

# REMOÇÃO DE MICROPLÁSTICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO POR SEDIMENTAÇÃO

**Palavras-Chave:** água doce; tratamento convencional; contaminantes emergentes.

**Autores/as:**

**Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac**

*Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/Unicamp*

**Eng. Larissa Silva Araújo (mestranda em Engenharia Civil)**

*Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/Unicamp*

**Beatriz Santiago Meneghel (graduanda em Engenharia Civil)**

*Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC/Unicamp*

## INTRODUÇÃO:

Microplásticos são partículas plásticas de tamanho inferior a 5 mm. Sua presença ubíqua em diferentes matrizes ambientais (KOELMANS; NOR; HERMSEN; KOOI *et al.*, 2019), atrelada à degradação de corpos hídricos superficiais que muitas vezes são utilizados como fonte de água para abastecimento público (EERKES-MEDRANO; THOMPSON; ALDRIDGE, 2015), torna crescente a preocupação acerca da ingestão desses poluentes pelo consumo direto de água.

O comportamento dos microplásticos no ambiente está relacionado às características do polímero de origem e do meio no qual estão inseridos, como pH e presença de matéria orgânica (EERKES-MEDRANO; THOMPSON; ALDRIDGE, 2015). Além de sua difícil degradação, a ingestão de microplásticos apresenta riscos relacionados à adsorção e transporte de substâncias perigosas que bioacumulam-se nos organismos, tais como poluentes orgânicos persistentes, aditivos e retardantes de chama (LI; LIU; CHEN, 2018).

Estudos relacionados à ocorrência e remoção de microplásticos no tratamento de água são incipientes, com poucos trabalhos realizados em escala real (PIVOKONSKY *et al.*, 2018; MINTENIG *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2020) e escala de bancada (MA; XUE; DING; HU *et al.*, 2019), cujos resultados indicam que as técnicas convencionais de tratamento não removem os microplásticos em sua totalidade. Ademais, os estudos de bancada utilizaram condições experimentais sintetizadas em laboratório, o que pode não ser representativo quando replicado em escala real.

Correspondendo a cerca de 70% da água tratada nacionalmente (BRASIL. IBGE, 2011), o tratamento convencional de água visa a remoção de poluentes que apresentem risco à saúde dos consumidores e é composto primordialmente pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação / flotação por ar dissolvido e filtração (CRITTENDEN *et al.*, 2012). Seu funcionamento depende tanto das características da água bruta quanto das características operacionais do sistema (PIVOKONSKY; NACERADSKA; BRABENEC; NOVOTNA *et al.*, 2015). Assim, a coagulação e a floculação são importantes por estarem relacionadas à desestabilização e agregação das partículas e por interferirem diretamente nos processos unitários subsequentes (CRITTENDEN *et al.*, 2012).

O desempenho das estações convencionais de tratamento de água pode ser otimizado pela realização de ensaios de tratabilidade em aparelhos de Jar-Test (Figura 1). A simulação do tratamento em diferentes condições operacionais permite estabelecer as melhores eficiências de remoção de poluentes. Conseqüentemente, reduzem-se os riscos de saúde inerentes à ingestão de água contaminada (MURSHED; VAN LEEUWEN; CHOW; DRIKAS, 2014).



Figura 1: Modelo de Agitador Jar-Test. Fonte: Ethik Technology© (2017)

Outrossim, evidencia-se a necessidade de pesquisa e otimização do tratamento de água, visando sua aplicação em escala real, de forma a otimizar a remoção de contaminantes emergentes, dentre eles os microplásticos.

Sabendo-se que a poluição de recursos hídricos requer a aplicação de tecnologias que mitiguem os impactos ambientais a eles relacionados, garantindo a prestação de serviços essenciais à população, este projeto apresenta aderência às Áreas de Tecnologias para Qualidade de Vida e Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, elencadas como prioritárias pela Portaria nº 1.122 de 19/03/2020, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

## METODOLOGIA:

### Suspensão de estudo

Na primeira etapa dos ensaios, foram preparadas duas matrizes de suspensões artificiais com água oriunda de um poço tubular profundo localizado nas imediações do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Unicamp (IMECC/Unicamp), às quais foram adicionadas caulinita até obtenção de uma turbidez média de 50 UNT (unidades nefelométricas de turbidez). As duas matrizes diferiram-se, entretanto, quanto à concentração de matéria orgânica: ausência na primeira e  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  na segunda, pela fortificação com ácido húmico.

