

26º. Encontro Técnico AESABESP

METODOLOGIA DE REMEDIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MEIO FILTRANTE PARA REDUÇÃO DE BOLAS DE LODO EM FILTROS RÁPIDOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Allan Saddi Arnesen⁽¹⁾

Engenheiro da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – TX da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Wilson Roberto Dias Lopes

Encarregado da Divisão de Tratamento de Água da ETA ABV da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300, Prédio da Prefeitura – piso superior – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9541 - Fax: +55 (11) 3388-8695 - e-mail:

aarnesen@sabesp.com.br.

RESUMO

O problema de bolas de lodo nos filtros rápidos de estações de tratamento de água leva à redução da expansão do leito filtrante durante a lavagem em contracorrente e, conseqüentemente, compromete a operação do filtro por encurtamento da carreira de filtração e possibilidade de ocorrência do fenômeno de transpasse. Além da correção das falhas operacionais que levaram a este problema (como deficiências no sistema de lavagem), a substituição do meio filtrante seria ideal para solucionar o problema. Entretanto, esta é uma operação de alto custo e complexidade logística, principalmente em estações de grande porte. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um método de remediação sequencial física (por lavagem a jato de alta pressão) e química (com aplicação de H₂O₂), na ETA Rodolfo José da Costa e Silva (ou ETA Alto da Boa Vista - ABV) em São Paulo-SP. Os resultados demonstraram que após a aplicação do método em um filtro da ETA, um volume significativo de matéria orgânica (aprox. 8,5m³) acumulada na forma de bolas de lodo foi removido e houve um ganho em termos de produção do filtro (expresso em taxa de filtração) e extensão da carreira de filtração.

PALAVRAS-CHAVE: estações de tratamento de água, filtros rápidos, bolas de lodo.

INTRODUÇÃO

O processo de lavagem do meio filtrante de filtros rápidos de Estações de Tratamento de Água (ETAs) é fundamental para a operação adequada destas unidades. Quando este processo possui deficiências, o meio filtrante pode acumular depósitos de matéria orgânica e óxidos de metais, conhecidos como bolas de lodo (Figura 1), principalmente na camada superficial dos filtros.

A formação das bolas de lodo no meio filtrante implica em um rápido acréscimo da perda de carga, diminuição da duração das carreiras de operação e maior possibilidade de ocorrência do fenômeno de transpasse no final da carreira devido à formação de caminhos preferenciais de passagem da água.

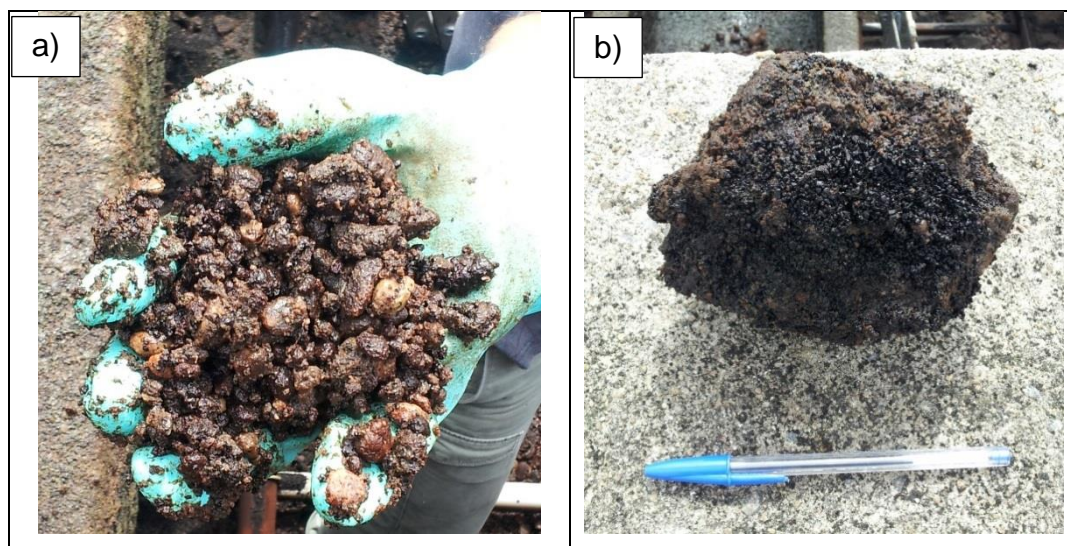


Figura 1: Bolas de lodo acumuladas na camada superior dos filtros, de menores (a) e maiores (b) tamanhos.

Além de corrigir os problemas de lavagem que levaram o filtro a esta situação, a troca do meio filtrante é uma solução para garantir a expansão do meio durante a lavagem e não influenciar negativamente a operação dos filtros. Contudo, esta operação apresenta altos custos associados a novos meios filtrantes e mão-de-obra, além de ser demorada dependendo do tamanho da estação.

Todavia, existem técnicas de remediação do meio filtrante que podem promover a quebra das bolas de lodo, armazenadas principalmente na camada superficial, para que a lavagem possa ser efetiva e as taxas de operação do filtro sejam recuperadas.

Dentre os procedimentos físicos utilizados em trabalhos de remediação do meio filtrante estão a raspagem da camada superior e o revolvimento das bolas de lodo. Contudo, o trabalho de Arendze et al. (2010) demonstrou que embora os métodos físicos sejam capazes de quebrar as bolas de lodo em um momento inicial, as bolas retornam a crescer poucos meses após a realização do procedimento.

Segundo Arendze et al. (2010), os métodos químicos possibilitam a minimização dos problemas com bolas de lodo por mais tempo. Os produtos químicos geralmente utilizados para quebrar as bolas de lodo são cloro, ácidos e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Existem relatos positivos de remediações químicas realizadas com este último, pois a reação de oxidação da matéria orgânica produz bolhas de gás que também promovem o revolvimento e a consequente desintegração das bolas de lodo.

A ação combinada de procedimentos físicos e químicos para quebra de bolas de lodo pode ser ainda mais eficiente em minimizar este problema e proporcionar melhorias no processo de filtração. As principais melhorias esperadas com a aplicação destes métodos de remediação do meio filtrante são: melhoria da qualidade da água filtrada, aumento das taxas de filtração e prolongamento da carreira de filtração.

Neste contexto, este trabalho aplicou um método de aplicação sequencial de remediação física (por lavagem a jato de alta pressão) e química (com aplicação de H_2O_2), na ETA Rodolfo José da Costa e Silva (ou ETA Alto da Boa Vista - ABV) em São Paulo-SP.

OBJETIVO

Avaliar um método de remediação físico-químico para quebra de bolas de lodo acumuladas no meio filtrante de filtros (carvão antracito e areia) da ETA ABV, no intuito de assegurar a manutenção do processo de filtração e possibilitar aumento de produção neste processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETA ABV trata a água do Sistema Produtor Guarapiranga, segundo maior sistema de produção da Região Metropolitana de São Paulo, sendo construída em 1958. Deste período até o momento a ETA passou por ampliação da sua capacidade de produção, sendo em seu último projeto ampliada para $14,5m^3/s$. Atualmente, com o Sistema Guarapiranga abastecendo áreas do Sistema Cantareira (devido à escassez hídrica), a vazão atual chega a $15m^3/s$.

O sistema de tratamento concebido é o convencional com 7 etapas: pré-tratamento (carvão ativado, permanganato de potássio e cloro), coagulação, floculação, decantação, filtração, correção final (cloro e ajuste de pH) e fluoretação.

