

Eixo Temático ET-03-007 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

UMA ANÁLISE A CERCA DE COAGULANTES NATURAIS USADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS

Naedja Adrielly Silva dos Santos, Francisco das Chagas de Sousa

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, *Campus* Salgueiro.

RESUMO

Uma parte significativa dos mananciais superficiais utilizados para o abastecimento público está comprometida devido aos mais diversos tipos de poluição. As águas fornecidas à população passam por processos de tratamento, que são operações unitárias, dentre as quais a coagulação, que envolve aplicação de produtos químicos e possibilita remoção de compostos em solução que não podem ser removidos por sedimentação ou filtração. No tratamento dessas águas usa-se quase que exclusivamente coagulantes inorgânicos. Apesar da eficácia dos coagulantes químicos, há desvantagens no uso deles; a ineficácia em baixa temperatura da água, a produção de grande volume de lodos, efeitos prejudiciais sobre a saúde humana. O uso de coagulantes inorgânicos pode resultar em resíduos de metais na água tratada. Os coagulantes orgânicos apresentam uma série de vantagens em relação aos coagulantes tradicionais, já que são biodegradáveis, não-tóxicos, e produzem menor quantidade de lodo. Outra vantagem é a disponibilidade dos mesmos. Há desvantagens, como a vida útil dos mesmos, mas avanços em pesquisas podem contornar essa situação. O presente trabalho objetivou traçar paralelos entre a produtividade dos coagulantes de origem químicos mais usados, e dois coagulantes naturais que têm apresentado grande potencial para aplicação em tratamento de águas. Estes paralelos dizem respeito a efeitos comparativos para propriedades como a cor aparente, a turbidez e o pH. A pesquisa tratada neste trabalho é de natureza qualitativa, se utilizando de informações colhidas em trabalhos acadêmicos específicos da área para fundamentar suas conclusões. A presente pesquisa também se caracteriza como descritiva, por interpretar e expor os resultados, e exploratória, por haver a utilização de dados secundários. A presente pesquisa também se caracteriza como descritiva, por interpretar e expor os resultados, e exploratória, por haver a utilização de dados secundários.

Palavras-chave: Coagulantes químicos; coagulantes orgânicos; tratamento de água.

INTRODUÇÃO

O acesso à água com padrões de qualidade aceitáveis para o consumo humano tem sido ao longo de décadas alvo de muitas pesquisas científicas nas mais diferentes áreas do conhecimento. Isso acontece por que a manutenção da saúde de uma população está diretamente relacionada ao consumo de águas livres de possíveis contaminantes, ou de substâncias que possam propagar esses contaminantes. Efluentes industriais, domésticos e de setores agropecuários são responsáveis por grande parte dos cursos d'água. Dessa forma, temas cruciais, como a qualidade da água e sua reutilização, estão cada vez mais difundidos (SILVA, 2012).

O uso da água pelo setor industrial se dá de várias maneiras, mas em praticamente todos, há geração de efluentes que tem a capacidade de contaminar os cursos d'água. Os principais usos da água são: incorporação ao produto gerado; lavagens de máquinas, equipamentos, tubulações e pisos; águas parassistemas de resfriamento e geradores de vapor para aquecimento; as diversas etapas do processo industrial; esgotos sanitários das indústrias, e outros. Com exceção da água que é incorporada aos produtos e às perdas nos processos de

evaporação, todas as outras águas que passam por algum desses processos são possíveis contaminantes (VON SPERLING, 2005).

Os coagulantes químicos, embora ainda sejam bastante utilizados no tratamento de águas, estão sendo substituídos aos poucos por produtos menos agressivos ao meio ambiente, e que não venham a comprometer a saúde dos indivíduos (FERRARI, 2015). Os processos biológicos estão sendo amplamente empregados em diversos sistemas de tratamento de efluentes, quer seja por meio experimental, quer seja de maneira efetiva, devido à sua maior simplicidade e também os menores custos de operação (RODRIGUES, 2016). A principal vantagem dos coagulantes naturais em relação aos coagulantes químicos tradicionais é a biodegradabilidade, uma vez que apresentam baixa toxicidade e baixa produção de lodos residuais (FERRARI, 2015).

