REDE
ISSN:1985-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI:1022411/rede2020.1401.02

AVALIAÇÃO DO USO DOS COAGULANTES SULFATO DE ALUMÍNIO E TANINO VEGETAL EM PARÂMETROS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO

Evaluation of use of aluminium sulfate coagulants and vegetable tannin in water treatment parameters for human supply

Evaluación del uso de coagulantes sulfato de aluminio y tanino vegetal en los parámetros en tratamiento de agua para el suministro humano

Weslley Natanael de Araujo Santos [1]
Débora de Gois Santos [2]
Denise Conceição de Gois Santos Michelan [3]
Isabela Ferreira Batista [4]

RESUMO:
O presente estudo consistiu em avaliar e comparar a eficiência dos processos de coagulação/floculação, sedimentação e filtração, para água proveniente do Rio Poxim, utilizando equipamento *Jar-Test* com adição de dosagens dos coagulantes sulfato de alumínio e tanino vegetal ao tratamento. Ao longo dos períodos de sedimentação (30 e 60 min) e filtração rápida descendente através de membrana filtrante (0,45µm), foram realizadas análises acerca dos parâmetros pH, cor aparente e turbidez da água tratada. Como resultados, as dosagens de 20, 40, 100 e 150 $mg.L^{-1}$ para o tanino e as dosagens de 1200 e 1500 $mg.L^{-1}$ de sulfato, registraram remoção total para turbidez da água bruta, enquanto que para a cor 20 mg.L de tanino foi responsável por maior eficiência (94,27%). Para o sulfato, remoção mais significativa ocorreu para 120 mg.L . No geral, o tanino apresentou taxas de remoção mais expressivas em relação ao sulfato, possibilitando melhores adequações aos limites da Portaria de Consolidação nº. 5, do Ministério da Saúde, para os parâmetros cor e turbidez. Para as análises de pH, foi constatado que o tanino não altera significativamente o pH da água, ao contrário do sulfato de alumínio.

Palavras-chave: Tratamento de água. Tanino vegetal. Sulfato de alumínio. Abastecimento.

ABSTRACT:
The present study was to evaluate and compare the efficiency of the processes of coagulation/flocculation, sedimentation and filtration for water from the river Poxim, using Jar-Test equipment with added doses of aluminum sulfate coagulants and vegetable tannin. Over the periods of sedimentation (30 and 60 min) and rapid descending filtration through membrane filter (0.45 µm), analyses were performed on the parameters pH, and turbidity of the water apparent color treated. As a result, the dosages of 20, 40, 100 and 150 $mg.L^{-1}$ for the tannin and dosages of 1200 and 1500 $mg.L^{-1}$ of sulphate, recorded total removal to turbidity of raw water, while for the color 20 $mg.L^{-1}$ of tannin was responsible for greater efficiency. For sulphate, most significant removal occurred for 120 $mg.L^{-1}$. In General, the tannin presented more expressive removal rates compared to sulphate, enabling better adjustments to limits of Consolidation Ordinance nº. 5,

---

1 Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: weslleynatanael1904.WN@gmail.com
2 Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: deboragois@yahoo.com.br
3 Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: denise_gois@yahoo.com.br
4 Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: isabela.f.batista@gmail.com

the Ministry of Health, for the color and turbidity. For the analysis of pH, it was found that the tannins not change significantly the pH of water, unlike aluminum sulfate.

Keywords: Water treatment. Vegetable tannin. Aluminum sulfate. Supply.

RESUMEN:
El presente estudio fue evaluar y comparar la eficiencia de los procesos de coagulación/floculación, sedimentación y filtración de agua desde el Río Poxim, con aparato de Jar-Test con mayor dosis de coagulantes sulfato de aluminio y tanino vegetal. Durante los períodos de sedimentación (30 y 60 min) y filtración descendente rápida a través de la membrana filtrante (0.45 µm), se realizaron análisis en los parámetros pH y turbiedad del agua tratada de color aparente. Como resultado, las dosis de 20, 40, 100 e 150 $mg.L^{-1}$ de tanino y las dosis de 1200 y 1500 $mg.L^{-1}$ de sulfato, registró el retiro total de turbiedad del agua cruda, mientras que para lo color 20 $mg.L^{-1}$ de tanino fue responsable de una mayor eficiencia. Sulfato, de eliminación más importante ocurrió para 120 $mg.L^{-1}$. En General, el tanino presentaron tasas de eliminación más expresivas comparadas con el sulfato, lo que permite mejores ajustes de límites de Consolidación Ordenanza nº. 5, el Ministerio de Salud, para el color y turbiedad. Para el análisis de pH, se comprobó que los taninos no cambian significativamente el pH del agua, a diferencia del sulfato de aluminio.

Palabras-clave: Tratamiento de aguas. Tanino vegetal. Sulfato de alumínio. Abastecimiento.

