

ENSAIO DE FLOCULAÇÃO HÍDRICA EM AMOSTRA CRÍTICA WATER FLOCCULATION TEST ON CRITICAL SAMPLE

João Victor de Sousa Coutinho¹, Natan Lopes Chanca², Giselle Intra Pedroti Dias³, Gabriele Estofeles Louzada⁴, João Victor Xavier de Oliveira⁵, Elyse Ravani de Oliveira⁶, Débora Reginnette Scherr Barboza⁷, Raiana Maria Prucoli Falsoni⁸

RESUMO: Fortes chuvas ocasionam o aumento na presença de partículas nas águas fluviais, o que dificulta o tratamento, sendo necessário um ajuste fino no quantitativo de sulfato de alumínio e sulfato férrico no processo tratativo. Frente a isso, o objetivo desse trabalho consistiu em desenvolver um ensaio físico-químico de floculação em uma amostra crítica. Para tal foi utilizado um aparelho com simulações simultâneas de floculação, permitindo a variação de dosagem. Então aplicou-se 0,035 mL/L na primeira cubeta, e foi adicionado 0,005 mL/L a cada cubeta, até chegar na sexta cubeta, com uma dosagem de 0,060 mL/L. Após os processos de simulação observou-se que todas as cubetas tiveram uma redução na turbidez, pH e cor, quando comparadas a amostra crítica bruta, que possuía valores de 241,00 NTU, 6,7 e 255,0 uH, respectivamente. A cubeta que apresentou melhor qualidade de floculação foi a 04, que recebeu 0,050 mL/L, e obteve turbidez de 8,05 NTU, pH de 4,1 e cor de 24,6 uH. Logo concluiu-se que seriam necessários 116 mL/10s de solução de sulfato para um tratamento efetivo nessa situação estudada com amostra crítica de água após tempestade.

Palavras-chave: Floculação, tratamento hídrico e amostra crítica

Área Temática: Meio ambiente e saúde humana.

ABSTRACT: Heavy rains cause an increase in the presence of particles in river water, which hinders treatment, requiring a fine adjustment in the amount of silver sulfate and ferric sulfate in the treatment process. Therefore, the objective of this work was to develop a physical-chemical flocculation test on a critical sample. To this end, an apparatus with simultaneous flocculation simulations was used, allowing the dosage variation. Then 0.035 mL/L was applied in the first cuvette, and 0.005 mL/L was added to each cuvette, until reaching the sixth cuvette, with a dosage of 0.060 mL/L. After the simulation processes it was observed that all the cuvettes had a reduction in turbidity, pH and color, when compared to the raw critical sample, which had values of 241.00 NTU, 6.7 and 255.0 uH, respectively. The cuvette that presented the best flocculation quality was the 04, which received 0.050 mL/L, and obtained turbidity of 8.05 NTU, pH of 4.1 and color of 24.6 uH. Therefore, it was concluded that 116 mL/10s of sulfate solution would be necessary for an effective treatment in this situation studied with a critical sample of water after a storm.

Keywords: Flocculation, water treatment and critical sampling.

¹Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

² Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

³ Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

⁴ Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

⁵ Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

⁶ Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

⁷ Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

⁸ Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo.

INTRODUÇÃO

A floculação é um dos primeiros processos na maioria das metodologias de tratamento hídrico, e tem como objetivo a agregação de certas partículas indesejadas presentes na água. Inicialmente essas coagulam, e começam a agrupar-se, até que ocorra a formação de flocos sólidos. Desse modo, a densidade da agregação de partículas tende a direcioná-las para o fundo, todavia hélices dificultam a deposição dessas nos tanques de floculação. Esse processo viabiliza a deposição dessas partículas no fundo dos tanques de decantação, após a passagem pelos tanques iniciais de floculação (LOPES *et al.*, 2020; MIERZWA, *et al.*, 2008; FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

A efetividade desse processo é essencial para um bom tratamento, e garante que a população tenha acesso a um insumo essencial para a sobrevivência humana, de modo que esse não ofereça riscos de contaminação por sólidos menores. Também contribui para a redução de matrizes orgânicas, que podem contribuir para o desenvolvimento de determinadas patologias agudas (RUSSO; PIMENTEL; HEMSI, 2020; MOTTA *et al.*, 2019).

