

I-089 – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADE AUTOMÁTICA PORTÁTIL DE TRATAMENTO DE ÁGUA POR SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM MÓDULOS DE MEMBRANAS COM FIBRA OCA

Nelson Cunha Guimarães ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Especialista em Saneamento e Meio Ambiente pela UFMG. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Engenheiro da Companhia de Saneamento de MG - COPASA.

Neider Baptista dos Santos Filho

Técnico Químico. Tecnólogo em Gestão de Meio Ambiente e Saneamento. Supervisor de Tratamento de Água da Companhia de Saneamento de MG - COPASA.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Dom Viçoso, 375 apto 301 – Padre Eustáquio - Belo Horizonte - MG - CEP: 30320-260 - Brasil - Tel: (31) 3412-5982 - e-mail: nelson.guimaraes@copasa.com.br

RESUMO

A tecnologia de filtração de membranas ainda é pouco familiar entre os técnicos brasileiros.

O presente trabalho vem apresentar um relato do desempenho de uma instalação portátil de 1.800 L/h, instalada na região Metropolitana de Belo Horizonte, composta de pré-tratamento e células de membranas de ultra filtração tipo fibra oca.

Os levantamentos demonstraram que a tecnologia garante uma boa qualidade de água filtrada de forma contínua independentemente das variações da água bruta, requerendo pouca intervenção durante a operação.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Água, Membranas, Desempenho, Ultra filtração, Fibras Ocas.

INTRODUÇÃO

A universalização do saneamento e a necessidade de manutenção da distribuição contínua de água tratada de boa qualidade, em conformidade aos cada vez mais rigorosos padrões de potabilidade, têm levado a busca de tecnologias de tratamento de água cada vez mais seguras e capazes de garantir a saúde da população.

Os sistemas tradicionais de tratamento de água normalmente utilizam filtros convencionais de areia ou areia e antracito que removem através de diferentes mecanismos, as partículas suspensas, coloidais, além de parte dos micro-organismos presentes na água. Esses filtros, segundo Shneider e Tsutya, não representam barreiras absolutas para partículas, pois sua eficiência é limitada, devido ao acúmulo de material no interior do leito filtrante, que deve ser removido periodicamente em ciclos de retro lavagem, e também pela formação de canais de fluxo preferencial nos bancos do leito filtrante.

De um modo geral, membranas de ultra filtração têm uma eficiência muito superior na remoção de partículas que os filtros convencionais, pois as membranas oferecem como vantagem, o mecanismo de filtração por exclusão física de partículas com tamanho maior do que a porosidade das membranas. Além disso, partículas menores que os poros da membrana são retidos pelo acúmulo de material na superfície da membrana, oriundo da própria água de alimentação, formando o que chamamos de torta de filtro. Desta forma a filtração por membrana garante continuamente a qualidade da água, independentemente das variações da qualidade da água bruta.

Vale ressaltar as plantas de filtração por membranas, quando tratam água de boa qualidade, não necessitam de aplicação de produtos químicos, são compactas e podem ser facilmente automatizadas.

A ETA de ultra filtração avaliada teve como conceito básico de projeto a possibilidade de ser transportada com facilidade para pequenas localidades e ainda atender com abastecimento de água localidades em situação de calamidade como, por exemplo, enchentes.

Outro requisito do projeto foi a definição pela operação automática de todas as etapas do processo de tratamento de água com a supervisão e monitoramento remoto, acessado através da Internet. A única intervenção local prevista na planta seria o abastecimento da unidade com produtos químicos para o tratamento de água e execução de limpeza química das membranas.

Para avaliação da referida planta piloto e do processo de ultra filtração, a unidade portátil foi instalada no município de Nova Lima, junto a estação de tratamento de água do Rio das Velhas, na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

MATERIAIS E MÉTODOS

A planta de tratamento de água avaliada foi projetada para tratamento de águas superficiais ou subterrâneas. Ela é composta de dois containers sendo o primeiro para pré- tratamento de água e o segundo para o tratamento com membranas. Desta forma foi previsto na planta piloto, uma combinação de etapas de tratamento, que poderiam ser ativadas ou não dependendo da qualidade da água bruta captada.

