



LIMPEZA QUÍMICA DO MEIO FILTRANTE EM FILTROS DE AREIA E ANTRACITO – ESTABILIDADE OPERACIONAL E AUMENTO DO TEMPO DE CAMPANHA¹

Rodrigo Sepulcri Rosalem²

Kirlene Salgado Fernandes Penna³

Luiz Fernando Andrade de Castro⁴

Antonio Eduardo Clark Peres⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar as metodologias utilizadas para realização de limpezas químicas em filtros que utilizam areia ou areia/antracito como meio filtrante contaminado com óleo, bem como os resultados obtidos através dessas limpezas. Foram realizados ensaios em laboratório visando caracterizar o meio filtrante (areia/antracito) de uma amostra contaminada com óleo pelo processo. Após a caracterização, a amostra foi dividida em porções de 10 g, submetidas à diferentes concentrações de diferentes produtos, e agitadas, de forma a simular as condições de operação do filtros de areia e avaliar quantidade de sujidade removida por cada produto. O produto com melhor desempenho nos testes em laboratório foi utilizado em escala industrial para limpeza do elemento filtrante de duas formas distintas: aplicação contínua na água de retrolavagem dos filtros de areia e limpeza em batelada com agitação por 1 hora. A aplicação contínua na água de retrolavagem promoveu maior estabilidade operacional da estação de tratamento de água, garantindo a vazão de filtração necessária para o processo. A limpeza em batelada, utilizada em caso de queda da vazão de filtração, foi capaz de recuperar a condição normal do meio filtrante, sem a necessidade de substituição do mesmo, ou seja, aumentando o seu tempo de campanha.

Palavras-chave: Tratamento de água; Filtro de areia; Limpeza química; Óleo.

CHEMICAL CLEANING OF THE FILTRATION MEDIA IN SAND/ANTRACITE FILTERS – OPERATION STABILITY AND INCREASE THE CAMPAIGN TIME

Abstract

This paper propose to present the methodologies used to execute chemical cleaning of sand filters that use sand or sand/antracite as filtration media contaminated with oil as well as the results obtained through these cleanings. Laboratory tests were done to characterize the filter media (sand/antracite) from a process contaminated sample. After characterization, the sample was divided into 10 g portions that were submitted to different concentrations of different products. The samples were agitated to simulate the operating conditions of the filters and to evaluate the dirtiness removal by each product. The product with best performance in the laboratory tests was used in industrial scale in order to clean the filter media in two different ways: applying continuously in sand filters backwashing water flow and cleaning the filters in batches with agitation for 1 hour. The continuous application in backwashing water increased the operational stability of the water treatment plant, maintaining the necessary filtration flow rate for the process. The cleaning batches, used in case of filtration flow rate decrease, were able to recover the normal condition of filtration media, without the need to replace it, in other words, increasing their campaign time.

Key words: Water treatment; Sand filters; Chemical cleaning; Oil.

¹ Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

² Buckman Laboratórios, Divisão de Tratamento de Águas Industriais

³ Centro Universitário Vila Velha, Departamento de Engenharia de Metalurgia e Materiais

⁴ Escola de Engenharia da UFMG, Departamento de Engenharia de Metalurgia e Materiais



1 INTRODUÇÃO

1.1 Água de Contato Direto

Os mais importantes processos siderúrgicos que utilizam água em contato direto com o aço em processamento, também chamado circuito secundário, são:

- Lingotamento Contínuo de Placas e Tarugos, onde a aspersão com água de resfriamento é utilizada para solidificação da pele
- Laminação de Tiras à Quente e Laminação de Fio-Máquina, onde bombas de água de alta pressão são utilizadas para remoção da carepa formada durante o reaquecimento.

Parte da água utilizada nos processos de contato direto evapora quando entra em contato com o aço à altas temperaturas. A parte que não evapora arrasta sólidos em suspensão (óxidos metálicos) e hidrocarbonetos (óleos) utilizados tanto no processo de lingotamento, quanto na laminação.

O tratamento da água para eliminar as partículas mais grosseiras nesse tipo de sistema inclui a decantação em poços de carepa e a separação com hidrociclone. Em seguida, a água passa por um polimento através do processo de coagulação, clarificação, remoção de óleo e filtração. Após o tratamento a água é resfriada e recirculada no sistema.

A água de contato direto, após circular pelo processo, retorna carregada de contaminantes como óleo emulsionado, sólidos suspensos e carepa. O tratamento dos efluentes oleosos geralmente consiste em:

- utilização de poço de carepa para separação da carepa mais grossa; e
- possuir uma série de processos de tratamento secundários para separar e remover o óleo e a carepa fina restante.

A Figura 1 mostra um processo típico de tratamento de água de contato direto:

