

II-490 - RECUPERAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADO NA INDÚSTRIA DE CATALISADOR UTILIZANDO PROCESSO COMBINADO DE SEDIMENTAÇÃO E DE MICROFILTRAÇÃO SUBMERSA AERADA

Roberto Bentes de Carvalho⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre e Doutor em Engenharia Química pelo Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Diretor Executivo da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Daniel Barros Coelho⁽²⁾

Engenheiro Químico pela UFRJ. Coordenador do Setor de Engenharia da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Endereço⁽¹⁾: Parque Tecnológico do Rio de Janeiro – Quadra 6A – Edifício MP – Módulos 1 e 2, Rua Paulo Emídio Barbosa, 485, Cidade Universitária – 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 recuperação de particulados com alto valor agregado é uma oportunidade em diferentes indústrias, sempre na busca de processos limpos, com redução de gastos com químicos e energéticos. No presente trabalho são apresentados os resultados obtidos em um teste piloto de recuperação de particulados em uma linha de processo da indústria de catalisador. Foi possível obter uma corrente concentrada do composto de interesse, com estabilidade operacional e integridade dos módulos de microfiltração. O fluxo de projeto de engenharia para dimensionamento de planta de maiores capacidades é disponibilizado no presente trabalho. Apresenta-se ainda a importância da correta definição dos parâmetros de caracterização dos efluentes gerados na indústria de catalisador. Muito produto de interesse pode ser perdido por uma simples dosagem de pH, estabelecida a anos como procedimentos comum na indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação produto, Microfiltração Submersa, Indústria, Catalisador.

INTRODUÇÃO

A indústria de catalisador possui diferentes correntes contendo particulados com alto valor agregado e não descartá-la pode representar uma grande economia e oportunidade para a fábrica em questão, bem como indústrias secundárias criadas em seu entorno.

A microfiltração se caracteriza pelo uso de membranas, com poros na superfície seletiva na ordem de 0,4 μm , retraindo 99,9 % de sólidos suspensos e microorganismos, permitindo a passagem de líquido e o que nele estiver solubilizado. Para que haja permeação é preciso uma diferença de pressão entre os lados da membrana, podendo esta diferença ser proporcionado por diferentes fontes. As principais aplicações da microfiltração estão no tratamento de efluentes industriais e esgotos, purificação de águas oleosas, purificação de água, remoção de microorganismos, dentre outros (Baker, 2004).

A principal vantagem do uso de membranas é a propriedade de filtração superficial, diferindo da filtração por profundidade, onde o sólido fica retido na rede do elemento filtrante até total esgotamento deste. Na filtração superficial, o sólido fica retido já na superfície, permitindo que uma limpeza adequada restaure as condições iniciais de transporte das fibras. Operando de forma adequada, o processo de microfiltração se torna muito mais estável que uma filtração comum e a vida útil das membranas pode passar de 2 anos (Mundim, 2012).

O procedimento de limpeza mais utilizado na microfiltração é a retrolavagem, quando injeta-se o permeado no sentido contrário ao da filtração, fazendo com que o líquido limpo passe de dentro das membranas para fora, arrastando sólidos incrustados na superfície das membranas e nos poros (Habert et al., 2006). A lavagem da superfície seletiva da membrana com água ou efluente microfiltrado também é eficaz para uma melhor limpeza. Nas duas formas descritas, o uso de químicos pode aumentar a eficiência de limpeza, contanto que seja feita de forma correta, para não haver alteração nas propriedades das membranas.