A figura 1 apresenta um fluxo simplificado da ETA portátil. A água bruta é conduzida ao primeiro contêiner que possui um hidrociclone, responsável pela remoção de material grosseiro. Em seguida é aplicado alcalinizante, oxidante e o coagulante. Posteriormente temos instalado um filtro rotativo de tambor para remoção de partículas de material maior que a malha da peneira do equipamento, ou seja, 100 µm (areia, silte e material orgânico), um clarificador laminar e um aerador intensivo, podendo ser ainda aplicados novamente, antecedendo a ultrafiltração, o coagulante, o alcalinizante e o oxidante garantido, caso necessário, melhores condições de remoção de material sólido nas membranas.

Após o pré-tratamento a água é conduzida ao segundo container onde está localizado o sistema de ultrafiltração à pressão, o sistema automático de limpeza e regeneração das membranas (Cleaning in Place - CIP), o sistema para osmose reversa, a aplicação de cloro para desinfecção final e finalmente a aplicação flúor. Todas as etapas puderam ser ligadas ou desligadas atendendo assim ao plano de testes apresentado na tabela 1. Como as águas do Rio das Velhas não exigiam dessalinização ou remoção de dureza, não foi necessário utilizar a etapa de osmose reversa, que permaneceu desligada e, portanto não foi avaliada.

Foram utilizados no tratamento: sulfato de alumínio 50%, hipoclorito de cálcio 3 a 5% (1ª etapa dos testes), hipoclorito de sódio 7% (2ª etapa dos testes), ácido fluossilícico e hidróxido de sódio. O ácido fluorossilícico e hipoclorito para desinfecção era aplicado e dosado no segundo container, todos os outros produtos químicos eram armazenados e dosados no primeiro container.

Durante os testes, que ocorreram de março a abril de 2011, foram coletadas e analisadas amostras da água bruta e tratada em pontos definidos nas fases intermediárias do tratamento conforme apresentado na figura 1. O plano de amostragem avaliou as diversas etapas do tratamento que está apresentado na tabela 1. Foram realizadas as análises dos parâmetros: Coliformes Totais, *Escherichia coli*, condutividade, pH, turbidez, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, sódio, potássio, lítio, ferro, manganês, alumínio, amônia, fluoretos, cloretos, nitratos, nitritos, sulfatos, sulfetos, acidez, cloro residual livre, trihalometanos, arsênio entre outros.

Como no período de teste foram aplicados dois produtos oxidantes/desinfetantes a base de cloro (hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio). O desempenho de cada um deles também foi analisado.

O volume de resíduos gerados durante a retrolavagem das membranas (short membrana cleaning e CIP) foi medido e comparado com o volume de água percolada na membrana.

Outro ponto importante foi a avaliação crítica do sistema de automação e monitoramento remoto as planta, visto que a unidade foi concebida para ser operada automaticamente e monitorada e controlada a distância.

