

## **II- 905 - DESEMPENHO DO MEIO FILTRANTE NA RETROLAVAGEM NA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO A PARTIR DE EFLUENTE DE ETE**

### **Marília Vasconcellos Agnesini<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade de São Paulo (EEL-USP). Mestre e Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Docente e pesquisadora do curso de Engenharia Química e da pós-graduação em Tecnologia Ambiental da UNAERP.

### **Isadora Alves Lovo Ismail<sup>(2)</sup>**

Engenheira Química, Mestre e Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Docente e pesquisadora do curso de Engenharia Química e da pós-graduação em Tecnologia Ambiental da UNAERP.

### **Otávio Bove Cunha Magosso<sup>(3)</sup>**

Graduando em Engenharia Química pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

### **Luan Vitor Pereira Trecossi<sup>(4)</sup>**

Graduando em Engenharia Química pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

### **Leonardo Francesco Passa Rovatti<sup>(4)</sup>**

Graduando em Engenharia Química pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Costábile Romano nº 2201, Bloco D – Ribeirânia – Ribeirão Preto – SP – CEP: 14096-900 – Brasil – Telefone: (16) 3603-6784, (16)993037006 – e-mail: marilia.agnesini@gmail.com, magnesini@unaerp.br.

## **RESUMO**

O reúso de água vem ganhando importância e relevância frente ao gerenciamento hídrico. Essa água provém do reaproveitamento, com ou sem tratamento, de algum processo. Estudos apontam o uso crescente dessa prática para fins menos nobres, como por exemplo, irrigação de jardins, paisagismo e lavagem de pisos. Este trabalho faz parte de uma linha de pesquisa cujo objetivo é avaliar operacionalidade e a qualidade da água de reúso produzida a partir da aplicação de tecnologias de baixo custo em efluentes de esgoto tratado. A tecnologia utilizada foi a filtração direta descendente, que se potencializa como uma alternativa simples e de baixo custo, por se tratar de uma etapa química, coagulação e outra etapa física, filtração em areia. E nesse sentido, o presente trabalho tem como foco, a otimização da lavagem dos filtros em sistemas de filtração direta descendente para produção de água de reúso. Para que um sistema de lavagem de filtros seja eficiente, é necessário que ele seja capaz de eliminar as impurezas presentes nos interstícios dos grãos de areia, consumindo o mínimo de água possível. Por isso, areias de diferentes granulometrias e ensaios de fluidização com diferentes vazões são indispensáveis quando se pensa na otimização da lavagem de filtros. O projeto se diferencia quanto à relevância do tema, com a finalidade de contribuir para a produção de água de reúso a partir de uma tecnologia simples e de baixo custo a partir da otimização da etapa da lavagem dos filtros de areia. Durante os ensaios, para cada vazão de água, medida por fluxímetro, era anotado a altura do leito expandido e a variação do nível de água entre a entrada e saída da coluna para cálculo da perda de carga do sistema. A partir dos resultados obtidos, foram construídos gráficos relacionando a velocidade de fluidização (vazão sobre área da coluna) com a queda de pressão (medida pelo produto da densidade da água, da aceleração da gravidade e da diferença do nível medida) e com a expansão do leito. Com os resultados foi possível concluir que, foi possível evidenciar que a granulometria e a altura do leito influenciam no volume de água utilizado na lavagem e que para um sistema de lavagem de filtro otimizado é necessário possuir um controle adequado de todos os parâmetros, pois se não forem seguidos, a produção de água para reúso pode se tornar inviável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluidização. Filtração em areia, Reúso não potável, Equilíbrio hídrico, Granulometria.

## **INTRODUÇÃO**

A produção de água de reúso, a partir de efluente secundário das estações de tratamento de esgoto (ETE), ganha destaque e relevância nas pesquisas relacionadas à sustentabilidade hídrica. Podem ser citadas vantagens

relacionadas à abundância na fonte geradora, ao efluente que já é tratado por processos físicos e biológicos e à possibilidade de uma economia circular dentro das ETE.

Na proposta de uma tecnologia de tratamento de baixo custo, estudou-se a filtração direta descendente. Esta envolve os processos de coagulação química seguida da filtração direta em meio granular. Em estudos anteriores, Marrengula et al. (2022) verificaram a viabilidade da produção de água de reúso não potável a partir do efluente de ETE e Agnesini (2020) verificou a importância da otimização da lavagem, pois no balanço hídrico resultante, as carreiras de filtração tiveram 26% de eficiência, a partir do tratamento em FDD do efluente secundário.