---

1 INTRODUÇÃO

O alto crescimento demográfico que eclodiu principalmente nos períodos das revoluções industriais, trouxe consigo a poluição necessária para tornar o consumo da água inadequado, muito embora houvesse processos rudimentares de tratamento. Os usos potenciais ao qual a água é submetida tem sido responsável por elevar os níveis de contaminação (OLIVEIRA; WIILLAND, 2011), por esse motivo, faz-se necessário que a água passe por processos de tratamento em Estações de Tratamento de Água (ETA) com o objetivo de eliminar contaminantes físicos, químicos e biológicos, que de algum modo venham comprometer a ordem sanitária, estética e econômica da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

As ETA's mais comumente encontradas no Brasil são classificadas como Estação de Tratamento Convencional ou em Ciclo Completo, que é formada pelas unidades de coagulação (mistura rápida), floculação (mistura lenta), decantação (sedimentação) e filtração. De acordo com Howe et al. (2016) a coagulação é o processo de desestabilização da matéria suspensa e coloidal, que envolve a adsorção dessa matéria orgânica natural, seja com produtos químicos e/ou natural, de modo que na etapa de floculação, ocorra a agregação dessas partículas, por meio da redução do carregamento elétrico existente na superfície das partículas. Ainda de acordo com esses autores, após ocorrer essa agregação, as partículas seguem para a decantação, na qual serão influenciadas por forças gravitacionais que impulsionam as partículas para o fundo do decantador.

Aquelas partículas que não decantaram seguem para a filtração, processo físico-químico com o objetivo de separar as impurezas em suspensão da água, mediante passagem por meio poroso (RICHTER, 2017) que possibilita a sua clarificação, uma vez que as mesmas impurezas/contaminantes

são removidas no processo.

Dessa forma, a água destinada ao consumo humano deve estar livre de contaminantes que possam causar efeitos deletérios à saúde daqueles que a consomem, de modo a adequá-la aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria da Consolidação n°. 5 (BRASIL, 2017). Esses padrões devem, portanto, ser acatados quando se refere à água distribuída à população.

Para adequar a água a esses padrões, é comum nas ETA's utilizar coagulantes químicos. Dentre eles, o mais comumente utilizado como auxílio ao tratamento de água para abastecimento, é o sulfato de alumínio (Al2(SO4)3). Embora esse coagulante inorgânico seja de baixo custo, ter alta eficiência, fácil manejo e contar com alta disponibilidade (BLANCO et al., 2016; CARDOSO et al., 2008), apresenta característica acumulativa.

O alumínio residual presente na água tratada ao final do processo pode causar problemas à saúde humana, associadas à perda de coordenação motora e demência, mal de Parkinson e Alzheimer (AMAGLOH; BENANG, 2009; BONDY, 2015; BONGIOVANI et al., 2014; FREITAS et al., 2016). Outro passivo refere-se a não biodegradabilidade, toxicidade (OLIVEIRA; WIILLAND, 2011) e índice de produção de lodos residuais que são propensos a causarem efeitos nocivos à saúde. Além disso, seus resíduos possuem tratamento difícil e custoso (YIN, 2010).

Em contrapartida, coagulantes poliméricos a partir de compostos derivados de taninos vegetais, têm se mostrado eficientes no tratamento de líquidos (CORAL et al., 2009; FRAGA-CORRAL et al., 2020). O tanino é um coagulante de origem vegetal encontrado em variedade de plantas, contudo, aquele destinado ao tratamento de água é extraído principalmente da espécie arbórea *Acacia mearnsii*, conhecida como acácia-negra (BELTRÁN-HEREDIA et al., 2011). São formados por moléculas fenólicas biodegradáveis que possuem a capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais (CASTRO SILVA et al., 2004; FRAGA-CORRAL et al., 2020).

Atuam em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, processo que é responsável pela formação dos flocos e, por consequência, a sedimentação (CORAL et al., 2009; GRAHAM et al., 2008). Dentre suas propriedades, o tanino não altera o pH da água tratada, uma vez que não consome a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo na faixa de pH, de 4,5 a 8,0 (STRÖHER et al., 2013; FRAGA-CORRAL et al., 2020).

O uso do tanino como coagulante tem demonstrado vantagens quando comparado aos coagulantes químicos em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodo (FRAGA-CORRAL et al., 2020; STRÖHER et al., 2013; YIN et al., 2010), podendo o mesmo ser utilizado posteriormente como fertilizante (BHUPTAWAT et al., 2007).

Nesse contexto, visa-se avaliar o uso do sulfato de alumínio, coagulante químico utilizado na ETA Poxim, com o coagulante natural tanino vegetal à base de acácia negra, em tratamento de água para consumo humano, por meio de parâmetros analíticos. Bem como verificar o enquadramento da água tratada aos valores máximos estabelecidos pelo Ministério da Saúde, quanto aos parâmetros pH, cor aparente e turbidez.

2 MATERIAL E MÉTODOS

- **Coleta e caracterização da amostra:** A área de estudo do presente trabalho corresponde ao Rio Poxim, tendo sua água sido capturada do ponto de captação da ETA Poxim, localizada às margens do município de Aracaju/SE, Brasil. A água bruta foi armazenada em garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), previamente higienizada e encaminhada ao laboratório onde foi conduzido o tratamento. Inicialmente foi realizada a caracterização físico-química da água bruta com relação a sua turbidez, cor aparente e pH.
- **Preparo dos coagulantes:** No preparo do coagulante inorgânico utilizou-se 15g de sulfato de alumínio diluído em 100 mL de água destilada. O tanino (Tanfloc) foi fornecido pela empresa TANAC S.A e utilizado em sua forma comercial (pó). Seguiu-se a metodologia utilizada por Arantes et al. (2014), na proporção da solução de 1% de tanino vegetal (1g do coagulante para 100mL de água destilada).
- **Ensaios de tratabilidade:** O sistema de tratamento de água foi simulado em equipamento *Jar-Test* (FlocControl-Policontrol 233), com base nas etapas de coagulação, floculação e sedimentação que ocorrem em estações de tratamento convencionais. Pararemoção da matéria coagulada, o sobrenadante foi submetido à filtração rápida por meio de membrana filtrante de 0,45µm em compressor aspirador modelo 089-CAL.