A microfiltração com membranas na forma de fibra oca, geometria consagrada industrialmente, pode ser feita de duas formas: módulo pressurizado ou módulo submerso, representados na Figura 1. No módulo pressurizado, o líquido a ser tratado é injetado com pressão positiva dentro do módulo de membranas, fazendo com que o líquido permeie para dentro das membranas, com menor pressão no seu interior, retendo os sólidos, estes retirados na corrente de concentrado. No caso da operação submersa, o líquido a ser tratado fica em um tanque onde o módulo, com janelas laterais abertas, é inserido, fazendo o contato das fibras diretamente com o efluente armazenado. No compartimento de permeado é feito vácuo, ou seja, faz-se pressão negativa no interior das fibras, o que faz com que o líquido do lado externo permeie para o interior das membranas e os sólidos fiquem retidos no tanque. Para a microfiltração submersa utiliza-se aeração na base do módulo, provocando turbulência na superfície das membranas, impedindo um grande acúmulo de sólidos incrustantes.



Figura 1: Módulo pressurizado (esquerda) e módulo submerso (direita).

A disposição das membranas em módulos submersos possibilita a operação do processo de microfiltração com concentrações mais elevadas de sólidos, característica principal pelo motivo de sua escolha no presente trabalho. Adicionalmente, nesse tipo de módulo é possível a combinação direta entre o processo de microfiltração e o processo de sedimentação clássica, obtendo um concentrado sedimentado (Lachter, 2010).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é utilizar a microfiltração submersa combinada com a sedimentação para recuperação de um particulado de alto valor agregado da indústria de catalisador.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de concentrar um particulado insolúvel na corrente oriunda da indústria de catalisador, utilizou-se a microfiltração submersa aerada. Na Figura 2 é apresentado um esquema representativo do sistema de microfiltração utilizado.

Os testes de concentração realizados foram operados a 0,2 - 0,35 bar de pressão, abaixo da pressão crítica determinada previamente. Foram utilizados módulos submersos de 1 e 6 m² e uma vazão de ar de 2 Nm³/h. Foram testados 3 módulos com características diferenciadas, apresentadas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Características dos módulos de microfiltração utilizados nos testes de recuperação do catalisador

Numeração	Área de filtração (m ²)	Área de Aeração (mm ²)	Densidade de Empacotamento (m ² /m ³)
149	1	67,3	500
173	6	67,3	800
165	6	137,4	800

A alimentação foi resfriada num trocador de calor a fim de preservar os equipamentos contendo PVC no sistema. A vazão de alimentação era controlada por uma bóia de nível no tanque, que abre ou fecha uma válvula solenóide na saída do trocador.

No sistema utilizado para o teste, como mostrado na Figura 2, utilizou-se um manômetro para controle do vácuo operado na filtração (linha azul), uma bomba para proporcionar a diferença de pressão, uma válvula para ajuste de pressão e um rotâmetro para a leitura de vazão de permeado. Na retrolavagem (linha verde), ativada com a ligação das válvulas solenóides, a bomba passa a atuar succionando o líquido do tanque de permeado e o transferindo no sentido do módulo, utilizando a mesma bomba da filtração. Para o controle da retrolavagem, uma válvula e um rotâmetro proporcionam o ajuste de pressão e vazão desejados, além do manômetro para controle da pressão. Para a linha de aeração, também foram utilizados uma válvula e um rotâmetro para controle da vazão de ar.

