Utilização do polímero natural do quiabo (*abelmoschus esculentos* I. Moench) no tratamento de água de abastecimento humano

Use of natural polymer from okra (*abelmoschus esculentos* I. Moench) in the treatment of human water supply

DOI: 10.54019/sesv3n1-009

Recebimento dos originais: 05/07/2021
Aceitação para publicação: 20/08/2021

Gabriel Henrique Chagas

Graduado em Licenciatura e Bacharelado em Química Industrial pela Fundação Educacional do Município de Assis
Instituição: FEMA-Fundação Educacional do Município de Assis
E-mail: gabim_chagas@hotmail.com

Mary Leiva de Faria

Doutora em Ciências (área Química Orgânica) pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: FEMA-Fundação Educacional do Município de Assis
E-mail: ml.faria@uol.com.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo descrever a eficiência do polímero natural do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) como agente floculante e coagulante no tratamento de água de abastecimento humano. O quiabo apresenta cadeias longas de polissacarídeos que podem remover impurezas da água, bem como conceder peso e tamanho às partículas, ajudando nos processos de clarificação. O quiabo pode ser utilizado na forma de mucilagem extraída da vagem (baba do quiabo) ou na forma de solução obtida a partir do pó seco da vagem pulverizada. Os dados levantados em revisão de literatura mostram a eficiência do quiabo como auxiliar de floculação no tratamento de água e como fonte de redução do uso de coagulantes químicos. Essa redução de coagulantes químicos pode minimizar, por exemplo, o risco de contaminação da água por alumínio residual, o qual está associado a doenças neurodegenerativas como Parkinson e Doença de Alzheimer, em decorrência da exposição humana a este metal. Além disso, o emprego de polímeros naturais, como o quiabo, leva a formação de lodos em quantidades reduzidas se comparadas com as dos coagulantes químicos, e com menores teores de metais. Tais lodos são ainda menos volumosos e facilmente biodegradáveis, contribuindo assim com a preservação ambiental.

Palavras-chaves: Polímero natural, quiabo, floculação/coagulação.

1 INTRODUÇÃO

A água para consumo humano deve ser pura e saudável, apresentando parâmetros físico-químicos e biológicos que considerem padrões de potabilidade

(BEZERRA et al., 2019). As empresas responsáveis pelo tratamento da água recorrem a diversos métodos e materiais que possibilitem assegurar a todo brasileiro água de qualidade para uso, estando os parâmetros estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/11.

Os sistemas convencionais para o tratamento de água para abastecimento humano envolvem etapas de coagulação/flotação. Estas duas etapas são vistas como eficientes na remoção de coloides, partículas suspensas e dissolvidas, sendo o método mais empregado devido ao baixo custo de operação (QUESADA et al., 2019; WEST, 2016).

Os coagulantes químicos tradicionais mais utilizados nas estações de tratamento são à base de sais inorgânicos metálicos, como por exemplo, sulfato de alumínio, que podem não ser eficientes, além de exigir rígido controle acerca do residual de alumínio na água tratada destinada ao consumo humano, pois este pode causar problemas neurológicos (WEST, 2016; BONGIOVANI et al., 2010). Embora apresentem ampla utilização, os sais de alumínio são coagulantes que são sensíveis a variações de pH e de temperatura e requerem também volumes consideráveis para um tratamento efetivo. Além disso, produzem grande quantidade de lodo, o qual pode gerar um sério problema com relação à sua disposição e tratamento devido ao fato do alumínio não ser biodegradável (QUESADA et al., 2019; CARVALHO 2008).

Em substituição a esses coagulantes sintéticos tem-se buscado coagulantes naturais que possam ser utilizados de forma individual ou juntamente com outros sais coagulantes tradicionais, exercendo o papel de coagulante ou auxiliar de floculação no tratamento de água. Esses coagulantes naturais exibem diversas vantagens em relação aos coagulantes químicos, visto que são biodegradáveis e não tóxicos, e produzem menor quantidade de lodo e com menores teores de metais (QUESADA et al., 2019; BONGIOVANI et al., 2010).

