FLOCULAÇÃO CONVENCIONAL E LASTREADA PARA REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS DA ÁGUA COM O USO DO COAGULANTE CLORETO FÉRRICO

Luiz Gustavo Rodrigues Godoy[(1)]
Engenheiro Ambiental pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (ICT/Unesp – São José dos Campos/SP). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental na área de concentração de Saneamento pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (ICT/Unesp – São José dos Campos/SP). Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental na área de concentração de Saneamento pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (ICT/Unesp – São José dos Campos/SP).
Lucas Campos Junqueira[(1)]
Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FEB/Unesp – Bauru/SP).
Adriano Gonçalves dos Reis[(1)]
Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (EEL/USP). Mestre e Doutor em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Pós-doutorado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Livre Docente em Operações Unitárias Aplicadas ao Saneamento pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (ICT/UNESP – São José dos Campos/SP).

Endereço[(1)]**:** Estrada Dr. Altino Bondensan, 500 – Eugênio de Melo – São José dos Campos – São Paulo – CEP: 12247-016 – Brasil - Tel.: +55 (12) 3947-9700 – e-mail: luiz.godoy@unesp.br

RESUMO

Após o descarte, os plásticos sofrem processos de degradação que originam microplásticos (MPs), contaminantes associados a impactos ambientais e riscos à saúde. Estudos recentes identificaram MPs na água de abastecimento após o tratamento em estações de tratamento de água (ETA). Assim, este estudo avaliou a remoção de microplásticos de policloreto de vinila (PVC) via coagulação, floculação e sedimentação, utilizando cloreto férrico ($FeCl_3$) em floculação convencional e associado à poliacrilamida (PAM) e microareia em floculação lastreada. Os experimentos foram realizados em laboratório utilizando *jar test* para simular as etapas do tratamento de água. A coagulação foi conduzida com $FeCl_3$ em dosagens de 0 a 50 mg/L e pH ajustado para 7,5. A eficiência de remoção foi avaliada indiretamente pela redução da turbidez. Na floculação convencional, a dosagem de 40 mg/L de $FeCl_3$ promoveu redução de turbidez de até 89,3% após 3,5 min de sedimentação. Na floculação lastreada, a associação de 1 mg/L de PAM e 3 g/L de microareia elevou a remoção para 92,48% após 6 s de sedimentação. Os resultados demonstram o potencial do $FeCl_3$ e da floculação lastreada para remoção de MPs de PVC em ETA.

PALAVRAS-CHAVE: Policloreto de Vinila; Sedimentação; Poluentes Emergentes.

INTRODUÇÃO

Os plásticos são polímeros orgânicos sintéticos amplamente utilizados no cotidiano e nas indústrias devido às suas propriedades físicas e químicas, como boa ductilidade, durabilidade, leveza e baixo custo (TONG *et al*., 2022). A produção em larga escala desse material iniciou em 1950, e atualmente estima-se que 8,9 bilhões de toneladas de plásticos primários (ou virgens) e secundários (produzidos de material reciclável) já foram fabricados, sendo projetado que até 2050 a produção global atinja 33 bilhões de toneladas (SHARMA *et al*., 2020). Porém, apenas cerca de 55% dos plásticos produzidos podem ser reciclados devido a contaminação, e o restante é destinado a aterros sanitários ou acumulam em ecossistemas naturais, existindo amplo consenso sobre suas consequências negativas ao meio ambiente (TONG *et al*., 2022).

Após serem descartados, os resíduos plásticos passam por processos mecânicos de biodegradação e foto-oxidação, formando detritos plásticos, que são classificados como microplásticos (MPs), quando a partícula possui tamanho entre 0,1 µm e 5 mm e nanoplástico, quando seu tamanho é inferior a 0,1 µm (MA *et al*., 2019a). Parte dos MPs se acumulam em ambientes aquáticos, como rios, lagos e oceanos e são facilmente transportados em longas distâncias por meio de processos hidrodinâmicos e correntes oceânicas (MA *et al*., 2019b; SHEN *et al*., 2020).

Como resultado, a presença de MPs em ambientes aquáticos causa graves perdas econômicas, problemas ambientais e de saúde, sendo considerado um novo tipo de poluente emergente (MA *et al*., 2019a). Dentre os problemas, os MPs podem absorver uma variedade de contaminantes, devido à sua carga negativa, grande área de superfície e forte hidrofobicidade, sendo um excelente transportador de produtos químicos orgânicos tóxicos, metais pesados, antibióticos e adsorventes em nanoescala, o que pode agravar a toxicidade no ambiente e em organismos aquáticos (MA *et al*., 2019b). Além disso, uma variedade de microrganismos e patógenos nocivos podem se estabelecer nas partículas de MPs (TONG *et al*., 2020).