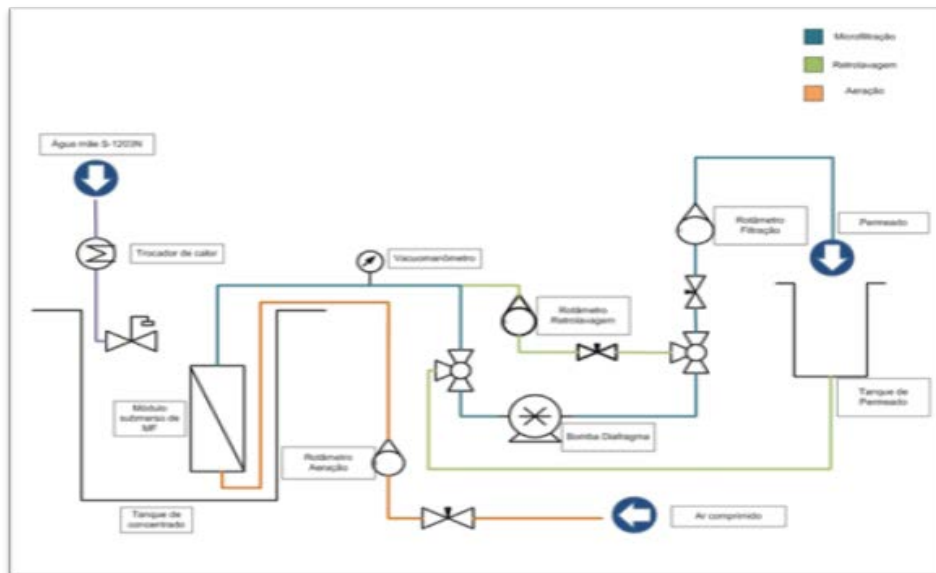


Figura 2: Fluxograma do sistema de microfiltração operado com módulos submersos.

Foram avaliados nos testes a manutenção de um fluxo de trabalho aceitável e a turbidez, para indicativo de presença/ausência de sólidos. Também foram feitos ensaios em laboratório para determinação de concentração de sólidos na alimentação, permeado, concentrado (coletado por cima após homogeneização), concentrado sedimentado (coletado pelo dreno do tanque de concentrado) e lama (coletado após esgotamento no fundo do tanque de concentrado). Os ensaios contemplaram a análise de peso com e sem filtração, a fim de se determinar a quantidade de sólidos solúveis pela diferença.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de concentração a seguir foram analisados a partir do balanço de massa, utilizando os valores dos hidrômetros de alimentação e de permeado em cada teste realizado. Uma vez alimentado o tanque de concentrado (100L), a massa de sólidos dobra a cada 100L alimentados, considerando a concentração de sólidos constante na linha de alimentação. O volume no tanque é dado pelo acúmulo de líquido alimentado, ou seja, a diferença entre o volume que entra (indicado no hidrômetro de alimentação) e o volume que sai (indicado no hidrômetro de permeado).

Com o módulo 149, de 1m² de área filtrante, foram feitos 2 testes, apresentados na Figuras 3 e 4. Pelo balanço de massa, considerando 100% de retenção dos particulados finos de catalisador pela microfiltração, o aumento da concentração no concentrado final no tanque de alimentação seria em torno de 5 em ambos os testes. Esse aumento foi confirmado pela presença de elevado teor de sólidos no módulo de filtração após os testes de concentração e pelo fundo do tanque de alimentação após drenagem do mesmo, conforme apresentado na Figura 5. Os fluxos se mantiveram num valor satisfatório, estabilizando acima de 70 L/h.m².

