

8 a 10 de Setembro de 2021 | Evento online



VI COBESA

CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ANAIS 2021



Promoção



Organização



Apoio



CREA-BA
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Bahia

FICHA CATALOGRÁFICA

ANAIS DO VI CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Evento Online | 8 a 10 de setembro de 2021

Edição Técnica

Coordenação da Comissão Técnico - Científica

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A organização do referente evento não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos. É de inteira responsabilidade dos autores o registro dos trabalhos nos conselhos de ética, de pesquisa ou SisGen.

Copyright © 2021 – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES BA
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão escrita da organização do evento ou da diretoria vigente da ABES-BA.

ISBN: 978-65-994135-6-8



PRÉ-TESTE DE UM SISTEMA DE FILTRAÇÃO COM MEMBRANAS OPERADO POR GRAVIDADE CONTROLADO PELO BIOFILME PARA TRATAR ÁGUA PARA FINS POTÁVEIS EM DOMICÍLIOS: ANÁLISE DA CONFIGURAÇÃO, FLUXO PERMEADO, TEMPERATURA E CAMADA DE INCRUSTAÇÃO

Fabiane Bernardi de Souza¹; **Siliandra Müller**¹; **Viviana Parada Reina**¹; **Ian Rocha de Almeida**³; **Roberta Arlêu Teixeira**²; **Salatiel Wohlmuth da Silva**⁴; **Antônio Domingues Benetti**⁴

¹Mestranda. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 44302 - Agronomia, RS, 91501-970. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (NESA/IPH/UFRGS); ²Doutoranda. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 44302 - Agronomia, RS, 91501-970. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (NESA/IPH/UFRGS); ³Doutorando. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 44302 - Agronomia, RS, 91501-970. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (NESA/IPH/UFRGS); ⁴Professor. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Prédio 44302 - Agronomia, RS, 91501-970. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (NESA/IPH/UFRGS)

RESUMO

As membranas têm se tornando mais acessível economicamente e uma tecnologia viável para garantir a seguridade da água em comunidades afastadas sem acesso a água potável, principalmente devido a possibilidade de serem acionadas por gravidade, dispensando gastos elétricos. Toda nova tecnologia, antes de sua aplicação, passa por testes pilotos e este, por pré-testes a fim de verificar a viabilidade estrutural e funcionalidade, que neste estudo compreendeu a capacidade de filtração, a influência da temperatura ambiente nesta e a geração de uma camada de incrustação/biofilme, a qual é desejável na configuração empregada. Assim, construiu-se uma estrutura em PVC com uma boia para manter a pressão de 0,7 m.c.a. sobre a membrana de UF de 10kDa constante ao filtrar água de poço durante duas semanas. Como resultado, a estrutura mostrou-se propícia para futuras aplicações em escala piloto, pois não apresentou vazamentos, manteve a pressão, foi capaz de filtrar mesmo com a baixa carga hidráulica e visualmente desenvolveu uma camada de incrustação. Os fluxos permeados, medidos a cada 24 horas, registraram valor médio de $3,98 \pm 0,36$ L/m²h e diminuição constante ao longo do tempo de operação, o que é esperado devido o desenvolvimento do biofilme. A temperatura ambiente máxima apresentou grande influência no fluxo.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, ultrafiltração, pressão ultra-baixa

INTRODUÇÃO

A ausência de tratamento e fiscalização da qualidade da água, principalmente em locais afastados de grandes centros urbanos, promove o uso de fontes não seguras para abastecimento populacional. De acordo com WHO (2019), uma solução para melhorar a qualidade da água e garantir a segurança para consumo humano é o emprego de sistemas descentralizados, como os tratamentos domésticos no ponto de uso (POU).

O tratamento de água no POU com utilização de membranas vem recebendo maior atenção, principalmente devido a diminuição dos custos deste material ao longo dos últimos anos e a possibilidade de serem operadas sem o uso de energia elétrica, por gravidade (PETER-VARBANETS et al., 2010). Atualmente, diferentes configurações de filtração com membranas por gravidade já foram desenvolvidas e são comercializadas (WHO, 2019).