Na segunda etapa dos ensaios, foram adicionadas microesferas de poliestireno de diâmetro  $2 \mu\text{m}$  e densidade  $1,05 \text{ g.cm}^{-3}$  (Sigma-Aldrich®) às duas matrizes, em uma concentração de  $3,2 \times 10^3$  partículas.  $\text{L}^{-1}$ .

## Ensaio de Tratabilidade

Os ensaios de tratabilidade foram executados em jarros de acrílico transparente de 2 L acoplados ao agitador Jar-Test (Nova Ética®) e simularam as operações unitárias de coagulação, floculação e sedimentação. As condições operacionais refletiram o detalhado na Tabela 1:

Coagulação		Floculação		Sedimentação
Tempo (s)	G (s <sup>-1</sup> )	Tempo (s)	G (s <sup>-1</sup> )	Vel. Sedimentação (cm.min <sup>-1</sup> )
7	900	1.200	30	2,5

Tabela 1: Condições Operacionais dos Ensaio de Tratabilidade em Jar-Test. Fonte: Autores (2021)

Para a execução dos ensaios de tratabilidade, primeiramente os jarros foram completados com 2 litros da água de estudo. Na sequência, foram adicionadas soluções alcalinizante ou acidificante, para ajuste do pH de coagulação desejado, sob mistura constante. Uma vez ajustado o pH, foi feita a adição de coagulante, sob mistura rápida ( $900. s^{-1}$ ), caracterizando o processo unitário de coagulação. Após 7 segundos, o gradiente de velocidade foi reduzido a  $30. s^{-1}$  por 20 minutos, compondo a etapa de floculação. Então, a rotação das pás do equipamento de Jar-Test foi desligada, dando início à sedimentação. Após 2 minutos e 40 segundos dessa última etapa, iniciou-se o processo de coleta das amostras, considerando-se a velocidade média de sedimentação de  $2,5 cm.min^{-1}$ . A Figura 2 ilustra a execução de um ensaio de tratabilidade.

Na primeira etapa da pesquisa, foram utilizadas as duas matrizes aquosas supracitadas, sem a adição de microplásticos. Foram realizados ensaios variando-se as condições operacionais de pH de coagulação (pela adição de soluções alcalinizante ou acidificante) de 4 a 10,8 e a concentração do coagulante cloreto de polialumínio (PAC) de  $1 mg.L^{-1}$  a  $30 mg.L^{-1}$  de teor de alumínio (18%). Na

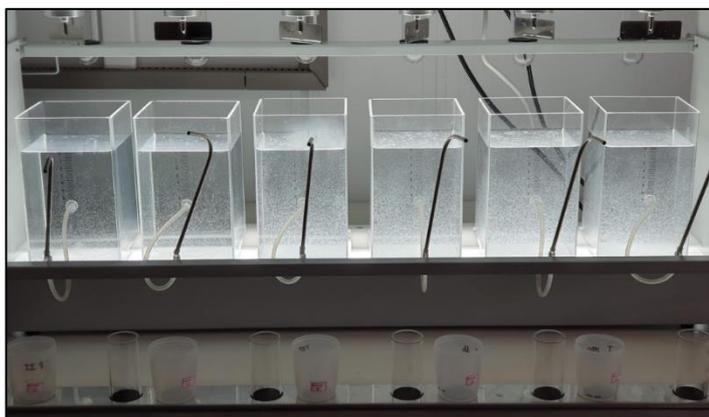


Figura 2:Ensaio de Tratabilidade em execução. Fonte: Autores (2021)

sequência, as amostras foram submetidas a análises de turbidez, para obtenção da eficiência do processo de tratamento. Os resultados foram dispostos em dois diagramas de coagulação: um para ausência e outro para a presença de matéria orgânica natural.

Na segunda etapa foram adicionadas microesferas de poliestireno às duas matrizes aquosas e replicados os ensaios cujos resultados culminaram nas melhores e piores eficiências de remoção de turbidez, de modo a verificar a aplicação da análise de turbidez como um método indicativo indireto para a remoção de microplásticos no tratamento de água. Além da análise de turbidez, as amostras foram submetidas a análises de quantificação de partículas em contador de partículas (Hach®). Tendo-se as concentrações inicial ( $3,2 \times 10^3$  partículas.  $L^{-1}$ ) e final (obtida pela análise de contagem de partículas) de microplásticos, foi possível calcular a eficiência de remoção

de microplásticos, analisar quais condições de pH e dosagem de coagulante foram mais eficientes à remoção de microplásticos e verificar a ocorrência de correlação com a eficiência de remoção de turbidez.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Devido aos entraves gerados pela pandemia de COVID-19, a segunda etapa dos ensaios não chegou a ser concluída, uma vez que as análises de quantificação de partículas seriam executadas nas instalações da ETA Guaraú (Sabesp), cuja unidade ainda não permite o acesso de pessoas externas.