A coagulação consiste num conjunto de processos físicos em conjunto com reações químicas com duração de poucos segundos, que ocorre entre o agente coagulante (geralmente um sal de alumínio ou de ferro) a água e as impurezas presentes a que se deseja remover (SANTOS et. al., 2007). O processo de coagulação ocorre em três etapas:

- i. Formação das espécies hidrolisadas do sal;
- ii. Desestabilização das partículas coloidais e suspensas dispersas na massa líquida;
- iii. Agregação das partículas para formação dos flocos (SANTOS et. al., 2007).

Em outras palavras, Cavalcanti (2009) representa a coagulação como um processo de aglomeração de partículas (finamente divididas ou em estado coloidal) que estão suspensas no líquido. Este processo ocorre com a formação de flocos pela ação do coagulante, geralmente químico que na solução fornece carga iônica oposta às partículas que estão suspensas, de acordo com a Figura 1.

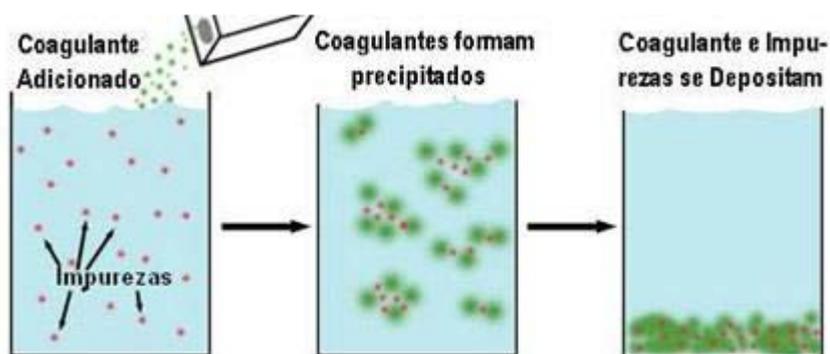


Figura 1. Ação de um coagulante sobre partículas suspensas.

Coagulantes químicos

Os coagulantes químicos são substâncias inorgânicas que apresentam que apresentam polivalência (Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , entre outros) que podem neutralizar possíveis cargas elétricas de partículas suspensas (CAVALCANTI, 2009).

Uma classe de coagulantes químicos muito usados são os sais de ferro. Estes sais neutralizam cargas negativas de colóides e proporcionam a formação de hidróxidos insolúveis de ferro. No processo de coagulação, a formação dos flocos é bem mais rápida por conta do alto peso molecular do ferro em comparação ao alumínio. Dessa forma, os flocos produzidos a partir de sais de ferro são mais densos e o tempo de sedimentação é reduzido (PAVANELLI e BERNARDO, 2002).

O uso de sais de alumínio como coagulante pode ser bastante prejudicial ao ser humano, uma vez que pode não ser totalmente removido da água. É importante observar que o alumínio é uma espécie que não existe no organismo humano. Além disso, o excesso deste elemento nos

recursos hídricos pode prejudicar o desenvolvimento de peixes e algas. Tal fato deve-se à toxicidade deste elemento para alguns organismos, podendo persistir na água tratada ou no lodo gerado pela estação de tratamento (PELEGRINO, 2011). O sulfato de alumínio, por exemplo, que é a substância química mais usada para o tratamento de águas no abastecimento público, comporta-se como um ácido corrosivo. Esse amplo uso deve-se principalmente à relativa economia do material, e à facilidade de manuseio (RICHTER, 2009).

