

ESTUDO DO POTENCIAL ZETA NA COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO DE SUSPENSÕES DE CAULIM

Gabriel Becker ¹

Tuanny Santos Frantz ²

Juliê Silveira da Costa ³

Amalia Feitosa Franco ⁴

Luiz Antonio de Almeida Pinto ⁵

Tito Roberto Cadaval Jr ⁶

Resumo:

A coagulação/floculação é uma das primeiras operações em uma unidade de tratamento de água, sendo largamente aplicada devido a remoção eficaz de partículas solúveis, coloidais e em suspensão, além de seu baixo custo e fácil operação. As águas superficiais podem possuir compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos e suspensos, esses compostos geram turbidez, cor e muitas vezes odor. Estas partículas possuem em sua superfície cargas negativas que impedem sua agregação e separação. Devido a isso são adicionados produtos químicos a fim de reduzir as forças de repulsão e agregar tais partículas. O potencial zeta é um parâmetro que mede a carga das partículas em suspensão. Na coagulação, o potencial zeta pode ser utilizado para definir a melhor dosagem de coagulante e também para estudar o mecanismo de coagulação presente. No presente trabalho foi estudada a coagulação de uma suspensão de caulim com sulfato de alumínio em diferentes dosagens e pH. Por meio de medidas de potencial zeta pode-se atribuir os mecanismos presentes na coagulação e redução da turbidez da suspensão. Os resultados indicam que o principal mecanismo de coagulação neste sistema foi o de adsorção e neutralização de cargas, e em alguns casos, o mecanismo por varredura também foi verificado.

Palavras-chave: coagulação, potencial zeta, mecanismo de coagulação

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTUDO DO POTENCIAL ZETA NA COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO DE SUSPENSÕES DE CAULIM

¹ Aluno de graduação. beckergabriel98@gmail.com. Autor principal

² Aluno pós-graduação. tuanny.frantz@gmail.com. Co-autor

³ Aluno graduação. ju_scosta@yahoo.com. Co-autor

⁴ Aluno graduação. francoamalia3@gmail.com. Co-autor

⁵ Docente. dqmpinto@furg.br. Orientador

⁶ Docente. titoeq@gmail.com. Co-orientador

ESTUDO DO POTENCIAL ZETA NA COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO DE SUSPENSÕES DE CAULIM

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de água por coagulação/floculação seguida de sedimentação é a tecnologia mundialmente utilizada para a remoção da turbidez. A turbidez presente em águas superficiais ocorre devido a presença de partículas que podem ser orgânicas ou inorgânicas. As partículas orgânicas incluem algas, bactérias, cistos de protozoários e detritos da vegetação que caem na água. Os sólidos de origem inorgânica podem ser oriundos da erosão, onde são introduzidas na água argila, silte e óxidos minerais. A água de superfície também incluirá matéria orgânica particulada e dissolvida, coletivamente denominada matéria orgânica natural, que é um produto de decomposição e lixiviação de detritos orgânicos (DAVIS, 2011). Estas partículas permanecem estáveis quando há um equilíbrio entre a força eletrostática das partículas carregadas e das forças atrativas conhecidas como forças de Van der Waals. Em águas naturais em condições normais de pH (6,0 a 9,0) a carga das partículas é negativa, sendo o mecanismo principal que controla a estabilidade, a repulsão eletrostática. Devido a esta carga negativa, tamanho reduzido e massa específica menor que a da água, a separação deste material torna-se difícil (SU et al., 2017).

O objetivo da coagulação/floculação é transformar as pequenas partículas em partículas maiores chamadas flocos, passíveis de sedimentação. Na coagulação é introduzido um agente químico que tem por finalidade a desestabilização e anulação destas forças repulsivas, de maneira que as partículas se aglomerem formando flocos. A etapa de floculação é necessária para que estes flocos formados colidam e cresçam adquirindo peso e tamanho suficiente para que possam ser facilmente removidos em processos subsequentes, como decantação, flotação por ar dissolvido ou filtração (METCALF; EDDY, 2003).