O problema se torna ainda mais crítico para a sociedade quando relacionamos com água potável para consumo, representando uma ameaça potencial à saúde humana e colocando a questão no topo das agências de saúde pública em todo mundo (KOELMANS *et al*., 2019). Estudos recentes identificaram a presença de MPs na água de abastecimento que é utilizada para consumo na China, em amostras de água após tratamento em 3 estações de tratamento de água (ETA's) na República Tcheca e após tratamento em uma ETA de alto desempenho na Suécia (TONG *et al*., 2020).

O tratamento de água de abastecimento pelo ciclo completo, normalmente utilizado pelas ETAs no Brasil (IBGE, 2017), passa pelas operações unitárias de coagulação, floculação e sedimentação. A coagulação consiste na adição do coagulante na água para desestabilizar as partículas suspensas no meio, que possuem sua superfície carregada com cargas elétricas negativas (BARKITO e JULIO, 2015, KAMIWADA *et al*., 2020). Na maioria dos casos, os coagulantes são sais de ferro ou alumínio, os quais em contato com a água formam espécies hidrolisadas que, por sua vez, adsorvem nas partículas coloidais presentes na água e as desestabilizam (BARKITO e JULIO, 2015). Na floculação, as partículas previamente desestabilizadas (na etapa de coagulação) recebem agitação controlada por um tempo relativamente longo para que se aumente a probabilidade de ocorrência dos choques entre elas (BARKITO e JULIO, 2015). A sedimentação é uma etapa de separação sólido-líquido utilizada para a remoção de partículas discretas e floculentas, como sólidos suspensos, partículas coloidais e compostos orgânicos (LOPES *et al*. 2020).

Porém, poucos estudos foram realizados para avaliar a eficiência do processo de tratamento de água de abastecimento via ciclo completo para a remoção de MPs (SHEN *et al*., 2020). Entre os microplásticos encontrados na água, destaca-se o policloreto de vinila (PVC) que tem amplo consumo mundial, principalmente nas embalagens de produtos de higiene e em tubulações (OLIVATTO *et al*., 2018).

Com isso, é de interesse científico realizar estudos complementares para avaliar o potencial de remoção de MPs de PVC adotando o ciclo completo de tratamento de água de abastecimento, utilizando o coagulante e parâmetros semelhantes aos das ETA's brasileiras para verificar a eficiência do processo.

Para isso, torna-se interessante testar o uso do cloreto férrico ($FeCl_3$) como coagulante, uma vez que os coagulantes mais utilizados nas ETAs do Brasil são sais de ferro ou alumínio, que hidrolisam rapidamente com a água e geram um precipitado amorfo do tipo $Fe(OH)_3$ ou $Al(OH)_3$ (KAMIWADA *et al*., 2020). Além disso, busca-se estudar a adição da poliacrilamida (PAM), que é um polímero muito utilizado como floculante, pois é possível sintetizá-la com diferentes funções (carga positiva, negativa ou neutra), várias massas molares e densidades de carga para aumentar o desempenho nas operações unitárias (AHMAD *et al*., 2008). A adição do floculante PAM conjuntamente com a microareia permite a floculação lastreada, que tem demonstrado ótimos resultados no aumento da velocidade de sedimentação (LAPOINTE e BARBEAU, 2016).

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a remoção do MP de PVC no tratamento de água de abastecimento via coagulação, floculação (convencional e lastreada) e sedimentação, utilizando o coagulante cloreto férrico ($FeCl_3$) individualmente (floculação convencional) e associado ao floculante poliacrilamida (PAM) e microareia (floculação lastreada).