A ETA ABV possui 32 filtros de dupla camada (25 cm de areia e 40 cm carvão antracito) dispostos em duas alas idênticas, sendo cada filtro composto por duas câmaras, totalizando $6.080 m^2$ de área de filtração. Os filtros possuem sistemas de lavagem superficial e de retrolavagem (contra corrente). Devido a problemas nas instalações das linhas de lavagem (vazamentos e passagem em válvulas), alguns filtros apresentam o problema de bolas de lodo principalmente na camada superior do meio filtrante. Isto implica em perda de eficiência da lavagem, carreiras de filtração reduzidas (lavagens cada vez mais frequentes) e redução das taxas de filtração. A metodologia do presente trabalho foi estruturada nas etapas apresentadas no fluxograma da Figura 2.

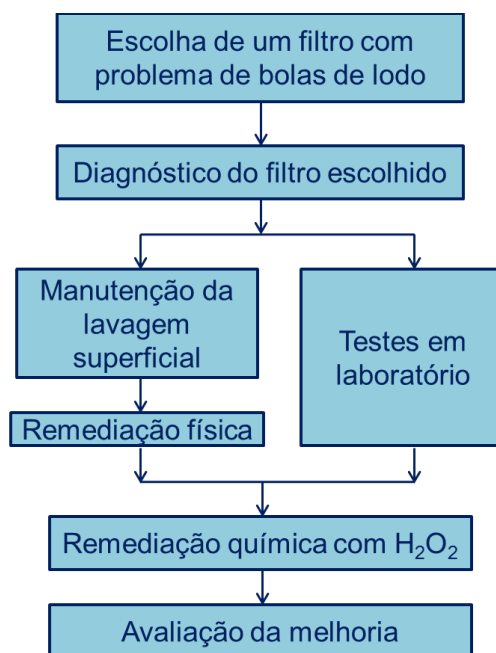


Figura 2: Fluxograma das principais etapas do trabalho.

Escolha de um filtro com problema de bolas de lodo

Os filtros da Ala Leste da ETA são mais antigos e conseqüentemente apresentam problemas de instalações nas linhas de lavagem contracorrente e superficial. A ausência de lavagem superficial adequada (homogênea e com pressão suficiente para quebrar as bolas de lodo formadas) resulta na formação de bolas de lodo.

Para a realização deste trabalho, escolheu-se um filtro que possuía problema na lavagem superficial de uma das câmaras, havendo uma diferença notável entre as condições das suas duas câmaras (Figura 3): a câmara esquerda apresentava-se mais homogênea (com menos bolas de lodo) enquanto que a câmara direita encontrava-se mais heterogênea (com maior presença de bolas de lodo). O Filtro 23 da Ala Leste foi escolhido.



Figura 3: Aparência das câmaras esquerda (a) e direita (b) do Filtro 23 sujas (antes da lavagem).

Diagnóstico do filtro escolhido

Primeiramente, foi realizado um diagnóstico da situação inicial deste filtro, para possibilitar a avaliação da melhoria proporcionada pelo método de remediação aplicado. Os levantamentos realizados foram:

- Altimetria do meio filtrante: a espessura da camada do meio filtrante (areia + carvão antracito) foi medida em 30 pontos de cada câmara, utilizando uma barra metálica graduada (Figura 4);



Figura 4: Utilização de barra metálica graduada para levantamento da altimetria do Filtro 23.

- Medição da proporção volumétrica de bolas de lodo na camada superior: foi utilizado um coletor de PVC de 15 cm de profundidade com diâmetro de 4 polegadas (volume do coletor = 1,22 Litros) para amostragem de material superficial da superfície do Filtro. Em cada câmara, foram coletadas 10 amostras do meio filtrante (amostra total de 12,1 Litros/câmara) e as bolas de lodo foram separadas do meio filtrante utilizando uma peneira de análise granulométrica de 4 mm de abertura (Figura 5). Os valores encontrados foram comparados com a caracterização volumétrica de bolas de lodo de Brouckaert et al. (2006) que sugere a seguinte classificação (Tabela 1):

Proporção volumétrica	Característica do meio filtrante
Menor do que 0,1%	Limpo
0,1 a 0,5%	Boa condição
0,5 a 1%	Razoavelmente limpo
1 a 5%	Condição ruim
Maior do que 5%	Deve ser substituído/remediado

Tabela 1: Caracterização do meio filtrante de acordo com a proporção volumétrica de bolas de lodo, considerando a separação com peneira de 6 mm. Fonte: Brouckaert et al. (2006).

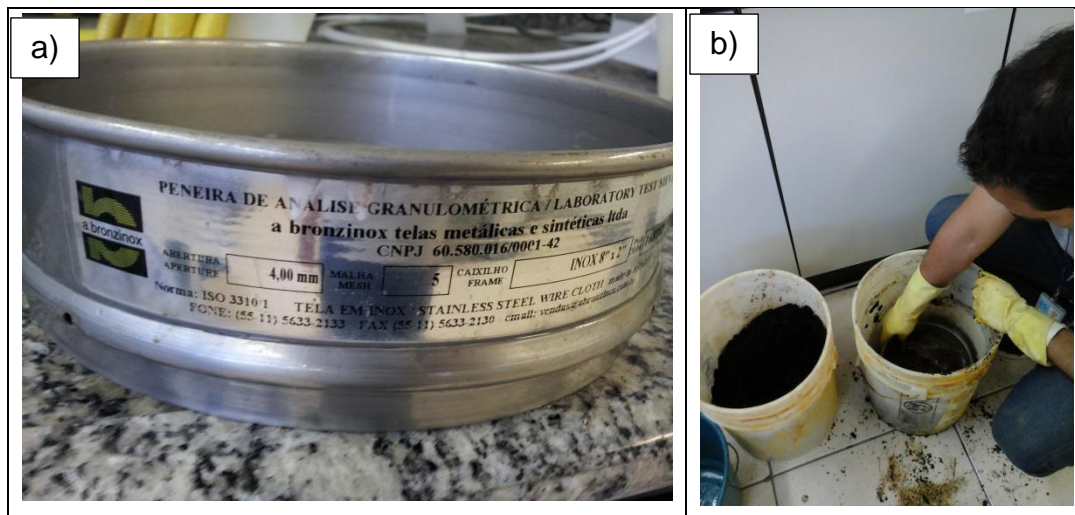


Figura 5: Peneira de análise granulométrica com abertura de 4 mm utilizada para separação das bolas de lodo das amostras coletadas.