Já por sua vez, o Policloreto de Alumínio (PAC) trata-se de Polímero catiônico desenvolvido no Japão. Este polímero foi criado como uma alternativa e que viria a substituir os coagulantes convencionais. Suas vantagens estão principalmente aceito na maior eficiência e na capacidade de atuar em amplitude maior de pH, quando comparado aos sais de alumínio e de ferro, por isso é muito recomendado para uso em estações de tratamento de água. Apesar dessas vantagens, o PAC apresenta um valor de mercado superior aos coagulantes mais convencionais (PRATI et al., 2005).

Coagulantes naturais

Os taninos são substâncias que apresentam, em vegetais, a função de defesa contra predadores, comumente insetos parasitários. São encontrados tanto em árvores de porte grande, como em árvores de pequeno porte. A madeira dos troncos das árvores é constituída de dois grupos: um dos grupos é formado pela estrutura celular vegetal enquanto o outro grupo é formado de substâncias extraíveis, que são os polifenóis que constituem o subgrupo mais importante e numeroso. Esses polifenóis compreendem os taninos, ligninas e polifenóis simples (LOPES, 2014).

Várias pesquisas científicas e estudos acadêmicos vêm utilizando os taninos vegetais, e exibindo excelentes propriedades coagulantes dessas substâncias. Além disso, estes materiais tem se destacado por não serem tóxicos aos seres humanos e animais (VIVE, 2013). Os principais tipos de taninos encontrados comercialmente são os hidrolisáveis, os galotaninos, os elagitaninos, oligoméricos complexos e taninos condensados (MARTINEZ, 1996). Sendo que estes últimos são os mais utilizados como floculantes por apresentar maior viscosidade que o hidrolisável (LOPES, 2014). Quando taninos são usados no tratamento de águas destinadas ao abastecimento, a concentração deles é baixa, já que há possibilidade de intoxicações. Além disso, uma dosagem maior não necessariamente resultará em floculação ideal. Outro ponto que se deve observar é o fato de taninos condensados serem agentes antimicrobianos (fungicidas, algicidas e antibacterianos) (MARTINEZ, 1996).

O mecanismo dos taninos que os tornam propícios para um coagulante é a formação de quelante, e sua reatividade é dada pela presença de ferro na constituição do polieletrólito que age como transportador de elétrons formando as pontes necessárias para oxidação de outros metais. Um exemplo disso foi o emprego do tanino para inibir a corrosão em caldeiras por depósito de metais em meio alcalino (NEVES, 1976).

Há outro coagulante bastante difundido em estudos acadêmicos. Centenas de trabalhos científicos já foram realizadas para comprovar a eficiência da semente da *Moringa oleifera*. A composição química da semente desta planta é composta por lipídios, carboidratos e proteínas, sendo que esta última encontra-se em maior proporção, com aproximadamente 40%. A atividade coagulante desta semente está exatamente na constituição das proteínas da *Moringa oleifera*, que é uma proteína solúvel e atua como um polieletrólito catiônico natural durante o processo de coagulação da água (NDABIGENGESERE et al., 1995). Outro aspecto interessante é que essas sementes quando estão em solução salina, aumentam sua eficiência (OKUDA et al., 1999).

A *Moringa oleifera* é espécie arbórea que pertence à Família Moringaceae, e é composta por um gênero (*Moringa*) e mais quatorze espécies. Esta planta é nativa do noroeste da Índia, sendo encontrada em diversos países dos trópicos (BEZERRA et al., 2004). É uma árvore de porte grande e sua altura varia entre 5 a 12 m, com uma copa do tipo guarda-chuva, e diretamente ao tronco com diâmetro de 10 a 30 cm (SORIANI, 2015). Em comparação com os coagulantes químicos à base de alumínio, como o sulfato de alumínio, a semente de *Moringa*

oleifera não altera significativamente o pH e a alcalinidade da água, após o tratamento passarem pelo tratamento, e também não causam problemas de corrosão (MADRONA, 2010).

O uso de coagulantes de origem natural é uma alternativa ecologicamente viável na substituição dos coagulantes químicos, especialmente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixa produção de lodo residual (BERGAMASCO *et al.*, 2009).

OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva traçar um paralelo entre os coagulantes de origem químicos mais usados, e dois coagulantes naturais que têm apresentado grande potencial para aplicação em tratamento de águas. Sob este aspecto foram feitos comparativos entre as propriedades de cor aparente, turbidez e pH que as duas classes de coagulantes apresentaram em trabalhos científicos citados no presente estudo.

METODOLOGIA

A pesquisa tratada neste trabalho é de natureza qualitativa, se utilizando de informações colhidas em trabalhos acadêmicos específicos da área para fundamentar suas conclusões. Segundo Creswell (2010) procedimentos qualitativos de pesquisas focam em coleta de dados abertos, análise de textos e interpretação pessoal dos achados. Dentro desta ótica os resultados dos pesquisadores foram descritos e interpretados de acordo com os objetivos pretendidos. Dessa forma a presente pesquisa também se caracteriza como descritiva, por interpretar e expor os resultados, e exploratória, por haver a utilização de dados secundários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rodrigues, (2016) utilizou tanino para o tratamento de efluentes gerados em frigoríficos. A remoção de fósforo para este tipo de coagulante não foi tão eficiente em comparação com os coagulantes sintéticos, no caso o sulfato de alumínio e o PAC (Policloreto de Alumínio). Os valores obtidos para a concentração de fósforo após o tratamento foi o dobro do permitido pelo CONSEMA nº 128/2006, que é de 3,0 mg/LP.L⁻¹ de efluente. Já Lopes, (2014) em pesquisa com a remoção da turbidez de uma estação de tratamento de águas, obteve o mesmo resultado que os coagulantes sintéticos: 0,02 NUT após o tratamento. Miguel *et al.*, (2017) trabalhou com efluentes têxteis em laboratório em encontrou resultados bastante positivos para a diminuição da turbidez usando a *Moringa oleifera*. Seus resultados mostraram que uma menor concentração do coagulante teve uma maior eficiência, com uma turbidez final de 2,17 NUT. Cabe ressaltar que os efluentes como são de origens diferentes as eficiências apresentadas em cada um será também diferente.

Em relação à turbidez apresentada tanto por Miguel *et al.*, (2017) quanto por Lopes, (2014) estão dentro dos parâmetros estabelecidos em legislações vigentes. Segundo a Resolução CONAMA nº 518/2004 (BRASIL, 2004) e nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) o nível de turbidez para consumo humano recomendável é de 2 NUT, podendo ser tolerável até 5 NUT. Um problema que pode ser associado ao uso de coagulantes naturais é sua vida útil. Como se sabe todo material biológico é afetado pela umidade, logo as sementes de moringa também serão. Diferentemente os coagulantes químicos apresentam mais tempo para se deteriorarem, dessa forma podem ser armazenados por mais tempo. Valverde *et al.*, (2014) dirigiram um estudo para verificarem a eficiência do pó das sementes de moringa durante semanas de armazenamento. Os resultados mostraram que após 8 semanas houve apenas redução de 15% da eficiência na remoção de cor aparente. Para a turbidez a perda da eficiência foi maior, de 30% depois de 8 semanas. A melhor faixa de tempo para seu uso é na primeira semana, onde a eficiência alcança seu máximo. Logo na segunda semana vê-se uma perda de eficiência próxima de 10%.

Valverde et al. (2016) testaram a eficiência das sementes de *Moringa oleifera* em associação com o coagulante químico Policloreto de alumínio (PAC). No trabalho foi possível notar a melhor eficiência do coagulante sintético em relação ao coagulante natural quando em separados. Entretanto, quando foram testados em conjunto, foi possível obter uma substituição, sem que houvesse diminuição da eficiência, de até 40% do PAC pelo coagulante natural. Isso evidencia outra forma de aplicação das sementes de moringa. Além disso, apresenta o potencial para a redução de boa parte das substâncias químicas nos tratamentos de água. Rozendo *et al.*, (2019) em trabalho semelhante com tanino em associação com diferentes poliacrilamidas para o tratamento de efluentes da produção de biodiesel, pôde observar que a mistura das duas espécies de coagulantes (o natural e o sintético), dão melhores respostas em determinada faixa de pH.