A configuração do sistema no POU com membranas por gravidade adotada neste estudo tem como característica a aplicação de pressões muito baixas, na ordem de 0,04 a 0,1 bar, e o desenvolvimento

e manutenção de uma camada microbiológica na superfície da membrana, chamada de biofilme, que permite o estabelecimento de uma filtração constante por longo tempo de operacionalização sem a necessidade de retrolavagem ou limpeza (PETER-VARBANETS et al., 2010).

Em tratamentos convencionais de água utilizando membranas, os quais se aplicam elevadas pressões (0,2 a 1,0 bar), a presença de incrustações e biofilme representam um problema, pois causam entupimento na estrutura filtrante (CRITTENDEN et al., 2005), algo que não se verifica quando operado por gravidade.

A primeira etapa do estudo de uma nova tecnologia consiste na estruturação e fabricação do equipamento de amostragem em escala piloto dentro das limitações de recursos, para isso são necessários a realização de testes preliminares para a melhor compreensão do seu funcionamento e aplicabilidade.

OBJETIVOS

Verificar a aplicabilidade de uma configuração de sistema de filtração com membranas operadas por gravidade através de um teste piloto, bem como analisar o fluxo permeado, a influência da temperatura ambiente e o desenvolvimento de uma camada de incrustação na superfície da membrana durante filtração com água de poço.

MATERIAL E MÉTODOS

A estrutura de filtração com membrana por gravidade é constituída por (1) um galão de PEAD com capacidade de 20L, (2) uma mangueira de PVC flexível transparente que conecta esta estrutura ao (3) recipiente de alimentação aberto para atmosfera que contém (4) uma válvula regulada por uma boia, a qual possui a finalidade de manter a coluna d'água (pressão) sobre a membrana constante. O recipiente de alimentação foi confeccionado com o uso de duas reduções excêntricas: uma com diâmetro nominal de 150-100mm e a outra, com anel labial, de 100-50mm. A conexão da (6) estrutura de suporte da membrana, chamada de união, ao recipiente de alimentação é realizada através de (5) um tubo de PVC para esgoto de 50mm de diâmetro. A Figura 1 apresenta a representação esquemática do sistema e a Figura 2 sua configuração final.

A membrana plana utilizada no sistema piloto é de ultrafiltração com massa molar de corte de 10.000 Da e material polietersulfona da fabricante *Synder Filtration*, EUA, e possui diâmetro interno de 5,3 cm. Ela foi posicionada perpendicularmente ao fluxo, caracterizando uma filtração frontal.

No reservatório de 20L foi adicionado água de poço artesiano jorrante, localizado no município de Viamão/RS sob as coordenadas 30°03'48"S e 51°06'18"O. O sistema foi operado de forma contínua entre os dias 5 a 17 de dezembro de 2019, com carga hidráulica de 0,7 metros de coluna de água (m.c.a.) e temperatura ambiente. Os volumes filtrados eram medidos pela manhã após um período aproximado de 24 horas. O fluxo permeado através da membrana foi calculado dividindo-se o volume filtrado pela área da membrana e o tempo de filtragem, sendo expresso nas unidades L/m²h.

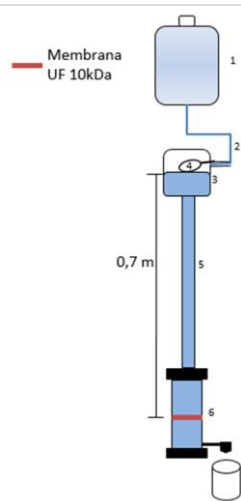
Os procedimentos de coleta e armazenamento da água do poço seguiram os métodos estabelecidos pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011).

As informações de temperatura atmosféricas foram fornecidas pelo 8º Distrito de Meteorologia - INMET de Porto Alegre com intervalo horário. A temperatura diária foi obtida através da média horária.

O desenvolvimento de incrustações e possível presença de biofilme na membrana foram observados por meio de inspeção visual após sua retirada da estrutura, com o término do período experimental.

A tabulação, o tratamento dos dados e a construção dos gráficos utilizados para a apresentação dos resultados analíticos foram efetuadas com o auxílio do programa *Microsoft Excel 2016*.