- Medição das taxas de filtração e de expansão na retrolavagem: as taxas foram medidas diversas vezes antes e após a remediação físico-química no Filtro 23 por meio da utilização da régua de alumínio com demarcações a cada 5 cm e copos de coleta (Figura 6). Além de medir apenas as taxas do filtro 23, foram medidas taxas de filtração dos filtros 27 e 31 (vizinhos) com o mesmo tempo de operação;

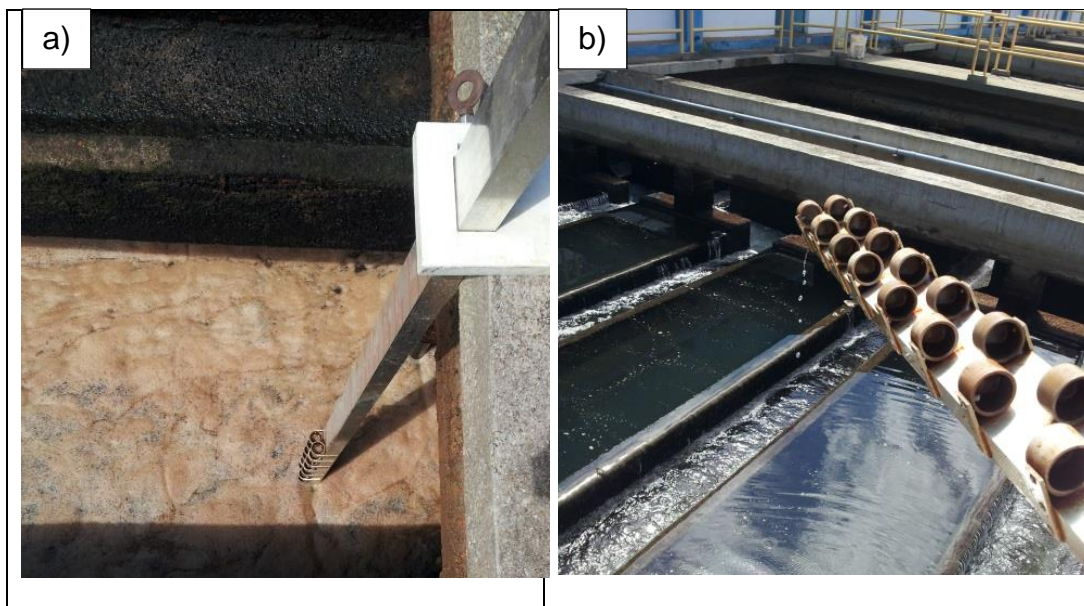


Figura 6: a) Régua adaptada para medir as taxas de filtração e de expansão do leito filtrante durante a lavagem; b) Copos de PVC acoplados à régua para medição da taxa de expansão do leito.

- Análise da turbidez ao longo da carreira de filtração: foram realizadas coletas horárias do efluente do filtro e análises de turbidez ao longo da carreira de filtração antes (Julho/2014) e depois (Novembro/2014) da remediação físico-química, com o intuito de verificar a ocorrência de transpasse.

Testes em laboratório

Os testes em laboratório foram conduzidos para verificar se o H_2O_2 é capaz de quebrar/dissolver as bolas de lodo dos filtros e, em caso positivo, qual seria a dosagem necessária para tanto.

Foram coletadas amostras de bolas de lodo no Filtro 23 e em outros filtros da ETA que apresentavam o mesmo problema. A coleta de amostras nos filtros demonstrou grande heterogeneidade das bolas de lodo, havendo desde bolas de lodo facilmente dissociáveis até aquelas cuja consistência/coesão dificulta muito a sua quebra.

Em cada ensaio eram separadas aproximadamente 100 gramas de bolas de lodo, que eram posteriormente inseridos em um Becker e despejada a solução preparada de H_2O_2 sobre as mesmas (Figura 7).

Os testes foram iniciados com concentrações altas de H_2O_2 , em torno de 300 g/L, e as concentrações aplicadas foram diminuídas à medida em que se verificou a capacidade de quebra de bolas de lodo deste produto químico. As concentrações testadas foram de 300, 60, 30, 20 e 10 g/L. Além da aplicação de solução de H_2O_2 , também foi testada a adição de tensoativo (detergente) combinada com H_2O_2 .

O tempo mínimo de reação para todos os testes de laboratório foi de 24 horas. A capacidade de quebra de bolas de lodo foi analisada verificando a diferença de peso das bolas de lodo coletadas (originais) e remanescentes (após a aplicação dos químicos).

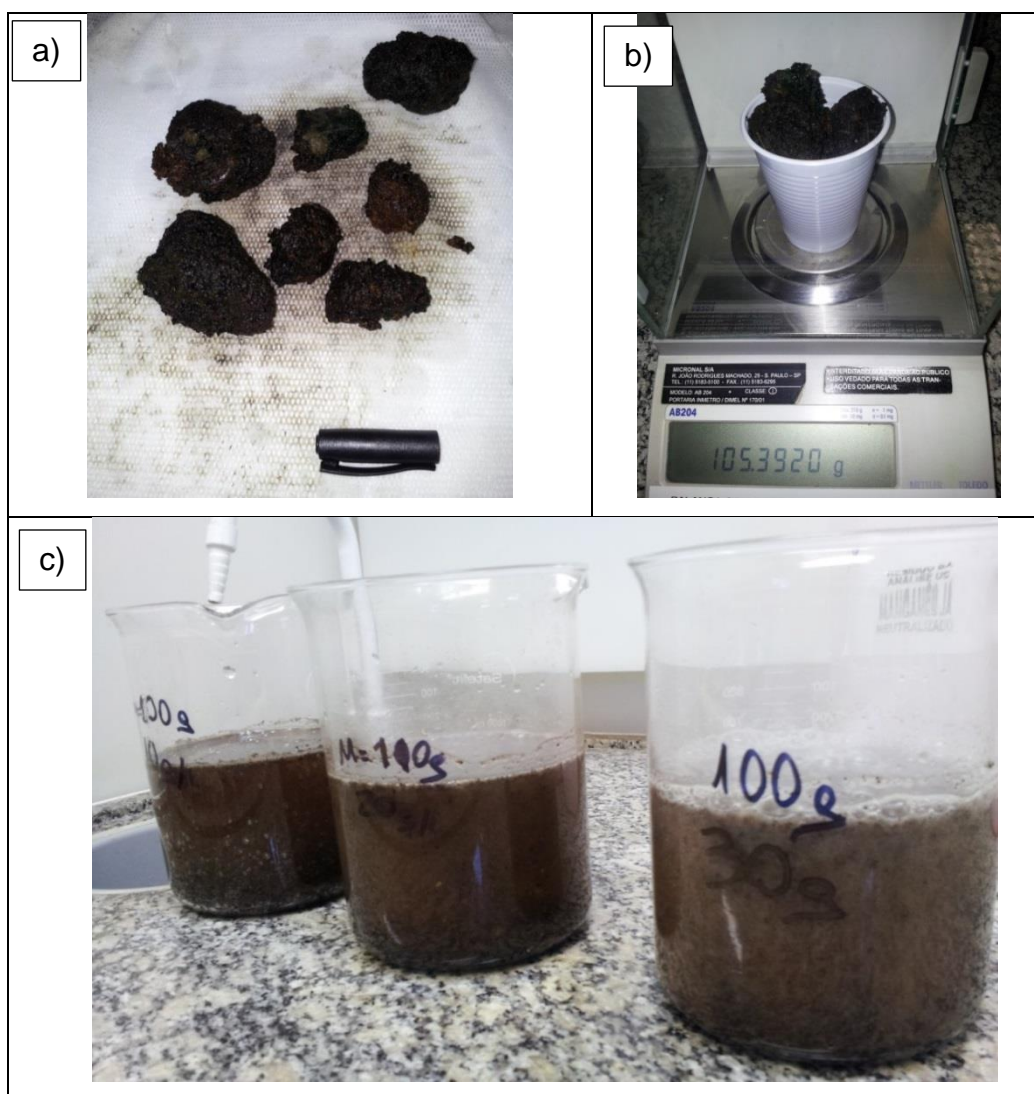


Figura 7: Fotografias dos testes de quebra de bolas de lodo em laboratório.