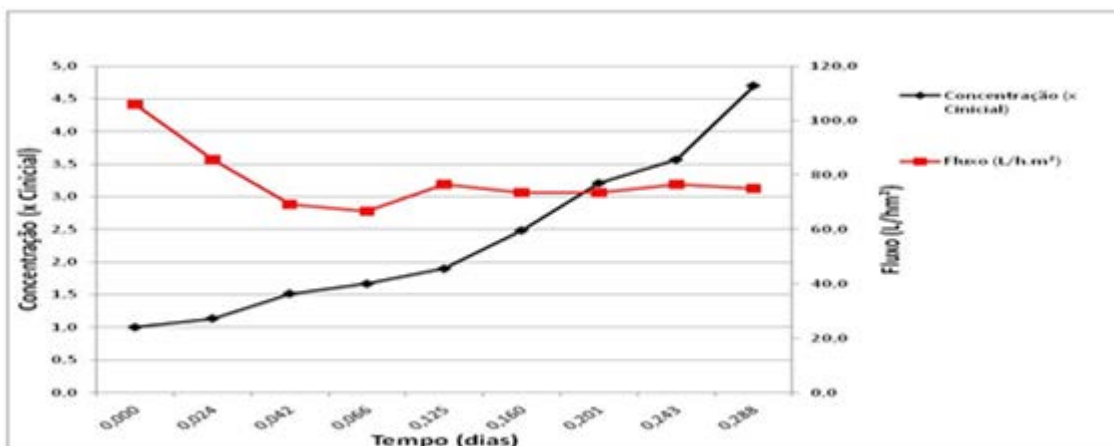


Figura 3: Acompanhamento do fluxo permeado e do aumento da concentração de sólidos durante a microfiltração, teste 1 utilizando o módulo 149.

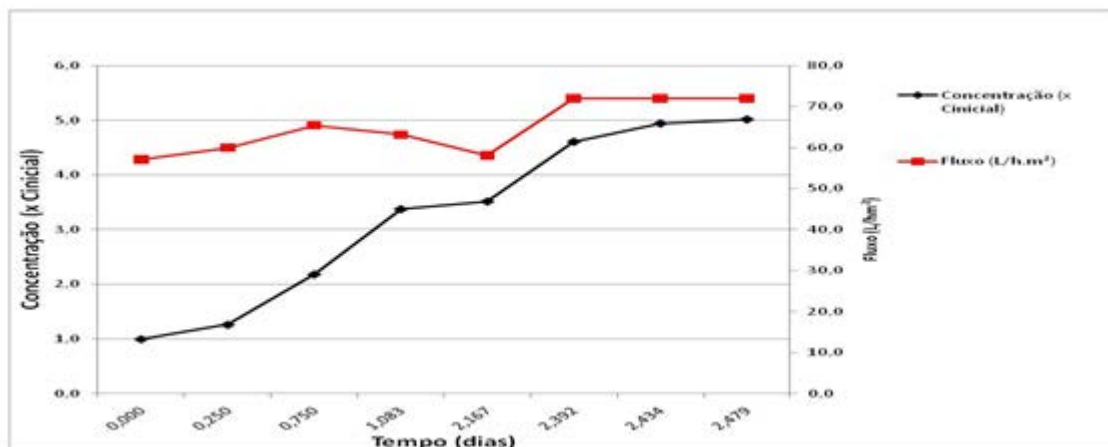


Figura 4: Acompanhamento do fluxo permeado e do aumento da concentração de sólidos durante a microfiltração, teste 2 utilizando o módulo 149.

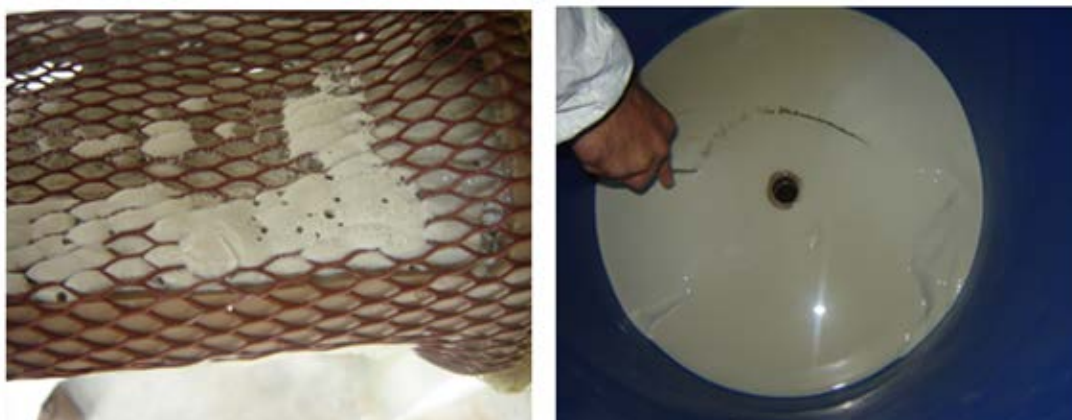


Figura 5: (esquerda) incrustações de sólidos no módulos de filtração e (direita) fundo do tanque de alimentação após drenagem do concentrado final.