Para propiciar a floculação geralmente utiliza-se uma solução de sulfato férrico ou sulfato de alumínio, todavia, em determinados casos usa-se a combinação de ambos em determinadas proporções. Um detalhe, porém, é que esse composto reduz o pH da água de todo sistema, sendo necessário ocorrer uma correção com o óxido de cálcio, entretanto quando a quantidade de sulfato está além do necessário, a correção torna-se árdua, podendo oferecer riscos para a população. Sabendo disso, promover simulações de floculação com diferentes dosagens dessa solução torna-se um caminho viável para mitigar possíveis intercorrências e danos à saúde e a estrutura física de distribuição (SENEDA; GARCIA; REIS, 2021; LOPES *et al.*, 2020; DALSSASSO; SENS, 2006).

Sabe-se que em períodos chuvosos a água de origem fluvial tende a ter um maior índice de partículas, sendo necessário um quantitativo superior de sulfato, mas esse deve ser dosado de modo essencial para gerar a floculação. Índices elevados de sulfato reduzem drasticamente o pH, e oferecem riscos físicos a estrutura de distribuição, e para os consumidores. A busca pelo aprimoramento dos métodos de garantia de qualidade no tratamento hídrico torna-se essencial, sendo um atributo na prevenção de doenças e garantia de que a população assistida tenha acesso à água devidamente tratada, e que ofereça riscos de consumo (LOPES *et al.*, 2020; Russo;

Pimentel; Hems, 2020; GUEDES *et al.*, 2004).

Mediante ao exposto, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a dosagem ideal de solução de sulfato de alumínio e férrico para a floculação de amostra crítica oriunda de um período de fortes chuvas na região do Espírito Santo.

METODOLOGIA

A presente obra consistente num estudo experimental de caráter qualitativo e quantitativo. Para a sua execução foi obtida uma amostra de 20 litros de água oriunda da zona fluvial de captação do rio Itapemirim. O sistema de captação da estação de tratamento utiliza uma bomba para captar a água em estado bruto e encaminha-la até a estação de tratamento. A coleta da amostra se deu justamente na região de chegada do produto hídrico na seção de tratamento, que se localiza no município de Itapemirim, no sul do estado do Espírito Santo.

Após a coleta a amostra foi encaminhada para o laboratório de simulações e garantia de qualidade, para que fosse submetida ao teste de floculação. Para tal utilizou-se o equipamento Turb-Floc/2C da marca PoliControl. O ensaio iniciou-se com a agitação manual da amostra, objetivando a homogeneização, e em seguida foi feita a adição de dois litros de água em cada cubeta do aparelho, totalizando 6 cubetas, e em seguida foi adicionado uma solução conjunta de Sulfato de Alumínio e Sulfato férrico, na proporção 2:1.

Para determinar os quantitativos do teste em pequena escala, usa-se como modelo a vazão real de água que adentra no sistema de tratamento. No momento da coleta o volume de vazão era de 232,0 L/s, e o quantitativo de sulfato sendo utilizado era de 105 mL/10s. Para viabilizar a análise se fez necessário converter a dosagem para a fração de tempo correspondente a de vazão de entrada. Para tal considerou-se a razão entre o volume de 105 mL pelo tempo de escoamento da solução, no caso 10 segundos, e o produto da razão obtido é de 10,5 mL/s.

A partir disso foi possível definir o quantitativo utilizado para o volume de vazão, por meio da razão entre a dosagem de solução de sulfato de alumínio e de ferro, e o volume que adentrava no sistema por segundo. Assim, detectou-se que eram utilizados 0,045 mL/L dessa solução. Essa dosagem viabiliza a condução do ensaio de floculação, onde foi reduzido o valor e também aumentado, sempre com o intervalo de 0,005 mL/L, como é notório no quadro 01, para analisar a dosagem ideal de tratamento.