Com o *Jar-Test* foi possível fazer a otimização das dosagens dos coagulantes a partir da análise da eficiência na remoção de partículas solúveis. Assim, a melhor dosagem foi selecionada através de ensaios de cor (uH) e turbidez (uT).

Os ensaios com o aparelho iniciaram com adição de 2000 mL de água *in natura* a ser tratada, em cada um dos 3 jarros do equipamento, juntamente com a dosagens dos coagulantes naturais em dois dos jarros. O terceiro jarro acondicionou a amostra controle, contendo apenas água bruta.

As condições operacionais do *Jar-Test* consistiram em funcionamento durante 1 minuto com rotação de 80 rpm (simulação da mistura rápida com o coagulante), seguida da redução de rotação para 40 rpm por 20 minutos (simulação da mistura lenta, na qual ocorre a floculação). Transcorrido esse tempo, as amostras foram mantidas em repouso sob processo de sedimentação por 30 e 60 minutos e ao fim de cada um desses períodos, a água foi filtrada e submetida à caracterização quanto aos parâmetros pH, cor aparente e turbidez. O primeiro com auxílio do pHmetro (Orion 210A) à 25°C, enquanto que para os dois últimos foi utilizado o colorímetro DR/890.

Os três objetos de estudo tiveram suas metodologias pautadas com base na APHA (2012), sob referência metodológica 2120 para a determinação da cor com comprimento de onda de λ = 455 mm, enquanto que o método para o pH foi o 4500-H e a para a turbidez, o 2130.

Os dados seguem a comparação de remoção dos parâmetros entre a água bruta (AB) e a água coagulada, mediante análise de variância (ANOVA) e regressão linear simples para verificar possível relação entre os valores de turbidez e cor com a melhor dosagem de coagulante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos procederam-se com aplicação das dosagens apresentadas na Tabela 1, para ambos coagulantes. Nela consta também, a caracterização inicial da água bruta antes de ser submetida aos tratamentos.

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.02

Tratamentos	Dosagens ($mg.L^{-1}$)		Cor aparente (uH)	Turbidez (uT)	pH
	Tanino	Sulfato			
T1	15,0 ± 0,5	200,0 ± 0,5	161 ± 1	11 ± 1	6,78 ± 0,01
T2	20,0 ± 0,5	100,0 ± 0,5	164 ± 1	14 ± 1	6,50 ± 0,01
T3	40,0 ± 0,5	120,0 ± 0,5	262 ± 1	13 ± 1	7,24 ± 0,01
T4	70,0 ± 0,5	300,0 ± 0,5	204 ± 1	18 ± 1	7,02 ± 0,01
T5	80,0 ± 0,5	500,0 ± 0,5	230 ± 1	21 ± 1	6,92 ± 0,01
T6	100,0 ± 0,5	1200,0 ± 0,5	224 ± 1	16 ± 1	6,47 ± 0,01
T7	150,0 ± 0,5	1500,0 ± 0,5	186 ± 1	17 ± 1	6,58 ± 0,01

Tabela 1. Dosagens aplicadas a cada tratamento e caracterização da água bruta do Rio Poxim.
Fonte: Autoria própria.

Analisando os dados da Tabela 1, verifica-se que não houve adequação dos parâmetros de estudo às classes de água doce determinadas pelo CONAMA 357 (BRASIL, 2005), o que comprova a necessidade de se fazer o tratamento da água para sua adequação ao consumo humano.

3.1 Parâmetros cor aparente e turbidez

Nas Figuras 1 e 2 estão apresentadas as taxas de remoção da cor aparente e turbidez em função da dosagem dos coagulantes utilizados e dos tempos de sedimentação (30 e 60 min) em amostras de água com cor aparente e turbidez expressas na Tabela 1.

No tratamento controle, constatou-se que a não adição de coagulantes resultou em eficiências de remoção relativamente baixas, tanto para a cor aparente quanto para a turbidez da água bruta, com valores na faixa de 9 a 64,71% e 29,81 a 78,49%, respectivamente. Ao fim dos períodos de sedimentação e posterior filtração, ambos parâmetros permaneceram acima do permitido pelo Ministério da Saúde (15uH para cor aparente e 0,5uT para turbidez), o que atesta a necessidade do uso de coagulantes.

A adição do tanino vegetal ao tratamento no *Jar-Test* (Figura 1a e 1b), possibilitou a redução total (100%) da cor aparente para a dosagem de 20 $mg.L^{-1}$ ao longo dos primeiros 30 min de sedimentação, sendo essa portanto, considerada a dosagem ótima. Máximas remoções foram também verificadas para a turbidez nas concentrações de 20, 40, 100 e 150 $mg.L^{-1}$, adequando-se aos padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº. 5 (BRASIL, 2017). Tendo essa última concentração apresentado comportamento mais estável em relação às outras, ao longo do tratamento. Arantes et al. (2014), em tratamento utilizando o tanino com sistema de filtração lenta, registraram eficiências de remoção à turbidez superiores a 99%.

