEWATER.

ABSTRACT

The large population and industrial growth also resulted in greatly increased demand for water, especially drinking. Several studies have been performed in order to improve the systems and methods of existing treatments and the reduction of environmental impacts. Through increased process efficiency, minimizing the concentrations of chemicals used primarily in coagulation and flocculation. This paper seeks to describe the efficiency, viability and advantages, mainly addressing environmental issues in the use of coagulants and organic flocculants in water treatment and wastewater replacing the conventional inorganic coagulants, in addition to reporting the adsorbent properties of organic coagulants in removing metal ions. To do a literature review on the use, effectiveness, applicability, feasibility and negatives of coagulants and organic flocculants, chitosan, moringa olifeira Lam and tannin, and subsequent correlation with conventional inorganic coagulants and flocculants was performed, the basis of aluminum salts and iron.

Keywords: Coagulants. Flocculants. Water. Treatment.

COMPUESTOS DE USO POTENCIAL COMO ORGANICOS, COAGULANTES, FLOCULANTES Y ADSORBENTES EN TRATAMIENTO DE AGUAS Y AGUAS RESIDUALES.

RESUMEN

El gran crecimiento demográfico e industrial también resultaron en gran medida el aumento de la demanda de agua, especialmente potable. Varios estudios se han realizado con el fin de mejorar los sistemas y métodos de los tratamientos existentes y la reducción de los impactos ambientales. A través de los procesos más eficientes, reduciendo al mínimo las concentraciones de los productos químicos utilizados principalmente para la coagulación y floculación. Este trabajo intenta describir la eficiencia, la viabilidad y las ventajas, sobre todo de carácter ambiental el uso de floculantes orgánicos y coagulantes para el tratamiento de agua y aguas residuales para reemplazar coagulantes inorgánicos convencionales, y reportar las propiedades coagulantes orgánicos de adsorbentes para la eliminación de iones metálicos. Para este estudio fue una revisión de la literatura sobre el uso, la eficiencia, la aplicabilidad, viabilidad y los contras de coagulantes y floculantes orgánicos, quitosano, Lam olifeira moringa y taninos, y la correlación posterior con coagulantes y floculantes inorgánica convencional, basado en sales de aluminio y el hierro.

Palabras-clave: coagulantes. Floculantes. Agua. Tratamiento.



Introdução

Usualmente nos processos de tratamento de água e efluentes, sais de alumínio e ferro são os mais utilizados na coagulação e floculação (DI BERNARDO*, 2003). Porém são ambientalmente indesejáveis, devido à contaminação que causam (VAZ, *et al.*, 2010).

Uma solução proeminente é a utilização de compostos orgânicos ou naturais, em substituição aos inorgânicos. Dentre eles, a quitosana, *moringa olifeira Lam*, e taninos, têm demonstrado ser uma opção econômica e ecologicamente correta para os tratamentos de água, efluentes, águas residuárias e até mesmo como bioadsorventes na remoção de íons metálicos. Estes compostos, são abundantes, biodegradáveis, não tóxicos, com baixo índice de formação de lodo e de baixo custo, características que se sobrepõem aos coagulantes inorgânicos.

Esse estudo, correlaciona, a eficiência, as vantagens ambientais e viabilidade da utilização da quitosana, *moringa olifeira Lam* e taninos, como coagulantes, floculantes naturais e biosorventes no tratamento de água, efluentes e adsorção para remoção de íons metálicos em relação aos coagulantes inorgânicos comumente utilizados.

Coagulantes inorgânicos - Sais de Alumínio e Ferro

Sais de Alumínio e Ferro (sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico e hidróxi-cloreto de alumínio - HCA ou PAC), são citados, como os mais utilizados em processos de coagulação e floculação (DI BERNARDO*, 2003), isso se deve ao seu comprovado grau de eficiência na remoção de impurezas em tratamentos de água e efluentes e ao seu baixo custo, porém são ambientalmente indesejáveis, pois os lodos produzidos podem disponibilizar íons solúveis que comprometem de modo significativo a saúde humana e o meio ambiente (VAZ, *et al.*, 2010).



Sais de alumínio são agentes inorgânicos não biodegradáveis que acrescentam elementos químicos à água ou ao lodo. E como principal dificuldade de sua utilização, destaca-se o complexo manuseio do lodo inorgânico gerado, em função do volume elevado e do alto teor de umidade (VAZ, *et al.*, 2010).