Esses coagulantes/floculantes naturais surgem como alternativa para reduzir a quantidade de sais metálicos, podendo também funcionar como auxiliares na obtenção de água adequada ao consumo humano. Dentre os coagulantes/floculantes naturais utilizados no tratamento de água encontra-se o quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), o qual apresenta cadeias longas de polissacarídeos que podem remover impurezas da água, bem como conceder

peso e tamanho às partículas, ajudando nos processos de clarificação (QUESADA et al., 2019; WEST, 2016).

O quiabo pode ser utilizado na forma de mucilagem extraída da vagem (baba do quiabo) ou na forma de solução obtida a partir do pó seco da vagem pulverizada. O quiabo, um polímero natural aniônico, apresenta bom desempenho, sendo utilizado junto com os coagulantes metálicos de alumínio e ferro, aperfeiçoando a eficiência da floculação, bem como de etapas posteriores, como sedimentação e flotação, filtração e desinfecção (BEZERRA et al., 2019; LIMA, 2007). Assim, o presente trabalho tem como objetivo descrever a eficiência do polímero natural do quiabo como agente floculante e coagulante no tratamento de água de abastecimento humano.

2 COAGULAÇÃO

A coagulação é um processo químico cuja função é tornar instáveis as partículas coloidais. Ocorre pela adição de reagentes químicos para gerar íons carregados positivamente na água, que contém colóides carregados negativamente e reduz a força repulsiva entre as partículas. Este processo é principalmente para clarificar a água, tornando-a esteticamente adequado para consumo humano (CARVALHO 2008; ARAÚJO, 2021).

No tratamento da água os coagulantes amplamente utilizados são os sais metálicos hidrolisados baseados em alumínio e ferro, utilizados rotineiramente desde o início do séc. XX, constituindo uma das principais formas de remoção da maior parte das impurezas de águas poluídas. A coagulação é composta por quatro mecanismos que atuam dentro de uma determinada faixa de pH na solução, definidos como (WEST, 2016):

2.1 Compressão da camada difusa

Estudos utilizando a teoria desenvolvida por Derjaguin, Landau, Verney e Overbeek – DLVO indicaram que a desestabilização de um coloide por um eletrólito indiferente, se dá em decorrência de interações eletrostáticas: íons de mesma carga são repelidos, ao passo que íons de carga contrária são atraídos pelos colóides. Observou-se também que a quantidade requerida para a coagulação é menor, quanto maior a carga dos íons positivos (KONRADT-

MORAES, 2009; CARVALHO, 2008).

De acordo com Konradt-Moraes (2009, p. 12), “a introdução de um eletrólito indiferente num sistema coloidal irá causar um aumento na densidade de cargas na camada difusa e diminuir a esfera de influência das partículas, ocorrendo a coagulação por compressão da camada difusa”.

2.2 Adsorção e Neutralização de Carga

Neste tipo de desestabilização, os produtos de hidrólise do alumínio ou ferro são adsorvidos nas superfícies das partículas coloidais presentes na água bruta, ocasionando a neutralização dos ânions da superfície dos colóides. Essa neutralização de carga não fornecerá os macro-flocos essencial na operação de sedimentação ou flotação, sendo necessário a aplicação de um auxiliar de floculação. A figura 1 mostra a coagulação pelo mecanismo de adsorção e neutralização, em que primeiramente o produto da hidrólise do coagulante (Al^{+3}) é adsorvido na superfície das partículas coloidais e em seguida neutraliza a carga dos colóides negativos (LIMA, 2007).

Figura 1 - Coagulação de partículas coloidais por neutralização de cargas (In: LIMA, 2007, p. 40)

2.3 Varredura

O produto de hidrólise do sulfato de alumínio, o hidróxido de alumínio, um precipitado amorfo e insolúvel, por apresentar maior dimensão que o coloide, ao ser formado arrasta as partículas suspensas na água, conforme descrito na figura

2. Nesse mecanismo os flocos formados são maiores do que aqueles formados no processo de adsorção e neutralização de carga, e por consequência, apresenta velocidade de sedimentação maior. Devido a esses fatores, o mecanismo de varredura é amplamente utilizado em estações de tratamento de água completo, onde a floculação e sedimentação antecede a filtração (LIMA, 2007; PAVANELLI, 2001).

Figura 2 - Coagulação por agregação dos colóides no precipitado formado (In: LIMA, 2007, p. 41)

Neste mecanismo, o arraste e a agregação de colóides requer adição de dosagem relativamente elevada dos coagulantes, geralmente sais de alumínio ou de ferro, os quais precipitam como hidróxidos do metal (Al ou Fe) (LIMA, 2007).