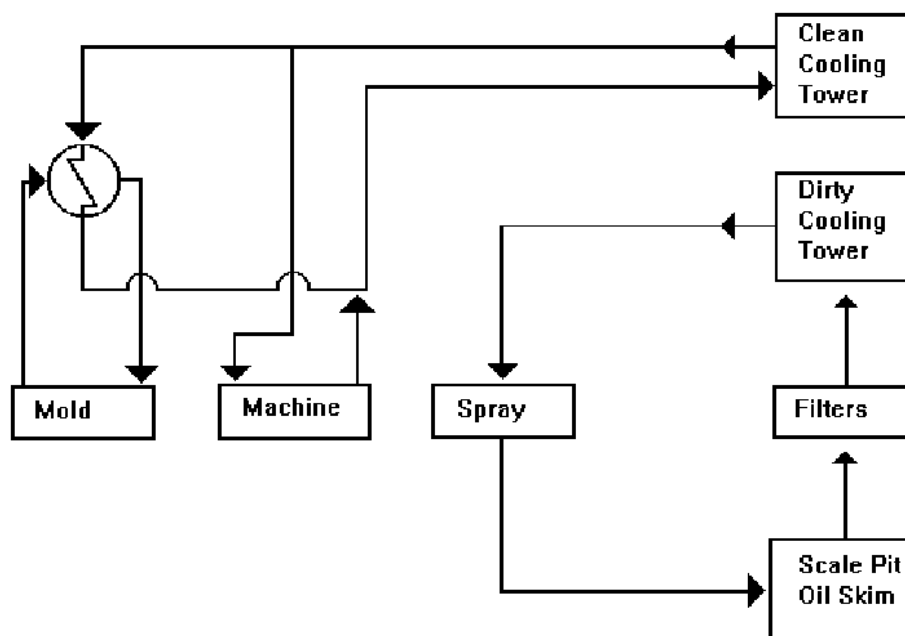


Figura 1: Processo típico de tratamento de água com contato direto.

Os Oil skimmers podem remover até 70% do teor de óleos e graxas, desde que possuam boas condições de operação e manutenção. Mas, para melhor remoção de óleo, são utilizados quebradores de emulsão (produtos químicos).



Quando faz-se um dimensionamento de um programa de tratamento de água para uso em contato direto deve-se considerar que a remoção de óleo e sólidos é fundamental para o sucesso do tratamento, e um programa de coagulação / floculação deve estar previsto, de acordo com os tipos de óleos e graxas utilizados no sistema. O processo de filtração é utilizado para remover o residual carepa e lama oleosa, que não foram retidos nos processos anteriores de tratamento de água.

1.2 Processo de Filtração

A filtração é a remoção de resíduos sólidos pela passagem da água através de meios filtrantes, tais como areia, cascalho, carvão ou outros materiais que vão reter as partículas em suspensão, enquanto permite a passagem da água limpa. A única alteração na qualidade da água resultante da filtragem é a redução dos sólidos em suspensão.

O processo de filtração pode ser aplicado em águas sem pré-tratamento por clarificação. Porém, se a água possuir grandes quantidades de sólidos em suspensão, a remoção somente por filtração torna-se inadequada.

O meio filtrante em um leito geralmente consiste em um ou dois níveis de areia ou antracito. A camada de cascalho suporta o meio filtrante, evita a passagem da areia fina ou antracito e distribui água de retrolavagem. O tamanho e a forma das partículas do meio filtrante determinam a eficiência com que o meio remove os sólidos. O meio deve ser grosso o suficiente para permitir a penetração de sólidos e fino o suficiente para reter as partículas. Areia e antracito para filtros são classificados por tamanho de partículas e uniformidade.

A Figura 2 apresenta a configuração típica de um filtro de areia:

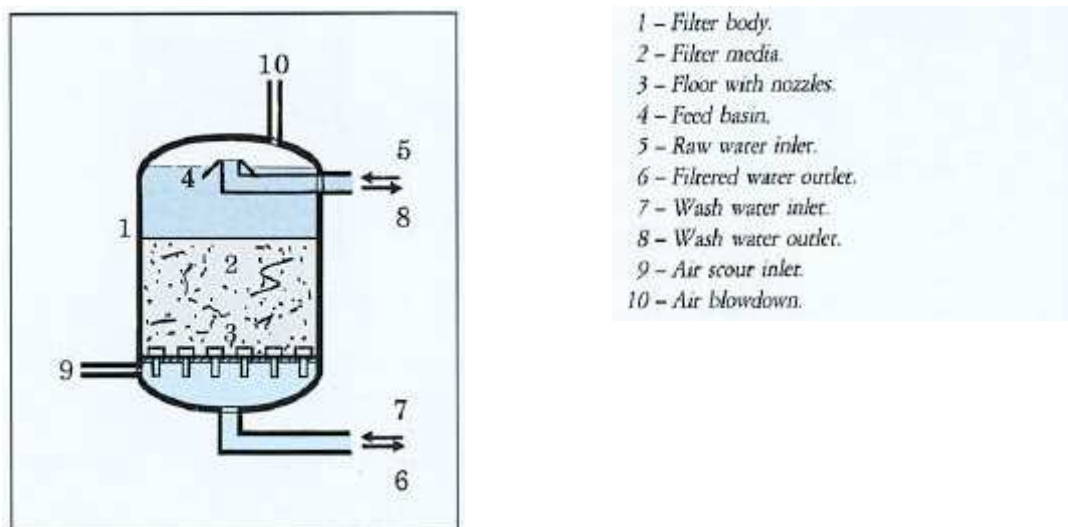


Figura 2: Configuração típica de um filtro de areia.

A maioria dos filtros opera por um período de tempo limitado. Quando a perda de carga (perda de pressão) do filtro aumenta, é um indicativo que o filtro está com excesso de sujeira e requer limpeza por retrolavagem. O processo de retrolavagem é um estágio vital na operação dos filtros e consiste em reverter o fluxo de água para remover os depósitos com a própria água filtrada pelo processo. Uma retrolavagem ineficiente afeta a performance do filtro nos ciclos subseqüentes de filtração.