O alumínio é considerado um elemento inerte para o corpo humano. No entanto, a inalação prolongada de particulados de alumínio pode causar irritações pulmonares e fibroses (LEMOS, *et al.*, 2008). Náusea, vômito, diarreia, dor epigástrica, ânsia, gastroenterite hemorrágica e colapso circulatório, também são correlacionados. Suspeita-se ainda da ligação do sulfato de alumínio com o desenvolvimento da doença de Alzheimer (CARVALHO, 2008).

Os sais de ferro, também são muito utilizados como agentes coagulantes para tratamento de água e efluentes; reagem neutralizando cargas negativas dos colóides e proporcionando a formação de hidróxidos insolúveis de ferro, e devido à baixa solubilidade dos hidróxidos férricos formados, eles agem sobre ampla faixa de pH (PAVANELLI, 2001).

No processo com sais de ferro, a formação de floco é mais rápida do que as com sais de alumínio devido ao seu alto peso molecular, contudo sais de ferro ainda podem apresentar caráter ácido, corrosivo e acentuado índice de formação de lodo, causando graves prejuízos ao meio ambiente por sua utilização. (PAVANELLI, 2001; VAZ, *et al.*, 2010).

A coagulação, com sais de alumínio e ferro, a princípio, é essencialmente química, que consiste nas reações do coagulante com a água. Essas reações formam espécies hidrolisadas de cargas positivas que dependem da concentração do metal presente, da temperatura, da quantidade de impurezas e do pH final da mistura. Posteriormente ao processo químico, ocorre o processo físico, com o transporte dessas espécies hidrolisadas para o contato com as impurezas presentes na água gerando flocos, que são mais facilmente removidos por outros processos como decantação e filtração (DI BERNARDO, 1993).

Outro artifício utilizado, são os auxiliares de coagulação, que potencializam as reações de coagulação e a formação de flocos. Esses auxiliares podem ser,



sintéticos, naturais, catiônicos, aniônicos e não iônicos, havendo diferentes marcas no mercado brasileiro. O emprego desses produtos pode possibilitar vantagens como aumentar a duração da carreira de filtração, reduzir os gastos com produtos químicos em comparação à utilização apenas de coagulante primário, diminuir o volume de lodo gerado e aumentar a eficiência de remoção de cor, turbidez ou carbono orgânico total da água (DI BERNARDO**, *et al.*, 2003).

Coagulantes Orgânicos

Em paralelo aos tratamentos convencionais que utilizam floculantes inorgânicos, tanto para a redução de matéria orgânica (DBO) em água potável como para águas residuárias, tem-se a ascensão de pesquisas pela utilização de produtos orgânicos ou naturais como floculantes/coagulantes, produtos estes que contribuem de maneira significativa para a preservação não só do compartimento água mais também dos compartimentos solos e ar.

Dentre os compostos orgânicos com propriedades coagulantes, floculantes e adsorventes os que apresentam as mais eficientes características são a quitosana, sementes de moringa olifeira *Lam* e os taninos (VAZ, *et al.*, 2010).

Quitosana

A quitosana é um polisacarídeo, policatiônico que possui um grupo amino e dois grupos hidroxila na repetição glucosídica que pode ser encontrado em alguns microorganismos. A maneira mais utilizada para sua obtenção é através da desacetilação da quitina em meio alcalino. Sua estrutura química é constituída de unidades de 2-amino-2-desoxi-D-glicopiranosose e 2-acetamida-2-desoxi-D-glicopiranosose interligadas por ligações glicosídicas β -(1→4) (KUMAR; MAJETI, 2000).

Polisacarídeos são caracterizados principalmente pela sua biodegradabilidade, biocompatibilidade e abundância. Em função disso, existem estudos sobre a aplicação da quitosana em varias áreas, como citado por Silva, *et al.*, (2008) que



relata a utilização de catalisadores de Cu (II) e Co (II) adsorvidos em quitosana usados na transesterificação de óleos de soja e de babaçu na produção de biodiesel.