Resende (2018) trabalhando com tanino polimérico e sulfato de alumínio para o tratamento de efluentes de lavanderias industriais observou que para uma ampla faixa de pH, o tanino remove sozinho a turbidez mesmo em baixas concentrações. Enquanto que atuando sozinho, o sulfato de alumínio só atuaria bem para uma ampla faixa de pH em altas concentrações. O autor também observou o fato de que em associação, os dois mesmo em baixas concentrações, conseguem atuar sob uma ampla de pH. Segundo Costa (2013) a eficácia de uma ação conjunta dos dois coagulantes estudados tem como ponto de partida suas estruturas químicas, que passam hidrólise durante a dissolução de ambos, que os tornam passíveis de reagirem como ácidos e bases de Lewis antes da atuação como coagulante no efluente.

Há uma série de coagulantes poliméricos produzidos a partir de compostos derivados de taninos vegetais. Estas substâncias têm se mostrado eficientes no tratamento de água em Estações de Tratamento de águas (CORAL *et al.*, 2009). Há uma grande quantidade de plantas tanantes no Brasil, com potencial para serem usados como bases de coagulantes mais eficientes. Entre eles há o Tanfloc®, que é um polímero natural, confeccionado de taninos vegetais extraídos da planta *Acacia mearnsiae Willd.*, conhecido como acácia negra (MANGRICH *et al.*, 2014).

Santos et al. (2018) trabalharam em sua pesquisa com o polímero natural Tanfloc®, numa estação de tratamento de águas. Os resultados encontrados pelos pesquisadores foram satisfatórios e correspondentes aos resultados apresentados pelo Sulfato de alumínio. Com relação ao aspecto Turbidez as amostras tratadas com tanino vegetal apresentaram resultados mais expressivos que o coagulante inorgânico. Essa mesma tendência foi seguida pela cor aparente, que respondeu melhor ao tratamento com o polímero de origem vegetal. Com relação ao pH da água tratada houve uma diminuição do valor à medida em que havia o tratamento com o coagulante inorgânico, fazendo com que o pH fosse constantemente regulado. Já no caso da água tratada com tanino foi observado uma estabilização do pH em torno de 7,0, o que está dentro do recomendado.

Conforme Barradas (2004) uma propriedade resultante do tratamento de águas com Tanino é a estabilidade do pH da água tratada. Além disso, há a possibilidade do tratamento em uma faixa ampla de pH que vai de 4,5 a 8,0. A respeito dos coagulantes inorgânicos, e neste caso o sulfato de alumínio, Coral et al. (2009) e Pavanelli (2001) relatam que estes coagulantes agem como ácidos em solução, e assim reduzema alcalinidade, e consequentemente o pH da água tratada, o que vai precisar da adição de alcalinizante, para enquadrar o pH na faixa recomendada por Brasil (2011).

Já Soriani, (2015) comparou o desempenho do sulfato de alumínio com sementes de *Moringa oleifera*. Em seu trabalho o autor fez o tratamento da água com apenas as sementes de moringa, apenas com sulfato de alumínio, e em uma mistura em que usava 50% de cada um. Para a remoção da cor aparente, os maiores índices de remoção ocorreram após a filtração, em que o índice de remoção da cor com apenas sulfato alcançou médias de 97,09%. Já na utilização de apenas sementes de moringa o índice foi de 73,37%, e em conjunto o índice de remoção foi de 42,28%. O que evidencia para este tipo de tratamento não ser adequado a mistura. Em contrapartida, quando os mesmos tratamentos foram utilizados para a remoção da turbidez, o uso exclusivo da *Moringa oleifera* apresentou melhores resultados que o sulfato de alumínio isoladamente, e do que o conjunto semente de moringa-coagulante inorgânico.

