

I-233 - UTILIZAÇÃO DO PROCESSO DE MICROFILTRAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DO LODO QUÍMICO DESCARTADO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL

Robson Rodrigues Mororó

Engenheiro Químico pela Escola de Química (EQ/UFRJ). Mestrado em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ atualmente.

Roberto Bentes de Carvalho⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará, Mestre e Doutor em Engenharia Química pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE/UFRJ. Diretor Comercial da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Endereço⁽¹⁾: Parque Tecnológico do Rio de Janeiro - Ilha do Fundão – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21.941-907-Brasil - Tel: (21) 3733-1980 - E-mail: bentes@pam-membranas.com.br

RESUMO

A água é um recurso vital, portanto economizar e recuperar água hoje em dia são fundamentais. O lodo de pós-processamento proveniente de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é composto por mais de 99% de água. Recuperar parte da água desse lodo não é só vantajoso na diminuição do make-up desta na ETA como na redução de custo de tratabilidade. A microfiltração (MF) é uma operação unitária potencial para retenção de sólidos suspensos, com capacidade seletiva de até 99% dos microorganismos presentes no efluente. Por este motivo o presente trabalho fez-se uso da MF para recuperação da água tratada a partir do lodo químico gerado por uma ETA convencional. Foi utilizada unidade piloto de MF com capacidade de processar até 1 m³/h de lodo bruto. Foram avaliados diferentes testes de concentração utilizando módulos de membranas com diferentes características construtivas (diferentes densidades de empacotamento, De). Investigou-se ainda a influência de uma pré-sedimentação do lodo no fluxo permeado obtido nos testes de MF. Os estudos realizados neste trabalho mostraram que é possível recuperar água a partir de lodo químico de uma ETA convencional, que a qualidade da água gerada atende aos padrões de tratabilidade, que módulos de MF com De menores que 1000 m²/m³ são os melhores para serem usados neste processo e que uma pré-sedimentação do lodo melhora a operabilidade da MF, com produtividade otimizada.

PALAVRAS-CHAVE: Microfiltração, lodo ETA, recuperação, água.

INTRODUÇÃO

A água é recurso essencial para a vida, por isso economizar e recuperar água são fundamentais nos dias de hoje. A indústria química utiliza grande volume de água em seus processos, portanto essa água deve ser recuperada e retornada para ser utilizada novamente. Além do reuso da água, esse retorno implica em uma redução de custos para o tratamento do lodo retirado da estação de tratamento de água.

Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é composta normalmente pelos processos de coagulação, floculação, decantação, filtro de areia, filtro de carvão e cloração. Existem descartes de lodo químico gerado pelo fundo do decantador e pelas retrolavagens dos filtros de areia e carvão. Em média, a junção das três correntes origina um lodo com concentração em torno de 1000 mg/L de sólidos suspensos, que é normalmente encaminhado para deságue ou para tratamento em uma estação de tratamento de efluente. Entretanto, tal efluente é composto por mais de 99 % de água que já recebeu todos os químicos necessários para sua tratabilidade.

O processo de microfiltração (MF) utiliza membranas com poros superficiais na ordem de 0,4 micrometros, sendo capaz de reter fisicamente todos os materiais em suspensão, complexados e na forma de micro emulsão, assim como 99,99% dos microorganismos presentes na água ou efluente a ser tratado. Por ser um processo com filtração superficial, as membranas de MF podem ser recuperadas através de procedimentos físicos ou químicos adequados de limpeza e possui vida útil de operação superior a 3 anos.

O presente trabalho contém estudos realizados com o lodo químico de uma estação de tratamento de água (ETA). Foi utilizada uma unidade piloto de MF com capacidade de processar até 1 m³/h de lodo bruto. Foram avaliados diferentes testes de concentração utilizando módulos de membranas com densidades de empacotamento de 300, 700 e 1000m²/m³. A vazão, a temperatura e a pressão das principais correntes de processo foram monitoradas em todos os testes realizados.

O trabalho foi executado em duas etapas. Na primeira, realizou-se testes de microfiltração em batelada com e ser ciclos de limpeza em módulos de 1000 m²/m³ e a segunda, testes de microfiltração contínua nos módulos de 300 e 700 m²/m³ utilizando lodo químico bruto da ETA e lodo químico pré-sedimentado na alimentação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se módulos de membranas contendo fibras ocas preparadas a base de poli(éter)imida, com diâmetro externo de 1,0 mm, filtração de fora para dentro das fibras, camada seletiva externa com poros médios de 0,4 micrometros, de fabricação própria da PAM Membranas Seletivas Ltda.

A densidade de empacotamento (De) é a relação entre a área de membrana e o volume interno do módulo, representando o compartimento útil para escoamento do lodo a ser processado pela MF. Visando encontrar a melhor relação, nos testes de concentração do lodo químico foram utilizados módulos com três diferentes densidades de empacotamento (m²/m³): 300, 700 e 1000.