No campo farmacêutico, reações de modificação química da quitosana, como desacetilação, N-acetilação, acilação, O-acetilação, O- e N-ftalação, O-carboximetilação, oxidação, entre outras, têm sido bastante estudadas, de forma a preparar produtos com características bem específicas para determinadas aplicações farmacêuticas (GARCIA, *et al.*, 2008). A presença de grupos amino na estrutura da quitosana, a diferencia da quitina e dá a esse biopolímero propriedades bem peculiares. A **Figura 1** apresenta a obtenção da quitosana através da desacetilação da quitina.

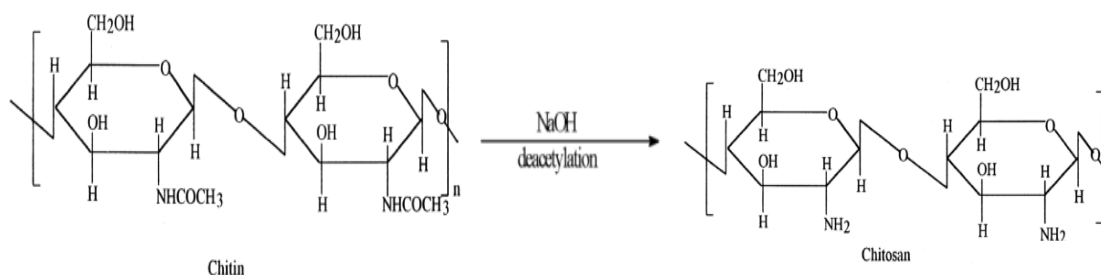


Figura 1 – Estrutura da quitina; após desacetilação tem-se a quitosana (KUMAR; MAJETI, 2000).

Para que a quitosana seja eficiente como coagulante e floculante, é necessário a priori, sua diluição em meio ácido, permitindo assim aumentar sua reatividade para ligações, devido à maior acessibilidade e melhor disponibilidade de grupos amina, em comparação ao uso em estado sólido (GUIBAL; ROUSSY, 2007).

A quitosana tem sido muito utilizada no tratamento de água, devido a capacidade de complexar e solidificar diferentes poluentes solúveis em água. As macromoléculas catiónicas carregadas positivamente podem desestabilizar a suspensão coloidal negativa, formando pontes (complexos de grande peso molecular) pela neutralização das cargas, reduzindo dessa forma os sólidos suspensos (SS), demanda bioquímica de oxigênios (DBO) e a turbidez. E no final do processo o lodo resultante pode ser ainda eliminado no meio ambiente, causando menor impacto do que lodo derivado de sistemas comuns com coagulantes à base de metais



(RENAULT, *et al.*, 2009). Chi e Cheng, (2006) relatam também que a lama ou lodo de um processo de coagulação por biopolímeros pode ser utilizado diretamente como um suplemento alimentar.

Uma propriedade relevante que caracteriza a quitosana e seus derivados é a capacidade de adsorção de íons metálicos. E para um processo mais eficiente de adsorção, o parâmetro mais importante segundo Chaves, *et al.*, (2009), Devi, *et al.*, (2012) e Sahfaei, *et al.*, (2007) é o pH inicial da solução, pois, esse, interfere de maneira significativa nos índices de protonação dos grupos amina, responsáveis pelas características adsorventes da quitosana.

Os metais, sempre foram um problema no contexto de poluentes ambientais devido a sua baixa biodegradabilidade e elevado índice de toxicidade. Mercúrio e arsênio, por exemplo, apresentam alta toxicidade para os organismos vivos, mesmo em concentrações de traços (PPB), por isso é necessário a total eliminação dos mesmos em resíduos que serão descartados.

Com base nessas características, existem pesquisas como a de Sahfaei, *et al.*, (2007) cujo enfoque foi à remoção de íons mercúrio por adsorção utilizando a quitosana. Santos, *et al.*, (2011) utilizou um complexo de Ferro – Quitosana reticulado na remoção de Arsênio (III) por adsorção em meio aquático. Ambos obtiveram resultados que confirmam a eficácia da quitosana como adsorvente na remoção de metais.

Outra aplicação dada a quitosana é a remoção de corantes em águas residuárias de indústrias, principalmente têxteis. Chaves, *et al.*, (2009), avaliaram a capacidade adsorvente da quitosana em relação ao corante violeta 5R Remazol, em meio aquoso, que é geralmente utilizado na indústria têxtil. Foi avaliado a interferência do pH do meio, cinética da reação de adsorção e parâmetros termodinâmicos. Concluindo desta forma que a quitosana é um polímero com grande capacidade adsorvente e de baixo custo para remoção de poluentes ambientais, especialmente os corantes presentes em águas residuais.