Com relação ao pH da água tratada houve pequenas variações para os três tratamentos. Paterniani (2009) trabalhou em sua pesquisa com o mesmo tipo de coagulante natural para o tratamento de águas superficiais, e obteve durante seus ensaios, apenas pequenas variações nos valores de pH para as águas tratadas, mantendo-se sempre em torno de 7,0. Nessa mesma linha, Madrona (2010) ressalta as vantagens de se trabalhar com coagulante orgânico é a possibilidade de um pH quase que constante, isso faz com que não se precise de reagentes adicionais.

Há também diversos estudos que fizeram comparação entre a eficiência da *Moringa oleifera* e outros coagulantes naturais e orgânicos. Jacob, (2018) fez um estudo comparativo entre as eficiências da coagulação das sementes da moringa e de cactos (*Opuntia cochenillifera*). No trabalho o pesquisador estudou os dois coagulantes separadamente e em conjunto. Para todos os parâmetros analisados a *Moringa oleifera* mostrou mais eficiente que o coagulante obtido a partir do cacto. As sementes da moringa também foram mais eficientes que a mistura que apresentava 50% do pó de suas sementes e 50% do cacto. Apesar do desempenho mais baixo do polímero natural extraído do cacto, há possibilidade para futuras investigações proporem melhores condições experimentais e assim obter resultados mais satisfatórios.

CONCLUSÃO

Depois da presente análise por meio do estudo proposto, pode-se inferir que os coagulantes à base de produtos naturais, das sementes de moringa e de Taninos, possuem aplicação viável para substituir em muitos efluentes os coagulantes químicos. Em relação às características físico-químicas da água após os tratamentos, nos mais diferentes efluentes, as duas classes apresentaram resultados distintos. Os coagulantes naturais não alteram de forma significativa os valores de pH, agindo de forma homogênea por maior tempo e não necessitando de nenhuma substância alcalinizante. Já os coagulantes químicos, sobre os de alumínio acidificam o meio, variando muito o pH e necessitando a adição de agentes reguladores de pH.

No que diz respeito à turbidez, os coagulantes químicos apresentam melhor resposta, mas exatamente devido à variação de pH o meio precisa ser regulado. Com relação à cor aparente os coagulantes químicos também se saem melhor. Mas em todos os trabalhos analisados nesta pesquisa as variações nos resultados de uma classe para a outra não é tão significativa.

A produção dos coagulantes naturais também possibilita o desenvolvimento socioeconômico de regiões onde se cultiva plantas com potencial para extração de taninos e moringa, além de ser uma alternativa de plantio na região semiárida brasileira. Por tudo isso, constata-se que o emprego de agentes coagulantes de origem orgânica é uma alternativa técnica viável aos coagulantes convencionais, possuindo benefícios de saúde pública além de preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

BARRADAS, J. L. D. **Tanino**: Uma solução ecologicamente correta: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água. Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.

BERGAMASCO, R.; ARAUJO, A. A.; MADRONA, G. S.; VIEIRA, A. M. S. SIQUEIRA, M. E. T.; LOURENÇO, B. S. S. Estudo da utilização da *Moringa oleifera* em uma estação de tratamento de água piloto (ETA - piloto). Encontro Nacional de Moringa, Aracaju, Sergipe, 2009.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS, S. F. Germinação de 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.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União República Federativo do Brasil**, Brasília, DF, 04 jan. 2012. Seção 1, p. 39.

CAVALCANTI, J. E. W. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. Brasil, 2009.

CORAL, L.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, v. 9, p. 2009.

COSTA, T. F. R. **Investigação de diagramas de coagulação utilizando coagulantes e auxiliares de coagulação de fontes renováveis**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

FERRARI, C. T. R. R. **Uso de coagulantes naturais para o tratamento de efluente da indústria de alimentos**. 2015. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná.

JACOB, A. C. **Aplicação de coagulantes orgânicos extraídos do cacto (*Opuntia cochenillifera*) e da *Moringa oleifera* no tratamento de água**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Engenharia Ambiental. Londrina.