A unidade piloto de MF utilizada nos testes é apresentada na Figura 1. Essa unidade pode ser operada com 1 (um) módulo de membrana alimentado axialmente, operado por recirculação e pressurização do lodo químico. A unidade é semi-automatizada, podendo controlar os ciclos de filtração e limpeza das membranas por temporizador. A limpeza das membranas pode ser por retrolavagem, lavagem pela carcaça ou ambas. O equipamento piloto possuía dois tanques: um tanque de 500 L para alimentação de lodo bruto e outro de 200 L para coleta da água tratada. A vazão, a temperatura e a pressão das principais correntes de processo foram monitoradas em todos os testes realizados. A corrente de concentrado era sempre retornada para o tanque de alimentação.



Figura 1: Unidade piloto de MF.

Em todos os testes, a queda da permeabilidade com o tempo de operação foi acompanhada. Foram também monitorados os seguintes parâmetros da água recuperada pelo processo de MF: pH, turbidez, cor, alcalinidade

total, cloro livre, alumínio, ferro, aparência e gosto. A concentração de sólidos suspensos no lodo bruto e lodo concentrado também foram determinados por filtração em papel de filtro e secagem em estufa.

As etapas realizadas neste trabalho serão descritas a seguir:

PRIMEIRO ETAPA: TESTES COM MÓDULOS DE DENSIDADE DE EMPACOTAMENTO DE 1000 m²/m³.

Nesta etapa foram realizados testes de microfiltração em batelada utilizando módulos de MF de De 1000 m²/m³ com ciclo de limpeza (CL) e sem ciclos de limpeza (SCL). A limpeza foi realizada através do fluxo de água na carcaça e pela a retrolavagem com a própria água tratada nos testes. A retrolavagem consiste na alimentação de água tratada em fluxo contrario ao fluxo de alimentação de lodo químico para desprender e carrear o material sólido retido na membrana. A recuperação da capacidade filtrante do módulo é avaliada pela permeabilidade hidráulica, que é uma medida da razão do fluxo de permeado com a pressão de filtração, que também é uma medida da diminuição da capacidade filtrante do módulo com o tempo de filtração. O monitoramento da permeabilidade hidráulica permite avaliar o momento de realizar a retrolavagem, para estabilização do processo de microfiltração.

Nestes testes foram monitorados a permeabilidade hidráulica do módulo de De 1000 m²/m³ com o tempo e do grau de concentração (G.Conc.) do lodo bruto tratado.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A partir dos dois testes piloto iniciais, utilizando o módulo com De igual a 1000 m²/m³, observou-se um aumento contínuo da pressão de entrada do módulo e uma diminuição da vazão de alimentação, indicando indícios de acúmulo de lodo no elemento filtrante, sendo então necessária a utilização de módulos com densidade de empacotamento menor.

A Figura 2 apresenta a queda da permeabilidade com o tempo de operação para esses dois testes iniciais, com e sem ciclos de limpeza (CL). O Grau de concentração (G. Conc) do lodo também é apresentado nesta Figura. Como se pode ser observado, os ciclos de limpeza foram eficientes, estabilizando o fluxo permeado em valores mais elevados para o mesmo grau de concentração.

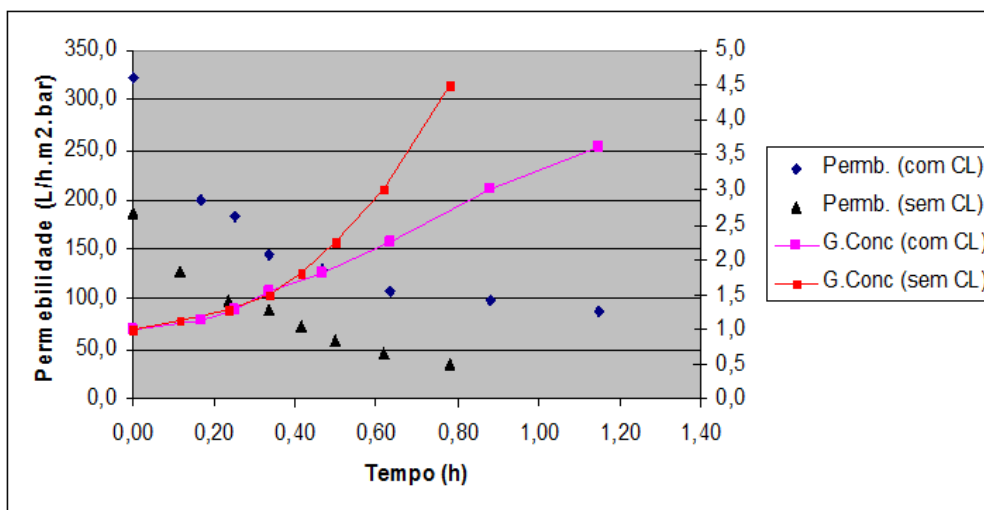


Figura 2: Acompanhamento operacional da permeabilidade com o decorrer do tempo dos módulos de De 1000 m²/m³.