Utilizando o tanino Andrade et al. (2019) em estudo realizado com água coletada em canal à montante da ETA de Gravatá, obtiveram, para as dosagens de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 $mg.L^{-1}$ remoção de turbidez aproximada de 30, 75, 82, 90, 92 e 90%, respectivamente, demonstrando relação direta entre o aumento da dosagem com aumento da remoção.

É possível verificar ainda, que a menor eficiência no processo de clarificação da água ao longo dos períodos de sedimentação foi registrada para dosagem de 15 $mg.L^{-1}$ para ambos parâmetros analisados. Dentre as dosagens estudadas, apenas a de 40 e 80 $mg.L^{-1}$ não se adequaram aos limites da Portaria de Consolidação nº. 5 (BRASIL, 2017) para cor aparente.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.02

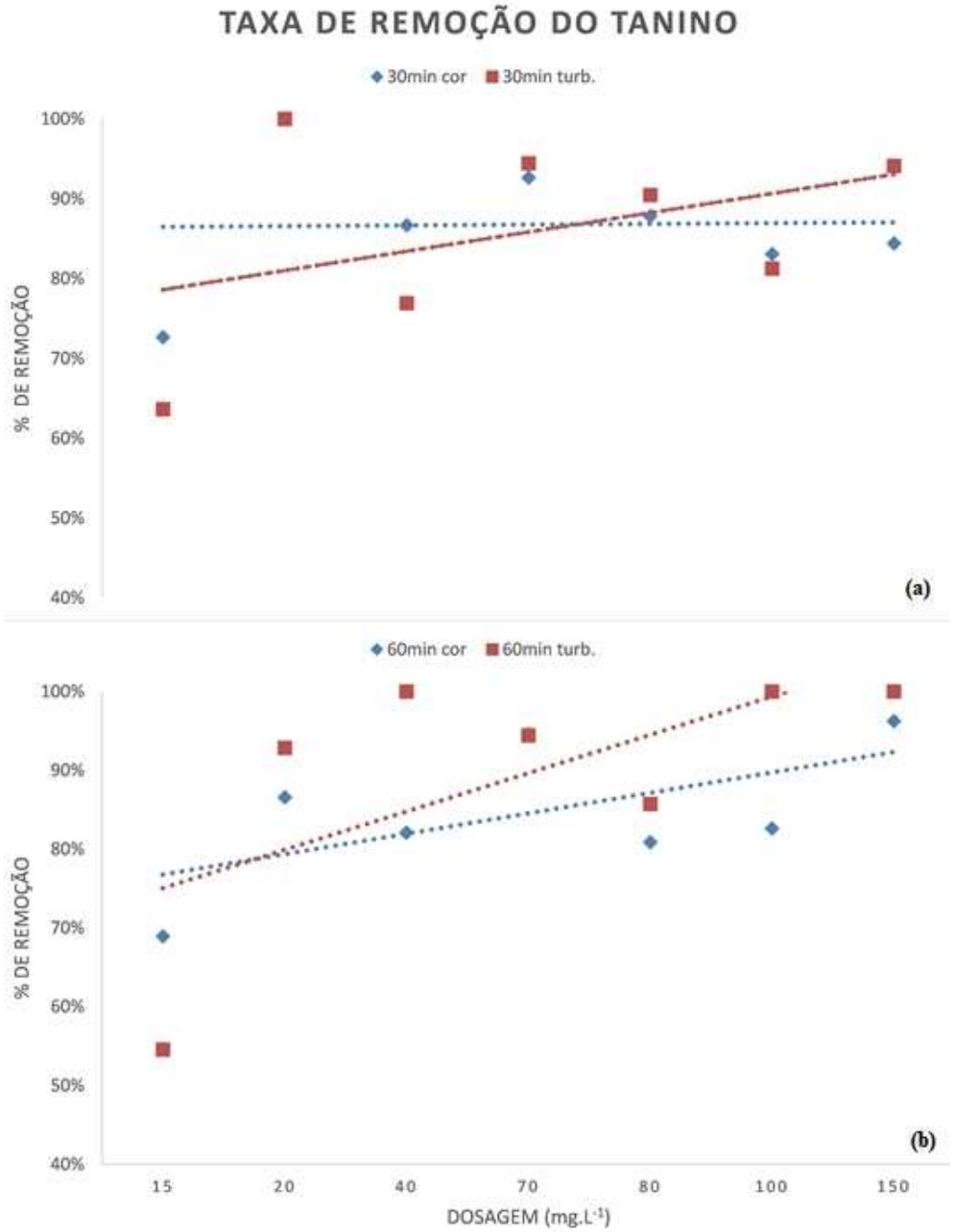

Figura 1. Percentagens de remoção da cor e turbidez utilizando o tanino (a) após 30 min e (b) 60 min de sedimentação seguida da filtração. **Fonte:** Autoria própria.