Devi, *et al.*, (2012) utilizaram a quitosana no tratamento de efluentes contaminados com óleo vegetal proveniente de produção industrial. Os parâmetros



considerados para o estudo foram, turbidez, demanda química de oxigênio, sólidos suspensos totais e condutividade elétrica. E seus resultados, mostraram que a quitosana pode remover a maioria das suspensões coloidais, orgânicas e cor do efluente, com eficiência de remoção ótima em pH 4,0, demonstrando ser muito eficaz como coagulante/foculantes para esse tipo de tratamento.

Pesquisas sobre a eficiência de floculação de coagulantes e floculantes orgânicos em relação aos inorgânicos (cloreto férrico e sulfato de alumínio) para a remoção de cor e turbidez em efluentes de processos de galvanoplastia são citados por Vaz, *et al.*, (2010) e segundo os autores, o agente quitosana apresentou-se como o mais promissor coagulante e floculante para o tratamento desse tipo de efluente, devido a índices de remoção dos parâmetros analisados, além da baixa toxicidade e biodegradabilidade.

A eficiência de coagulação da quitosana foi avaliada também na remoção de turbidez da água do mar, utilizada em processo de dessalinização, como proposta de substituição de coagulantes inorgânicos. Enquanto a maioria das pesquisas enfatiza o uso de quitosana em meio ácido ou neutro, os testes demonstraram efetividade em pH alcalino. A maior eficiência de remoção de turvação foi obtido em pH inicial de 8,1. A eficiência de remoção de turvação de quitosano foi dada como maior do que o sulfato ferroso e comparáveis ao do alúmen (ALTAHER, 2012).

Com o objetivo de desenvolver um material mais versátil para o tratamento de água Xie, *et al.*, (2013) sintetizaram uma zeólita a partir de cinzas de carvão (ZFA) e posteriormente a modificaram com quitosana, obtendo a zeólita modificada com quitosana (CMZFA), com a finalidade de sequestro catiônico (amônio), aniônico (fosfato) e orgânico (ácidos húmicos) dos poluentes da água, obtendo como resultados, alta eficiência por parte do CMZFA.

Considerando os trabalhos realizados pelos autores, Silva, *et al.*, (2008), Garcia, *et al.*, (2008), Sahfaei *et al.*, (2007), Santos *et al.*, (2011), Chaves *et al.*, (2009), Devi, *et al.*, (2012), Xie, *et al.*, (2013), Guibal e Roussy, (2007), Renault, *et al.*, (2009), Chi e Cheng, (2006), Vaz, *et al.*, (2010), e Altaher, (2012) é possível afirmar que a quitosana pode ser utilizada, nas mais diversas aplicações e em múltiplas áreas, com



destaque para característica de coagulação, formação de complexos e adsorção de íons metálicos. Além dessas características é um produto de considerável eficiência, biodegradável, não-tóxico e de baixo custo.

Moringa Olifeira *Lam*

A moringa olifeira *Lam* é uma planta da família das *Moringaceae*s, com cerca de quatorze espécies entre árvores e arbustos (ANWAR, *et al.*, 2007). Originária da Índia, é facilmente encontrada nas regiões tropicais, devido a sua capacidade de adaptação em países de clima quente (ZAYED, 2012).

A espécie chegou ao Brasil, por volta de 1950, como planta ornamental, mais devido as suas características nutricionais e não tóxicas para seres humanos e animais, tem sido cultivada para fins alimentícios e farmacêuticos (BARRETO, *et al.*, 2009).

É uma planta com alto valor nutritivo, muito rica em proteínas, aminoácidos, além de adequada ao consumo humano e animal. Por este motivo tem grande aplicação nas áreas, industriais e medicinais (ZAYED, 2012).

Um estudo fitoquímico realizado por Barreto, *et al.*, (2009) caracterizou os principais constituintes químicos voláteis e não voláteis nas folhas, frutos, casca e flores da moringa olifeira *Lam*. No extrato etanólico das folhas foi realizado o isolamento dos derivados benzilnitrilas niazirina, niazirinina e 4-hidroxifenil-acetonitrila, enquanto que das cascas dos frutos somente o octacosano foi obtido.