Nessa etapa do teste em campo, levantou-se a suspeita de que a microfiltração estava dando passagem de sólidos durante a sua operação. Para sanar essa suspeita, o módulo foi trocado e optou-se por escolher a turbidez como parâmetro para acompanhamento da qualidade do permeado. O módulo 149 foi submetido aos testes de decaimento de pressão e permeabilidade hidráulica. Os resultados obtidos mostraram-se semelhantes aos observados nos testes do módulo novo (Tabelas 2 e 3), garantindo que o módulo testado continua com sua integridade estabelecida.

Tabela 2: Teste de decaimento de pressão de ar em 5 minutos de acompanhamento.

Número do módulo	Pressão inicial de ar (bar)	Pressão final de ar (bar)
149	0,5	0,5
173	0,5	0,45
165	0,5	0,5

Tabela 3: Permeabilidade hidráulica dos módulos .

Número do módulo	Permeabilidade hidráulica (L/h.m ² .bar)
149	200,0
173	180,0
165	185,0

As Figuras 6 e 7 apresentam os resultados obtidos de fluxo e grau de concentração com os módulos 165 e 173, respectivamente. Os módulos de maior área, 165 e 173, alcançaram e ultrapassaram a concentração desejada, com destaque para o último teste, que concentrou praticamente 250 vezes a alimentação. O fluxo estabilizado foi mais baixo em relação ao módulo 149, fator este provavelmente relacionado à menor força motriz associada aos módulos de maior área, considerando a bomba de filtração utilizada.

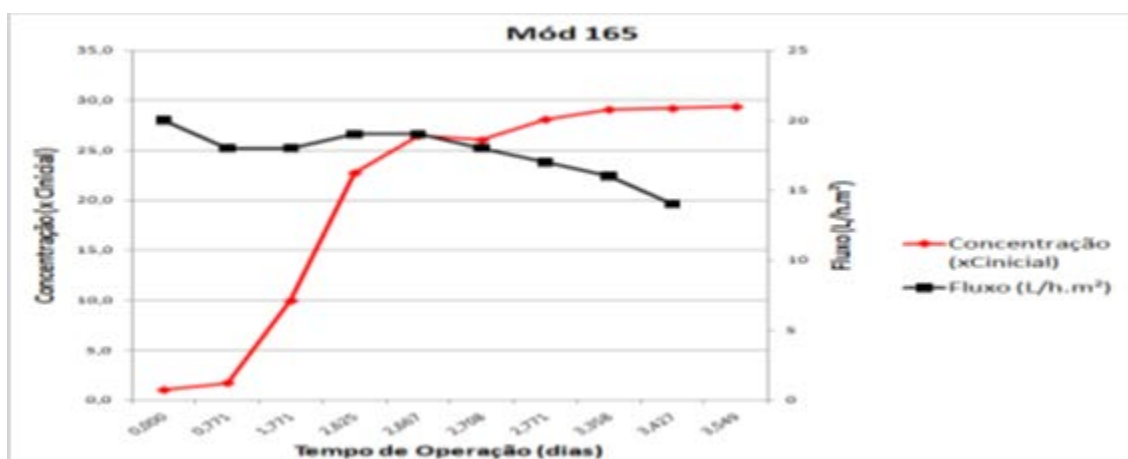


Figura 6: Acompanhamento do fluxo permeado e do aumento da concentração de sólidos durante a microfiltração utilizando o módulo 165.

