ETA RIO GRANDE – AMPLIAÇÃO EM 500 L/s COM A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS. INSTALAÇÃO EM TEMPO RECORDE.

Darren Lawrence[(1)]
Mestre em tratamento de água e efluentes pela Universidade de Aston, em Birmingham, Inglaterra. Graduado em Engenharia química de processos pela mesma universidade, acumula 28 anos de experiência e reponsabilidade técnica direta por projetos de sistema baseados em sistemas de membranas para tratamento de água e efluentes.

José Guilherme Sonoda Dantas:
Engenheiro químico graduado pela EPUSP e com comprovada experiência e participação em projetos e operação de sistemas de membranas.

Magda Hirsch de Carvalho
Engenheira Química, Especialista em Saúde Pública e Engenharia ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP, gerente de Divisão da ETAs Rio Grande e Ribeirão da Estiva – SABESP.

Paulo Sérgio Bom
Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFRJ e graduação em Engenharia Mecânica pela EPUSP

Endereço[(1)]: Rua Telmo Coelho Filho, 40 – São Paulo – SP – Brasil – Telefone +55 11 3732-0171 – email: darren.lawrence@xyleminc.com

RESUMO

O ano de 2.014 foi marcado pela maior seca dos últimos 84 anos na região sudeste do Brasil e pelo menor nível de reservação dos mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Exceção feita a poucos mananciais, como por exemplo, o braço do Rio Grande, situado às margens da Rodovia Anchieta, km 28 em São Bernardo do Campo.
A disponibilidade de água bruta de boa qualidade no braço do Rio Grande, aliado à falta de espaço físico e o curto prazo necessário para ampliação da capacidade produtiva da ETA Rio Grande em 500 L/s, levou à adoção de uma tecnologia nova no Brasil para fins potáveis, com base em membranas de Ultrafiltração - UF do tipo fibra oca. A Estação de Tratamento de Água - ETA Rio Grande possuía uma capacidade instalada capaz de produzir 5000 Litros por segundo de água potável, e dado o cenário de escassez, e a reservação do manancial acima de 80%, adotou-se o desafio de ampliar tal capacidade na ordem de 10%, em um prazo de apenas 3 meses, utilizando-se de uma área disponível de cerca de 700 m^2, sendo então inviável a adoção de tecnologias convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: Membranas ultra filtração, água potável, ETA Rio Grande.

INTRODUÇÃO

O ano de 2.014 foi marcado pela maior seca dos últimos 84 anos na região sudeste do Brasil e pelo menor nível de reservação dos mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. O desafio de manter o abastecimento de cerca de 19 milhões de pessoas na RMSP, otimizando os recursos disponíveis no Sistema Integrado Metropolitano – SIM, conduziram a Sabesp à ousadia.
A disponibilidade de água bruta de boa qualidade no braço do Rio Grande, aliado à falta de espaço físico e o curto prazo necessário para ampliação da capacidade produtiva da ETA Rio Grande em 500 L/s através de sistemas convencionais de decantação/flotação seguidos de filtração em leitos de areia e antracito, culminaram na decisão pelo uso da tecnologia em junho de 2.014. A partir daí, foram, exatamente, 3 meses para projeto, implantação e partida da nova planta. Todo o trabalho foi desenvolvido de forma independente da planta convencional existente e sem nenhuma interferência em seu dia a dia de operação ou mesmo em sua produção de água potável que, até então, era de 5.000 L/s. Hoje, após cinco meses de operação produzindo água potável na qualidade requerida, a planta de UF produz os contratados 500 L/s adicionais, de forma segura e continuada. Sendo assim, hoje é possível afirmar que o desafio assumido pela implantação de uma tecnologia nova e em tempo recorde, abriu portas para o uso de uma alternativa agora consagrada internamente na SABESP, sendo esta a primeira planta a, efetivamente, produzir água potável através de membranas de UF do tipo fibra oca, na SABESP.

Desde o início, o projeto considera a implantação de 3 linhas (ou os chamados trens), trabalhando em paralelo e produzindo água potável de forma totalmente independente, totalizando assim, os atuais 500 L/s adicionais à capacidade da ETA.