Sabe-se que a carreira de filtração é interrompida quando ocorre transpasse por turbidez ou se a perda de carga total do sistema e a carga hidráulica disponível se igualam. Após o encerramento da carreira, os filtros devem ser lavados para entrarem em operação novamente. A lavagem dos filtros, geralmente, é feita utilizando água no sentido ascensional para promover a fluidização do meio e, dessa forma, com a expansão do meio filtrante, as impurezas retidas são liberadas. Na retrolavagem, a turbidez da água de lavagem diminui com o aumento do tempo da operação, indicando o desprendimento das partículas. Para um fluido percolar um leito poroso, em escoamento ascendente, ocorre resistência à passagem, gerando queda de pressão. À medida que a velocidade de escoamento aumenta, as partículas do leito começam a se movimentar, aumentando a porosidade do meio, e conseqüentemente eleva a perda de carga do sistema. A mínima fluidização ocorre quando o peso das partículas se equilibra à perda de carga do escoamento, não havendo mais alteração na queda de pressão. Assim, reforça-se a importância em se obter as condições de fluidização para o cálculo do volume utilizado na lavagem, visando máxima eficiência.

Nesse sentido, este trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes meios filtrantes, variando tamanho das partículas e comprimento dos leitos para obtenção das velocidades de mínima fluidização e das respectivas expansões. Assim, é possível quantificar o volume de água de lavagem para otimização da retrolavagem.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental envolveu os ensaios em instalação piloto de fluidização, contendo coluna de acrílico com 60 cm de altura útil e 6 cm de diâmetro, acoplada a um fluxímetro (Figura 1). A água de lavagem, armazenada em uma caixa, abastecia a coluna, na vazão determinada, fluidizava o leito e retornava à caixa.

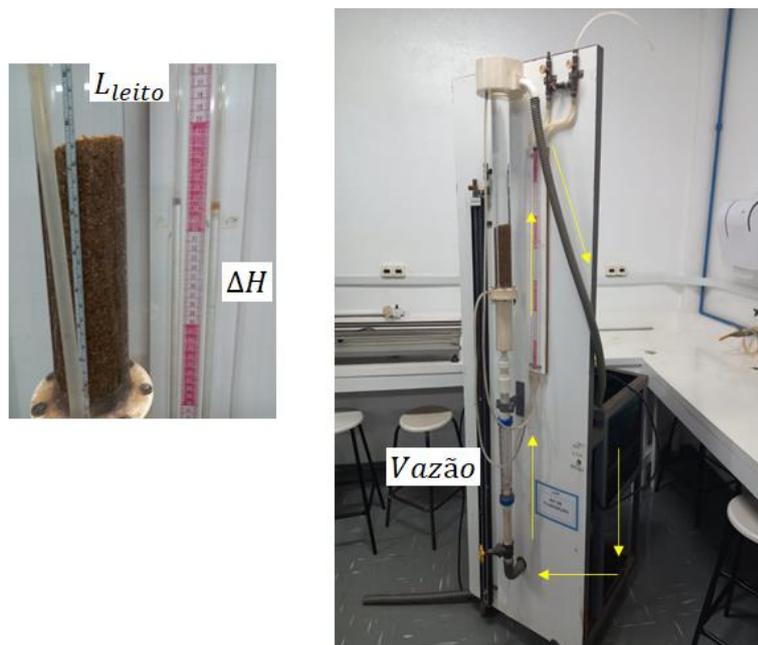


Figura 1: Instalação piloto para os ensaios de fluidização do leito de filtração.

Nos ensaios de fluidização, foram avaliadas três alturas de leito - 10; 15; e 20 cm - composto por areia comercial lavada e classificada com peneiras padronizadas, nas aberturas de 0,85 a 1,18mm.

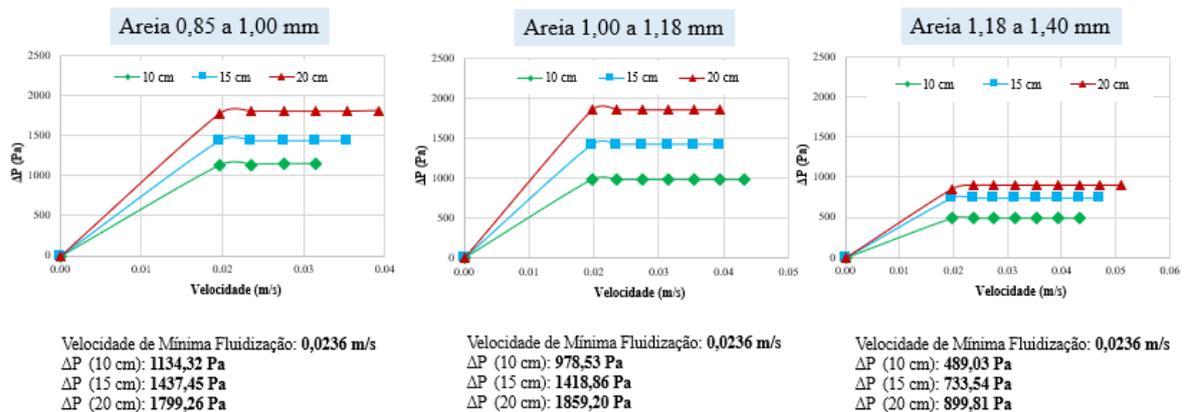
Os parâmetros de controle foram vazão de entrada na base da coluna, altura do leito expandido e a variação do nível de água entre a entrada e saída da coluna para cálculo da perda de carga do sistema. A partir das curvas de velocidade por queda de pressão do sistema foram obtidas as condições de mínima fluidização. Com as equações teóricas de Ergun (Equação 1) e do balanço de forças (Equação 2), as mesmas condições foram calculadas empiricamente.