Já o tratamento com o sulfato de alumínio como coagulante (Figura 2a e 2b) obteve, para dosagem de 120 mg.L^{-1}, a melhor taxa de remoção da cor (94,27% em 60 minutos), com decréscimo da cor de 262 uH para 15 uH. A mesma dosagem durante 30 minutos de sedimentação registrou a menor eficiência para turbidez (61,54%). Nesse mesmo período, 100 mg.L^{-1} registrou a menor taxa de clarificação para a cor (63,58%). As dosagens de 1200 e 1500 mg.L^{-1} apresentaram remoção total para o parâmetro turbidez, em 30 e 60 minutos respectivamente, sendo essa última considerada a ótima, por descrever comportamento mais estável ao longo da sedimentação. Bhatti et al. (2011) utilizou sulfato de alumínio como coagulante e obteve redução na turbidez do efluente da ordem de 96%. Dentre as dosagens estudadas, apenas 100 mg.L^{-1} adequou-se ao limite prescrito pela Portaria de Consolidação nº. 5 (BRASIL, 2017) em se tratando da cor, para a turbidez houve adequação para as dosagens de 100, 1200 e 1500 mg.L^{-1} .

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.02

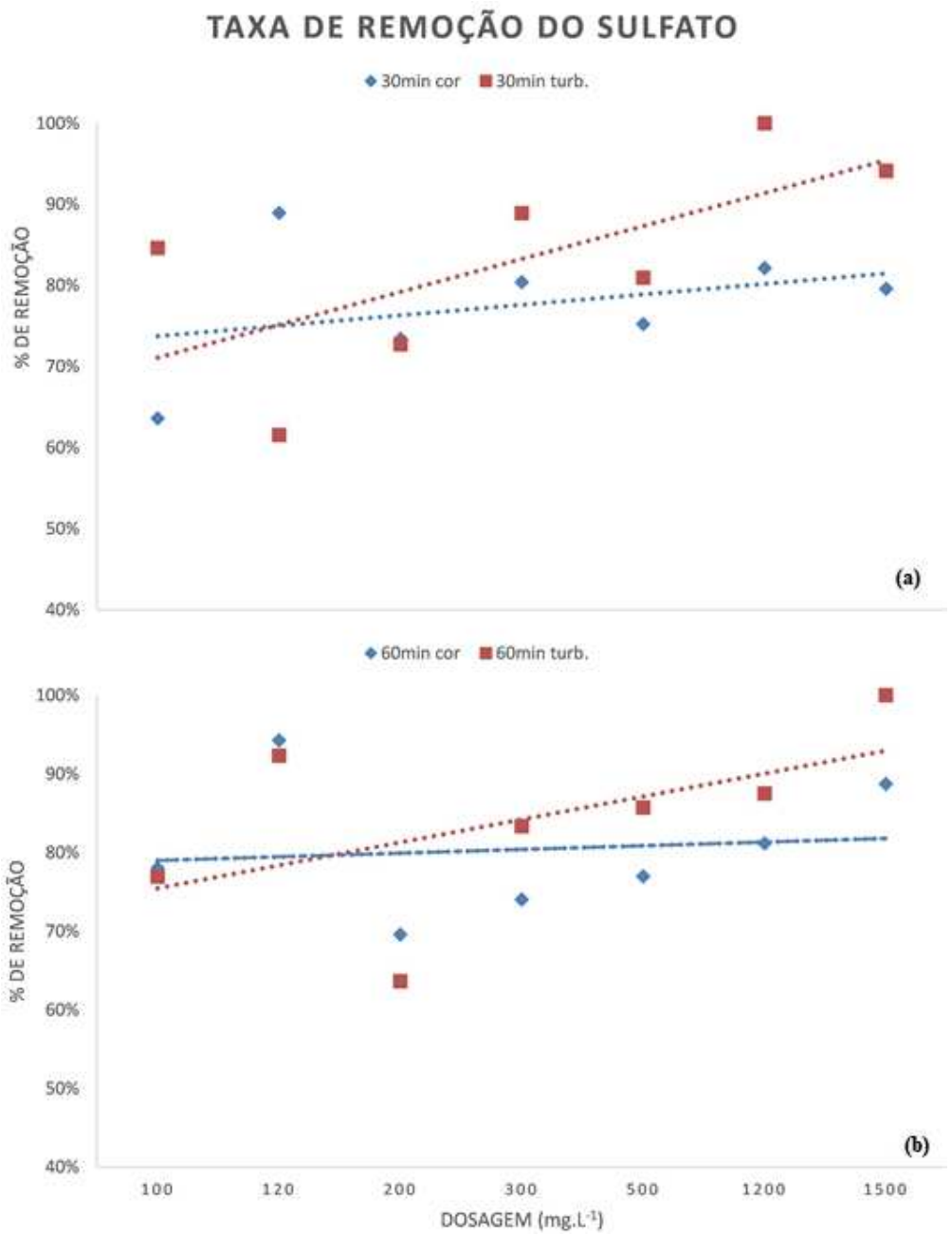

Figura 2. Percentagens de remoção da cor e turbidez utilizando o sulfato (a) após 30 min e (b) 60 min de sedimentação seguida da filtração. **Fonte:** Autoria própria.

De acordo com Bernardino et al. (2019) o uso de produtos químicos para desestabilizar as impurezas continua sendo uma boa prática em tratamento de água para abastecimento humano. Esses autores estudaram o potencial de remoção de cor e turbidez por meio da aplicação da dosagem ideal de sulfato de alumínio combinado com carvão ativado, de modo a estimar a concentração do carvão mais eficiente para a do sulfato de alumínio. Para a concentração ideal de 12,5 $mg.L^{-1}$ de sulfato de alumínio, obteve-se os menores resultados para a cor e turbidez, entretanto esses resultados não atingiram os valores preconizados pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Assim, adicionou-se o carvão ativado com objetivo de clarificação da água. Entretanto, mesmo para as melhores eficiências de concentração do carvão ativado adicionada, não foi suficiente para a água enquadrar-se nos padrões de potabilidade.