A retrolavagem pode ser realizada em conjunto com alguns métodos auxiliares de limpeza, como ar comprimido e mistura de ar com água. A agitação do meio filtrante causada pelo colapso de bolhas de ar favorece o atrito entre os grãos do meio filtrante, aumentando a eficiência da limpeza. Porém, devido à presença do óleo na água dos processos siderúrgicos, ocorre uma adsorção deste sólido oleoso na superfície dos grãos do meio filtrante. A ação mecânica da água ou água com ar é insuficiente para quebrar a ligação de adsorção entre elemento filtrante, sólidos e óleo, fazendo com que a limpeza muitas vezes não seja eficiente.

A limpeza ineficiente do meio filtrante gera um acúmulo de material no filtro, reduzindo sua capacidade de filtração e seu tempo de campanha, demandando constantes reposições e trocas de carga de elemento filtrante para continuidade da operação. A utilização de produtos químicos visa fragilizar a ligação de adsorção do depósito oleoso formado no elemento filtrante, aumentando a eficiência do processo de retrolavagem com água.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização do meio filtrante foram utilizadas amostras coletadas de um filtro de areia com camada de areia e antracito de uma só granulometria, apropriada para fixação de matérias em suspensão e para efluentes oleosos. Foram utilizadas amostras de 10 g do meio filtrante contaminado com óleo.

As amostras do meio filtrante foram imersas individualmente em solução de remoção a 1 v/v, 5 v/v e 10% v/v de diversos produtos. Simulou-se a agitação e tempo de contato do processo de retrolavagem do filtro através de um aparelho de to de 'jar test'. Após a simulação da retrolavagem foi realizada uma Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para verificar a superfície da amostra de areia e antracito (antes e após a ação dos produtos químicos) observando a eficiência da limpeza de cada produto e dosagem.

As amostras de meio filtrante foram analisadas quanto à morfologia e composição química (microanálise semiquantitativa), através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), microanálise e raios-X por dispersão de energia (EDS). Foram utilizadas amostras do meio filtrante após a limpeza com agentes químicos.

Para avaliação de granulometria e área superficial específica o teste foi realizado com amostras de 1 kg, antes e após a limpeza com o produto de melhor desempenho nos testes anteriores. Foi realizada análise granulométrica por peneiramento convencional a seco. A análise de área superficial específica BET, por adsorção de gás N_2 , foi realizada utilizando-se temperatura de degaseificação de 180°C.

Para avaliar o efeito dos produtos testados em termos de corrosividade ao sistema (tubulações de retrolavagem e carcaça dos filtros), foi realizado um teste de imersão de um corpo de prova de aço carbono C1010 na solução do produto durante 30 dias. A taxa de corrosão foi avaliada em função da diferença de peso do cupom antes e depois da exposição.

Para validação em escala industrial, do produto selecionado nos testes laboratoriais, foram levantados dados de operação e manutenção, comparando-se os resultados antes e após o início da aplicação do produto como rotina. Duas formas diferentes de aplicação foram avaliados:

- aplicação contínua na água de retrolavagem dos filtros
- limpeza em batelada com agitação e contato por 1 hora.



3 RESULTADOS

3.1 Caracterização do Meio Filtrante

A Figura 3 apresenta o meio filtrante antes da limpeza química. Observa-se que há uma aglomeração de lama no elemento filtrante, o que dificulta a retenção das partículas suspensas na água pelo filtro de areia, fazendo com que este perca eficiência. Além disso, pode haver formação de caminhos preferenciais dentro do leito filtrante, onde a água pode passar sem ter seus sólidos retidos. O objetivo da ação dos produtos testados é de remover esta lama favorecendo a eficiência no processo de filtração das partículas suspensas na água.

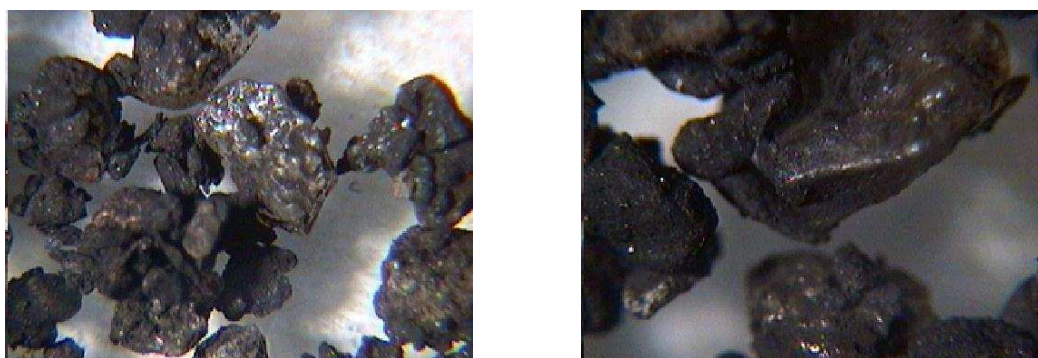


Figura 3: Amostra do meio filtrante antes da limpeza química.

3.2 Análise Granulométrica e Área Superficial

A Tabela 1 apresenta os resultados da área superficial específica da amostra antes e após a limpeza química. Foi observado que a área superficial específica antes da limpeza química é menor que da amostra após a limpeza química indicando que havia uma aglomeração de partículas, já que o diâmetro das partículas ficou praticamente inalterado. Conclui-se que a área superficial antes da limpeza química estava obstruída com o óleo adsorvido da água a ser filtrada.

Tabela 1: Resultado da análise da área superficial específica das amostras do meio filtrante.