Manutenção da lavagem superficial

Antes da aplicação do método de remediação, foi realizada a manutenção na lavagem superficial do Filtro 23, cujo problema apresentava-se principalmente em uma das câmaras (direita). A manutenção consistiu no reparo dos vazamentos visíveis na linha de lavagem superficial. O objetivo da manutenção foi minimizar a formação de novas bolas de lodo após a remediação físico-química.

Remediação física

A remediação física foi realizada utilizando um jato de água de alta pressão composto por bomba, mangueira e bico, conforme apresentado na Figura 8 (a e b). A remediação física foi realizada 8 vezes em um período de uma semana, sendo realizadas lavagens em contracorrente entre elas.

Remediação química com H_2O_2

A remediação química consistiu na aplicação de H_2O_2 sobre o leito filtrante e lavagens em contracorrente entre elas. O produto químico estava acondicionado em bombonas plásticas de 1 m³ (tipo IBC – Intermediate Bulk Container) e a aplicação se deu por gravidade através de tubulações de PEAD de 1 polegada (Figura 8). Esta tubulação foi fixada a uma haste de alumínio no final para facilitar a aplicação pelos operadores.

Esta haste era fincada aprox. 15 cm no leito filtrante (a cada 50 cm de espaçamento) para garantir que o produto atingisse também a camada subsuperficial. Os operadores utilizaram luvas, botas e roupas especiais para evitar o contato com o produto químico e minimizar o risco de acidente.

Foram aplicados, ao todo, 6 m³ (ou 7,14 toneladas) de H_2O_2 no filtro 23 (3 em cada câmara). Após a aplicação de cada metro cúbico do produto sobre a câmara, deixou-se o produto reagir com o meio filtrante por aproximadamente 24 horas e realizou-se uma lavagem em contracorrente de maior duração (aproximadamente 3 vezes mais longa do que uma lavagem convencional), até a água de lavagem ficar clara.

Após o término das lavagens químicas e contracorrente, observou-se a presença de bolas de lodo remanescentes na superfície do meio filtrante, as quais apresentavam maior resistência (mais densas). Estas foram retiradas manualmente pelos operadores.

Devido à característica de solubilização do manganês provocado pelo H_2O_2 , a concentração deste metal no efluente do filtro foi monitorada para verificar sua redução e determinar quando o filtro poderia voltar a operar.

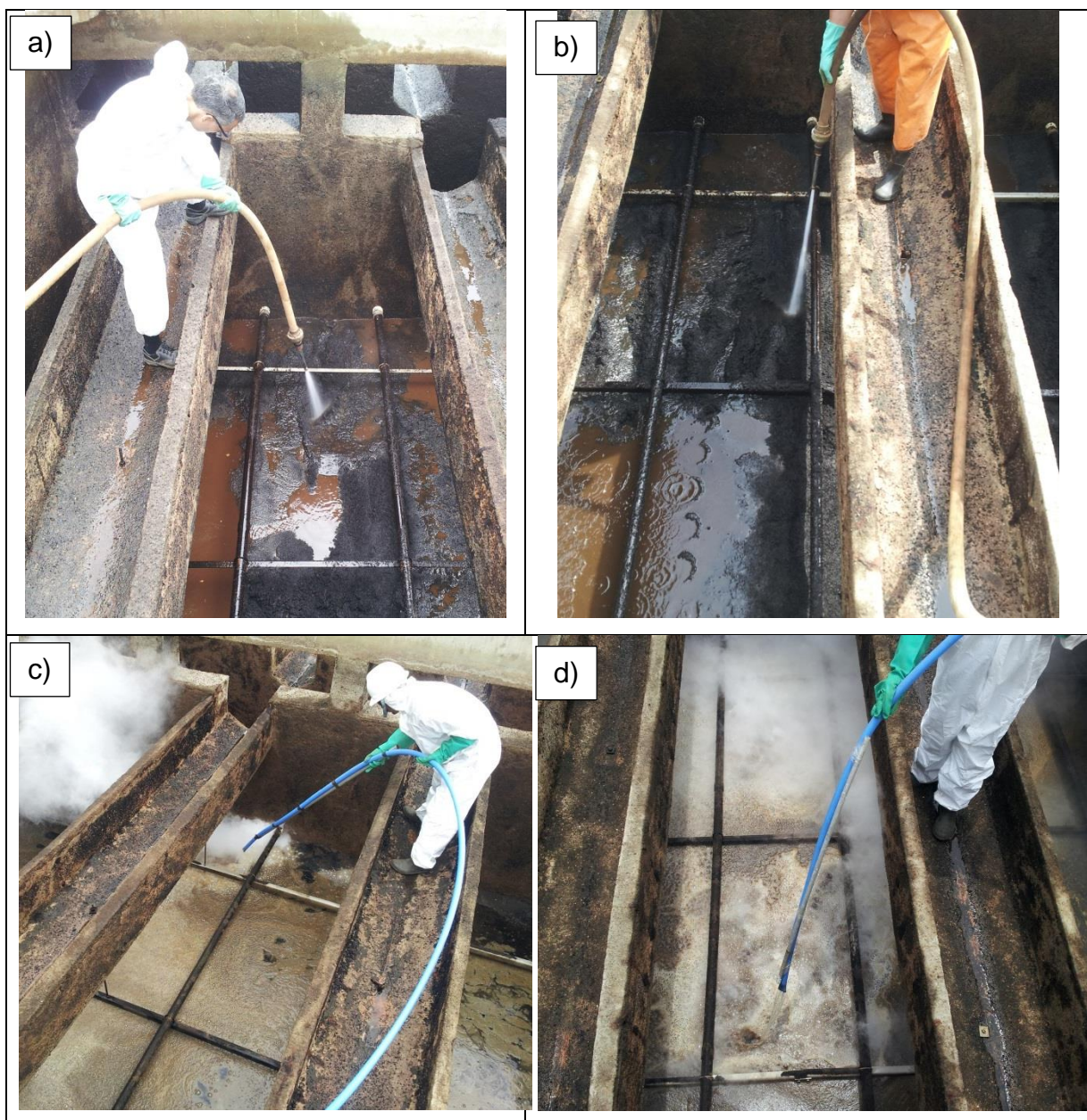


Figura 8: Fotografias das remediações física (com jato de água de alta pressão – a e b) e química (com H_2O_2 – c e d).

Avaliação da melhoria

A melhoria proporcionada pelo método de remediação físico-químico foi avaliada considerando:

- Aspecto visual do meio filtrante;
- Altimetria do meio filtrante;
- Qualidade da água filtrada ao longo da carreira de filtração;
- Avaliação comparativa das taxas de filtração ao longo da carreira de filtração e com as taxas de outros filtros próximos com mesmo tempo de operação.

Com base nestes resultados, foi estimado o ganho possível de produção (vazão) da ETA caso fossem aplicado este procedimento em todos os filtros da estação.

RESULTADOS

Testes em laboratório

Os testes de aplicação de H_2O_2 às amostras de bolas de lodo se iniciaram com a preparação de uma solução de alta concentração deste produto químico, ou seja, 300 g/L. Houve uma reação muito agressiva devido à grande quantidade de matéria orgânica presente nas bolas de lodo da amostra e à alta concentração inicial de H_2O_2 , sendo necessário adicionar água para diluir a solução. Nesta alta concentração, verificou-se a quebra total das bolas de lodo da amostra após 24 horas.

Os próximos testes foram realizados com soluções com concentrações menores de H_2O_2 , com viabilidade técnico-econômica de aplicação em escala real.