PROCESSO E TECNOLOGIA:

Coletada no braço do Rio Grande, a água a ser tratada chega na caixa de equilíbrio (estrutura de chegada) da ETA Rio Grande e é captada e bombeada para o sistema de ultrafiltração através de 3 bombas submersas controladas por inversores de frequência até a vazão de 700 m³/h cada e pressão máxima de 1,5 bar. Estas bombas são montadas em cestas e suportes na parede da caixa de equilíbrio da ETA, com submersão mínima para minimizar a eventual transferência de sólidos. As vazões dessas bombas são controladas e mantidas à pressão suficiente para vencer a perda de carga na operação do sistema de pré-filtração e a montante dos tanques de membranas.

A pré-filtração ocorre através de filtros em discos, autolimpantes, com abertura de 400µm e dispostos de forma independente em 3 linhas compostas por uma bateria de 8 filtros cada. Cada bateria de filtros trabalha em contralavagem automática, com base em temporizadores e na pressão diferencial. A água de limpeza é descartada no tanque coletor de água do Sistema de Recuperação de Água de Lavagem – SRAL - atualmente existente, juntando-se, então, à água de lavagem do atual sistema convencional existente na ETA Rio Grande, para sua recuperação e inserção no processo de tratamento.

A água pré-filtrada entra no tanque de membrana UF pela parte inferior. Nos tanques de filtração, as membranas de UF ZW500 com um tamanho de poro nominal de 0,04µm são instaladas, separando a fase líquida dos sólidos em suspensão. As membranas ZW500 são fabricadas pela *GE Water & Process Technologies*, indústria com vasta experiência e líder há mais de uma década na fabricação de sistemas de membranas submersas de fibra oca reforçada. A fibra de membrana tem uma resistência à tração de 45 kg e é altamente resistente a produtos químicos incluindo ácidos, bases e Cloro, os quais são normalmente utilizados para a limpeza da membrana. Tanto o projeto quanto a implantação foram desenvolvidos e executados pela *Xylem Inc*., com grande experiência em sistemas similares em todo o mundo.

A figura 1 mostra, de forma esquemática e simplificada, a secção transversal de uma fibra de membrana que trabalha no sentido *outside-in*, ou seja, de fora para dentro, com poros de, no máximo 0,04 microns.