SEGUNDA ETAPA: TESTES DE MICROFILTRAÇÃO CONTÍNUA COM MÓDULOS DE DENSIDADE DE EMPACOTAMENTO MENORES QUE 1000 m²/m³ COM LODO BRUTO E LODO PRÉ-SEDIMENTADO.

Nesta etapa foram realizados três testes de MF contínua com módulos de De de 300 e 700 m²/m³ com CL, comparando a influência da pré-sedimentação na eficiência da operação para os dois.

Tabela 1: Condições investigadas na segunda etapa de testes de concentração de lodo na unidade piloto

MF		
De (m ² /m ³)	Operabilidade	Alimentação
300	Contínuo (TESTE 1)	Lodo bruto da ETA
300	Contínuo (TESTE 2)	Lodo bruto pré-sedimentado
700	Contínuo (TESTE 3)	Lodo bruto pré-sedimentado

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

As Figuras 3 e 4 apresentam o acompanhamento operacional do TESTE 1, utilizando o módulo com De igual a 300 m²/m³, com operação contínua e CL, bem como processando o lodo bruto homogêneo. A partir da Figura 3 pode-se observar que a pressão de alimentação e a vazão permanecem constantes ao longo das 50 horas de operação do TESTE 1, indicando a diminuição da De promoveu um menor acúmulo de lodo no módulo e consequente maior estabilidade operacional no processo. Os TESTES 2 e 3 apresentaram comportamentos similares.