METODOLOGIA UTILIZADA

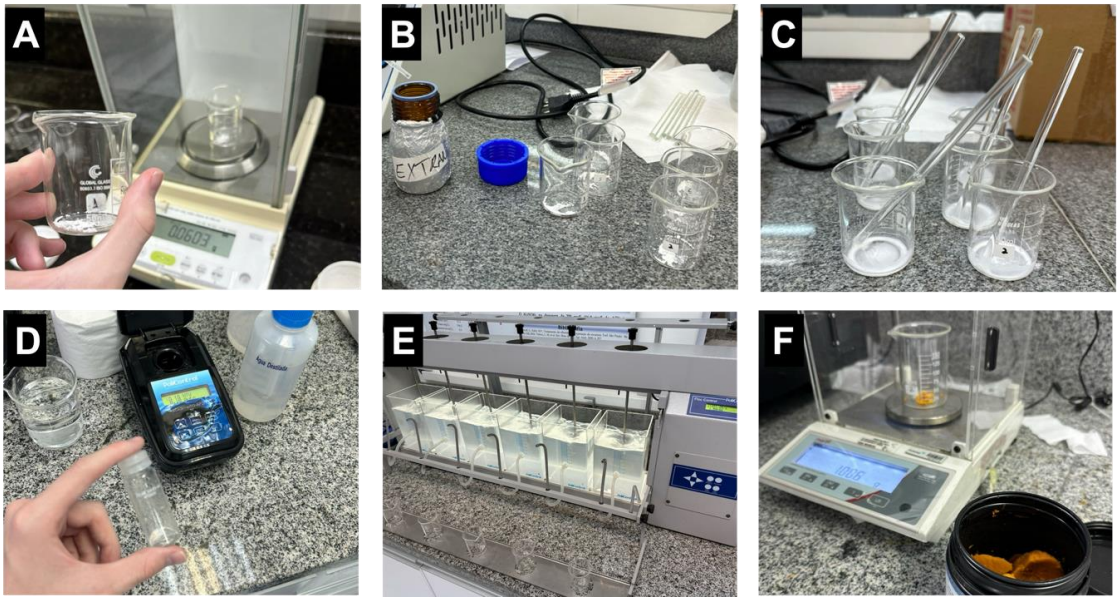
Neste estudo foi avaliada a remoção do MP PVC da água, pois este polímero está entre os plásticos mais consumidos e encontrados globalmente na água como MP, mas com literatura escassa em relação à capacidade de sua remoção via coagulação-floculação-sedimentação (QUEIROZ, 2022; KOELMANS *et al*., 2019). A

granulometria para o estudo foi de 150 mesh máximo (< 106 µm), pois de acordo com o estudo apresentado por Kirstein *et al*. (2021), aproximadamente 97% de todos os MPs detectados no sistema de distribuição de água potável tratada via ciclo completo foram menores que 150 µm.

A forma de monitorar a remoção do MP PVC foi via análise de turbidez, que tem demonstrado ser um método rápido e eficiente de monitoramento de remoção de MPs (BAYARKHUU e BAYUN, 2022). A curva de correlação entre concentração do MP PVC e turbidez utilizada neste trabalho foi baseada no estudo prévio feito com este mesmo MP PVC realizado por GODOY *et al.* (2025a). Foi preparada uma água sintética com 30 mg/L de MP PVC em água de torneira, correspondendo a uma turbidez inicial de 26,2 ± 1,8 unT.

A avaliação da remoção do MP PVC da água foi conduzida via experimentos em laboratório, utilizado as etapas do ciclo completo de tratamento de água. Para isto, foi utilizado um *jar test* da PoliControl modelo FlocControl III de 6 jarros para simulação das etapas de coagulação, floculação e sedimentação, conforme parâmetros normalmente utilizados em uma ETA (CRITTENDEN *et al*., 2012) (Figura 1).

Figura 1- A) Pesagem do PVC, B-C) Preparo do PVC usando extran e água, D) Caracterização da água da torneira (pH, turbidez, cor aparente, condutividade e temperatura), E) Mistura do PVC com a água e caracterização da água com MPs, F) Preparo do coagulante ($FeCl_3$).

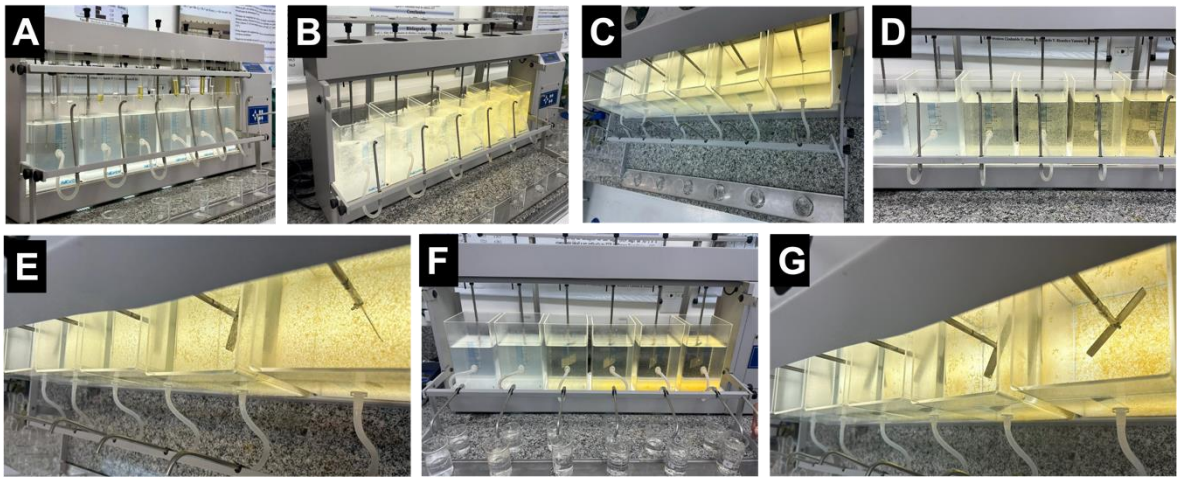


Fonte: elaboração própria, 2026.