Amostra	Área Superficial Específica
Antes da Limpeza Química	0,09 m ² /g
Após Limpeza Química	0,14 m ² /g

A Figura 4 apresenta o resultado da análise granulométrica da amostra antes e após a limpeza química. A linha azul indica o percentual acumulado e a coluna em vermelho indica o percentual de massa retida em cada mash.

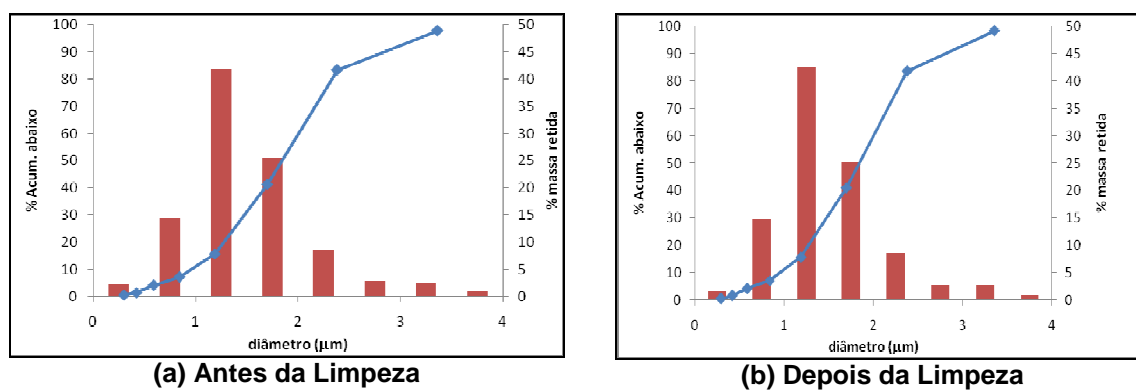


Figura 4: Resultado da análise granulométrica.

O resultado da análise granulométrica indicou que não houve variação considerável nas dimensões das amostras do meio filtrante após ter sido utilizado o produto químico para remoção da lama aderida à superfície.

3.3 Análises Químicas e Morfológicas da Superfície do Meio Filtrante

A Figura 5 apresenta os resultados da análise morfológica, obtida a partir da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do meio filtrante após limpeza utilizando somente água, sem auxiliares químicos.

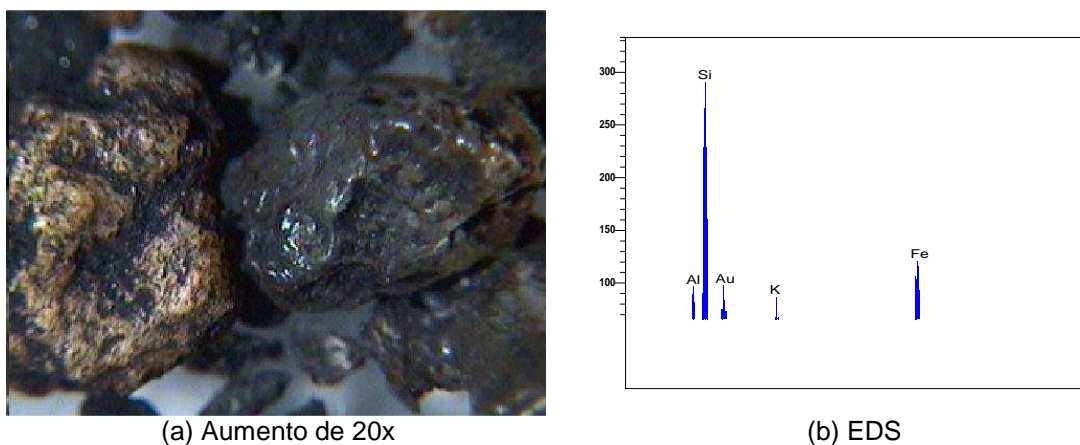


Figura 5: Amostra do meio filtrante após limpeza somente com água.

Na Figura 5(a) observa-se a presença de lama (partículas de carepa impregnada com óleo) nas cavidades do meio filtrante. A Figura 5(b) apresenta os resultados da análise semiquantitativa de composição da superfície do meio filtrante, realizada utilizando uma microsonda acoplada ao microscópio eletrônico de varredura. Foi observada a presença do Si, confirmando a composição química da areia que é o meio filtrante estudado. A presença do ferro indica que a lama não foi suficientemente removida do material.

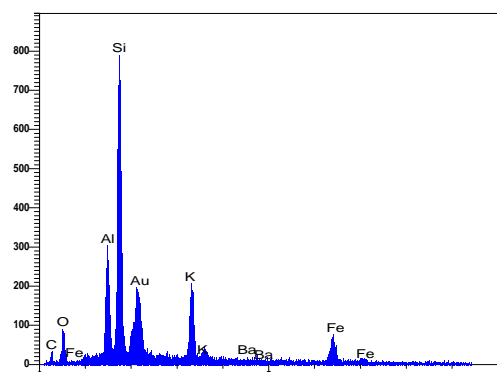
Dentre os produtos testados, dois se destacaram, e serão aqui denominados Bulab[®] A e Bulab[®] B. O Bulab[®] A apresentou um excelente resultado com uma baixa concentração do produto (1%), mas o Bulab[®] B demandou uma concentração de 10% para obter resultados satisfatórios. Os demais produtos testados não apresentaram bons resultados de remoção de lama aderida à superfície do meio filtrante. O Bulab[®] A contém em sua formulação ácidos inibidos e tensoativo, ao passo que o Bulab[®] B é um dispersante orgânico contendo tensoativos e amidas.