Os óleos essenciais das folhas, flores e frutos foram analisados e os principais componentes identificados foram: fitol (21,6%) e timol (9,6%) nas folhas, octadecano (27,4%) e ácido hexadecanóico (18,4%) nas flores e docosano (32,7%) e tetracosano (24,0%) nos frutos. A 4-hidroxifenil-acetonitrila foi citada pela primeira vez para o gênero moringa bem com óleos essenciais das flores e frutos (BARRETO, *et al.*, 2009).

É grande a gama de aplicações da moringa olifeira *Lam* nas mais diferentes áreas. Algumas delas, despertam interesse devido a sua conotação ambiental, como no caso das propriedades de coagulação, adsorção de íons metálicos, ação



bactericida das sementes, utilizadas no tratamento de águas (MONACO, *et al.*, 2010), além de serem fontes para a obtenção de óleo (SHARMA, *et al.*, 2009). Amaral *et al.*, (2006) no entanto, descrevem que, o emprego de sementes de moringa, como coagulante e bactericida no tratamento de águas sem a radiação solar, não apresenta eficiência na remoção de patógenos, principalmente do tipo *E. Coli*.

No tratamento de águas contaminadas por íons metálicos, Gupta, *et al.*, (2007) relatam a utilização das propriedades de adsorção das sementes de *Moringa* na remoção de arsênio em pessoas contaminadas pela ingestão de águas subterrâneas em Bengala Ocidental, na Índia. Cerca de 6 milhões de pessoas endemicamente foram expostos ao arsênico inorgânico por beberem água subterrânea altamente contaminada através de poços tubulares de bombeamento manual. E para comprovar a ação concomitante das sementes de moringa na remediação do arsênio, foram contaminados camundongos com arsênio induzido por stresse oxidativo. O resultado evidencia o papel benéfico da *Moringa* na proteção de animais contra os efeitos tóxicos do arsênio e na redução da absorção do mesmo por organismos vivos devido a fatores bioquímicos. Há relatos também da utilização das sementes na remoção de cádmio em águas contaminadas (MENEGHEL, *et al.*, 2013).

A utilização de sementes de moringa olifeira *Lam* como coagulante em processos de tratamento de águas é um tema de alto valor científico e econômico, devido a origem de obtenção, preço baixo, abundância, biodegradabilidade, potencial de coagulação, adsorção e propriedades antimicrobianas (SIVAKUMAR, 2013). Além de bastante estudado também para o tratamento de águas turvas (MONACO, *et al.*, 2010).

Ndabigengesere, *et al.*, (1998) relatam que, para a coagulação, as sementes possuem, proteínas catiônicas diméricas de peso molecular aproximadamente igual a 13 quilodaltons (kDa), com um ponto isoelétrico entre 10 e 11, que desestabilizam as partículas contidas na água e através de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação (NDABIGENGESERE, *et al.*, 1995; FINK, 1984).



Sementes de moringa olifeira *Lam*, podem ser utilizadas como coagulantes no tratamento de água para consumo humano, porém apresentam os seguintes problemas: aumento da carga orgânica causando cor, odor e sabor a água; e a matéria orgânica pode consumir o cloro adicionado à estação de tratamento, atuando como precursor de trihalometanos durante o processo de desinfecção. Portanto é sugerida sua utilização no tratamento de água, após a purificação das proteínas catiônicas ativas (NDABIGENGESERE, *et al.*, 1998).

Outra aplicação da moringa olifeira *Lam* foi a avaliação da farinha de semente como um agente de coagulação/floculação para o potencial de produção de biodiesel de microalgas realizada por Teixeira, *et al.*, (2012). O autor afirma uma eficiência considerável em relação a outros coagulantes naturais, com bom tempo de sedimentação sendo forte candidato como biofloculante para células de *Chlorella Vulgaris* na produção de biodiesel.

A utilização das sementes com a finalidade de remoção da DQO (demanda química de oxigênio) e STD (sólidos totais dissolvidos) no tratamento de efluentes urbanos, também foi pesquisado por Sivakumar (2013). Seus resultados demonstraram que, o melhor potencial de remoção se deu em pH 7,0 e temperatura de 318 K, com eficiência de remoção de DQO e STD de 82 a 84%, indicando que a moringa, na remoção de DQO e STD, em efluentes urbanos, parece ser um solução alternativa e bastante econômica em relação a outros métodos convencionais.