Os coagulantes mais utilizados são sais inorgânicos, como sais de alumínio e ferro, estes sais quando adicionados em água formam diversas espécies hidrolisadas de carga positiva que se aderem às superfícies das partículas, diminuindo a repulsão entre elas (METCALF; EDDY, 2003). Um parâmetro importante para avaliar a estabilidade e a tendência à formação do floco é a medida do potencial zeta. O potencial zeta é um bom indicador das interações entre partículas e, portanto, da estabilidade de colóides e partículas em solução. Este indica o potencial necessário para romper a película protetora de íons que rodeiam a partícula em solução. Para colóides em fontes de águas naturais em uma faixa de pH de 5 – 8, o potencial zeta é geralmente de -14 a -30 mV (JEFFERSON et al., 2004). A introdução do agente coagulante atua na desestabilização, que é a diminuição do potencial zeta, pois o eletrólito reduz as forças repulsivas permitindo que a ação das forças atrativas de Van der Waals promovam a agregação e consequentemente a formação dos flocos. Ou seja, a adição do coagulante aumentará o potencial zeta até zero e diminuirá as forças de repulsão. O potencial zeta é sem dúvida uma variável explicativa dos mecanismos de coagulação e pode também ser utilizada na determinação da dose ótima de coagulante.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi simular a turbidez de uma água superficial, a fim de estudar as interações que ocorrem no sistema. Para isso foi utilizada uma suspensão de caulim. A melhor condição de coagulação foi avaliada relacionando a redução da turbidez com medidas de potencial zeta. O mecanismo de coagulação predominante também foi identificado.

2 METODOLOGIA

Suspensão de caulim

A suspensão que foi utilizada neste trabalho foi obtida com a mistura de 2g de caulim (Synth) em 1 litro de água destilada. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso durante 24 horas para que as partículas mais grosseiras pudessem ser retiradas. O sobrenadante foi separado e diluído com água destilada até atingir a turbidez desejada.

Caracterização físico-química

Após o preparo da suspensão, a mesma foi caracterizada quanto as propriedades físico-químicas: pH, turbidez, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis. Todas as análises foram conduzidas de acordo com as metodologias descritas no Standard Methods (APHA, 2012).

Ensaio de coagulação/floculação

O coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio obtido da VETEC (Brasil). O sulfato de alumínio foi dosado a partir de uma solução estoque com concentração 10.000 mg/L. A coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em um *Jar Test* (Milam, JT303M/6, Brasil) com 6 jarros com um volume de suspensão igual a 1000 mL. Os ensaios foram realizados nos pHs 6,5 e 7,0, ajustado com soluções de NaOH ou HCl 0,1 mol.L⁻¹. As dosagens do coagulante foram de 40, 80 e 160 mg/L. Na etapa de coagulação foi utilizado um tempo de mistura rápida igual a 2 min em rotação de 200 rpm, e na floculação, o tempo de mistura lenta foi de 10 min em rotação de 50 rpm, o tempo de sedimentação de 30 min.

Análises

Após a sedimentação a suspensão tratada foi analisada quanto a turbidez final (HI 93703, Turbidímetro portátil, HANNA) e quanto ao potencial zeta (LitesizerTM 500, Anton Paar, Austria). Todos os ensaios foram realizados a temperatura ambiente (25 ± 1°C).

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resultado da caracterização dos parâmetros físico-químicos da suspensão de caulim utilizada neste trabalho. A turbidez foi ajustada para 80 NTU a fim de simular uma água superficial real. O pH inicial da suspensão foi ajustado para 6,5 e 7,0 nos ensaios de coagulação/floculação também de maneira a reproduzir a variação que uma água superficial possa ter. O potencial zeta da suspensão inicial foi em torno de -19,0 mV.