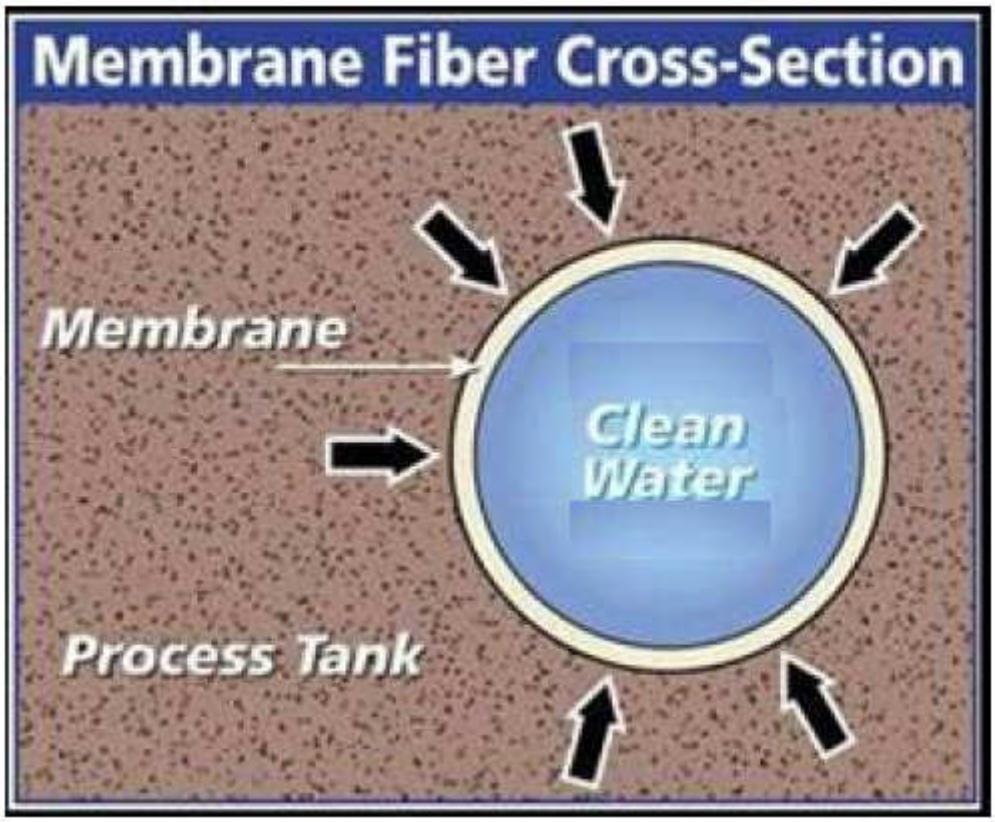


Figura 1: Representação em corte de uma membrana fibra oca, conceito *outside-in*

A água é aspirada através das superfícies das membranas por aplicação de uma pressão negativa, isto é, vácuo no interior das membranas, por onde ocorre a saída de permeado e, na sequência, é descarregada na tubulação de água produzida, enquanto todos os sólidos maiores do que os poros das membranas permanecem no interior do tanque de filtração. Cada cassete, ou conjunto de membranas, tem uma tubulação principal de permeado a qual está conectada à sucção da bomba de permeado, que aplica um vácuo, em zona de baixa pressão, para que a água tratada passe através dos poros microscópicos das fibras em uma passagem de fluxo de fora para dentro das paredes das membranas. Este método de permeação minimiza as exigências de energia, pois adiciona o efeito da coluna de água como pressão de permeação ao efeito de baixa pressão negativa (efeito vácuo) proporcionado pelas bombas tipo lóbulos. Adicionalmente, o uso de filtração tipo *outside-in*, ou seja, de fora para dentro, evita que as partículas de sujeira se acumulem e entupam as fibras no interior da membrana, o que, certamente, ocorreria se a filtração fosse feita no sentido inverso. Os sólidos que tendem a aderir à superfície das membranas ao longo da operação da planta são removidos, periodicamente, através de lavagem posterior das membranas, que pode ser combinada com uma lavagem adicional de ar para aumentar o efeito de limpeza mecânica combinada. Se a concentração de sólidos em suspensão atinge um valor limite pré-estabelecido, o processo de filtração será parado e o tanque de membrana é, então, drenado. Quando necessário, a limpeza química pode restaurar a permeabilidade da membrana ao nível ideal.

As figuras 2 e 3, representam, respectivamente, um módulo de membranas, este composto por milhares de membranas e um cassete de membranas, composto por cerca de 30 a 40 módulos.



Figura 2: Módulo de membranas



Figura 3: Cassete de membranas

O tubo de distribuição do tanque de membrana facilita 3 etapas: alimentação de água, rápido enchimento do tanque na etapa de limpeza química e drenagem rápida. Estas etapas são automáticas e ocorrem rapidamente para manter uma alta taxa de recuperação do sistema, ou seja, acima de 94%. A alimentação de água é controlada através do sistema de extração de permeado e sólidos que irão concentrar-se no tanque de filtração. O processo de purga do tanque de membranas é iniciado via temporizador ou quando a concentração de sólidos em suspensão atinge 1500 mg/L. A drenagem do tanque é rápida, isto é, 135m³ são descarregados em, no máximo, 3 minutos. O sistema então volta a encher o tanque com água de alimentação, retornando, assim, à produção ou com a solução de limpeza química, ambos em, no máximo 10 minutos. A limpeza química ocorre de forma automática, com base no tempo ou número de ciclos entre limpezas. Assim, como o descarte de concentrado, a solução de limpeza química utilizada é esvaziada no tanque de rejeito de 200 m³. Os produtos químicos limpam as membranas em 3 a 6 horas, dependendo da incrustação e do desempenho operacional. Em resumo, podemos considerar 3 tipos de limpeza, sendo:

1) Contralavagem: Utiliza somente água e ar e ocorre, em média, a cada 20 a 30 minutos;
2) Limpeza de manutenção: Com aplicação de produtos químicos, ocorrendo a cada uma vez ao dia, em média;
3) Limpeza de recuperação: Também com adição de produtos químicos em dosagem mais elevada, essa sim, com duração de 3 a 6 horas, ocorrendo, em média, a cada 45 dias.