Figura 1 - Sistema de filtração



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2 - Estrutura do sistema piloto



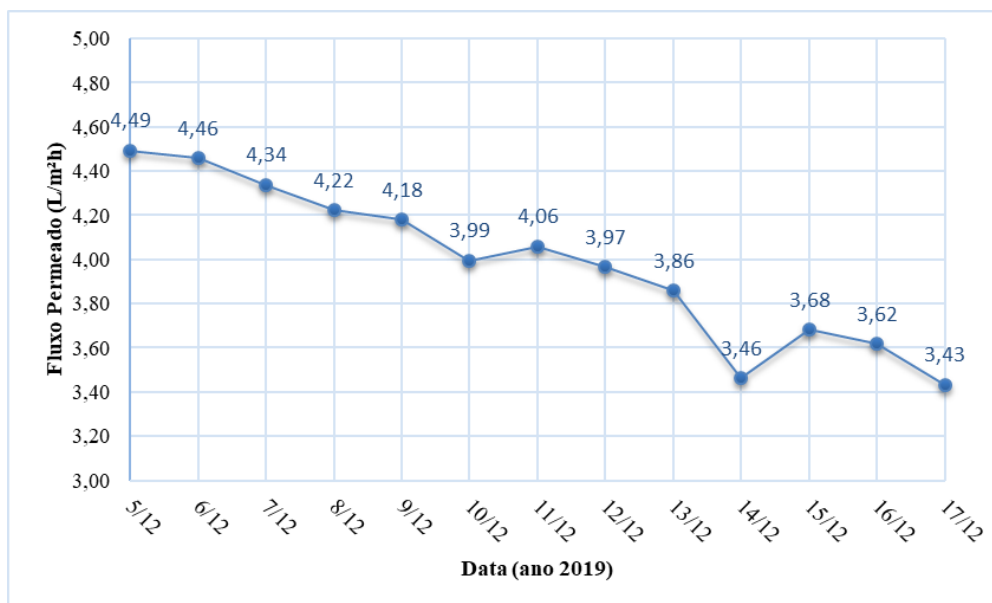
Fonte: Elaborado pelo autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as partes integrantes da estrutura de filtração, como válvula de controle da passagem da água de alimentação para a manutenção da pressão constante, estrutura de suporte da membrana, tubos e conexões, cumpriram com as funções esperadas e não apresentaram vazamentos durante a operação.

A Figura 3 mostra as medidas de fluxos diários registradas. Observando o gráfico, percebe-se uma tendência de redução do fluxo permeado medido. O fluxo médio permeado foi de $3,98 \pm 0,36$ L/m²h com variância de 0,13.

Figura 3 - Série temporal do fluxo permeado



Fonte: Elaborado pelo autor

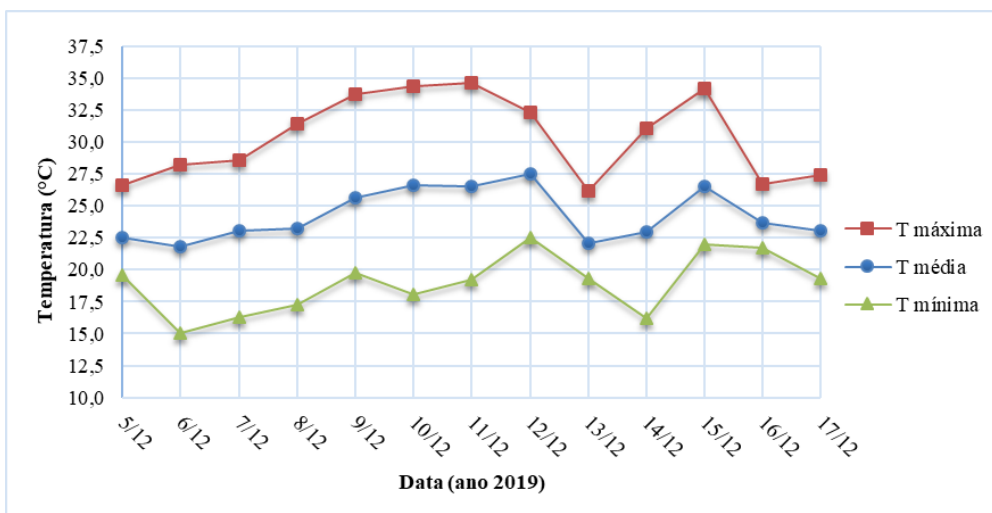
As temperaturas ambientes máximas, mínimas e as médias diárias marcadas durante o funcionamento do experimento são apresentadas na Figura 4. No decorrer do período experimental a temperatura ambiente horária oscilou de 15 °C a 34,6 °C, com amplitudes térmicas diárias de até 15 °C. Oito dos treze dias de operação apresentaram amplitudes diárias maiores que 10 °C. A média da temperatura foi de $24,2 \pm 4,6$ °C.