Taninos

Taninos são compostos polifenólicos sendo o segundo grupo de fenóis mais abundantes da natureza, com estrutura semelhante a dos flavonóides. De origem natural, são encontrados em algumas espécies de plantas. Tem como característica a capacidade de formação de complexos fortes com macromoléculas (proteínas, celulose e amido, etc) e sais minerais, causando sua precipitação. Nas plantas que os produzem desenvolvem importantes atividades biológicas, agindo como defesa



contra doenças causadas por fungos, bactérias e vírus e protegendo os tecidos do ataque de insetos e herbívoros (DURÁN, *et al.*, 2010).

Comumente, os taninos são classificados em duas grandes classes: taninos condensados e taninos hidrolisáveis (BARBEHENN; CONSTABEL, 2011), conforme **Figura 2**. Atualmente, é também aceito a divisão em quatro grupos: galotaninos, elagitaninos, taninos complexos e taninos condensados (DURÁN, *et al.*, 2010).

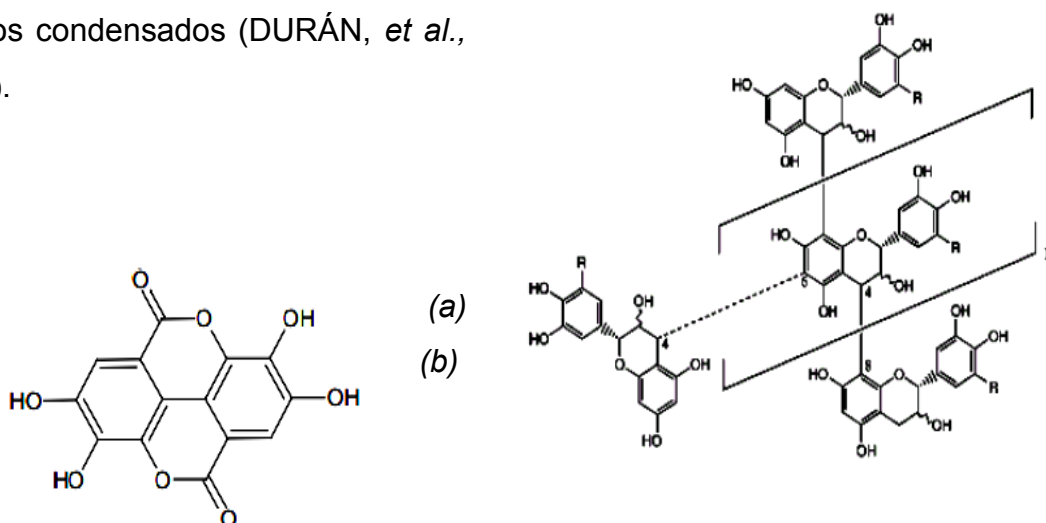


Figura 2 – (a) Tanino hidrolisável – estrutura química do ácido elágico (ATONIO, *et al.*, 2010). - (b) Tanino condensado – estrutura química da proantocianidina flavonóide polimerizado (CARNEIRO, *et al.*, 2009).

As principais plantas taníferas encontradas no Brasil são: acácia-negra ou mimosa (*Acacia mearnsii*); barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*); aroeira (*Lithraea molleoides*); mangue vermelho (*Rhizophora mangle*); quebracho (*Schinopsis lorentzii*); goiabeira (*Psidium guajava* Raddi); murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich); pinheiro (*Araucaria angustifolia*); eucalipto (*Eucalyptus* sp.); angico vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e outras (CARNEIRO, *et al.*, 2009).

Devido as suas características químicas, os taninos tem sido utilizados há anos, em diversas aplicações como relatado por Barbehenn e Constabel, (2011), que descreveram suas utilizações como agentes de ligação protéica, antioxidante, prooxidante, toxinas e seus efeitos sobre os herbívoros na escolha dos alimentos. Pelo fato de interagir com proteínas, Durán, *et al.*, (2010) evidenciaram o uso de



taninos por milhares de anos como agentes de bronzeamento. Kadokawa, *et al.*, (2008) descrevem a preparação de um gel a base de tanino, compatível com outros polímeros naturais na produção de materiais compósitos.