A Figura 6 apresenta os resultados das análises morfológicas, obtida a partir da análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), do meio filtrante após limpeza utilizando água e Bulab[®] A.



(a) Aumento de 20x



(b) EDS

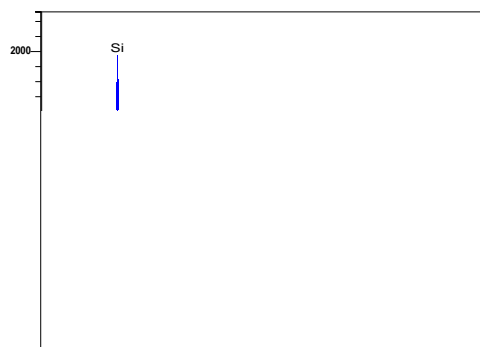
Figura 6: Amostra do meio filtrante após limpeza com Bulab[®] A.

Na Figura 6(a) foi observada redução significativa da presença de lama em relação à Figura 5(a), obtida pela limpeza apenas com água. A Figura 6(b) apresenta os resultados da análise semiquantitativa de composição da superfície do meio filtrante, realizada utilizando uma microsonda acoplada ao microscópio eletrônico de varredura indicando apenas traços de ferro, o que comprova a eficiência do produto na remoção da lama.

A Figura 7 apresenta os resultados das análises morfológicas, obtida a partir da análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), do meio filtrante após limpeza utilizando água e Bulab[®] B.



(a) Aumento de 20x



(b) EDS

Figura 7: Amostra do meio filtrante após limpeza com Bulab[®] B.

Na Figura 7(a) foi observada a presença de lama nas cavidades do meio filtrante, mas em menor quantidade em relação à Figura 5(a), obtida pela limpeza apenas com água. A Figura 7(b) apresenta os resultados da análise semiquantitativa de composição da superfície do meio filtrante, realizada utilizando uma microsonda acoplada ao microscópio eletrônico de varredura confirmando a redução da presença de ferro em relação à Figura 5(b).



3.4 Avaliação da Corrosividade do Produto

Em função de sua característica ácida, foram feitas medições de taxa de corrosão da solução de água e produto que apresentou o melhor resultado em termos de limpeza (Bulab[®] A) nas diferentes concentrações testadas para limpeza química dos elementos filtrantes. A Figura 8 apresenta os resultados encontrados, comparando-se com a especificação de taxa de corrosão deste tipo de sistema.

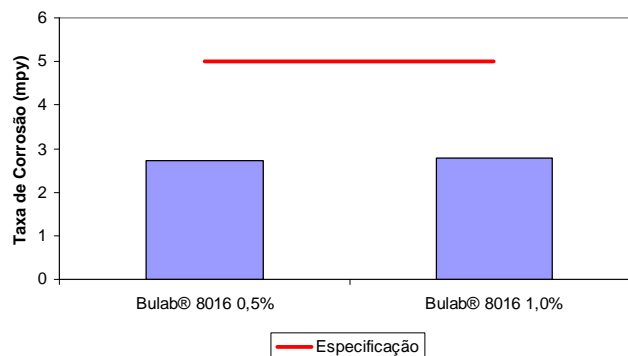


Figura 8: Taxa de Corrosão do Bulab[®] A.

A Figura 8 mostra que a solução utilizada para limpeza química dos filtros de areia não proporciona nenhum aumento na corrosividade das tubulações de retrolavagem, nem na carcaça do filtro. A taxa de corrosão encontrada (média de 2,75 mpy) é menor, inclusive, do que a corrosividade típica da água que recircula neste tipo de sistema (5 mpy).

3.5 Aplicação em Escala Industrial – Limpeza em Batelada

O produto com o melhor desempenho nos testes em laboratório (Bulab[®] A) foi levado para estudo aplicação em escala industrial, que foi conduzido em dois diferentes sistemas de Lingotamento Contínuo de Placas, aqui chamados de Sistema 1 e Sistema 2. O Sistema 1 possui 4 filtros (aqui denominados de Filtros A, B, C e D) ao passo que o Sistema 2 possui 5 filtros (aqui denominados E, F, G, H e I).

A dosagem utilizada para limpeza em batelada depende de diversos fatores, como o tempo disponível para agitação, temperatura, grau de sujidade do meio filtrante, dentre outros. No teste foi utilizada uma dosagem de 0,5% sobre o volume do meio filtrante.

As Figuras 9 e 10 apresentam as vazões médias de filtração de cada um dos filtros de areia dos sistemas estudados, antes e após cada procedimento de limpeza química em batelada, com agitação e contato por uma hora.