O coeficiente de correlação observado após o quinto dia de operação entre os parâmetros fluxo permeado e temperatura média diária ambiente foi de 0,71 e entre o fluxo permeado e a temperatura máxima foi de 0,84. A temperatura mínima não apresentou correlação significativa ($r=0,2$) com o fluxo permeado, de acordo com o conjunto de dados analisados.

A Figura 5 apresenta o gráfico de dispersão entre temperaturas média e máxima com o fluxo permeado, assim como suas respectivas regressões lineares e coeficientes de determinação (R^2). Nela é possível perceber que a elevação da temperatura provoca aumento na quantidade de água filtrada através da membrana, sendo que a temperatura máxima exerce maior influência no controle do fluxo permeado se comparada com a temperatura média diária.

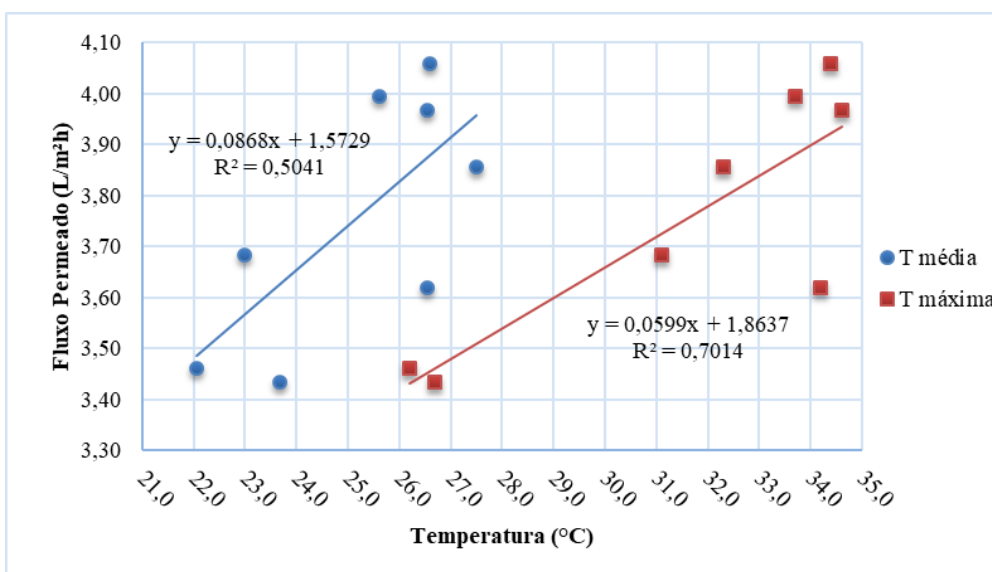
Ao final de duas semanas de operação contínua, observou-se sem o auxílio de lentes ou instrumentos óticos o desenvolvimento de uma camada de incrustação na superfície da membrana (Figura 6). Os valores de fluxos permeados obtidos, apesar de baixos, estão dentro de resultados apresentados na literatura, os quais variaram de 2 a 10 L/m²h, dependendo da qualidade da água de alimentação (PRONK et al., 2019).

Figura 4 - Série temporal da temperatura



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Comportamento da T média e máxima em relação ao fluxo permeado



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados de fluxos, conforme mostrado na Figura 3, foram próximos, com uma amplitude de cerca de 1 L/m²h entre os valores mais alto e mais baixo, o que é esperado para sistemas que empregam membranas com tamanhos de poros reduzidos, como de 10.000 Da (PETER-VARBANETS et al., 2010). Isso ocorre porque a camada de incrustação formada na superfície da estrutura filtrante apresenta tamanho de poro semelhante ao da membrana, portanto exerce pouca influência no decaimento do volume que passa através desta.