O coagulante utilizado foi o cloreto férrico ($FeCl_3$). Para promover condições favoráveis para o mecanismo de coagulação por varredura foi utilizado o gradiente de velocidade médio de coagulação de 1.000 s^{-1} com tempo de 25 segundos. Foi realizada uma avaliação de diferentes dosagens do coagulante $FeCl_3$ (0 a 50 mg/L), em pH 7,5, medido pelo pHmetro Tecnopon MPA210. Para ajuste do pH foi utilizado NaOH 0,1M ou HCl 0,1M. A floculação convencional ocorreu em sequência da coagulação, utilizando um gradiente de velocidade médio de floculação escalonado (60/40/20 s^{-1}), num tempo total de 21 minutos.

A etapa de sedimentação foi realizada subsequente a floculação, numa velocidade de sedimentação de 2 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 3,5 min), 0,47 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 15 min) e 0,23 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 30 min). Após o término da sedimentação foi retirada uma amostra em cada jarro para análise de eficiência de remoção do MP de PVC através do parâmetro indireto de turbidez (Figura 2).

Figura 2- A) Jar Test, B-C) Coagulação com $FeCl_3$ de 0 a 50 mg/L, D-E) Floculação com gradiente de velocidade médio (60/40/20 s^{-1}), tempo total de 21 min, F-G) Sedimentação com velocidade de 2 $cm.min^{-1}$ (3,5 min), 0,47 $cm.min^{-1}$ (15 min) e 0,23 $cm.min^{-1}$ (30 min). Amostras de cada jarro foram retiradas para análise de eficiência de remoção de PVC através da medida de turbidez.

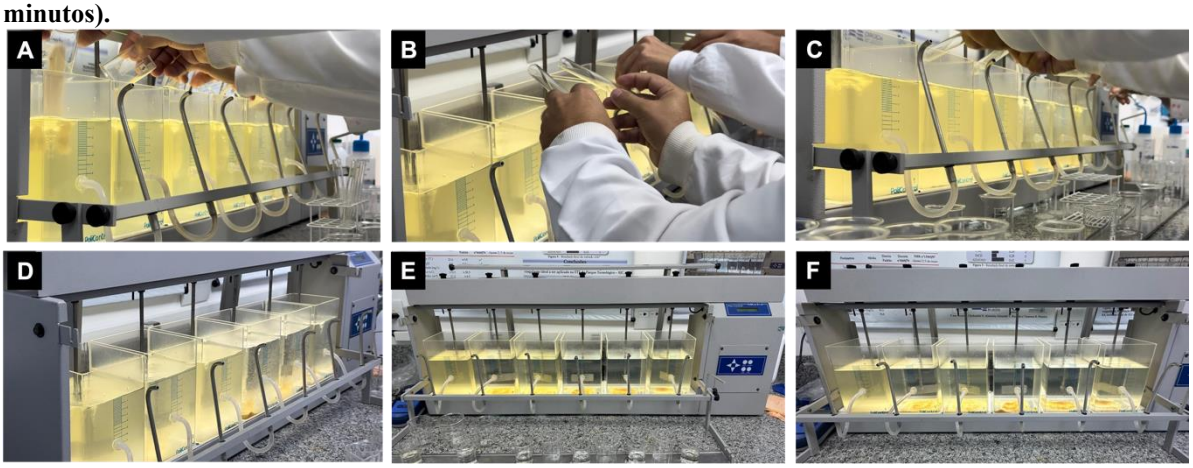


Fonte: elaboração própria, 2026.

Com base nos experimentos acima descritos foi possível determinar a melhor concentração do $FeCl_3$ para remoção dos MPs (40 mg/L) via floculação convencional. A seguir, foram realizados experimentos com essa dosagem de $FeCl_3$ e com o método de floculação lastreada, buscando-se acelerar a velocidade de sedimentação das partículas e aumentar a eficiência de remoção.

Para isso, seguindo a metodologia descrita por Lapointe *et al.* (2020) e Godoy *et al.* (2025a), a etapa de coagulação foi realizada com um gradiente de velocidade médio de 300 s^{-1} com tempo de 120 segundos. A etapa de floculação lastreada foi realizada num gradiente de velocidade de 275 s^{-1} com tempo de 4 min, onde adicionou-se o floculante poliacrilamida aniônico (PAM P-63, Petra Quimica) nas concentrações de 0, 0,25, 0,5, 1, 1,5 e 2 mg/L em dois tempos, um no início da floculação e outro 2 min depois, totalizando 0, 0,5, 1, 2, 3 e 4 mg em cada jarro. Além disso, foi adicionado 3 g/L de microareia (Teor de SiO_2: > 99%; densidade específica: 2,65; tamanho de partícula: 53–106 µm; fornecido pela Mineração Jundu Ltda) em cada jarro no início da floculação. A etapa de sedimentação foi realizada numa velocidade de 70 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 6 segundos), 14 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 30 segundos) e 2,0 $cm.min^{-1}$ (tempo de sedimentação de 3,5 minutos). Após o término da sedimentação foi retirada uma amostra em cada jarro para análise de turbidez, conforme descrito anteriormente (Figura 3).