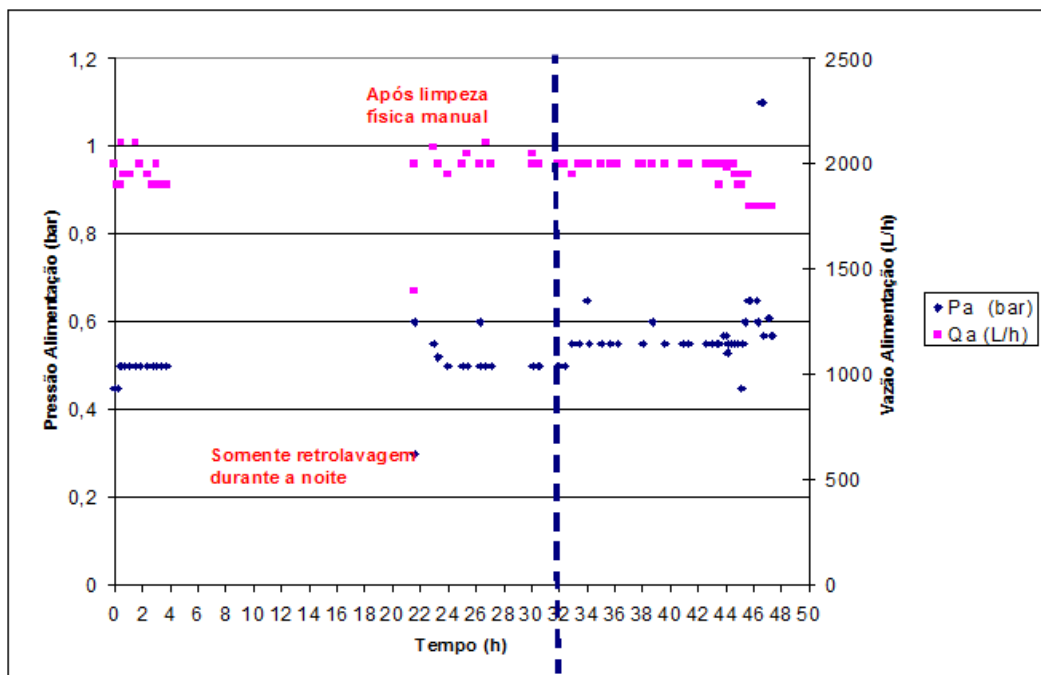


Figura 3: Acompanhamento da pressão e vazão de alimentação no TESTE 1

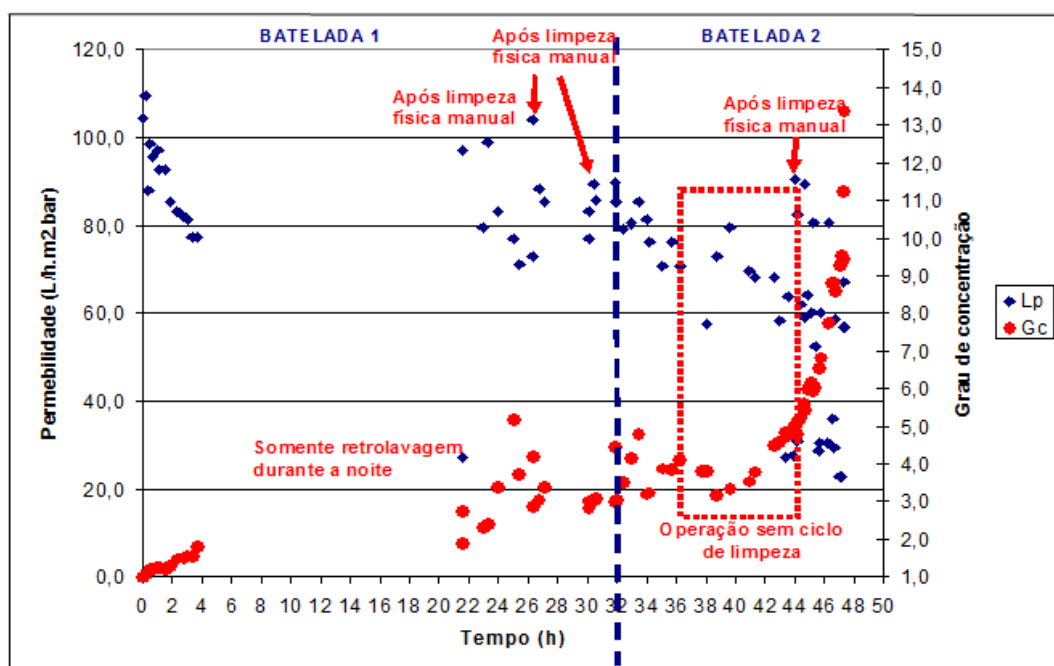


Figura 4: Acompanhamento da permeabilidade e grau de concentração no TESTE 1.

Já na Figura 4 observa-se que a permeabilidade cai durante as 20 primeiras horas onde não ocorre limpeza física do módulo de MF, porém os valores iniciais são recuperados após cada ciclo de limpeza física manual.

A Tabela 2 apresenta os resultados generalizados dos TESTES 1, 2 e 3, mostrando valores médios de fluxo permeado, pressão, vazão média, permeabilidade, bem como concentração inicial e final do lodo processado pela MF. A qualidade da água microfiltrada atendeu todos os requisitos exigidos para água a ser utilizada para distribuição ou de processo.

Tabela 2: Resultados generalizados dos testes piloto realizados

Teste	Tempo de operação (h)	Fluxo médio (L/h.m²)	Pressão média (bar)	Vazão média (L/h)	Permeabilidade (L/h.m².bar)	Concentração inicial de lodo (mg/L)	Concentração final de lodo (mg/L)
1	48	30	0,45	120	67	963	8787
2	55	60	0,9	240	67	3688	6217
3	13	45	0,32	540	141	5235	9232

Na Tabela 2 observa-se que o TESTE 2 apresenta vantagens operacionais sobre o TESTE 1, pois utilizando o lodo pré-sedimentado, além de proteger a membrana, o fluxo médio e a permeabilidade média aumentam, o que reduziria os custos do projeto para uma vazão de processamento fixa. A pré-sedimentação do lodo bruto possibilitou ainda trabalhar com módulo contendo De maior (700 m²/m³), sem alteração na estabilidade operacional do processo.

A maior concentração de lodo obtida neste trabalho foi de 9232 mg/L. Para esse valor, observou-se aumento da turbidez no permeado da MF. Esse comportamento ocorre possivelmente pelo aumento da concentração de policloreto de alumínio na alimentação, que passaria na forma solúvel para o permeado e coagula no mesmo. Uma nova MF desse permeado turvo possibilitou atingir novamente os valores desejados de turbidez.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Foi possível utilizar a MF para recuperar água a partir de lodo químico de um ETA convencional.

A qualidade da água MF atende os padrões de água tratada.

Os Módulos com De menores que $1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (300 e 700) são melhores para ser usados no projeto, pois o acúmulo de lodo no interior dos módulos é minimizado.

Uma pré-sedimentação do lodo melhora a operabilidade da MF, com fluxo permeado maiores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manual de operação da unidade piloto de microfiltração – PAM Membranas Seletivas Ltda.
2. BAKER, R W. Membrane Technology and Applications - 2nd ed. John Wiley & Sons, Ltda. 2000.
3. MULDER, M. Basic Principles of Membrane Technology. Kluwer Academic Pub, 1996.
4. HABERT, A. C., BORGES, C. P., NOBREGA, R., Processos de Separação por Membranas, ed. e-papers, Rio de Janeiro-Brasil, 2006.