Os resultados dos testes em laboratório testando dosagens de 10 e 30 g/L indicaram que houve pouca diferença de redução de peso das bolas de lodo entre estas dosagens (Tabela 2). Neste primeiro teste, ocorreu uma redução de peso das bolas de lodo em torno de 70% para ambas as dosagens de aplicadas.

Amostra	Conteúdo	Peso amostra original (g)	Peso amostra após aplicação (g)	Redução de peso (em %)
1	Bolas - 10g/L de H_2O_2	100	34,3	66%
2	Bolas - 30g/L de H_2O_2	100	27,9	72%

Tabela 2: Resultados do teste em laboratório para verificação do ataque químico de H_2O_2 às bolas de lodo (dosagens de 10 e 30 g/L).

Os próximos testes foram realizados utilizando principalmente a dosagem de 10 g/L, sendo ainda testada a dosagem de 20g/L. Nos próximos testes, foram também testadas a aplicação combinada de H_2O_2 e um tensoativo (neste caso foi utilizado um detergente de cozinha comum). Foram aplicadas massas de 1g e 5 g nos beakers de 500 mL utilizados para os ensaios. Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as combinações testadas em dois testes realizados para verificar se a utilização do tensoativo favorece a quebra das bolas de lodo.

Amostra	Conteúdo	Peso amostra original (g)	Peso amostra após aplicação (g)	Redução de peso (em %)
1	Bolas - 10g/L de H_2O_2 e sem detergente	104,73	49,69	53%
2	Bolas - 10g/L de H_2O_2 e 1g de detergente	103,73	55,29	47%
3	Bolas - 10g/L de H_2O_2 e 5g de detergente	103,43	66,21	36%
4	Bolas - 20g/L de H_2O_2 e 1g de detergente	104,81	52,34	50%

Tabela 3: Resultados de teste para verificação do ataque químico de H_2O_2 (dosagens de 10 e 20 g/L) e detergente (sem e com 1 e 5 g) às bolas de lodo.

Observou-se neste ensaio que não houve diferença significativa entre a aplicação de 10 ou 20 g/L. Além disso, a adição de detergente não resultou em benefício em termos de redução das bolas de lodo, sendo que a combinação H_2O_2 +detergente se apresentou até pior do que a aplicação de apenas H_2O_2 .

Para corroborar este resultado, foi realizado um novo teste testando apenas a dosagem de 10 g/L e a aplicação ou não de 1 g de detergente ao becker de 500 mL. Desta vez foram utilizadas amostras de bolas de lodo mais resistentes (de maior coesão). Os resultados estão na Tabela 4.

Amostra	Conteúdo	Peso amostra original (g)	Peso amostra após aplicação (g)	Redução de peso (em %)
1	Bolas - 10g/L de H_2O_2 e 1g de detergente	103,48	83,29	20%
2	Bolas - 10g/L de H_2O_2 e sem detergente	104,78	88,35	16%

Tabela 4. Resultados de teste para verificação do ataque químico de H_2O_2 (10 g/L) e detergente (sem e com 1 g) às bolas de lodo.

Neste ensaio observou-se uma menor redução do peso das bolas de lodo, em torno de 20%. Desta vez, foi observada pequena diferença entre a aplicação de H_2O_2 +detergente e apenas H_2O_2 , sendo a aplicação com detergente pouco mais eficiente.

A melhora proporcionada pelo detergente foi insignificante nos testes realizados e deve-se destacar que a utilização de detergente causa um inconveniente considerável para a geração em escala real: a produção de espuma. Nos testes observou-se em todos os beckers com detergente grande volume de espuma produzido durante a reação (Figura 9).

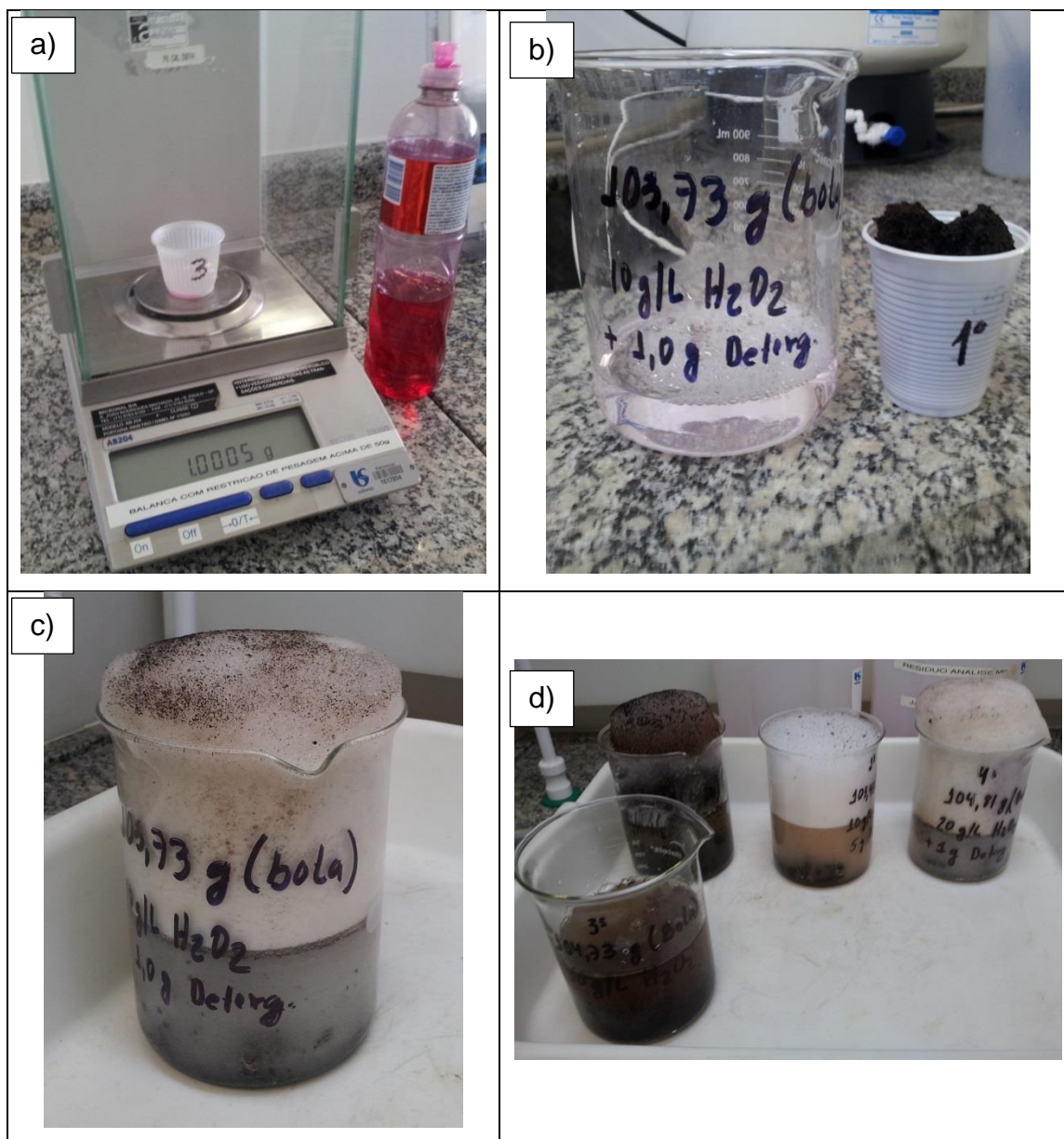


Figura 9. Fotografias dos testes com H_2O_2 e tensoativo (detergente).