Figura 3- A) Adição de microareia (3 mg/L) nos jarros, B) Adição do floculante PAM em diferentes dosagens no início da floculação, C) Adição do floculante PAM em diferentes dosagens após 2 min do início da floculação, D) Sedimentação com velocidade de 70 $cm.min^{-1}$ (6 segundos), E) Sedimentação com velocidade de 14 $cm.min^{-1}$ (30 segundos), F) Sedimentação com velocidade de 2,0 $cm.min^{-1}$ (3,5 minutos).



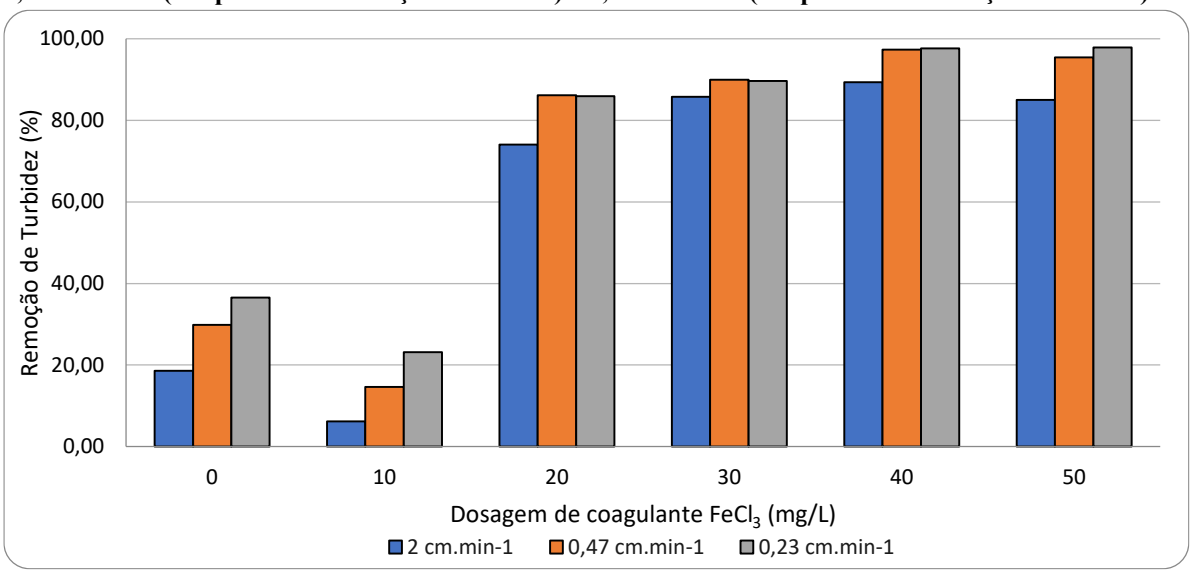
Fonte: elaboração própria, 2026.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

REMOÇÃO DO MP PVC VIA FLOCULAÇÃO CONVENCIONAL

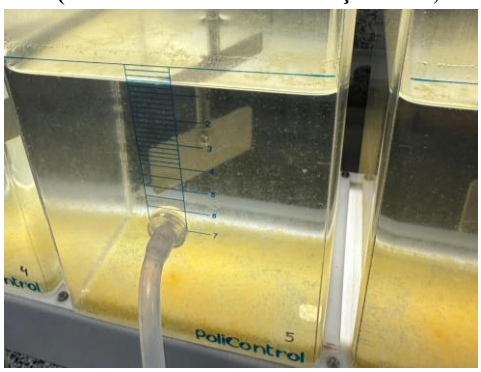
Nos resultados apresentados na Figura 4 observamos que a utilização do coagulante $FeCl_3$ reduziu a turbidez das amostras de água testadas, indicando a remoção dos MPs. Os melhores resultados foram alcançados com a dosagem de 40 mg/L de $FeCl_3$, que levou a redução da turbidez em 89,3% para o tempo de sedimentação de 3,5 min, 97,3% para o tempo de sedimentação de 15 min e 97,6% para o tempo de sedimentação de 30 min. Na figura 4 também podemos observar um aumento gradual da eficiência de remoção dos MPs de PVC com o aumento da dosagem do coagulante $FeCl_3$ até 40 mg/L, a partir da qual a eficiência de remoção se estabilizou. A Figura 5 traz uma imagem ilustrativa do ensaio após a sedimentação.