2.4 Adsorção e formação de pontes químicas

Esse mecanismo se desenvolve através da utilização de compostos orgânicos (polímeros) naturais ou sintéticos e também por compostos inorgânicos, como o PACl (cloreto de polialumínio), os quais são empregados como coagulantes. Estes polímeros podem apresentar sítios ionizáveis no decorrer de suas cadeia, os quais podem ser classificados em catiônicos, aniônicos e anfóteros (PAVANELLI, 2001).

Os polímeros atuam como coagulantes através de sua adsorção à superfície das partículas coloidais e posterior redução da carga ou pelo entrelaçamento das partículas nas cadeias dos polímeros. A figura 3, ilustra as partículas coloidais sendo envolvidas por sítios disponíveis dos polímeros, os

quais adsorvem e neutralizam as partículas, com formação de pontes entre estes colóides (PAVANELLI, 2001; LIMA, 2007).

Figura 3 - Coagulação por ligação entre partículas através de polímeros. (In: LIMA, 2007, p. 46)

As pontes entre as partículas coloidais são formadas no momento em que um coagulante faz ligação ou união entre os inúmeros colóides, capturando-os e juntando-os. Geralmente a formação de pontes é utilizada em conjunto com a neutralização de carga, fazendo com que os flocos cresçam rapidamente. Inicialmente adiciona-se sulfato de alumínio para neutralizar ou reduzir a carga pela mistura rápida levando a formação de micro-flocos. Para que o desempenho seja maximizado, adiciona-se uma pequena quantidade de polímero de peso molecular elevado, geralmente aniônico, para que haja formação de ponte entre os flocos (LIMA, 2007).

3 FLOCULAÇÃO

Na estação de tratamento de água (ETA), a floculação é a etapa subsequente da coagulação. Esta etapa envolve juntar partículas instáveis para formar flocos maiores para precipitação posterior. Portanto, o processo de floculação é muito importante na remoção de substâncias que causam turbidez e cor na água. A floculação é realizada por meio de uma série de fenômenos físicos

que visam reduzir o número máximo de partículas em suspensão na água. Portanto, é classificado como uma das operações unitárias do processo de clarificação de água bruta. O objetivo principal da etapa de floculação no tratamento de água é agregar partículas coloidais, fazê-las entrar em contato umas com as outras e aumentar seu tamanho físico (ARAÚJO, 2021).

Dois mecanismos são envolvidos na agregação dos flocos: a micro-floculação e macro-floculação. Na micro-floculação, também conhecida como floculação pericinética, a agregação das partículas se deve ao movimento térmico da moléculas (movimento Browniano). Já na macro-floculação, ou ortocinética, a agregação ocorre mediante a mistura da suspensão induzido pelos gradientes de velocidade (WEST, 2016).

4 QUIABO COMO AUXILIAR DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

Lima (2007) testou o quiabo como auxiliar de floculação e filtração, tanto na forma de mucilagem extraída a frio quanto na forma de solução do pó, obtido após secagem. Os estudos com o quiabo em conjunto com o coagulante foram realizados em laboratório, com águas de qualidade e locais distintos, com dosagem tanto na floculação, quanto na filtração. Os testes mostram melhoria da qualidade da água sedimentada ou filtrada, quando se utilizou o quiabo em conjunto com o coagulante em comparação à dosagem somente do coagulante. O autor conclui ainda que a dosagem do sulfato de alumínio, quando usado em conjunto com o polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação, poderá ser reduzida, com igual eficiência.