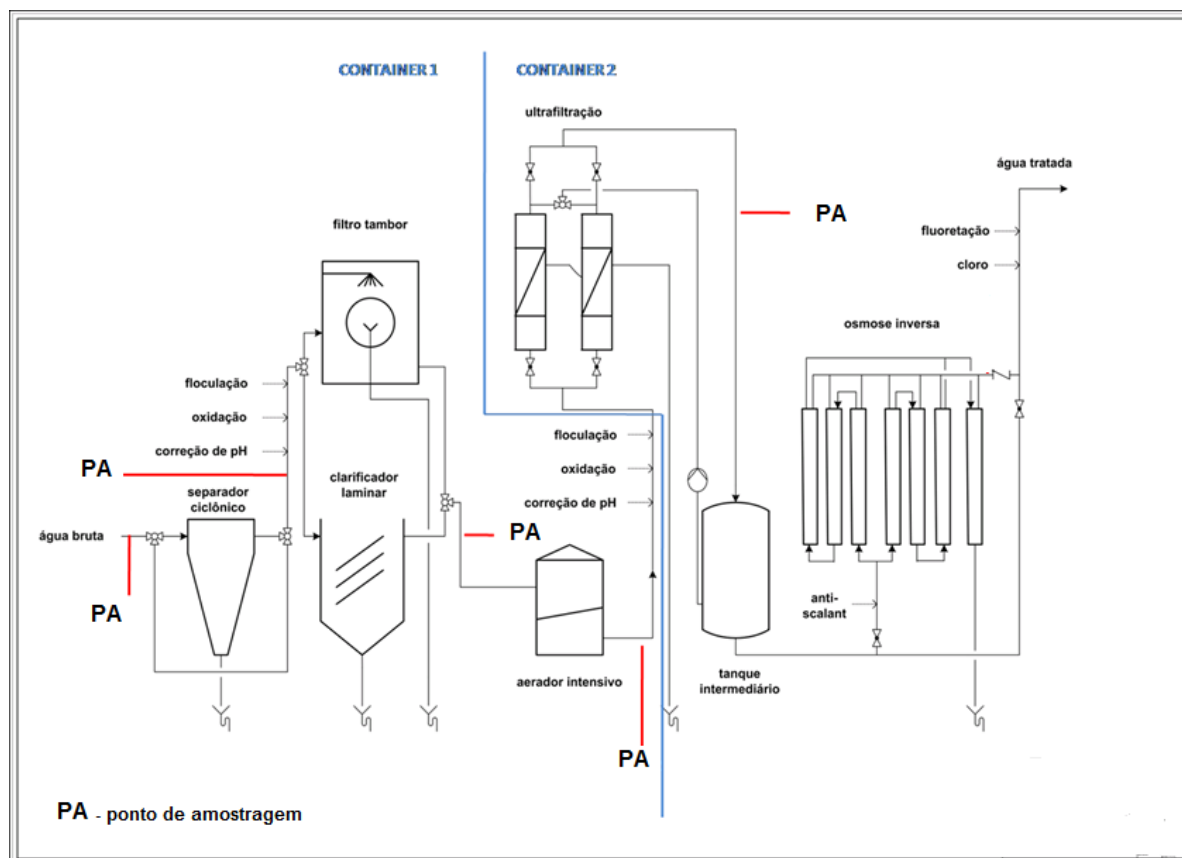


Figura 1 – Fluxo Simplificado do tratamento

Configuração	hidrociclone	dosagem pré tratamento	filtro rotativo	clarificador laminar	aerador	dosagem a frente da ultrafiltração	ultrafiltração
1			X		X	X	
2	X		X		X	X	
3	X		X		X	X	
4				X	X	X	
5	X			X	X	X	
6	X	X		X	X	X	X
7		X		X	X	X	X
8		X	X		X	X	X
9	X	X	X		X	X	X
10	X	X	X				
11	X	X	X		X	X	X
12		X	X		X	X	X
13		X	X		X	X	
14	X	X		X	X	X	X
15		X		X	X	X	X
16		X		X		X	X
17	X	X	X		X	X	X
18		X	X		X	X	X
19	X	X		X	X	X	X

Tabela 1 – Plano de testes da ETA portátil

O sistema de ultra filtração na planta piloto é composto de dois módulos, alternados durante a operação. Um dos módulos sempre esteve parado, disponível para operação ou em retrolavagem. O intervalo para ocorrência da limpeza automática (*Short Membrane Cleaning*) foi definido pelo operador em função da qualidade da água bruta. A limpeza foi realizada durante cerca de 2 minutos (1 minuto com purga de ar e 1 minuto com retrolavagem utilizando-se o água filtrada e armazenada na planta). Após a limpeza era iniciado novo ciclo de filtração. O tempo de operação de cada módulo de ultrafiltração e transferência para a membrana em stand by também foi definido pela operação do sistema. O tempo definido foi 24 horas.