Figura 4- Percentual de redução de turbidez para diferentes concentrações do cloreto férrico (0 a 50 mg/L) e em diferentes velocidades de sedimentação: 2 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 3,5 min), 0,47 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 15 min) e 0,23 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 30 min).



Fonte: elaboração própria, 2026.

Figura 5- Imagem do jarro com a dosagem de 40 mg/L de $FeCl_3$ após o tempo de sedimentação de 30 min (velocidade de sedimentação de 0,23 cm.min^{-1}).



Fonte: elaboração própria, 2026.

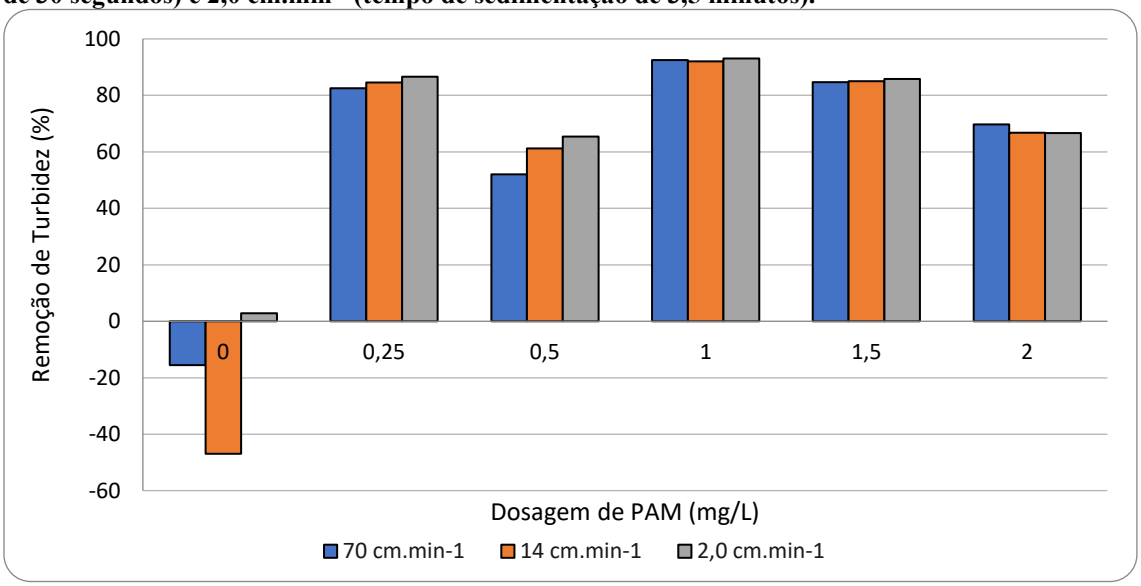
A eficiência de remoção dos MPs de PVC utilizando $FeCl_3$ foi superior à observada em outros estudos do grupo de pesquisa que avaliaram a remoção do mesmo MP utilizando diferentes coagulantes. Godoy *et al.* (2025a) obtiveram remoção de 78,2% utilizando 20 mg/L de sulfato de alumínio [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$], em pH 6,5, após 3,5 min de sedimentação. Enquanto Godoy *et al.* (2023) reportaram eficiência de remoção de 45% utilizando 40 mg/L de cloreto de polialumínio de baixa basicidade (PAC), em pH 7,5, também após 3,5 min de sedimentação.

Estudo semelhante foi realizado por Zhou *et al*. (2021), que utilizaram o $FeCl_3$ (0 a 180 mg/L) como coagulante no tratamento da água para remoção de microplásticos de poliestireno (PS) e polietileno (PE). Os autores verificaram um aumento da eficiência de remoção de PS e PE conforme as dosagens de $FeCl_3$ aumentavam, até que se estabilizou quando atingiu a dosagem de 60 mg/L em diante. Nessa concentração de 60 mg/L com tempo de sedimentação de 30 min, o $FeCl_3$ apresentou uma eficiência de remoção de aproximadamente 65% para o PS e de 15% para o PE. Esses resultados sugerem que a eficiência do coagulante depende das características do microplástico, como composição química, densidade superficial e propriedades de interação com os flocos formados. No presente estudo, utilizando MPs de PVC e tempo de sedimentação de 30 min, o $FeCl_3$ na concentração de 40 mg/L obteve a eficiência de remoção de 97,6%, valor significativamente superior ao reportado para MPs de PS e PE por Zhou *et al*. (2021).