Silva (2012) avaliou a eficiência do uso das espécies naturais do quiabo (*Abelmuoschus eschulentus*), da semente de angico vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L) Speng) e da semente olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L.), pulverizados com granulometria de 0,074 mm como auxiliar de floculação para remoção principalmente dos parâmetros cor e turbidez, no tratamento de água para fins industriais. Neste estudo utilizou-se como coagulante químico o sulfato de alumínio. Nos testes o pó dos polímeros foram utilizados só ou em combinação com o coagulante químico. Os resultados mostraram que quem apresentou maior eficiência na remoção da turbidez e cor foi o polímero de quiabo em relação às mesmas dosagens usadas com os demais polímeros estudados. Observou-se

ainda que quando foi efetuada a redução do coagulante utilizado em combinação com os polímeros naturais, verificou-se uma ótima remoção da turbidez, especialmente com o conjunto coagulante e polímero de quiabo, mostrando uma eficiência de remoção de 94% de turbidez e de 98% da cor, com dosagem ótima do quiabo igual a 1,0 mg/L e do coagulante de 10 mg/L. Assim, quando o polímero de quiabo for utilizado como auxiliar de floculação a dosagem do sulfato de alumínio poderá ser reduzida em 2 vezes (de 20 mg/L para 10 mg/L), com uma ótima eficiência da remoção dos parâmetros da cor e turbidez.

Morais et al. (2012) analisaram a utilização de diversos polímeros naturais como auxiliares de floculação para tratamento de água com turbidez elevada, empregando o sulfato de alumínio como coagulante. Utilizando a dosagem ótima de 21 mg/L de sulfato de alumínio observou-se a remoção de 92% da turbidez da amostra. Com o quiabo em pó com dosagem de 3 mg/L e 18 mg/L de sulfato de alumínio houve uma remoção de turbidez em torno de 96%, levando à concluir que o quiabo pode ser utilizado para redução da quantidade de sulfato de alumínio no tratamento de água para abastecimento.

Ritter (2013) avaliou o emprego do polímero natural extraído de frutos maduros de *Abelmoschus eschulentus* (L.) Moench (quiabo), como auxiliar de floculação. O autor relata que foram obtidos bons resultados de remoção de cor e turbidez, atingindo-se 96,6% e 98,9% de remoção, respectivamente, utilizando a concentração de 1,2 ppm de quiabo e 45 minutos de sedimentação. Observou-se que outros parâmetros, como sólidos e bacteriológicos, também foram consideravelmente reduzidos, sendo este um aspecto positivo, visto que pode facilitar as etapas seguintes do tratamento, aumentando a vida útil dos filtros e necessitando de quantidade menor de desinfetante. O autor salienta ainda que, com o uso do quiabo como auxiliar de floculação, foi possível reduzir a dosagem do coagulante metálico, o que apresenta-se como um aspecto positivo, tendo em vista que essa diminuição reduz a ingestão de produtos químicos pelas pessoas e possibilita maior facilidade na disposição final do lodo proveniente da ETA, reforçando assim, a proposta da Química verde.

Pereira et al. (2019) analisaram o emprego de mucilagem do quiabo como agente floculante no tratamento de água do Rio Amazonas, objetivando um processo de floculação mais benéfico ao meio ambiente e mais viável do que a

utilização de polímeros sintéticos. Os estudos realizados comprovaram a eficácia do quiabo como agente floculante no tratamento da água do rio Amazonas, obtendo-se até 92% de remoção da turbidez. Neste estudo o quiabo atuou como auxiliar de floculação do coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Quesada et al. (2019) verificaram a influência da concentração e do tempo de sedimentação no uso do quiabo como auxiliar de floculação em conjunto com o coagulante químico Policloreto de Alumínio (PAC). Com a finalidade de avaliar a influência do quiabo para o tratamento, foram realizados testes apenas com PAC, variando a sua concentração (0-10 ppm) e com a combinação de coagulante (2 ppm) e quiabo, variando de 0,5 a 3 ppm. Verificou-se que a concentração ótima de PAC foi de 6 ppm, a qual removeu 89,82% da cor e 94,24% da turbidez. Já no ensaio do conjunto PAC/quiabo observou-se que a concentração ótima de quiabo foi de 0,5 ppm, na qual verificou-se a remoção de 82,51% de cor e de 87,82% de turbidez. Não foi constatado a necessidade de tempos de sedimentação maiores que cinco minutos. Apesar dos resultados com a adição de quiabo não superarem os resultados com o tratamento efetuado com 6 ppm (concentração ótima de PAC), verificou-se melhora no tratamento de água para abastecimento. Comparando com o ensaio em que utilizou-se 2 ppm de PAC sem a adição do auxiliar, a adição de quiabo possibilitou maior redução de cor e turbidez. Em termos de remoção, a cor apresentou melhora de 76,70 para 82,51% e a turbidez, de 81,76 para 87,82%.