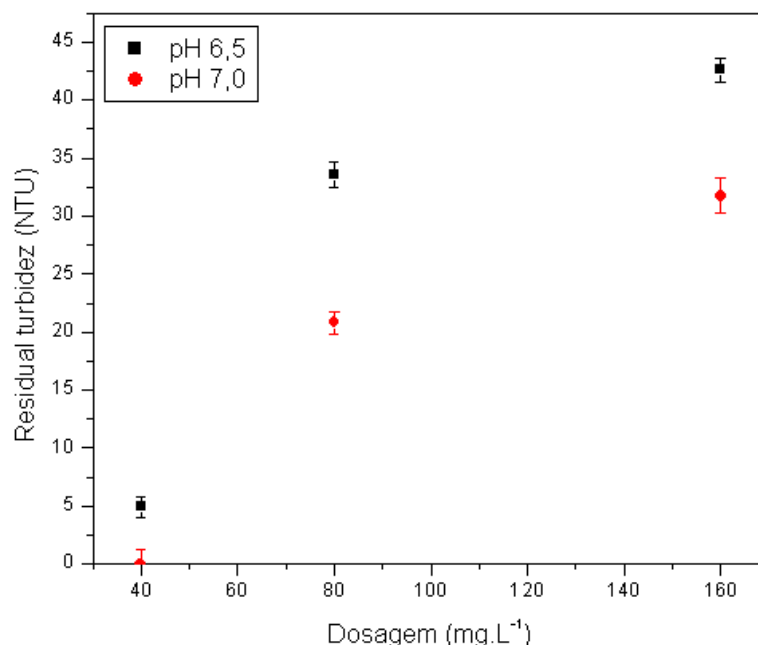
Tabela 1 - Caracterização físico-química da suspensão de caulim.

Parâmetro	Valor
pH	6,8
Turbidez (NTU)	80,0 ± 3,0
Temperatura (°C)	15,8 ± 1
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	192,5 ± 2,1
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹)	92,2 ± 1,1
Sólidos sedimentáveis (mg L ⁻¹)	nd*
Potencial zeta (mV)	-19,0 ± 0,4

Fonte: do Autor, 2018. *nd: não detectável

Sendo assim, foram avaliados a redução da turbidez para as três dosagens escolhidas e posteriormente relacionados aos valores obtidos para o potencial zeta associando ao mecanismo de coagulação presente. Na Figura 1 são apresentados os valores da turbidez residual após a coagulação/floculação e sedimentação para os pHs 6,5 e 7,0. Observa-se que para ambos os pHs, os menores valores de turbidez no final do processo foram na dosagem de 40 mg.L⁻¹, em torno de 5 NTU para o pH 6,5 e praticamente 0,0 NTU para o pH 7,0. Para as dosagens maiores, os valores finais de turbidez foram entre 35 e 43 NTU no pH 6,5. No pH 7,0 os valores residuais foram um pouco menores, entre 20 e 33 NTU. Em geral, a coagulação foi mais efetiva no pH 7,0 para todas as dosagens, pois como o sulfato de alumínio tende a consumir alcalinidade do meio e diminuir o pH, sua solubilidade também é alterada, o que prejudica a formação das espécies hidrolisadas responsáveis pela remoção das partículas, formação dos flocos e separação (METCALF; EDDY, 2003).

Figura 1 – Residual de turbidez após o tratamento.



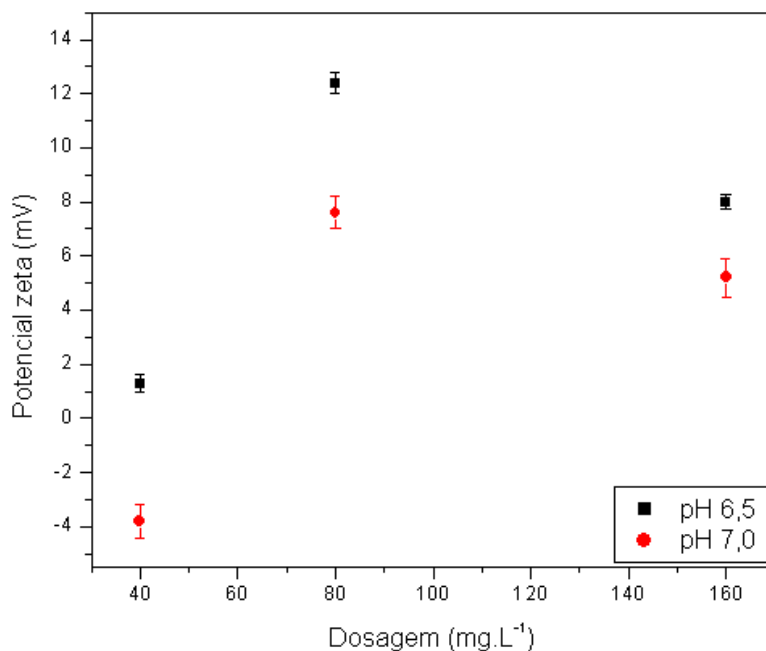
Fonte: do Autor, 2018.