REMOÇÃO DO MP PVC VIA FLOCULAÇÃO LASTREADA

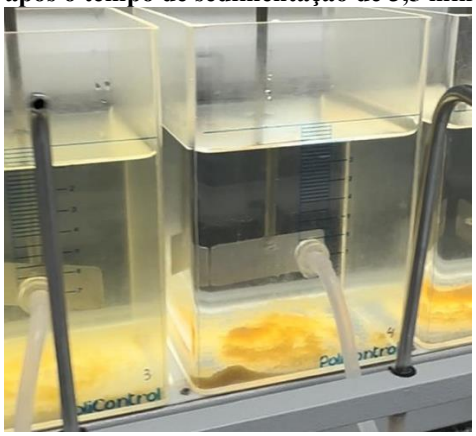
Com base nos melhores resultados obtidos na floculação convencional utilizando 40 mg/L de $FeCl_3$, essa concentração foi empregada para avaliação da floculação lastreada, em associação com o floculante PAM e microareia, visando acelerar a velocidade de sedimentação. Nessas condições de estudo, a melhor eficiência de remoção de MPs encontrada foi com a concentração de 1 mg/L de PAM e 3g/L de areia, a qual levou a redução da turbidez em 92,48% para o tempo de sedimentação de 6 segundos, e de 92,99% para o tempo de 3,5 min, conforme apresentado na Figura 6. Uma imagem ilustrativa do ensaio após a sedimentação é apresentada na Figura 7.

Figura 6- Percentual de redução de turbidez para 40 mg/L de cloreto férrico associado com diferentes concentrações de PAM (0 a 2 mg/L), 3 g/L de microareia e em e em diferentes velocidades de sedimentação: 70 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 6 segundos), 14 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 30 segundos) e 2,0 cm.min^{-1} (tempo de sedimentação de 3,5 minutos).



Fonte: elaboração própria, 2026.

Figura 7- Imagem do jarro com a dosagem de 40 mg/L de $FeCl_3$, 1 mg/L de PAM e 3 g/L de microareia após o tempo de sedimentação de 3,5 min (velocidade de sedimentação de 2,0 $cm.min^{-1}$).



Fonte: elaboração própria, 2026.

Os resultados obtidos demonstram que a adição de PAM e microareia no processo de floculação lastreada reduziu significativamente o tempo de sedimentação, mantendo elevada a taxa de eficiência de remoção do MP de PVC. Comparando-se com outros estudos do grupo de pesquisa que utilizaram floculação lastreada associada a diferentes coagulantes, Godoy *et al.* (2025a) obtiveram uma remoção de 99,6%, utilizando 20 mg/L de sulfato de alumínio, 1 mg/L de PAM e 3 g/L de microareia, em pH 6,5, após 6 segundos de sedimentação. Em outro estudo, Godoy et al. (2025b) reportaram eficiência de remoção de 72,2% utilizando o coagulante natural *Moringa oleifera* na concentração de 50 mg/L associada a 1 mg/L de PAM e 3 g/L de microareia, em pH 7,0, após 3,5 min de sedimentação.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que o cloreto férrico apresentou potencial para a remoção de microplásticos de PVC em água de abastecimento. Na floculação convencional, a dosagem de 40 mg/L de $FeCl_3$ proporcionou redução de turbidez de 89,3% para o tempo de sedimentação de 3,5 min, valor superior aos resultados reportados em estudos anteriores do grupo de pesquisa utilizando outros coagulantes para a remoção do mesmo microplástico.

A associação do $FeCl_3$ com 1 mg/L de PAM e 3 g/L de microareia por meio da floculação lastreada proporcionou redução de turbidez de 92,48% e reduziu o tempo de sedimentação de 3,5 min para 6 s. Esses resultados indicam o potencial da floculação lastreada como alternativa promissora para a otimização do tratamento de água voltado à remoção de microplásticos, possibilitando elevadas eficiências de remoção associadas a menores tempos de sedimentação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro (Proc.: 2025/01700-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHMAD, A. L.; WONG, S. S.; TENG, T. T.; ZUHAIRI, A. *Improvement of alum and PACl coagulation by polyacrylamides (PAMs) for the treatment of pulp and paper mill wastewater*. *Chemical Engineering Journal*, v. 137, p. 510–517, 2008

2. BARTIKO, D.; DE JULIO, M. *Construção e emprego de diagramas de coagulação como ferramenta para o monitoramento contínuo da floculação em águas de abastecimento*. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 1, p. 71–81, 2015.

3. BAYARKHUU, B. e BYUN, J. *Optimization of Coagulation and Sedimentation Conditions by Turbidity Measurement for Nano- and Microplastic Removal*. *Chemosphere*, v. 306, p.135572, 2022.

4. CRITTENDEN, J. C.; TRUSSELL, R. R.; HAND, D. W.; HOWE, K. J.; TCHOBANOGLOUS, G. *MWH's Water Treatment: Principles and Design: Third Edition. MWH's Water Treatment: Principles and Design: Third Edition*, 2012.