LOPES, B. V. **Eficiência de coagulantes na remoção de diferentes concentrações de ferro e manganês para ETA Terras Baixas**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Ambiental e Sanitarista)-Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

MADRONA, G. S. **Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam e sua utilização no tratamento de água para consumo humano**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Engenharia Química em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de acacia mearnsii. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 1, 2-15, 2013

MARTINEZ, F. L. **Taninos vegetais e suas aplicações**. Havana: Universidade de Havana, Cuba, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1996.

MIGUEL, F. C.; SILVA, V. J. O.; SILVA, E. M. B.; ANDRADE, A. M. C. Sementes de *Moringa oleifera*: coagulante natural utilizado no tratamento de efluente de lavanderia têxtil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 5., 2017. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CONGESTAS, 2017.

NDACIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G.; Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using *Moringa oleifera*. **Water Res.** v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.

NEVES A. **Tecnologia de Tratamento de água**. Rio de Janeiro: Almeida Neves Editores, 1976.

OKUDA, T.; BAES, A. U. NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. **Water Res.**, v. 33, n. 15, p. 3373-3378. 1999.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Water treatment by sedimentation and slow fabric filtration using *Moringa oleifera* seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 11, p. 1256-1263, 2010.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos.

PAVANELLI, G.; BERNARDO, L. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com turbidez elevada e cor verdadeira baixa. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6. **Anais...** Vitória, 2002.

PELEGRINO, E. C. F. **Emprego de coagulante a base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB por flotação**. 2011. Dissertação (Mestre em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo. São Carlos.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 147-152, 2005.

RESENDE, M. A. **Uso do tanino associado ao sulfato de alumínio como coagulantes para o tratamento de efluente de lavanderia industrial**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciada em Química)- Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

RICHTER, C. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RODRIGUES, M. F. **Avaliação da eficiência de coagulantes e floculantes na remoção de fósforo em efluentes de frigorífico de suínos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenheiro Ambiental e Sanitarista) – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

ROZENO, N. S.; RIBEIRO, E. A. M., TOMÉ, A. G., FILHO, G. R., CANOBRE, S. C., AMARAL, F. A. Uso de tanino como coagulante primário para tratamento de efluente de biodiesel. **Braz. J. of Develop.**, v. 5, n. 6, p. 4599-4608, 2019.

SANTOS, E. P. C. C.; TEIXEIRA, A. R.; ALMEIDA, C. P.; LIBÂNIO, M.; PÁDUA, V. L. Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 12, n. 4, 2007.

SANTOS, W. N. A.; BATISTA, I. F.; MICHELAN, D. C. G. S.; SANTOS, D. G.; MENDONÇA, L. C. Uso do sulfato de alumínio e do tanino vegetal no tratamento de água. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10, Aracaju, 2018. **Anais...** Aracaju, 2018.

SILVA, G. K. **Método alternativo para aplicação do coagulante natural *Moringa oleifera* no tratamento de água**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas.

SORIANI, M. **Eficiência da *Moringa oleifera* como coagulante natural em solução salina para água de abastecimento**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

VALVERDE, K. C.; COLDEBELLA, P. F., MARCELA, F. S., NISHI, L., BERGAMASCO. R. Estudo da clarificação da água superficial por meio da associação dos agentes coagulantes *Moringa oleifera* Lam. e policloreto de alumínio. **E-xacta**, v. 9, n. 2, p. 1-8, 2016.

VALVERDE, K. C.; COLDEBELLA, P. F., NISHI, L., MADRONA, G. S., CAMACHO, F. P.; SANTOS, T. R. T., SANTOS, O. A. A.; BERGAMASCO. R. Avaliação do tempo de

degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **E-xacta**, v. 7, n. 1, p. 75-82, 2014.

VIVE, V. A.; ALMEIDA, P. M. A; RIZK, M. C. Aplicação do coagulante tanino no tratamento da vinhaça em ph neutro. **Revista Eletrônica Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 11, p. 569-574, 2013.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.