Figura 6 - Aspecto superficial da membrana após amostragem



Fonte: Elaborado pelo autor

Em estudos que empregaram membranas com massa molar de corte maiores é possível perceber uma diminuição significativa do fluxo permeado através destas nos primeiros dias de operação, e após 7 a 9 dias observa-se a estabilização do fluxo a um valor constante por longo tempo (PETER-VARBANETS et al., 2010). Isso ocorre devido o desenvolvimento de um biofilme heterogêneo e poroso na superfície da membrana capaz de se "auto limpar" (WU et al., 2017).

Possivelmente, membranas que empregam tamanhos de poros menores, como é o caso deste estudo, levam um tempo maior para atingir o fluxo estabilizado, pois, devido a menor passagem de água, o biofilme demora a se tornar robusto o suficiente para manter o fluxo constante. Além disso, as grandes variações de temperatura dificultam a observação do fluxo estabilizado, uma vez que este parâmetro exerce grande influência na quantidade de água filtrada.

No dia 13/12 registrou-se a menor temperatura ambiente máxima (Figura 4), justificando o valor mais baixo de fluxo permeado registrado no dia seguinte (Figura 3). Akhondi et al. (2015) verificaram que o biofilme tem a atividade diminuída à temperaturas mais baixas, assim como a água tem a sua viscosidade aumentada. Este segundo fator, provavelmente, é o que mais contribuiu para o baixo fluxo registrado, pois no décimo dia de operação o biofilme não apresenta maturação suficiente para exercer influência significativa.

A presença de uma camada de incrustação pode ser um indicativo do aparecimento de uma comunidade microbiana na superfície da membrana, quando filtrado águas com presença de microrganismos. Sendo a existência de um biofilme desejável, pois pode auxiliar no tratamento de água por meio de processos biológicos e no controle do fluxo permeado.

CONCLUSÃO

A estrutura de filtração por gravidade utilizando membrana mostrou-se eficiente para o propósito desejado. Assim, ela pode ser expandida e aplicada em escala piloto.

Apesar de não observada a estabilização do fluxo durante o período de operação do pré-teste, verificou-se uma diminuição da quantidade de água permeada pela membrana ao longo do tempo de funcionamento, o que pode ser justificado pelo desenvolvimento de uma camada de incrustação.

Ademais, a temperatura mostrou ser um fator de grande influência no volume de água filtrado, principalmente a temperatura máxima, a qual se deve essencialmente ao fato do experimento ter sido conduzido durante o verão, onde as horas de temperaturas elevadas são maiores.

Além disso, a correlação significativa entre a temperatura e o fluxo permeado somente foi observada após o quinto dia de operação. A razão deste comportamento ainda necessita ser investigada, porém acredita-se que ele se deva possivelmente aos ajustes característicos da própria estrutura da membrana ao longo da sua utilização, como, por exemplo, compactação. Assim, após a adaptação da membrana às condições ambientais de operação, a temperatura passaria a controlar o fluxo permeado de forma mais perceptível, principalmente pela influência na viscosidade da água.

Por segurança, optou-se por operar inicialmente o sistema em escala piloto com a membrana de massa molar de corte maior, a qual é a mais empregada na literatura, cujo valor é de 100.000 Da. Neste tamanho é possível verificar com maior certeza a presença de biofilme no sistema, devido ao decréscimo acentuado do fluxo permeado nos primeiros dias de operação.

REFERÊNCIAS

AKHONDI, E. et al. Gravity-driven membrane filtration as pretreatment for seawater reverse osmosis: Linking biofouling layer morphology with flux stabilization. **Water Research**, v. 70, p. 158-173, 2015.

CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras - água, sedimento, comunidade aquática e efluentes líquidos**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011.

CRITTENDEN, J.C.T., R, R., HAND, D.W., HOWE, K.J., TCHOBANOGLIOUS, J. **Water Treatment: Principles and Design**, Ed. John Wiley and Sons Ltd, Hoboken, NJ, 2005.

PETER-VARBANETS, M. et al. Stabilization of flux during dead-end ultra-low pressure ultrafiltration. **Water Research**, v. 44, n. 12, p. 3607-3616, 2010.

WHO. **Results of Round II of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies**. Geneva: World Health Organization, 2019.

WU, B. et al. Improved performance of gravity-driven membrane filtration for seawater pretreatment?: Implications of membrane module configuration. **Water Research**, v. 114, p. 59-68, 2017.