A limpeza química intensiva (CIP) foi realizada após vários ciclos de limpezas automáticas, em intervalo definido pela operação em função da qualidade de água. Nessa limpeza foi utilizado solução hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio, aquecida a 40 graus, durante cerca de 90 minutos.

O sistema de ultra filtração foi programado para manutenção da vazão do filtrado, ou seja, o percolado constante (1800 L/h). Desta forma, foi previsto que a pressão de entrada da água nas membranas crescesse a medida que aumentava a colmatção das membranas com tempo de operação do sistema. A limpeza cíclica (retrolavagem) tornou esse processo lento, retardando as demandas de limpeza química das membranas.

Segundo Grunbeck, o valor característico para a resistência da membrana em relação à filtração é dado pela pressão diferencial transmembrana – TMP, obtida pela diferença entre a pressão de entrada e a pressão de saída na ultra filtração. A TPM cresce durante o ciclo de filtração e é reduzida próximo ao valor inicial por meio da retrolavagem. Desta forma a permeabilidade das membranas foi acompanhada pelo fluxo do filtrado.

RESULTADOS

A turbidez do percolado, ou seja, da água filtrada na unidade se manteve estável e continuamente abaixo de 0,3 UT conforme pode ser verificado na figura 2. A turbidez média encontrada foi de 0,10 UT.

Em águas brutas com turbidez abaixo de 25 UT não foi necessário a aplicação de coagulantes no pré tratamento de água.

O pré tratamento , utilizado para remoção de partículas sedimentáveis de maior dimensão (hidro ciclone e filtro rotativo) não teve efeito na qualidade da água, visto a água afluente a ETA já estava isenta desse tipo de material.

A oxidação com cloro e o aerador intensivo foram suficientes para remover Fe da água bruta, que segundo o fabricante poderiam danificar o material das células de ultra filtração. Na figura 3 apresentamos a concentração de Fe Solúvel na água bruta, após oxidação e aeração e no percolado e na figura 4 a concentração de Fe total na água bruta e no percolado. A água bruta, no período pesquisado, apresentou baixas concentrações de manganês.

Com relação à remoção de coliformes totais e *Escherichia Coli*, houve remoção completa dos microorganismos conforme figura 5.

O intervalo de lavagem das células (short membrana cleaning e CIP) deve ser ajustado conforme a qualidade da água bruta, permitindo assim menor geração de resíduos do tratamento. Em águas com baixa turbidez (menor que 25 o tempo de lavagem definido foi de 96 horas. Nas águas mais turvas a retrolavagem ocorreu a cada 48 horas).

A aplicação de hipoclorito de cálcio na concentração de 5% não foi adequada ao sistema, visto que resíduos existentes no produto provocaram entupimentos no sistema de dosagem que acarretaram na paralisação automática do sistema de tratamento de água. Depois de substituído o produto para hipoclorito de sódio não ocorreu mais o problema.

O armazenamento de produtos químicos internamente ao primeiro container (pré-tratamento) não se mostrou adequada visto que favoreceu uma atmosfera agressiva as partes metálicas do container.