Após adicionar tais dosagens descritas no quadro 01 iniciou-se o processo de agitação, com 100 RPM, durante 1 minuto. Em seguida a agitação foi reduzida para 60 RPM, por 5 minutos, e novamente reduzida para 20 RPM, por novamente 5 minutos. Com o término da agitação deixaram-se as réplicas em repouso, durante 10 minutos. Após esse espaço temporal foram colhidas 200ml de cada uma das seis réplicas, as quais foram encaminhadas para o laboratório de físico-química hídrica.

Nesse, as réplicas foram submetidas a três diferentes testes, dois com fundamentos de espectrofotometria, e um com princípios eletroanalíticos. Inicialmente avaliou-se a turbidez, usando uma alíquota de 10 mL de cada réplica, usando o turbidímetro da empresa Digimed. Posteriormente avaliou-se o pH, com o uso do pHmetro da tecnomed, usando 100 mL de cada réplica. E por fim avaliou-se a cor, usando o aparelho aquacolor da PoliControl.

QUADRO 01: Dosagem de sulfato empregado em cada cubeta

CUBETA	VOLUME DE SULFATO
01	0,035 mL/L
02	0,040 mL/L
03	0,045 mL/L
04	0,050 mL/L
05	0,055 mL/L
06	1= 0,060 mL/L

(AUTORES, 2022)

Após a obtenção dos resultados, recorreu-se a literatura científica, presente na plataforma SciELO, usando os descritores "Floculação"; e "Tratamento de água". Com isso foram encontrados 38 artigos, desses 13 foram admitidos para uma revisão bibliográfica. Como critério de inclusão admitiram-se artigos em inglês e português, datados posteriormente ao ano de 2001. E não foram utilizados, seguindo critérios de exclusão, trabalhos como teses e dissertações, revisões narrativas isentas de metodologia e trabalhos focados em água em estado de dessalinização

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução dos procedimentos supracitados foi possível obter os resultados expressos no quadro 02, onde foi possível perceber que na cubeta 01 a turbidez apresentou-

se na sua forma mais alta, com valor igual a 17,49 NTU, enquanto a cor também apresentou o seu maior valor, com 50,4 uH. Isso demonstrou que reduzir o volume de sulfato, como já era sugerido, é ineficiente no processo de floculação, seguindo a metodologia analítica de partículas como descreve Moruzzi e seus colaboradores (2016).

Na cubeta 02 notou-se uma redução de 5,08 NTU, o que é um quantitativo significativo, enquanto na cor foi constatado uma redução 11,1 uH. O pH teve uma pequena variação, de 0,1, não sendo significante na análise. Salienta-se, porém, que a volumetria aplicada de sulfato continua abaixo da injetada no sistema de tratamento. Com isso é notório que a redução do volume de sulfato não é eficiente para melhorar a floculação das partículas sólidas. Por tratar-se de uma amostra crítica há um sério impacto nos procedimentos tratativos, assim como Carvalho *et al* (2005) discorrem.

QUADRO 02: Parâmetros físico-químicos após a floculação

CUBETA	TURBIDEZ	pH	COR
01	17,49	4,1	50,4
02	12,41	4,2	39,3
03	9,45	4,1	28,6
04	8,05	4,1	24,6
05	8,64	4,1	27,1
06	7,82	4,0	25,7

(AUTORES, 2022)

A cubeta 03 simula a situação real no sistema de tratamento no momento da análise, onde foi possível verificar uma turbidez de 9,45, tendo uma redução de 231,55 NTU em comparação a amostra bruta, que apresentou turbidez de 241,00 NTU, conforme demonstrado no quadro 03. Quanto a cor, ocorreu uma redução 224,4 uH, enquanto a amostra crítica apresentava um valor de 253,00 uH. Todos os processos efetuados reduziram significativamente esses parâmetros espectrofotométricos, porém a amostra final, após o filtramento, ainda se apresentava insatisfatória, logo os parâmetros indicavam a necessidade aumentar o volume de sulfato. O valor elevado da amostra crítica deu-se por conta de fortes chuvas, que tendem a intensificar a presença de partículas na água (SILVA *et al.*, 2009; CUTOLO; ROCHA, 2002).