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \cdot \frac{\mu \cdot (1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3 \cdot D_p} \cdot v + 1,75 \cdot \frac{\rho \cdot (1-\varepsilon)}{\varepsilon^3 \cdot D_p} \cdot v^2 \quad (1)$$

$$\frac{\Delta P_{mf}}{L_{mf}} = (1 - \varepsilon_{mf}) \cdot (\rho_p - \rho_f) \cdot g \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios de fluidização do leito estão apresentados na Figura 2.



**Figura 2: Resultados das quedas de pressão para as diferentes condições experimentais avaliadas nos ensaios de fluidização.**

As condições de mínima fluidização, mostrados na figura 2, são representadas nas regiões em que a queda de pressão ficou constante. As velocidades neste ponto foram iguais, pois considera-se que partículas com granulometria maior que 0,5 mm a porosidade inicial do leito já corresponde à porosidade de mínima fluidização. No entanto, as expansões geradas para uma mesma vazão em leitos distintos são características do tamanho do grão, e conseqüentemente se relacionam ao tempo necessário para limpeza do filtro. Tempos de lavagens maiores, gerariam maiores volumes de lavagem.

Na análise da expansão do leito, indicando o aumento da porosidade do meio foi possível observar que no meio granular composto de partículas de maior granulometria foi necessária uma maior vazão de água em relação a mesma expansão do leito granular composto de grãos menores. O mesmo vale para o aumento da porosidade, à medida que o leito é fluidizado, aumenta-se o volume de espaço vazio, devido ao distanciamento das partículas. A expansão do meio granular é fundamental para as lavagens do leito, pois é na fluidização das partículas, que as impurezas retidas são carregadas, gerando a limpeza do filtro.

Nas condições estudadas, quanto menor a granulometria da areia e menor a altura do leito, menor a quantidade de água necessária para lavagem, o que vai de encontro com a literatura. O tamanho dos grãos também influenciou na perda de carga ( $\Delta P$ ) no leito, pois quanto maior a granulometria, mais espaço vazio entre os grãos, o que promove uma melhor passagem de água. Tal parâmetro é para seleção da potência da bomba a ser utilizada na operação de lavagem.

Os resultados mostrados na Tabela 1 mostram as vazões que seriam utilizadas para a lavagem dos leitos, utilizando expansões de 30 e 50% do leito, segundo recomendações da retrolavagem (DI BERNARDO et al, 2017). As vazões foram crescentes com o comprimento do leito e com a granulometria da areia utilizada.

**Tabela 1: Vazões de expansão do leito em 30e 50% do leito de filtração.**

Areia	Altura do leito	Vazão (m <sup>3</sup> /s) para expansão de 30% do leito	Vazão (m <sup>3</sup> /s) para expansão de 50% do leito
0,85 a 1,00 mm	10 cm	4,41E-05	5,72E-05
	15 cm	5,22E-05	6,76E-05
	20 cm	5,79E-05	7,30E-05
1,00 a 1,18 mm	10 cm	6,52E-05	7,96E-05
	15 cm	6,12E-05	7,64E-05
	20 cm	5,83E-05	7,46E-05
1,18 a 1,40 mm	10 cm	6,51E-05	8,16E-05
	15 cm	7,75E-05	9,65E-05
	20 cm	8,10E-05	1,01E-04

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, conclui-se que durante a retrolavagem, nos ensaios realizados, o aumento da granulometria resultou em maior consumo de água de lavagem. As partículas granulares maiores e mais densas requerem maiores velocidades ascensionais, causando maior volume de água consumido.

Foram estudados meios granulares uniformes, e recomenda-se a verificação dos mesmos parâmetros em leitos compostos de diferentes partículas, para verificar a ação da filtração em profundidade e o efeito na lavagem.

Estudos relacionados ao reúso são imprescindíveis, principalmente no que tange a viabilidade técnica e econômica para incentivar a implantação dos processos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGNESINI, Marília Vasconcellos. Avaliação de um sistema piloto de filtração direta descendente para produção de água de reúso a partir de efluente de esgoto sanitário. Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP. Ribeirão Preto, 2020.
2. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P.E.N. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 3ª edição. São Carlos: LDiBe, 2017.
3. HESPANHOL, Ivanildo. A Inexorabilidade do reúso potável direto. Revista DAE Sabesp, 2015.
4. MARRENGULA, F.A; INNOCENTINI, M.D.M.; PASCHOALATO, C.F.P.R; AGNESINI, M.V.; DE PAULA, L.R.; SANTOS, F.R.A. SISTEMA PILOTO DE FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO. Revista DAE , v. 70, 2022.