Entretanto, foram realizados alguns ensaios com a adição de microesferas de poliestireno à matriz aquosa sem adição de matéria orgânica natural (0 mg.L<sup>-1</sup> de ácido húmico), cujas condições operacionais e eficiências de remoção de turbidez estão detalhadas na Tabela 2:

pH de coagulação	Concentração de PAC (mg.L <sup>-1</sup> )	Eficiência de remoção de turbidez (%)
5	30	18,2
6,2	25	10,19
6,4	3	63,3
7,3	3	95,27
7,4	5	89,79
7,7	4	94,86
8,0	5	97,36
8,8	5	98,10
9,4	5	98,14

Tabela 2: Eficiências de remoção de turbidez obtidas em ensaios de tratabilidade com a adição de microesferas de poliestireno

Observa-se que os dados obtidos estão de acordo com a conclusão apresentada na literatura (ZHOU *et al.*, 2020), com melhores eficiências de remoção de turbidez para o pH na faixa de 9. Ademais, verificaram-se melhores eficiências de remoção em condições de pH alcalinos (pH > 8,0), uma vez que estas podem promover a hidrólise do PAC, produzindo mais flocos e otimizando a sedimentação (Sillanpää *et al.*, 2018).

## CONCLUSÕES:

A ocorrência de microplásticos é ubíqua em diferentes matrizes ambientais, dentre elas corpos hídricos superficiais destinados ao abastecimento humano. É premente a necessidade de pesquisas que visem o desenvolvimento de novas tecnologias e a otimização de processos unitários já existentes para a remoção desses micropoluentes da água.

O tratamento convencional apresenta potencial de otimização mediante variações em suas condições operacionais, tais como pH e concentração de coagulante. Neste estudo, verificou-se que o coagulante cloreto de polialumínio (PAC) apresenta potencial para a remoção de turbidez, chegando a eficiências de remoção superiores a 98% quando em pH na faixa alcalina, corroborando resultados constantes na literatura.

Embora não tenham sido realizadas análises quantitativas referentes à eficiência de remoção de microplásticos, os dados obtidos na presente pesquisa permitem inferir a possibilidade de maior remoção de microplásticos sob as condições operacionais otimizadas.

Sugere-se a realização de estudos com outros tipos de coagulantes e variações operacionais do tratamento de água convencional.

---

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Atlas de Saneamento 2011. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Ministério das Cidades. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=280933>>. Acesso em: 07/12/2019,

CRITTENDEN, John C. *et al.* MWH's Water Treatment: principles and design. 3. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R. C.; ALDRIDGE, D. C. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, p. 63-82, 2015.

KOELMANS, A.; NOR, N.; HERMSEN, E.; KOOI, M. *et al.* Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155, p. 410-422, 2019.

LI, J.; LIU, H.; CHEN, J. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, p. 362-374, 2018.

MA, B.; XUE, W.; DING, Y.; HU, C. *et al.* Removal characteristics of microplastics by Fe-based coagulants during drinking water treatment. *Journal of Environmental Sciences-China*, 78, p. 267-275, 2019.

MINTENIG, S.; LODER, M.; PRIMPKE, S.; GERDTS, G. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment*, 648, p. 631-635, 2019.

MURSHED, M.; VAN LEEUWEN, J.; CHOW, C.; DRIKAS, M. Modification of jar testing protocol combined with mEnCo model predicted dose to predict dissolved organic matter removal for surface water. *Water Science and Technology-Water Supply*, 14, n. 3, p. 358-366, 2014.

PIVOKONSKY, M.; CERMAKOVA, L.; NOVOTNA, K.; PEER, P. *et al.* Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 643, p. 1644-1651, 2018.

PIVOKONSKY, M.; NACERADSKA, J.; BRABENEC, T.; NOVOTNA, K. *et al.* The impact of interactions between algal organic matter and humic substances on coagulation. *Water Research*, 84, p. 278-285, 2015.

Sillanpää, M., Ncibi, M.C., Matilainen, A., Vepsäläinen, M., 2018. Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: a comprehensive review. *Chemosphere* 190, 54–71.

Wang, T. Lin, W. Chen, Occurrence and Removal of Microplastics in an Advanced Drinking Water Treatment Plant (Adwtp), *Sci. Total Environ.* 700 (2020) Unsp 134520. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134520>.