5 CONCLUSÃO

Os dados levantados em revisão de literatura mostram a eficiência do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como auxiliar de floculação no tratamento de água e como fonte de redução do uso de coagulantes químicos. Essa redução de coagulantes químicos pode minimizar, por exemplo, o risco de contaminação da água por alumínio residual, o qual está associado a doenças neurodegenerativas como Parkinson e Doença de Alzheimer, em decorrência da exposição humana a este metal.

Além disso, o emprego de polímeros naturais, como o quiabo, leva a formação de lodos em quantidades reduzidas se comparadas com as dos coagulantes químicos, e com menores teores de metais. Tais lodos são ainda

menos volumosos e facilmente biodegradáveis, contribuindo assim com a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Antônia Leyanne Gomes de. Otimização do processo de tratamento de água de abastecimento do município de Crateús-CE. 2021, 78p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal do Ceará Campus de Crateús, graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Crateús- CE, 2021.
- BEZERRA, B.L.; SILVA, E.P; SILVA, T. N. B; REIS, H.G.G; FERREIRA, B.A; RIBEIRO, M.A.S & CORINGA, J. E. S. Avaliação por teste jarros no Rio Cuiabá, utilizando extrato de quiabo como auxiliar de floculação. XXIII Simpósio brasileiro de Recursos hídricos, Instituto Federal do Mato Grosso – Campus Bela Vista, 2019, 10p.
- BONGIOVANI, Milene Carvalho; KONRADT-MORAES, Leila Cristina; BERGAMASCO, Rosângela; LOURENÇO, Beatriz Sayuri Sakaniva; TAVARES, Célia Regina Granhen. Os benefícios do uso de coagulantes naturais para obter água potável. Acta Scientiarum Technology, v.32, nº. 2, abril/junho, 2010, p. 1-4.
- CARVALHO, M. J. H. Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável. 2008. 177p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2008.
- KONRADT-MORAES, Leila Cristina. Estudo dos processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável. 2009, 205 p. Tese (Doutorado) - Universidade estadual de Maringá centro de tecnologia departamento de engenharia química programa de pós-graduação em engenharia química. Maringá-PR, 2009.
- LIMA, Guilherme Júlio de Abreu. Uso de Polímero Natural do Quiabo como Auxiliar de Floculação e Filtração em Tratamento de Água e Esgoto. 2007, 154 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro – RJ, 2007.
- MORAIS, D. D; CORINGA, J. E. S; CORINGA, E.A.O.C. Eficiência da Remoção de Turbidez de Águas Superficiais com o uso de Polieletrólitos Naturais como Auxiliares de Floculação. 52º Congresso Brasileiro de Química. Recife-PE. 2012, 4p.
- PAVANELLI, Gerson. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001, 233 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento. São Carlos – SP, 2001.
- PEREIRA, T.I.O; MEIRA, L.D.A.S; SOUSA, M.E.A. Uso da Mucilagem do Quiabo como Agente Floculante no Tratamento da Água do Rio Amazonas. XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Belo Horizonte - MG, 2019, 8p.
- QUESADA, Heloise Beatriz; VERNASQUI, 1 Laís Gimenes; SOUZA, Renata Mariane de; TEIXEIRA, Guilherme Gobbi; MEDEIROS, Flávia Vieira da Silva; Influência da Concentração e do Tempo de Sedimentação no Uso de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (quiabo) como Auxiliar de Floculação. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.16, nº. 29, 2019, p. 2373-2382.
- RITTER, Cíntia Maria. Estudo da Utilização de Polímeros Naturais *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Malvaceae) e *Moringa oleífera* Lam (Moringaceae) no Tratamento de Água de Abastecimento. 2013, 53p. Trabalho de conclusão de

curso – (Engenharia Ambiental da Coordenação de Engenharia Ambiental – COEAM –) Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão, 2013.

SILVA, Juliane da silva e. Estudo da Utilização de Polímeros Naturais como Auxiliares de Floculação no Tratamento de Água para fins Industriais. 2012. 114p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará – UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2012.

WEST, Luís Gustavo Macedo. Uso do Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) no Processo de Tratamento de Água para Abastecimento Humano: ensaios preliminares. 2016, 57p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Cruz das Almas-BA, 2016.