Visando sanar essa obviedade que levou a condução do presente ensaio analítico, as alíquotas nas cubetas subsequentes receberam uma dosagem superior ao que estava sendo

inserido no sistema de tratamento. Logo a cubeta 04 possuiu uma turbidez de 8,05 NTU, enquanto a cubeta 05 teve um valor de turbidez bem próximo, com 8,64 NTU. A cor das duas cubetas também mantiveram-se próximas, sendo 24,6 e 27,1 uH respectivamente, com uma similaridade de pH. A última cubeta obteve valores muito próximos, que permitiram concluir que a cubeta 04 apresentou os melhores resultados frente as demais análises.

QUADRO 03: Parâmetros físico-químicos da amostra crítica

AMOSTRA	TURBIDEZ	pH	COR
CRÍTICA	241,0	6,7	253,0

(AUTORES, 2022)

CONCLUSÃO

Portanto, é possível concluir que a amostra crítica é passível de tratamento quanto ao seu aspecto de redução de partículas presentes em sua estrutura, e que a dosagem ideal de sulfato a ser utilizada é 0,050 mL/L, considerando a vazão de 232,0 L/s seriam necessários 11,6 mL/s. Sabendo que o sistema computacional lança a solução de sulfato na rede de distribuição a cada 10 segundos, a quantidade necessária dessa solução seria de 116 mL/10s. Com isso, pode-se afirmar que a água possui condições de potabilidade, e passividade de tratamento, quando adotado a metodologia adequada e os volumes indicados para que ocorra a coagulação, floculação e enfim a decantação das partículas suspensas na amostra obtida do rio Itapemirim, e a obtenção de um pH passível de correção por óxido de cálcio, e uma boa qualidade de turbidez e cor, seguindo as legislações vigentes no Brasil na contemporaneidade.

273

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, F.T. *et al.* Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. Planta Daninha. 2005, v. 23, n. 2, pp. 359-362.

CUTOLO, Silvana Audrá e ROCHA, Aristides Almeida Reflexões sobre o uso de águas residuárias na cidade de São Paulo. Saúde e Sociedade. 2002, v. 11, n. 2, pp. 89-105.

DALSASSO, Ramon Lucas e SENS, Maurício Luiz. Filtração direta com pré-floculação e coagulação com sulfato de alumínio e hidroxiclreto de alumínio: estudo com água de manancial eutrofizado. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006, v. 11, n. 3, pp. 241-249.

FREITAS, Marcelo Bessa de, BRILHANTE, Ogenis Magno e ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cadernos de Saúde Pública*. 2001, v. 17, n. 3, pp. 651-660.

LOPES, Verônica dos Santos *et al.* Estudo da coagulação/floculação de água com turbidez moderada na sedimentação e flotação por ar dissolvido. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2020, v. 25, n. 04, pp. 567-572.

MIERZWA, José Carlos *et al.* Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2008, v. 13, n. 1, pp. 78-87.

MORUZZI, Rodrigo Braga *et al.* Floculação: considerações a partir da análise clássica e da avaliação direta da distribuição de tamanho de partículas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2016, v. 21, n. 04, pp. 817-824.

MOTTA, Maurício Alves da *et al.* Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2019, v. 24, n. 04, pp. 761-771.

RUSSO, Ana Carolina, PIMENTEL, Marcio Antonio da Silva e HEMSI, Paulo Scarano. Emprego do monitoramento contínuo da floculação no controle de parâmetros de tratabilidade de água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. 2020, v. 25, n. 3, pp. 501-507.

274

SENEDA, Roberta Mitani, GARCIA, Geane Fagundes e REIS, Adriano Gonçalves dosCinética da floculação: um estudo comparativo no uso do cloreto de polialumínio com alta e baixa basicidade e o sulfato de alumínio. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2021, v. 26, n. 2, pp. 283-290.

SILVA, Ana Elisa Pereira *et al.* Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazônica*. 2008, v. 38, n. 4, pp. 733-742.

LOPES, Verônica dos Santos *et al.* Estudo da coagulação/floculação de água com turbidez moderada na sedimentação e flotação por ar dissolvido. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2020, v. 25, n. 04, pp. 567-572.

GUEDES, Claudia Dumans *et al.* Coagulação/floculação de suspensões ricas em óxidos de ferro por sulfato de alumínio. *Química Nova*. 2004, v. 27, n., pp. 715-719.