Lima, *et al.*, (1998) descrevem, o efeito adsorvente de taninos extraídos da planta *Eucalyptus Saligna* imobilizado em celulose para remoção de Cromo (VI) em água natural. Segundo o autor a resina tanino celulósica, demonstrou alta capacidade de remoção de Cromo (VI), principalmente em águas salinas onde a seletividade aumenta.

A eficiência das propriedades adsorventes dos taninos para íons metálicos, também foram pesquisadas por Torres, *et al.*, (1999) para o mercúrio (II) e o metilmercúrio (CH_3Hg). Foi concluído que a adsorção de ambas as espécies dependem do pH, e em solução com altas concentrações de cloreto (Cl^{-1}) a eficiência da adsorção diminui.

Já as propriedades coagulantes e floculantes de compostos orgânicos são conhecidas e estudadas a décadas como relata Wang, *et al.*, (1978). Em seu trabalho o autor descreveu as capacidades de interação, coagulação, aglomeração, flotação, e formação de polieletrólitos catiônicos dos compostos, utilizados principalmente no tratamento de água.

No processo de coagulação os taninos atuam em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e como consequência sua sedimentação (BONGIOVANI, *et al.* (2010); GRAHAM, *et al.*, 2008).

Como a coagulação é um processo muito importante na obtenção de água potável, são bem vindas, todas as formas de tecnologias ou inovações que possam agregar benefícios e valores a esse processo. Bongiovani, *et al.*, (2010) fazem em seu trabalho uma descrição e avaliação dos benefícios da obtenção de água potável a partir de coagulantes naturais, utilizando taninos como coagulante. Constatando que a utilização de coagulantes orgânicos biodegradáveis é, portanto, uma alternativa técnica aos coagulantes convencionais, possuindo benefícios a saúde pública além da preservação ambiental.



Com base nos autores, Lima, *et al.*, (1998), Nakajima e Sakaguchi (1999), Torres, *et al.*, (1999), Zeng, *et al.*, (2009), Santana, *et al.*, (2002), Wang, *et al.*, (1978), Bongiovani, *et al.*, (2010), Graham, *et al.*, (2008), Heredia e Martín, (2009) e Heredia, *et al.*, (2011), os taninos apresentam alta eficiência na remoção de íons metálicos das mais variadas espécies inclusive na recuperação dos mesmos por adsorção, e grande aplicabilidade como agente de coagulação/floculação no tratamento de águas turvas, efluentes urbano e corantes, com características de interação, biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo custo integrado.

Conclusões

Após a pesquisa foi constatado os seguintes pontos a respeito da quitosana, moringa olifeira *Lam* e os taninos. E em seguida sua correlação com coagulantes inorgânicos convencionais (sais de Alumínio e Ferro).

A quitosana é um polissacarídeo, policatiônico que apresenta uma ampla diversidade de aplicações nas mais diversas áreas. Sendo utilizada como suporte para catalizadores em processos de produção de biodiesel; como fonte de vários produtos na área farmacêutica; como adsorvente na remoção de íons metálicos contaminantes como mercúrio(Hg) e arsênio (As); na remoção de óleos em águas residuárias; e com destaque para suas propriedades coagulantes, apresentando capacidade de solidificar e complexar diferentes poluentes solúveis em água, até mesmo na água do mar, atuando também como coagulantes que apresentam grande interação e flexibilidade podendo ser modificado como é o caso das zeólitas modificadas com quitosana, utilizadas também em processos de coagulação.

A moringa olifeira *Lam*, chegou ao Brasil como planta ornamental, mais logo suas propriedades despertaram outros interesses, com aplicações em diversas áreas como, nutrição tanto humana quanto animal, na farmacologia, na remoção de íons metálicos, como agentes bactericidas, dentre outras. Na remoção de íons metálicos, foram avaliadas as sementes e as cascas e ambas apresentaram eficiência em tal aplicação. Mais como no caso da quitosana a principal função das sementes de



moringa foi na coagulação. Onde apresentaram potencial eficiência, porém observou-se alguns problemas como o aumento de matéria orgânica, cor e odor na água, além de poder consumir cloro e gerar trihalometanos, substância de caráter tóxico.