Em resumo, os principais aspectos observados nos testes de laboratório foram:

- Não houve diferença significativa entre a aplicação de 10 ou 30 g/L de H_2O_2 , sendo portanto considerada a concentração mínima de 10 g/L como base para o cálculo do volume mínimo a ser despejado nos filtros. Considerando as dimensões do filtro de 190 m² (95 m² em cada câmara) de área superficial e que seria mantido aproximadamente 1 metro de água (camada de água acima do meio + interstícios do meio filtrante + fundo falso) durante a aplicação química, o volume a ser aplicado por câmara do filtro é calculado conforme a seguir:

$$C_{H_2O_2 - \text{câmara filtro}} \times V_{\text{câmara filtro}} = C_{H_2O_2} \times V_{H_2O_2}$$

$$\frac{10g}{L} \times 95000L = 500g/L \times V_{H_2O_2}$$

$$V_{H_2O_2} = 1900 L$$

Ou seja, para atingir uma concentração de 10 g/L na câmara do filtro, seria necessário adicionar aproximadamente 1.900L de H₂O₂ a uma concentração de 500 g/L (concentração 50% em peso). Este volume equivale a uma taxa de aplicação do produto de 20 L/m² do filtro.

- Como não houve diferença significativa entre a aplicação combinada de H₂O₂ e detergente e a aplicação de apenas H₂O₂, foi descartada a utilização do tensoativo.

Avaliação das melhorias

Aspecto visual do meio filtrante

A comparação visual da camada superficial do meio filtrante das duas câmaras do meio filtrante permite verificar melhoria do aspecto visual do leito, principalmente na câmara direita que se apresentava em piores condições (Figura 10). Além da coloração predominantemente marrom ter sido removida, a camada superficial ficou muito mais homogênea (Figura 11), sendo que ambos os fatores indicam a remoção de bolas de lodo (matéria orgânica).

Mesa → Canal
afluente



Figura 10. Fotografias da câmara direita do Filtro 23 antes da remediação físico-química.

Mesa → Canal
afluente

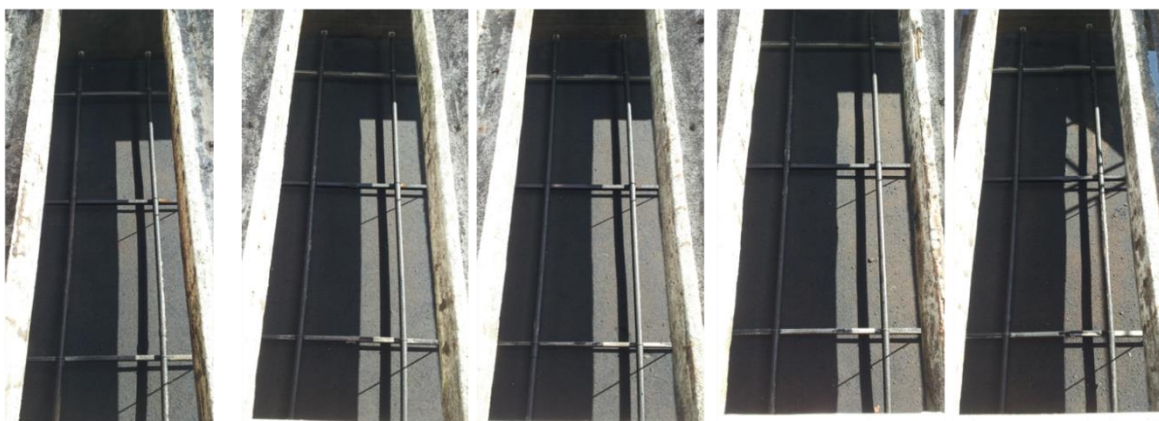


Figura 11. Fotografias da câmara direita do Filtro 23 depois da remediação físico-química.

Altimetria do meio filtrante

A medição da altimetria antes e depois da aplicação do método proposto pelo trabalho indicou uma redução significativa do volume de bolas de lodo acumuladas no meio filtrante.

Considerando que a espessura total de projeto do meio filtrante é de 65 cm (40 cm de areia e 25 de carvão antracito), observou-se que a aplicação do método de remediação aproximou a espessura real à teórica (projetada). Em média, reduziu-se 5 cm da altimetria do leito pela retirada da matéria orgânica acumulada no filtro na forma de bolas de lodo, conforme apresentado no esquema da Figura 12. Considerando que cada câmara tem 95m² de área de filtração, o volume retirado foi de aproximadamente 8,5 m³ de bolas de lodo.

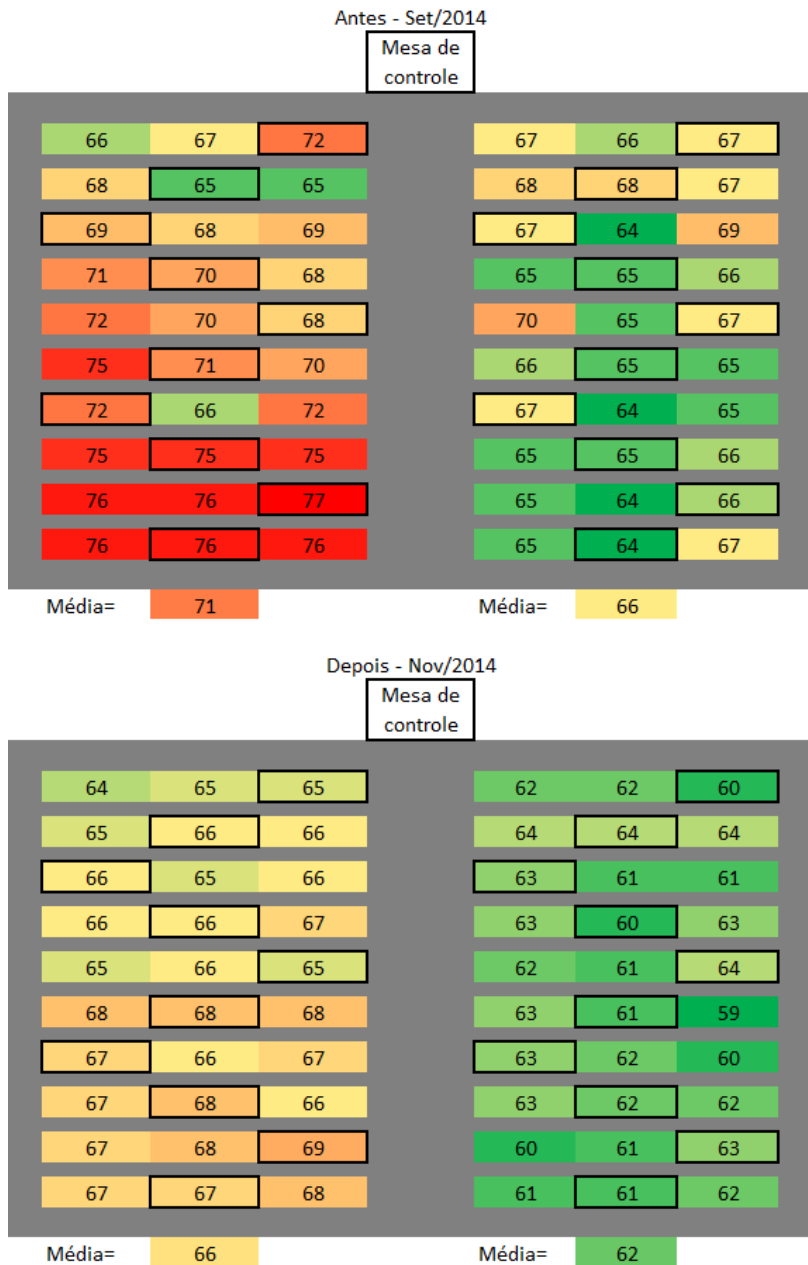


Figura 12: Altimetria do filtro 23 antes e depois da remediação físico-química, representada por escala de cores (variando de verde - menor espessura do meio - a vermelho - maior espessura do meio).