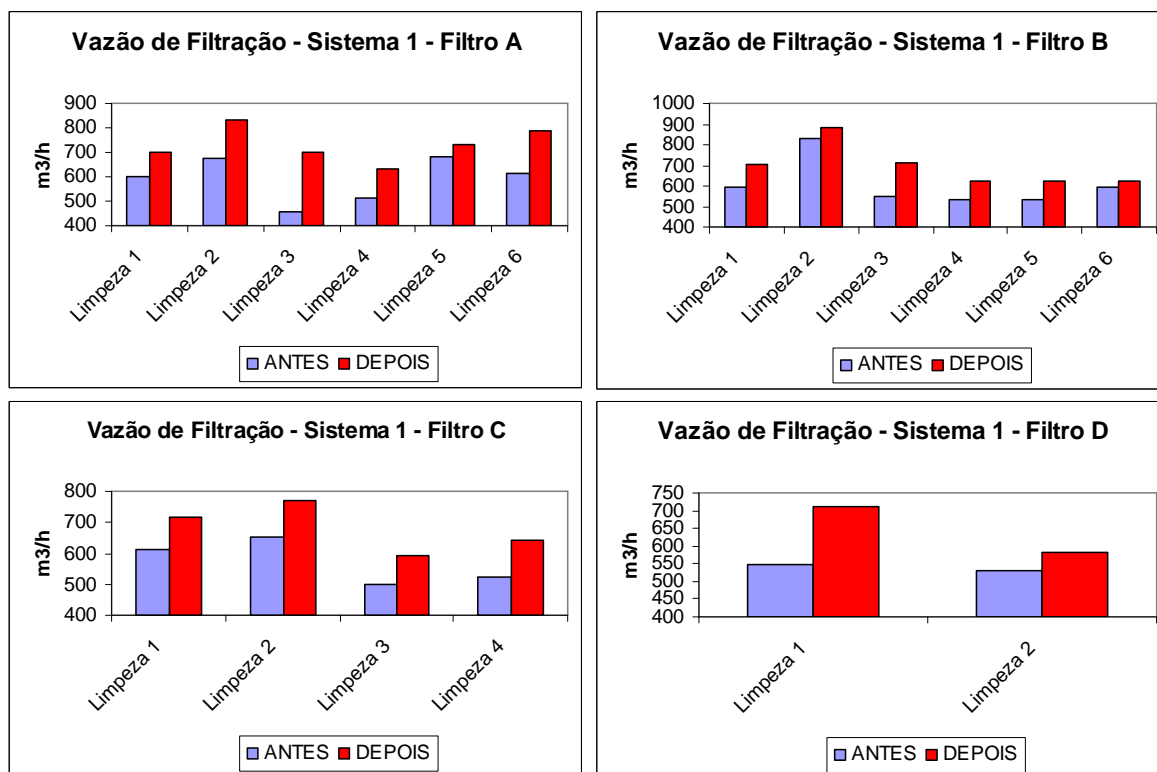


Figura 9: Vazões dos filtros do sistema 1 antes e após a limpeza química em batelada.

A comparação entre as vazões de filtração antes e após a realização das limpezas químicas em batelada no Sistema 1 mostra que em todas as limpezas realizadas houve um aumento significativo de vazão. A média foi de 19,9%, mas em casos extremos, como a 3ª limpeza do Filtro A, o ganho de vazão chegou a 52,8%.