A Figura 2 apresenta os valores do potencial zeta em função da dosagem do coagulante. O potencial zeta mais próximo do potencial isoelétrico foi atingido na coagulação de menor dosagem (40 mg.L⁻¹), nesta dosagem também foram obtidas as maiores remoções de turbidez, para ambos os valores de pH. Pode-se concluir que o mecanismo resultante da coagulação foi a adsorção e neutralização de cargas (DAVIS, 2011).

Na dosagem de 80 mg.L⁻¹, os valores de potencial tiveram a maior variação, indo de -19 mV (suspensão antes do tratamento) até +12 mV (pH 6,5) e +7,0 mV (pH 7,0). Nesta condição pode se inferir que houve adsorção e neutralização de cargas, visto a grande variação no potencial zeta, e também coagulação por varredura, que é a formação de grandes precipitados de alumínio em solução com cargas positivas (METCALF; EDDY, 2003). Estes precipitados possuem peso suficiente para decantar e aprisionam as partículas suspensas em sua estrutura, ocorrendo a separação das mesmas do líquido.

O potencial zeta na dosagem de 160 mg.L⁻¹ apresentou um valor intermediário, nesta dosagem também ocorreu uma combinação de neutralização de cargas e varredura. Neste caso, pode ter ocorrido uma superdosagem do coagulante, de maneira que inicialmente as cargas foram neutralizadas, no entanto, as espécies hidrolisadas de alumínio positivo estavam em excesso, e as partículas se restabeleceram adquirindo agora, carga oposta, dando origem ao valor positivo do potencial zeta e com pouca redução de turbidez (JEFFERSON et al., 2004).

Figura 2 – Potencial zeta após o tratamento.



Fonte: do Autor, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suspensão de caulim para simulação de água superficial foi utilizada. De maneira geral a coagulação em pH 7,0 foi mais efetiva do que com pH 6,5. Na dosagem de 40 mg.L⁻¹, foram obtidas as maiores remoções de turbidez e valores mais próximos ao ponto isoelétrico de potencial zeta, indicando que esta foi a melhor condição. Os valores de potencial zeta obtidos levam a concluir que no caso da menor dosagem, a coagulação ocorreu principalmente pela neutralização das cargas de maneira que sobraram poucas espécies carregadas em solução e assim foi obtida a maior remoção na turbidez. Nas dosagem maiores,

80 e 160 mg.L⁻¹, as reduções de turbidez foram intermediárias, assim como os valores de potencial zeta. Possivelmente, o mecanismo ocorrido foi uma combinação da adsorção e neutralização de cargas com varredura. Através deste estudo conclui-se que o potencial zeta apresenta boa relação com a redução da turbidez para a determinação da dose ótima de coagulante. Os valores de menor turbidez residual coincidem com o menor valor de potencial zeta. O uso do potencial zeta para determinação da melhor condição deve ser avaliado juntamente com medidas auxiliares, como a turbidez da amostra.

REFERÊNCIAS

- APHA. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.
- DAVIS, M. L. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. [s.l: s.n.].
- JEFFERSON, B. et al. Application of charge measurement to water treatment processes. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 4, n. August, p. 49–56, 2004.
- METCALF, E.; EDDY, H. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4. ed. [s.l.] New Delhi, 2003.
- SU, Z. et al. Coagulation of surface water : Observations on the significance of biopolymers. **Water Research**, v. 126, p. 144–152, 2017.