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.02

Embora significativas eficiências tenham sido verificadas com aplicação de ambos coagulantes (Figuras 1 e 2), correlações estatísticas apontam associação positiva, porém, fraca relação entre o índice de remoção e a dosagem utilizada.

A aplicação da regressão linear simples apresentou variabilidade significativa de Y (% de remoção) explicada pela variável X(dosagem), isto é, o R^2 para os parâmetros ao longo dos períodos de sedimentação variou de moderado ($0,3 \leq R^2 \leq 0,6$) a fraco ($R^2 < 0,3$). Assim, constata-se que não existe relação direta entre a maior dosagem apresentar maiores índices de remoção dos parâmetros estudados, ou situação contrária a essa. Tal fato pode ser explicado pela variação da qualidade água bruta estar condicionada as alterações ocasionadas por diversos fatores ao qual o Rio Poxim está submetido, sendo as chuvas um desses. Por esse motivo, como visto na Tabela 1, a água bruta apresentou características distintas quanto aos parâmetros de estudo.

Apesar de Franco et al. (2017) terem afirmado que os períodos de sedimentação são intervenientes na eficiência de clarificação das águas, verificou-se ínfima variação de remoção dos parâmetros analisados ao longo dos tempos de sedimentação (Figuras 1 e 2), o que descreveu comportamento estável para a maioria das amostras submetidas ao tratamento com ambos coagulantes. Em vista disso, os primeiros 30 minutos de sedimentação mostrou-se suficiente para que os flocos formados decantassem e clarificassem a água. A variação mais significativa foi observada para remoção da turbidez com dosagem de 120 $mg.L^{-1}$ de sulfato de alumínio, expressa na Figura 2a e 2b.

A análise de variância (ANOVA: fator único) comprovam tal desempenho, uma vez que o Valor-P registrado foi superior a 0,05. Assim, a diferença entre os períodos de sedimentação (30 e 60 minutos) não foi suficiente para ocasionar remoção significativa dos parâmetros cor e turbidez. Isto é, a hipótese nula de que não há variabilidade entre os resultados deve ser aceita.

Além da definição da dosagem de coagulante e do tempo de sedimentação, os processos de de mistura têm fundamental importância na eficiência de remoção de partículas da água. Nesse sentido, Vianna (2010) considera como ideal o gradiente de velocidade para mistura rápida de 500 a 7000 s^{-1}em tempos variando entre 1 s a 3 min e para mistura lenta de 70 s^{-1} por 20 a 40 min de tempo de detenção. No presente estudo, os tempos de mistura rápida e lenta estão dentro do recomendado, no entanto, os gradientes de velocidade para ambas misturas diferem para menos se comparado ao referido autor. Mesmo assim, os valores adotados mostraram-se suficientes para formação dos flocos, conforme as altas eficiências apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Oliveira (2019) estudou alguns tipos de tanino vegetal aplicado ao tratamento de água e o de melhor desempenho comparou com o policloreto de alumínio (PAC), para análise dos parâmetros cor, turbidez e pH. Na comparação, para a cor os dois coagulantes apresentaram eficiência de remoção similar e acima de 80%. A respeito da turbidez, tanto o tanino (remoção entre 9,87 a 99,68%) como o PAC (remoção entre 31,84 a 99,57%), apresentaram variação de remoção, no qual, para esse parâmetro, o PAC apresentou média de remoção superior ao tanino.

3.2 Parâmetro pH

Mesmo que os valores de pH da água bruta tenham apresentado enquadramento aos padrões de de potabilidade citados em Brasil (2017), uma vez que obedecem à faixa permitida ($6 \leq pH \leq 9,5$),

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.02

prosseguiu-se com análise desse parâmetro de modo a monitorar seu comportamento frente aplicação dos coagulantes.

O tratamento da amostra controle (AC) apresentou valores similares àqueles registrados para água bruta, com mínimas variações, conforme apresentado na Figura 3. Já as análises para água tratada com o tanino vegetal (TAN), nota-se a manutenção e estabilização dos valores de pH em torno do verificado na água bruta. É possível perceber ainda, que o aumento da dosagem do tanino não implica na variação do pH da água tratada, a respeito disso, Ströher et al. (2013) explicam que dentre as propriedades do tanino, tem-se que o pH da água não sofre alteração, pelo fato do processo de coagulação não haver consumo da alcalinidade do meio. Comportamento também apontado por Siqueira (2018), em tratamento de água com uso de dois coagulantes naturais em comparação com o sulfato de alumínio.

Desempenho contrário é observado para o tratamento realizado com o sulfato de alumínio (SUL), a adição desse coagulante implicou na redução do pH da água (Figura 3), em relação à água bruta. O mesmo desempenho foi observado por Coral et al. (2009) e Pimenta et al. (2018).

Segundo Pavanelli (2001), normalmente os coagulantes químicos atuam como ácidos em solução, reduzindo a alcalinidade, e consequentemente o pH da mistura, necessitando assim, da adição de alcalinizantes, para enquadrar o pH à faixa recomendada pelo Ministério da Saúde para água de abastecimento humano. Apesar dessa justificativa, no estudo realizado por Oliveira (2019) não houve diferença considerada significativa nos resultados de pH em comparação entre tanino e o PAC.