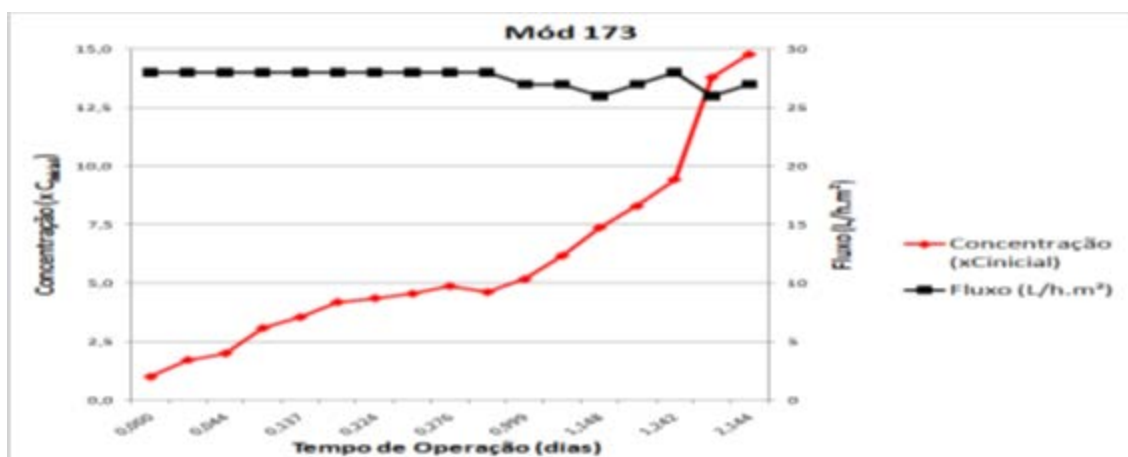


Figura 7: Acompanhamento do fluxo permeado e do aumento da concentração de sólidos durante a microfiltração utilizando o módulo 173.

Após os testes de concentração, os dois módulos foram submetidos a uma nova etapa de caracterização de permeabilidade hidráulica e decaimento de pressão. O módulo 165 passou pelos dois testes, mostrando manutenção de sua performance. Entretanto, o módulo 173 apresentou decaimento de pressão abaixo do esperado, indicando possível rompimento de fibras durante o processo de filtração. Esse módulo foi reconicionado rapidamente, voltando a ter as características adequadas do processo de microfiltração.

A Figura 8 apresenta fotos do permeado, alimentação bruta e concentrado final. Para uma primeira avaliação, é possível notar visualmente uma concentração de sólidos obtida em função dos testes de concentração.

Os dados de turbidez encontram-se a seguir na Figura 9, tendo sido analisadas as correntes de permeado, alimentação, concentrado coletado na parte superior do tanque e concentrado coletado na parte inferior do tanque, este último objetivando-se coletar o sedimentado. Na maioria dos casos foram realizadas medições das amostras brutas e de amostras diluídas na proporção água/amostra bruta de 9/1. O turbidímetro utilizado tem range de 0,02 NTU a 1100 NTU. A turbidez do permeado bruto estabilizou em 0,02 NTU, menor valor perceptível ao turbidímetro, evidenciando a ausência de sólidos. No permeado diluído observou-se aumento da turbidez, ocasionado pela precipitação de sólidos solúveis no pH original. Esse comportamento ocasionou uma alteração no procedimento de determinação do teor de sólidos das amostras a serem analisadas, fazendo o teste de filtrabilidade sem acidificação da amostra bruta.