Proporção volumétrica de bolas de lodo na camada superior

A medição de bolas de lodo presentes na camada superficial do meio filtrante antes da aplicação da remediação físico-química confirmou a grande diferença entre as câmaras quanto à presença de bolas de lodo. Como tinha sido observada visualmente, a câmara direita possuía um volume muito maior de bolas de lodo devido à lavagem superficial ineficiente (ocorrência de vazamentos).

A câmara direita apresentou 1,15 Litros de bolas de lodo em uma amostra total coletada de 12,16 Litros, o que equivale a 9% da amostra coletada. O volume de bolas de lodo coletadas na amostra da câmara esquerda foi menor (0,22 L), equivalendo a 2% da amostra.

Comparando os valores encontrados com os da classificação de Brouckaert et al. (2006), constata-se que o meio filtrante da câmara esquerda apresentava-se em condição ruim e o da câmara direita necessitando de substituição/remediação.

Não foi realizada a medição da proporção volumétrica de bolas de lodo após a aplicação do método porque a água bruta piorou de qualidade e a ETA estava operando sem filtros na reserva (com nível alto), não sendo possível parar o filtro para a medição.

Taxas de filtração e de expansão na retrolavagem

As taxas de expansão na retrolavagem antes da remediação físico química era de 0 cm, devido ao peso das bolas de lodo que impedia a expansão do leito. Após a remediação, a expansão do leito passou a ser de 5 a 10 cm.

Os resultados das edições de taxas medições de taxas de filtração antes e depois da remediação físico-química estão apresentados na Tabela 5.

Antes da aplicação de H2O2						
	Taxas de filtração (m ³ /m ² .dia) para tempo de operação				Taxa média (m ³ /m ² .dia)	Turbidez média - Decantada (NTU)
	0 à 5h	6 à 10h	11h à 15h	16h à 21h		
Câmara esquerda	206	215	170	133	164	0,47
Câmara direita		246	164	133	160	
Depois da aplicação de H2O2						
	Taxas de filtração (m ³ /m ² .dia) para tempo de operação				Taxa média (m ³ /m ² .dia)	Turbidez média - Decantada (NTU)
	0 à 5h	6 à 10h	11h à 15h	16h à 21h		
Câmara esquerda	264	203	166	123	170	0,78
Câmara direita	265	189	163	110	161	

Tabela 5: Taxas de filtração médias, antes e depois da remediação, para as faixas de tempo de operação dos filtros e taxa média ao longo da carreira.

Os resultados das medições diretas (com régua) não indicaram melhoria considerável após a aplicação da remediação físico-química. No entanto, é importante observar que após a aplicação do método de remediação ocorreu, coincidentemente, uma deterioração na qualidade da água decantada da ETA (ver Tabela 5). Isto indica que, mesmo com uma qualidade pior da água decantada, as câmaras do filtro apresentaram praticamente as mesmas taxas médias de filtração.

Considerando esta diferença de qualidade da água após a realização do método, a medição de taxas de filtração no filtro 23 e dois filtros próximos da Ala Leste (27 e 31) com o mesmo tempo de operação permitiu verificar o melhor desempenho do filtro que passou pela remediação físico-química. Os resultados estão apresentados na Tabela 6 e Figura 13.

Neste dia não foi possível realizar a medição de taxa da câmara esquerda, devido a um problema na válvula da linha de lavagem superficial, portanto o valor da câmara direita foi utilizado para comparações com os demais filtros.

Tempo de operação		9		horas
Filtro	Taxas (m ³ /m ² .dia)			Média
	Câmara			
	Esquerda	Direita		
23		155		155
27	120	128		124
31	86	102		94

Tempo de operação		13		horas
Filtro	Taxas (m ³ /m ² .dia)			Média
	Câmara			
	Esquerda	Direita		
23		115		115
27	82	82		82
31	52	59		55

Tempo de operação	Taxas (m ³ /m ² .dia)			Vazão (m ³ /s)		
	Filtro 23	Filtro 27	Filtro 31	Filtro 23	Filtro 27	Filtro 31
9 horas	155	124	94	0,34	0,27	0,21
13 horas	115	82	55	0,25	0,18	0,12

Ganho de vazão do F23 em relação aos demais	9h de operação	20%	40%
Ganho de vazão do F23 em relação aos demais	13h de operação	29%	52%

Tabela 6: Resultados das medições de taxas de filtração dos filtros 23, 27 e 31, em teste realizado em 15/01/2015.

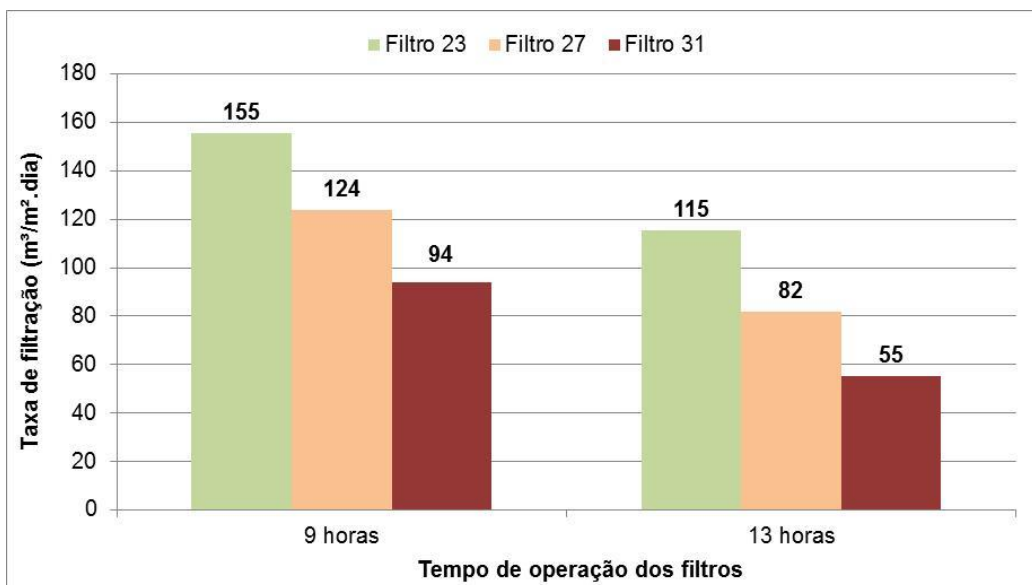


Figura 13: Taxas médias de filtração para os tempos de operação 9h e 13h dos filtros 23, 27 e 31, em teste realizado em 15/01/2015.

Para os tempos de operação analisados (9 e 13h), observou-se que o Filtro 23 apresentou uma vazão em torno de 20 a 30% superior que o Filtro 27 e 40 a 50% superior que o Filtro 31.