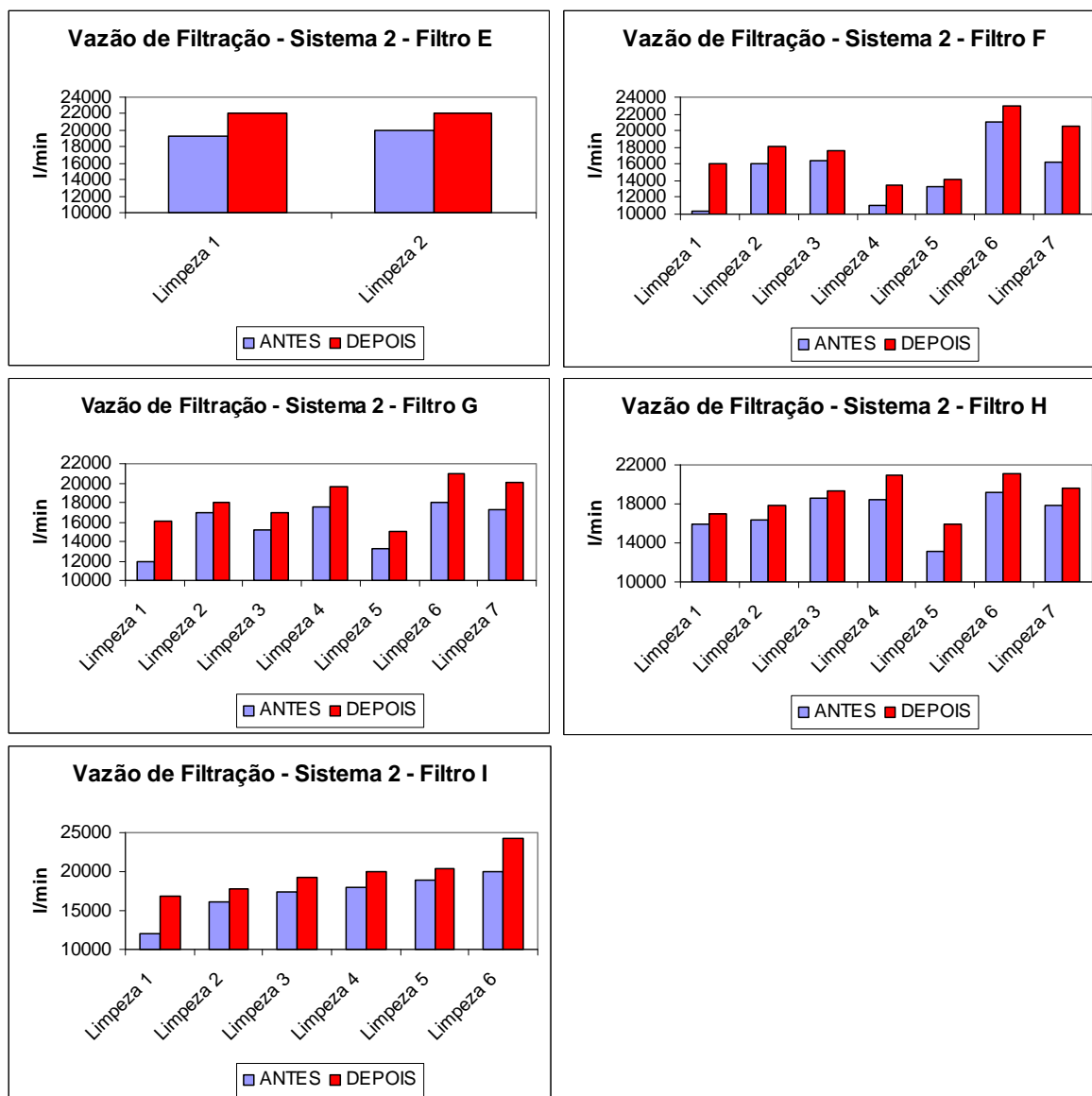


Figura 10: Vazões dos filtros do sistema 2 antes e após a limpeza química em batelada.

A comparação entre as vazões de filtração antes e após a realização das limpezas químicas em batelada no Sistema 2 mostra que em todas as limpezas realizadas houve um aumento significativo de vazão. A média foi de 15,5%, mas em casos extremos, como a 1ª limpeza do Filtro F, o ganho de vazão chegou a 53,8%.

Como as bombas de filtração possuem pressão constante, a vazão de filtração é uma medida indireta da perda de pressão do sistema. Ou seja, se o filtro está sujo há um aumento da perda de carga no filtro e conseqüente redução da vazão.

Desta forma, o estudo dos dados obtidos em escala industrial permitiu constatar a eficiência do procedimento de limpeza química em batelada.

A limpeza em batelada, utilizada em caso de queda da vazão de filtração, foi capaz de recuperar a condição normal do meio filtrante, sem a necessidade de substituição do mesmo, ou seja, aumentando o seu tempo de campanha



3.6 Aplicação em Escala Industrial – Aplicação contínua na Água de Retrolavagem

Uma vez comprovada a eficiência do processo de limpeza química em batelada do elemento filtrante, iniciou-se a aplicação contínua do produto na água de retrolavagem dos filtros de areia e antracito.

Os estudos da aplicação em escala industrial na água de retrolavagem foram feitos nos mesmos sistemas citados no item 3.5 deste trabalho.

A dosagem utilizada para aplicação contínua na água de retrolavagem depende de diversos fatores, como o tempo disponível para agitação, temperatura, grau de sujidade do meio filtrante, dentre outros e deve ser ajustada em função das condições do processo.

As Figuras 11 e 12 apresentam a frequência de necessidade de realização de limpeza química dos filtros de areia em batelada, antes e após a implementação da dosagem contínua na água de retrolavagem dos filtros.

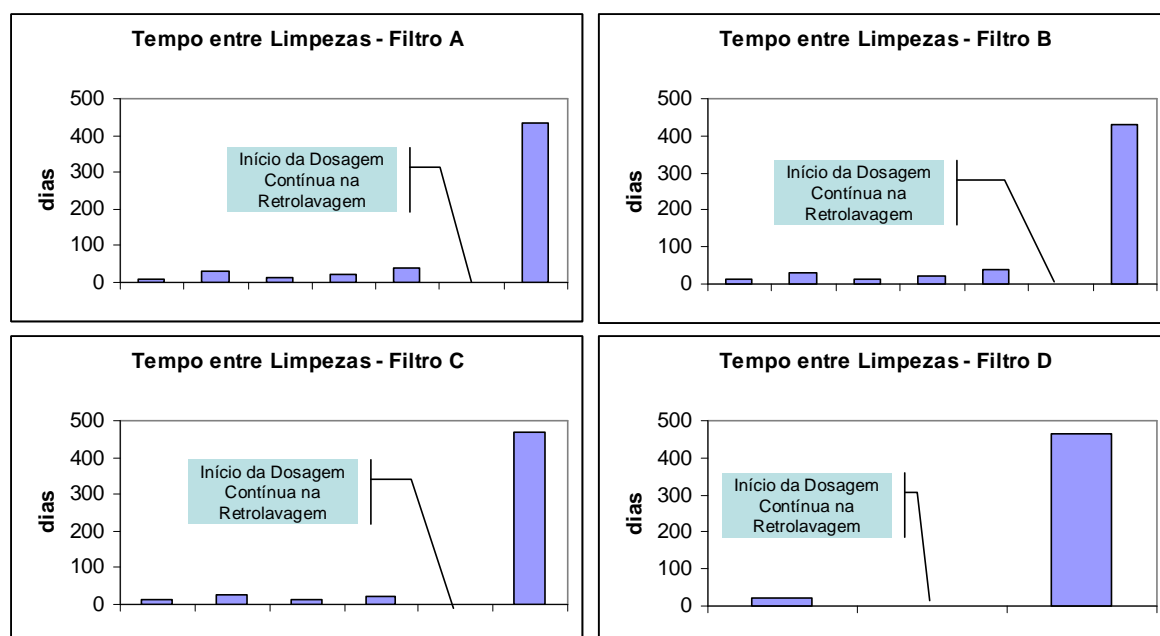


Figura 11: Periodicidade de limpeza dos filtros do sistema 1 antes e após a dosagem contínua na retrolavagem.

A Figura 11 mostra um aumento significativo no intervalo médio entre as limpezas químicas em batelada no sistema 1 a partir do início da aplicação contínua de produto químico na água de retrolavagem dos filtros de areia, sendo que o intervalo passou de 22 para 449 dias entre as limpezas.