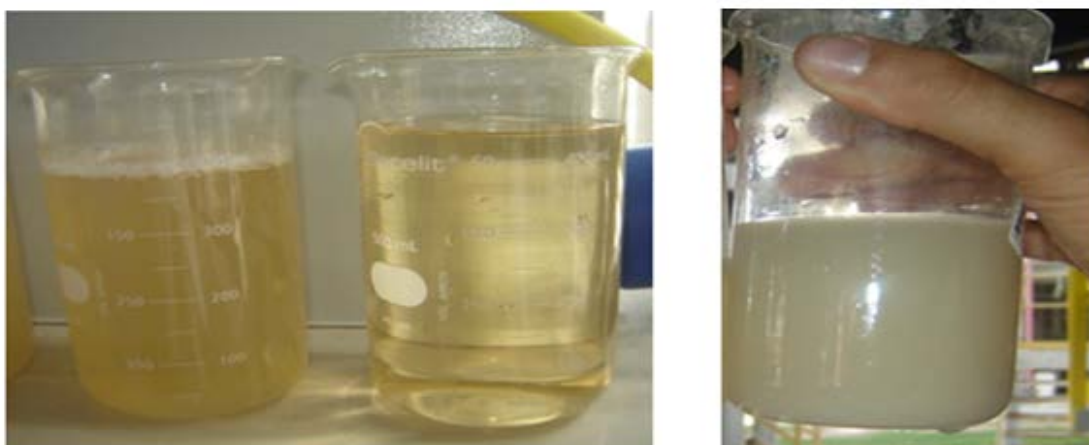


Figura 8: Comparação alimentação, permeado e concentrado, respectivamente.

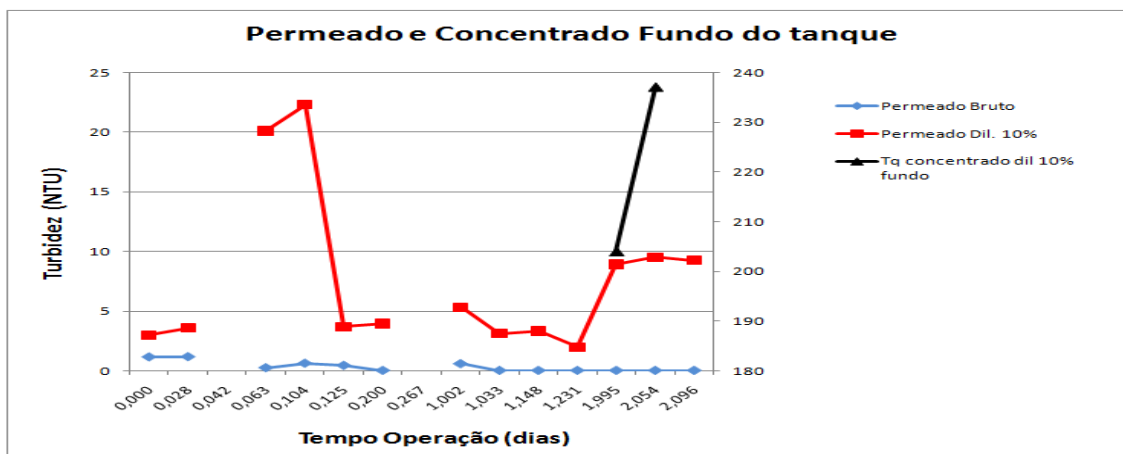


Figura 9: Turbidez do Permeado (bruto e diluído. 10%) e do concentrado inferior (diluído 10%).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir:

- A microfiltração submersa atendeu à exigência de concentrar 10 vezes o efluente contendo particulado da indústria de catalisador;
- Foi possível obter resultados para projetar a planta industrial, tendo um fluxo médio de 25 L/h.m²;
- Os valores de turbidez de 0,02 NTU no corrente permeado mostraram a retenção efetiva dos sólidos suspensos pelo processo de microfiltração;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKER, R. W. Membrane Technology and Applications. Second Edition. John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 0-470-85445-6.
2. HABERT, A. C., BORGES, C. P., NOBREGA, R, Processos de Separação por Membranas, 2006.
3. Lachter, D.R - Aplicação de processos combinados de microfiltração, flotação e sedimentação para clarificação e concentração do vinho de cana-de-açúcar, Projeto Final do Curso de Engenharia Química – PUC/RJ, 2010.
4. Mundin, M.S. - Projeto de estação integrada para tratamento de vinhaça visando à obtenção simultânea de fertilizante concentrado e água de reuso, Projeto Final do Curso de Engenharia Química – PUC/RJ, 2012.