Os taninos, compostos polifenólicos muito abundantes na natureza, que são obtidos a partir de certas plantas. Sendo amplamente utilizados, como agentes de ligação protéica, antioxidante, prooxidante, toxinas, como agente bronzeador, na produção de materiais compósitos, adsorventes na remoção de íons metálicos e finalmente como coagulantes de grande eficiência, comercializado atualmente no mercado brasileiro em várias marcas.

Coagulantes inorgânicos convencionais (sais de Al e Fe), tem sua eficiência como agentes de coagulação e floculação comprovada por diversos autores, além de apresentarem uma viabilidade econômica relevante. Porém no que se refere a questão ambiental os mesmos apresentam características que são bastante prejudiciais ao meio ambiente quanto a saúde humana e não demonstram propriedades adsorventes constatadas. Um exemplo disso, são os elevados índices de formação de lodos, baixa biodegradabilidade e acentuada toxicidade.

O alumínio, por exemplo, a inalação prolongada de suas particuladas pode causar irritações pulmonares, fibroses, náuseas, vômito, diarreia, dor epigástrica, ansia, gastroenterite hemorrágica e colapso circulatório e suspeita-se ainda da ligação do sulfato de alumínio com o desenvolvimento da doença de Alzheimer. Os sais de ferro podem apresentar caráter ácido e corrosivo que também são nocivos ao meio.

Após todas as afirmações é possível determinar a grande importância dos coagulantes/floculantes orgânicos (naturais), em substituição aos inorgânicos como coagulantes no tratamento de água, efluentes, águas residuárias além de eficientes adsorventes na remoção de íons metálicos.

Referências

ALTAHER, H. The use of chitosan as a coagulant in the pre-treatment of turbid sea water. **Journal of Hazardous Materials**, p. 233 – 234, n. 97– 102. 2012.



ATONIO, F. V.C., POMPA, S. S., VÁZQUEZ, G. M., AGUILERA, A., AGULILAR, R. R., AGUILAR, C. N. PROPIEDADES QUÍMICAS E INDUSTRIALES DEL ÁCIDO ELÁGICO. **AQM - Acta Química Mexicana** - Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila, Año 2, No. 3. 2010.

AMARAL, L. A., JUNIOR O. D. R., BARROS, L. S. S., LORENSON, C. S., NUNES, A.P. TRATAMENTO ALTERNATIVO DA ÁGUA UTILIZANDO EXTRATO DE SEMENTE DE *MORINGA OLEIFERA* E RADIAÇÃO SOLAR. **Arq. Inst. Biol., São Paulo**, v.73, n.3, p.287-293, jul/set 2006.

ANWAR, F., LATIF, S., ASHRAF, M., GILANI, AH. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytoter Res.**, v. 21: v. 17-25. 2007.

BAEZA, A., FERNÁNDEZ, M., HERRANZ, M., LEGARDA, F., MIRÓ, C., SALAS, A. REMOVING URANIUM AND RADIUM FROM A NATURALWATER. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 173, n. 57 – 69. 2006.

BARBEHENN, R. V., CONSTABEL, C. P. Tannins in plant–herbivore interactions. **Phytochemistry**, v. 72, n. 1551–1565. 2011.

BARRETO, M. B., FREITAS, J. V. B., SILVEIRA, E. R., BEZERRA, A. M. E., NUNES, E. P., GRANOSA, N. V. Constituintes químicos voláteis e não-voláteis de *Moringa oleifera* Lam, Moringaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia. Brazilian Journal of Pharmacognosy** v. 19(4): n. 893-897, Out./Dez. 2009.

BONGIOVANI, M. C., MORAES, L. C. K., BERGAMASCO, R., LOURENÇO, B. S. S. e TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2 p. 167-170. 2010.

BONIOLO, M. R., YAMAURA, M. e MONTEIRO, R. A.. BIOMASSA RESIDUAL PARA REMOÇÃO DE ÍONS URANILO. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 3, p.547-551, 2010.

CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., FREDERICO, P. G. U., CARVALHO, A. M. M. L. e VIDAURRE, G. B. PROPRIEDADES DE CHAPAS DE AGLOMERADO FABRICADAS COM ADESIVO TÂNICO DE ANGIKO-VERMELHO (*Anadenanthera peregrina*) E URÉIA-FORMALDEÍDO. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.521-531. 2009.