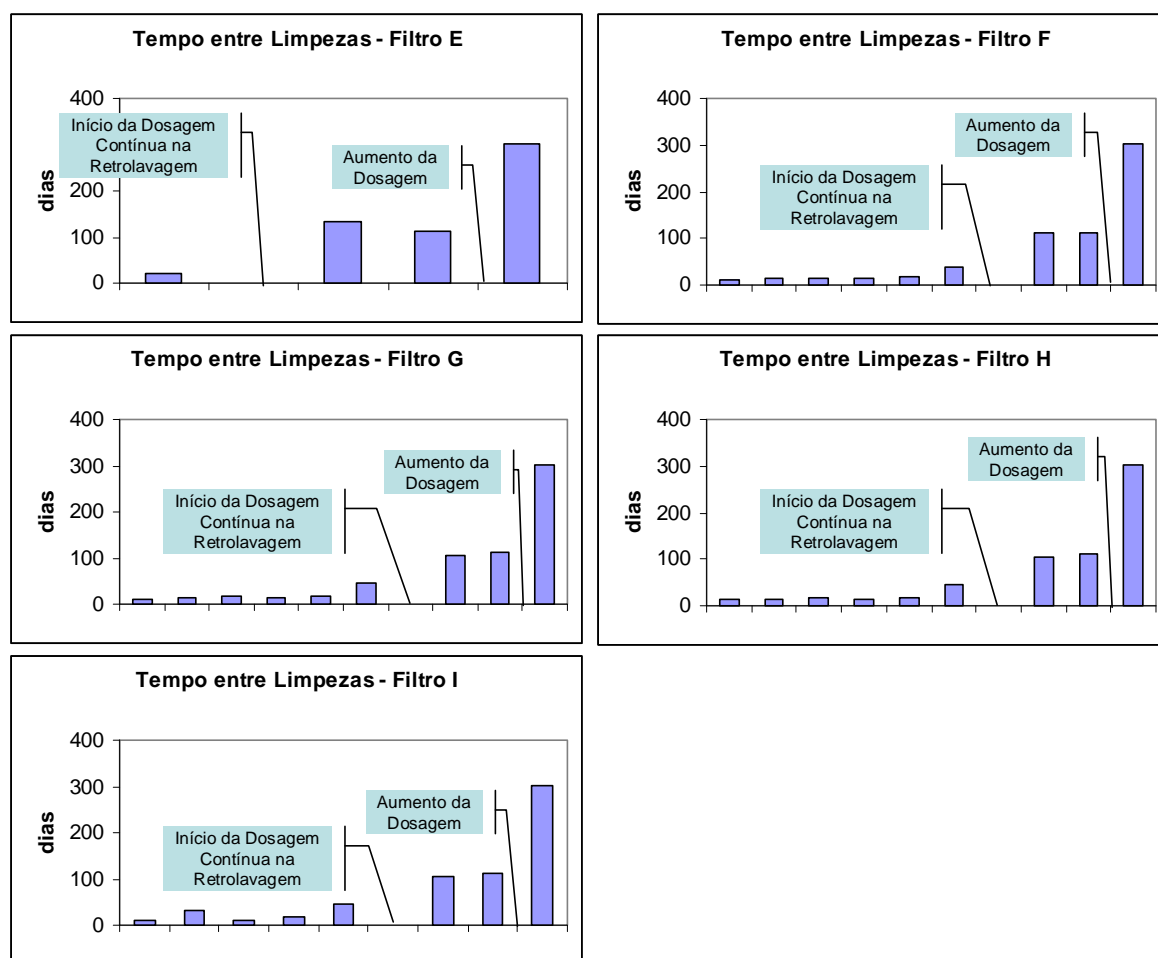


Figura 12: Periodicidade de limpeza dos filtros do sistema 2 antes e após a dosagem contínua na retrolavagem.

A Figura 12 mostra um aumento no intervalo médio entre as limpezas químicas em batelada no sistema 2, a partir do início da aplicação contínua de produto químico na água de retrolavagem dos filtros de areia. Num primeiro momento o intervalo passou 20 para 110 dias entre as limpezas. Foi feito um ajuste na dosagem do produto e até a data de elaboração deste trabalho o sistema 2 já completara 301 dias de campanha sem a necessidade de realização de novas limpezas químicas em batelada.

Verifica-se, portanto, que a aplicação contínua na água de retrolavagem promoveu maior estabilidade operacional da estação de tratamento de água, garantindo a vazão de filtração necessária para o processo, sem a freqüente necessidade de realização de limpezas em batelada.

4 CONCLUSÃO

Em sistemas sujeitos à contaminação da água com materiais oleosos, a utilização de produtos químicos como auxiliares de limpeza dos filtros de areia são um excelente recurso para melhorar a estabilidade operacional da estação de tratamento, bem como reduzir a necessidade de intervenções de manutenção.

A aplicação contínua de produtos químicos na água de retrolavagem dos filtros colabora para manter o meio filtrante suficientemente limpo de forma a não permitir a



formação de “grumos” de areia, sólidos e óleo, que podem entupir o filtro ou criar caminhos preferenciais, que prejudicam a performance do equipamento.

A limpeza química em batelada recupera o meio filtrante que esteja em um estado crítico de aglomeração de sujidade, sem a necessidade de intervenção de manutenção, como a troca do meio filtrante, por exemplo. Este recurso é especialmente útil em caso de derramamento excessivo de material oleoso no processo, quando os equipamentos precedentes não conseguem reter toda a contaminação, o que sobrecarrega o filtro de areia.