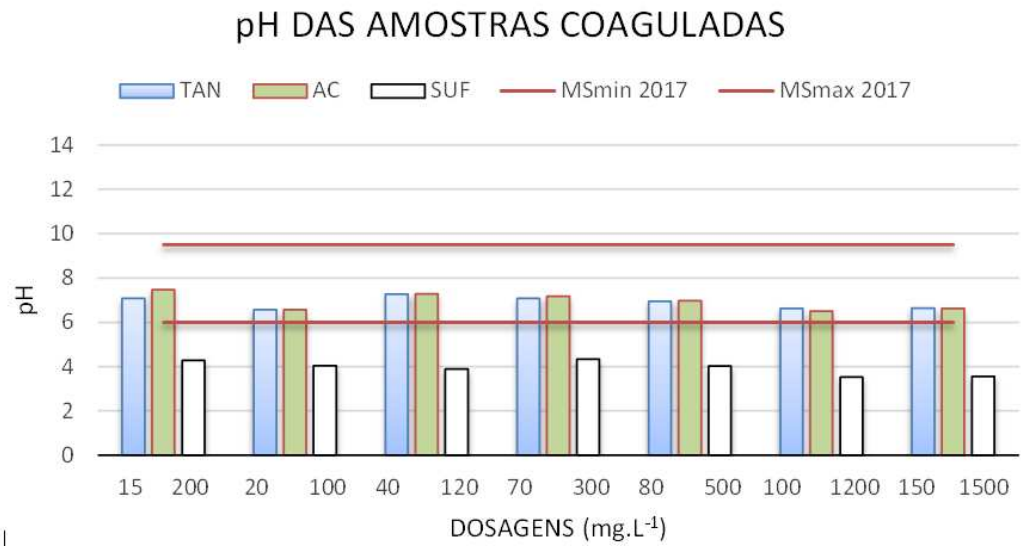

Figura 3. pH da água tratada com tanino (TAN), sulfato (SUL) e sem coagulante (AC).
Fonte: Autoria própria

No tratamento de água para abastecimento, o pH é peça importante em diversos processos, já que para serem eficientes, a coagulação e floculação dependem de um pH ótimo (LIBÂNIO, 2010). Neste estudo, os valores de pH com uso do tanino apresentaram-se na faixa de 6,51 a 7,47. GRAHAM et al. (2008) e SÁNCHEZ-MÁRTIN et al. (2009) afirmam que esta faixa de pH não corresponde aos melhores valores para a atuação do tanino como coagulante (pH entre 4 e 5). Em vista disso, redução proposital do pH da água bruta poderia implicar em eficiências ainda maiores, para menores concentrações de coagulantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os coagulantes testados mostraram-se eficientes na remoção da cor e turbidez da água bruta;
- Análises estatísticas comprovaram que não há diferença considerada significativa entre os resultados encontrados após a filtração, seguida dos períodos de sedimentação de 30 e 60 min. Dessa forma, o primeiro período de tratamento foi responsável por alcançar altas taxas de remoção;
- O tanino vegetal registrou melhores percentagens de remoção dos parâmetros se comparado ao sulfato de alumínio, alcançando remoção total da turbidez para as concentrações de 20, 40, 100 e 150 $mg.L^{-1}$. Enquanto que para o mesmo parâmetro, o sulfato registrou máxima remoção para 1200 e 1500 $mg.L^{1}$. Em relação à cor, a dosagem de 20 $mg.L^{1}$ (tanino) e 120 $mg.L^{-1}$ (sulfato) obtiveram remoção de 100% e 94,27%, respectivamente;
- Ao contrário da água tratada com o sulfato de alumínio, verificou-se que o tanino manteve a estabilidade do pH da água em torno dos resultados encontrados para a amostra controle;
- Para adequação do pH da água tratada com o sulfato, faz-se necessário fazer adição de produtos químicos alcalinizantes à água.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à COPES/UFS pelo auxílio financeiro ao estudo, bem como à DESO, por tornar o plano de trabalho possível de ser executado.

REFERÊNCIAS

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of Moringa Oleifera Seed as Coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 1, p. 119-123, 2009.

ANDRADE, T. C. S.; BARBOSA, M. G. N.; PEQUENO, L. A. B.; MARREIROS E SILVA, M. H.; FERREIRA, W. B. Análise comparativa de coagulantes orgânicos a base de tanino em conjunto com carbono ativado no tratamento de água para o abastecimento público. In: **30° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais...** Natal, 2019.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 edition. Washington, 2012.

ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; TATEOKA, M. S. S.; SILVA, G. K. E. Uso de coagulantes naturais à base de moringa oleífera e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 780–788, 2014. doi:10.1590/s0100-69162014000400017

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M.A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. **Journal of Hazardous Materials**, v. 186, n. 2-3, p.1704-1712, 2011. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.075

BERNARDINO, F. G.; SANTOS, R. P.; TAVARES, A. A. M.; SANTOS, W. B.; FERREIRA, W. B. Potencial de remoção de cor e turbidez com a aplicação de sulfato de alumínio associado ao carvão ativado em águas naturais. In: **30° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais...** Natal, 2019.