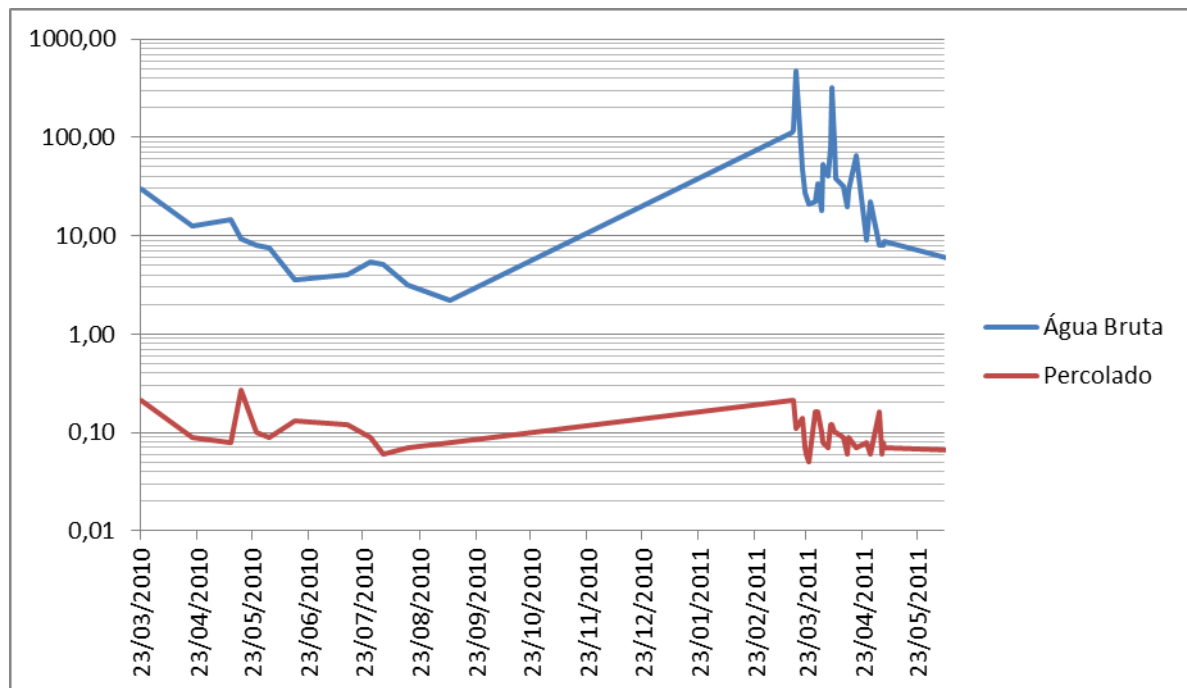


Figura 2 – Turbidez da Água Bruta x Turbidez do Percolado

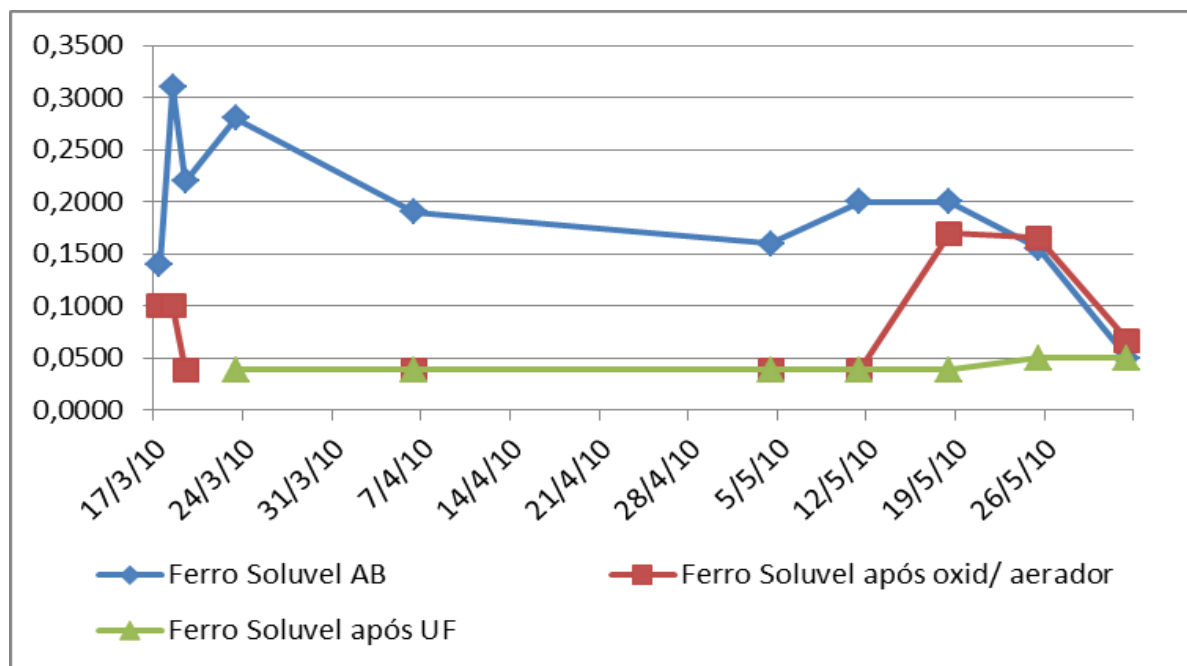


Figura 3 – Remoção de Fe solúvel

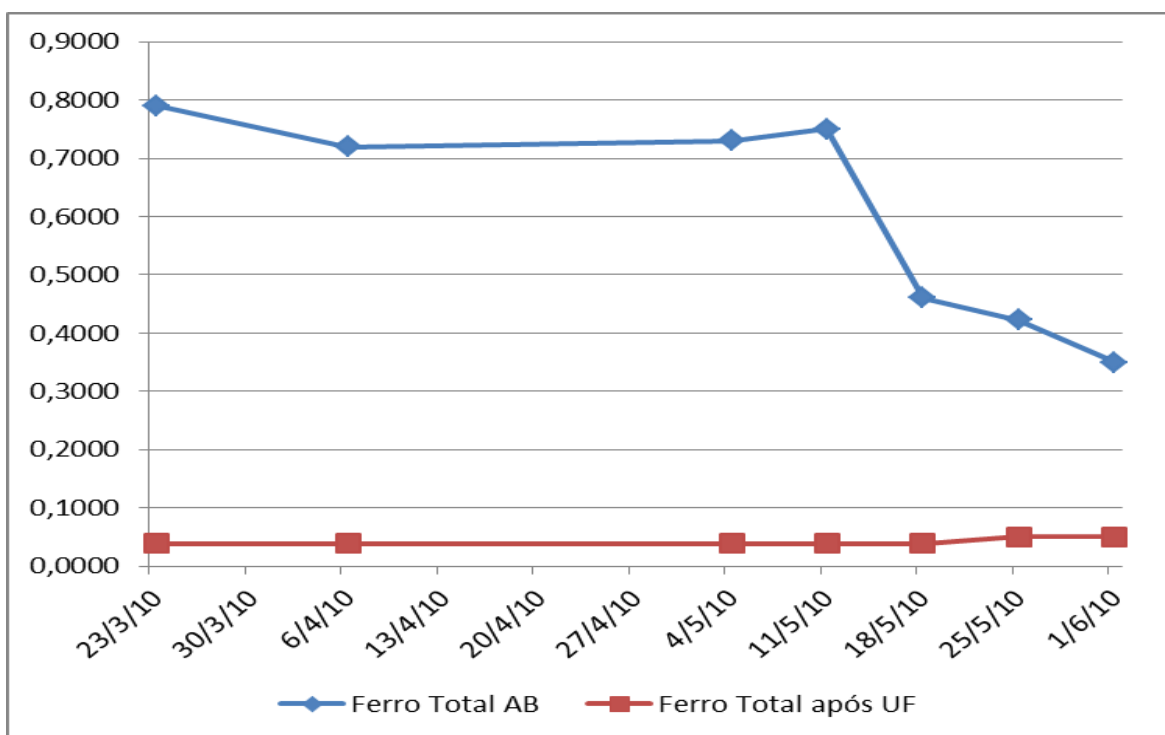


Figura 3 – Remoção de Fe Total

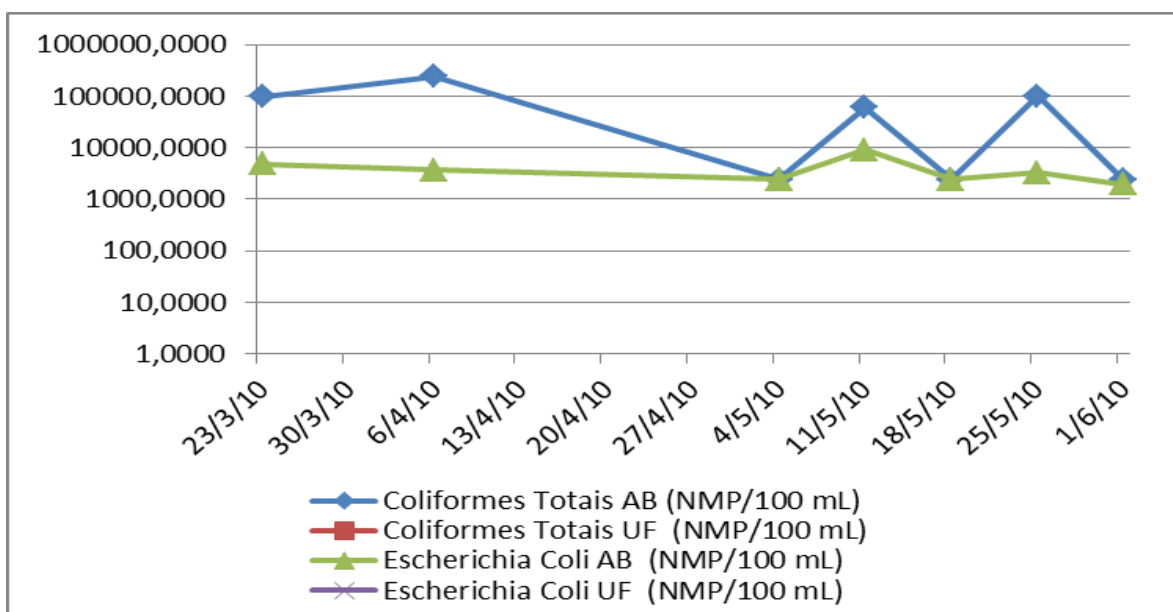


Figura 4 – Remoção de Coliformes Totais e Escherichia Coli

No período de avaliação não foi detectado sinal de incrustações nas membranas que pudessem acarretar na redução do fluxo de percolado.

Durante os testes ocorreram diversas paradas de produção relacionadas a não conformidades no software de controle de operação da planta.

O volume de resíduos gerados pelo processo foi de cerca de 12 % do volume de água bruta de alimentação da planta. Este percentual levou em conta a carreira de filtração das membranas de 30 minutos definido para operação do sistema de modo a preservar a membrana.

CONCLUSÕES

O sistema foi confiável garantindo turbidez da água filtrada (percolado) estável independentemente da variação da qualidade da água bruta.

A turbidez média obtida foi de 10 UT, bem abaixo daquela preconizada na Portaria 518 do Ministério da Saúde..

O sistema de filtração permite a automação e exige pouca operação desde que garantida em boas condições de manutenção os equipamentos de dosagem e calibrados os instrumentos medição, garantido confiabilidade da supervisão remota.

No período de avaliação não foi detectado sinal de incrustações nas membranas que pudessem acarretar na redução do fluxo de percolado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SCHNEIDER, R. P. e TSUTYA, M. T. *Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso*. 1 ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2001, 234p.
2. GRUNBECK. Manual e descritivo operacional da planta móvel de tratamento de água GENO®-ACD.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518. Normas de Qualidade da Água para Consumo Humano. Diário Oficial da República, Brasília, 2004.