5. GODOY, L.G.R.; OLIVEIRA, M.G.C.; MORUZZI, R.B.; REIS, A.G. *Remoção de microplásticos na água via coagulação, floculação e sedimentação. ENCONTRO TÉCNICO AESABESP*, 2023, São Paulo. Anais. São Paulo: AESABESP, 2023. Disponível em: anais.sigotech.online/encontrotecnico/remocao-de-microplasticos-na-agua-via-coagulacao-floculacao-e-sedimentacao. Acesso em: 21 maio 2026

6. GODOY, L.G.R.; MORUZZI, R.B.; ODJEGBA, E.E.; SHARIFI, S.; REIS, A.G. *Enhanced removal of microplastics from drinking water using ballasted flocculation: a comparative study with conventional methods using non-intrusive image analysis*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 42, p. 1363-1378, 2025a.

7. GODOY, L.G.R.; OLIVEIRA, M.G.C.; MORUZZI, R.B.; SHARIFI, S.; REIS, A.G. *Improving microplastics aggregate settling velocity through ballasted flocculation via natural-based coagulants and nonintrusive image monitoring. Journal of Water Process Engineering*, v. 74, p. 107761, 2025b.

8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*. 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366. Acesso em: 09 mai 2026.

9. KAMIWADA, W. Y.; ANDRADE, P. V.; REIS, A. G. *Emprego do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade de água de abastecimento via coagulação, floculação e sedimentação. Engenharia Sanitária Ambiental*, v.25, p. 667-676, 2020.

10. KIRSTEIN, I. V.; HENSEL, F.; GOMIERO, A.; IORDACHESCU, L.; VIANELLO, A.; WITTGREN, H. B.; VOLLERTSEN, J. *Drinking plastics – Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by μFTIR and Py-GCMS. Water Research*, v. 188, p. 116519, 2021.

11. KOELMANS, A. A.; MOHAMED NOR, N. H.; HERMSEN, E.; KOOI, M.; MINTENIG, S. M.; DE FRANCE, J. *Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. Water Research*, v. 155, p. 410–422, 2019.

12. LAPOINTE, M. e BARBEAU, B. *Characterization of Ballasted Flocs in Water Treatment Using Microscopy. Water Research*, v. 90, p. 119–27, 2016.

13. Lapointe, M., Farner, J. M., Hernandez, L. M., & Tufenkji, N. *Understanding and improving microplastic removal during water treatment: impact of coagulation and flocculation. Environmental science & technology*, 54(14), 8719-8727, 2020.

14. LOPES, V. S.; SILVA, L. M. A.; MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, A. L.; *Estudo da coagulação/floculação de água com turbidez moderada na sedimentação e flotação por ar dissolvido. Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 25, p. 567-572, 2020.

15. MA, B.; XUE, W.; DING, Y.; HU, C.; LIU, H.; QU, J. *Removal characteristics of microplastics by Fe-based coagulants during drinking water treatment. Journal of Environmental Sciences*, v. 78, p. 267–275, 2019a.

16. MA, B.; XUE, W.; HU, C.; LIU, H.; QU, J.; LI, L. *Characteristics of microplastic removal via coagulation and ultrafiltration during drinking water treatment. Chemical Engineering Journal*, v. 359, p. 159–167, 2019b.

17. OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C.; *Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. Revista Virtual de Química*, v. 10, p. 1968-1989, 2018.

18. SHARMA, M. D.; ELANJICKAL, A. I.; MANKAR, J. S.; KRUPADAM, R. J. *Assessment of cancer risk of microplastics enriched with polycyclic aromatic hydrocarbons. Journal of Hazardous Materials*, v. 398, p. 122994, 2020.

19. SHEN, M.; SONG, B.; ZHU, Y.; ZENG, G.; ZHANG, Y.; YANG, Y.; WEN, X.; CHEN, M.; YI, H. *Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions. Chemosphere*, v. 251, p. 126612, 2020.

20. TONG, H.; JIANG, Q.; HU, X.; ZHONG, X. *Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. Chemosphere*, v. 252, p. 126493, 2020.

21. TONG, H.; ZHONG, X.; DUAN, Z.; YI, X.; CHENG, F.; XU, W.; YANG, X. *Micro- and nanoplastics released from biodegradable and conventional plastics during degradation: Formation, aging factors, and toxicity. Science of The Total Environment*, v. 833, p. 155275, 2022.

22. ZHOU, G.; WANG, Q.; LI, J.; LI, Q.; XUA, H.; YEA, Q.; WANG, Y.; SHUC, S.; ZHANGA, J. *Removal of polystyrene and polyethylene microplastics using PAC and FeCl3 coagulation: Performance and mechanism. Science of the Total Environment*, v. 752, p. 141837, 2021.