

# 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).

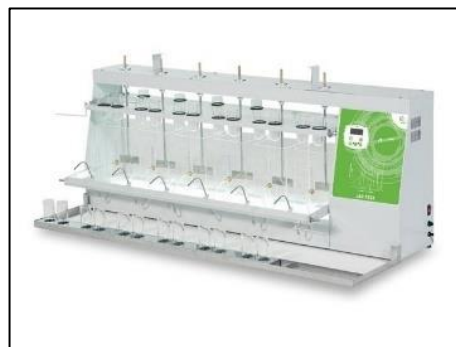


Figura 1: Modelo de Agitador Jar-Test. Fonte: Ethik Technology© (2017)

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

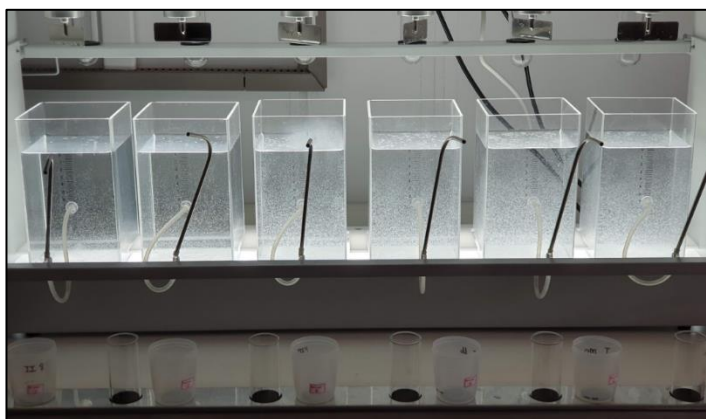


Figura 2: Ensaio de Tratabilidade em execução. Fonte: Autores (2021)

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>.