Avaliação da qualidade da água ao longo da carreira de filtração

Para verificar a ocorrência de transpasse no filtro 23 foram realizadas análises de turbidez em amostras coletadas a cada hora, antes e depois do filtro. O resultado desta avaliação indicou a ocorrência de transpasse após a 12ª hora de operação (Figura 14) antes da aplicação do método de remediação, enquanto que após a remediação não se verificou a ocorrência de transpasse mesmo operando o filtro por 20 horas (Figura 15).

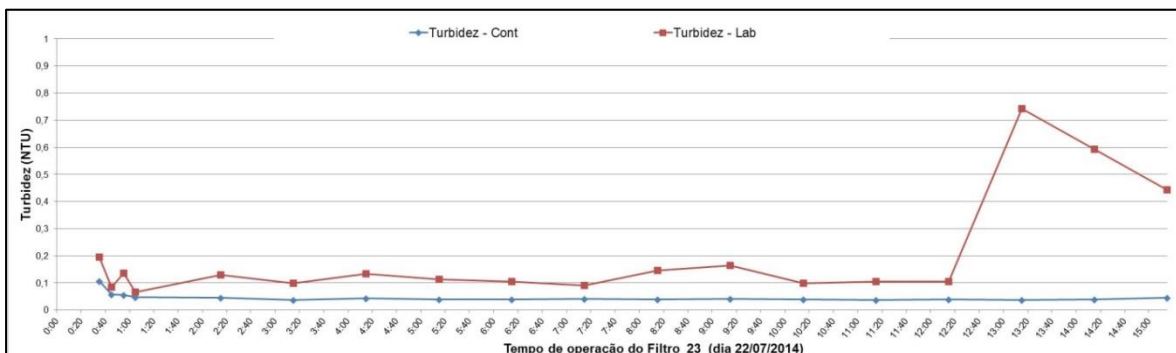


Figura 14: Variação da turbidez ao longo da carreira do Filtro 23 antes da aplicação do método de remediação físico-químico (22/07/14).

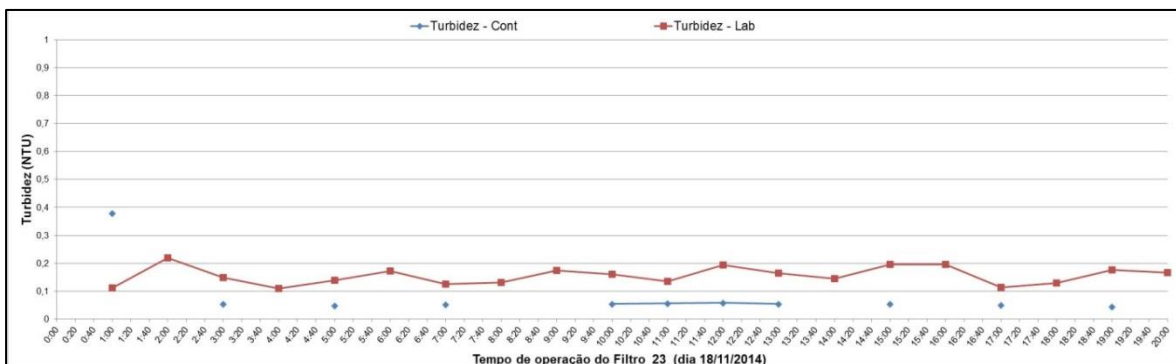


Figura 15: Variação da turbidez ao longo da carreira do Filtro 23 após a aplicação do método de remediação físico-químico (18/11/14).

Considerando o aumento de carreira verificado no teste, pode-se fazer uma estimativa dos benefícios que seriam proporcionados caso todos os filtros da ETA tivessem sua carreira aumentada para 20 horas.

Estimativa de ganhos proporcionados pela remediação

Não foi possível verificar incremento de taxa de filtração no Filtro 23 antes e depois do método de remediação porque a água piorou de qualidade, porém a comparação com filtros próximos com o mesmo tempo de operação permite estimar um ganho de vazão de 20 a 50%.

Considerando, de forma conservadora, que o ganho seja de 10% em média para os filtros da ETA e que esta aplicação seja adotada para todos os filtros, o ganho de produção seria de:

$$Q_{m\acute{e}dia-atual/filtro} = \frac{14,5m^3/s}{32} = \frac{0,45m^3}{s} \text{ por filtro}$$

$$Q_{m\acute{e}dia-p\acute{o}s\ lavagem/filtro} = \frac{0,45m^3}{s} \times 1,1 = \frac{0,49m^3}{s} \text{ por filtro}$$

$$\text{Se aplicasse nos 32 filtros} \rightarrow \frac{0,49m^3}{s} \times 32 = 15,7m^3/s$$

Ou seja, de acordo com esta estimativa seria possível aumentar a vazão para até 15,7m³/s no sistema convencional, ou, pelo menos operar com mais filtros na reserva.

Estimativa de custo com produto químico

Considerando o valor do H₂O₂ – 50% pago na última compra da Sabesp (Setembro/2014) de R\$ 1,53/kg (com imposto e transporte) e que o peso de cada bombona de 1 m³ é de 1190 kg, o custo com produto químico para a aplicação de 6 m³/filtro (conforme aplicado no Filtro 23) é de R\$10.924,20 por filtro.

Em termos de taxa de aplicação de H₂O₂ – 50% foram aplicados 31,6 L/m² (ou 37,6 Kg/m²) de filtro, o que equivale a R\$ 57,50/m² do filtro.

CONCLUSÃO

O método apresentado neste trabalho para minimização do problema de bolas de lodo em filtros é uma alternativa para ETAs que não desejam substituir integralmente o meio filtrante devido aos altos custos e complexidade desta operação.

O estudo de caso na ETA ABV demonstrou que a combinação sequencial dos métodos físico (jato de alta pressão) e químico (aplicação de H₂O₂) pode reduzir consideravelmente a quantidade de matéria orgânica e óxidos de metais acumulados na forma de bolas de lodo (redução de aprox. 8% em volume).

A remoção das bolas de lodo por este método permite um ganho de vazão (de 20 a 50%, dependendo das condições do filtro) e menor gasto de água filtrada para lavagem dos filtros, uma vez que a carreira de filtração pode ser estendida.

As principais limitações do método apresentado referem-se ao tempo de aplicação da remediação física e ao risco aos operadores que aplicam o peróxido de hidrogênio. Por isso, a atividade deve ser bem planejada otimizar o método físico e minimizar os riscos aos operadores.

É fundamental, entretanto, que antes da aplicação do método de remediação proposto seja realizada a manutenção do sistema de lavagem, um dos principais aspectos responsáveis pela formação de bolas de lodo no meio filtrante.

Na ETA ABV o método será replicado em outro filtro com problema de bolas de lodo e pretende-se otimizar o método (reduzindo o total de horas trabalhadas pelos operadores nesta atividade) e quantificar os ganhos de produção em termos de taxas de filtração.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem a toda equipe Sabesp envolvida neste trabalho, em especial: Ana Maria Kairalla, Angelino Aniello Saullo, Mauro, Hélio, Hélio, Patrícia Soares Santos e Marcelo Miki.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARENDZE, S.; LETLAPE, M.; MARAIS, S.; GELDENHYUS, J. Practical means of solving mud ball problems in sand filter media. In: WISA 2010 Conference, Durban, África do Sul. 2010.
2. BROUCKAERT, B.M.; AMIRTHARAJAH, A.; RAJAGOPAL, R.; THOMPSON, P. Filter backwash options for rural treatment plants. In: WISA 2006 Conference, Durban, África do Sul. 2006.