BHATTI, Z. A.; MAHMOOD, Q.; RAJA, I. R.; MALIK, A. H.; KHAN, M.S.; WUB, D. Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, p. 465–469, 2011. doi:10.1016/j.pce.2010.03.022

BHUPTAWAT, H.; FOLKARD, G.K.; CHAUDHARI, S. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating Moringa oleifera seed coagulant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 142, n. 1–2, p. 477-482, 2007.

BLANCO, L. M.; MINHONI, R. T. de A.; COSTA, G. H. G.; Extrato de Acácia Negra no tratamento primário de água fluvial; **Environmental Science:** Water Research e Technology, v. 1 ed. 1, 2016.

BONDY, S. C. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. **Neurotoxicology,** v. 52, p. 222-229, 2015. doi:10.1016/j.neuro.2015.12.002

BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; NISHI, L.; COLDEBELLA, P. F.; VALVERDE, K. C.; VIEIRA, A. M. et al. Improvement of the coagulation/flocculation process using a combination of Moringa oleifera lam with anionic polymer in water treatment. **Environmental Technology**, v. 35, n. 17-20, p. 2227-36, 2014. doi:10.1080/09593330.2014.899398

BRASIL. Portaria da Consolidação nº. 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. 2017.

_____. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente-CONAMA.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E S; MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam. **Acta Sientiarum Technology.** v. 30, n. 2, 2008. doi:10.4025/actascitechnol.v30i2.5493

CASTRO-SILVA, M. A.; RÖRIG, L. R.; LAMB L. H.; HECK, C. A.; DECUSATI O. G. Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio) – I. microrganismos filamentosos. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n.54, p. 21-27, 2004. doi: 10.7213/reb.v26i54.21277

CORAL, L. A;, 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. **International Workshop advances in cleaner production.** 2009.

FRAGA-CORRAL, M.; GARCÍA-OLIVEIRA, P.; PEREIRA, A. G.; LOURENÇO-LOPES, C.; JIMENEZ-LOPEZ, C.; PRIETO, M. A.; SIMAL-GANDARA, J. Technological Application of Tannin-Based Extracts. **Molecules**. v. 25, n. 614, p. 1-27, 2020. doi:10.3390/molecules25030614

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F.C.; KOHN, G P.; FIA, R. Coagulação com semente de Moringa oleifera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n.4, p. 781-788, 2017. doi: 10.1590/s1413-41522017145729

FREITAS, J. H. E. S.; SANTANA, K. V.; NASCIMENTO, A. C. C.; PAIVA, S. C.; MOURA, M. C.; COELHO, L. C. B. B.; OLIVEIRA, M. B. M.; PAIVA, P. M. G.; NASCIMENTO, A. E.; NAPOLEÃO, T. H. Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble Moringa oleifera seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water. **Chemosphere**, v. 163, p. 133-141, 2016. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.08.019

GRAHAM, N.; GANG, F., FOWLER, G.; WATTS, M. **Characterisation and coagulation performance of a tannin based cationic polymer:** a preliminary assessment. Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 327, p. 9-16, 2008. doi:10.1016/j.colsurfa.2008.05.045

HOWE, K.; HAND, D. W.; CRITTENDEN, J. C.; RHODES TRUSSEL, R.; TCHOBANOGLOUS, G. **Princípios de Tratamento de Água.** 1ª ed. São Paulo: Cengare, 2016. 624p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e tratamento da água**. 4 ed. Campinas: Átomo, 2016. 640p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada a qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Opa/OMS no Brasil, 2006.

OLIVEIRA, C. **Avaliação operacional da aplicação de tanino vegetal no tratamento de água do rio Caveiras**. 2019. 88f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Santa Catarina, Lages. 2019.

OLIVEIRA, H. M; WIILLAND, E. L. Efeito da água tratada com sulfato de alumínio e com o polímero natural (tanato quaternário de amônio) em planárias a fim de identificar novos organismos testes. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, p. 51-57, 2011.

PIMENTA, J. A. A; FERREIRA, J. W. S.; NICOLAU, R. H. G.; FURUYA, D. E. G.; SILVA, L. M. S.; JÚNIO, G. J. P. Avaliação do sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e cloreto férrico no tratamento de água bruta do rio santo anastácio. **colloquium exactarum**. v, 9, n. 3, p. 38-56, 2018. doi: 10.5747/ce.2017.v09.n3.e203

RICHTER, C. A. **Água**: Métodos e Tecnologia de Tratamento. 5ª edição. São Paulo: Blucher. 2017. 340p.

SÁNCHEZ-MARTÍN J.; GONZÁLEZ-VELASCO M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. *Acacia mearnsii* de wild tannin-based flocculant in surface water treatment. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v. 29, n. 2, p. 119-135, 2009. doi:10.1080/02773810902796146.

SIQUEIRA, A. P. S.; SILVA, C. N.; REZENDE, L.C. S. H.; MILANI, R. G.; YAMAGUCHI, N. U. Análise da performance dos coagulantes naturais moringa oleífera e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 15 n. 27; p. 18, 2018. doi: 10.18677/EnciBio_2018A112

STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C.; BERGAMASCO, R. Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans. **Engevista**, v. 15, n. 3, p. 255-260, 2013. doi: 10.22409/engevista.v15i3.445

VIANNA, M. **Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais** – Volume 4: sistemas de tratamento de água. 1ª. ed. Belo Horizonte: FUMEC, v. 1. 2010. 545p.

YIN, C. Y. Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 9, p. 1437-1444, 2010. doi:10.1016/j.procbio.2010.05.030