A vazão de água de alimentação está em equilíbrio com a bomba de extração de permeado. A contralavagem feita com o próprio permeado ocorre uma vez a cada 20 minutos aproximadamente, em cada trem, junto com a aeração simultânea das membranas. Essa contralavagem tem duração de 20 segundos, ocorrem cerca de 15 contralavagens (deposições) antes da drenagem total do tanque. Os pulsos intermitentes, ligando e desligando a aeração, podem ser iniciados para melhorar o desempenho de filtração. Uma vez que o processo em batelada é concluído, um dreno rápido é necessário, e, durante o escoamento, o sistema de aeração permanece em 100% ligado durante os 3 minutos de drenagem. Dessa forma, os sólidos são removidos das membranas e o tanque é limpo de forma eficiente.

As membranas utilizadas são de fibras reforçadas e suportadas em cassetes, conforme mostrado na figura 2. Conhecidas como ZW500D-64, elas são bastante robustas e extremamente adequadas para esse tipo de aplicação na produção de água potável. Sua porosidade de 0,04µm assegura a retenção de todo o tipo de microorganismos, ou seja, bactérias, vírus, protozoários, parasitas e demais contaminantes microbiológicos que podem, eventualmente, estar presentes na água, inclusive, *Giardia* e *Criptosporidium*. Assim como qualquer outro sistema de tratamento, é sempre necessário fazer a cloração residual final, antes da distribuição e consumo.

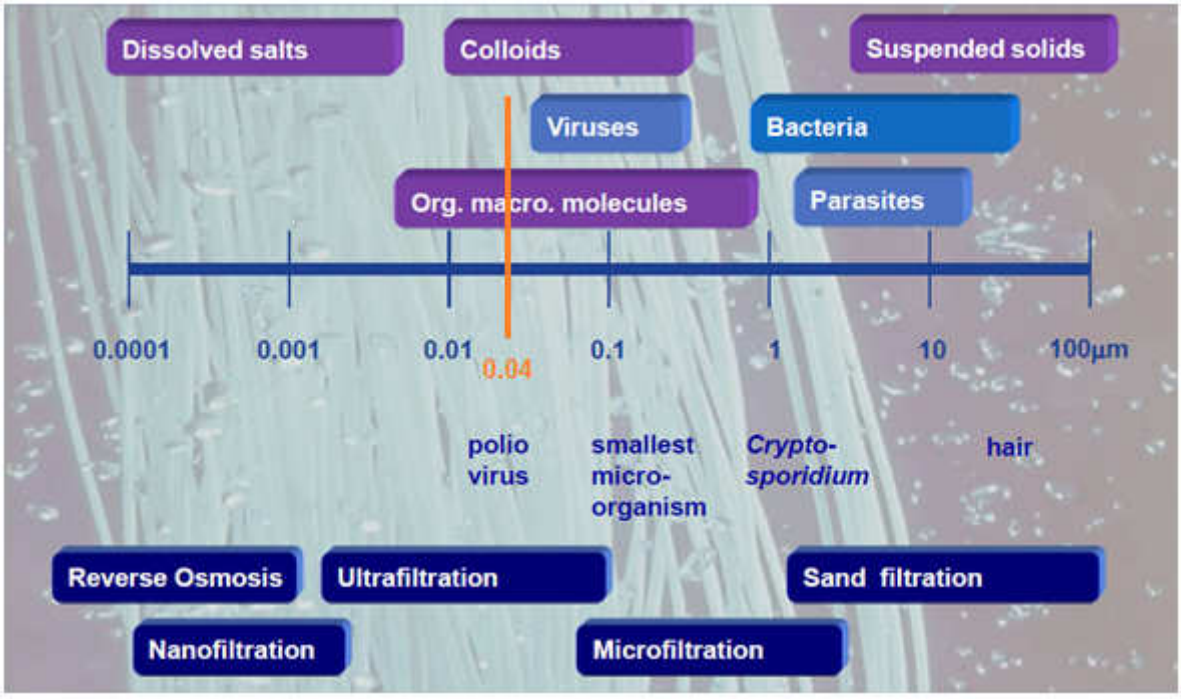


Figura 4: Efeito das membranas UF, com porosidade 0,04µm, na desinfecção e remoção de sólidos[3]

O sistema de membrana foi concebido com o conceito MIT – *Membrane Integrity Testing online*. Quando necessário, este sistema pode ser ativado por um operador para determinar a integridade da membrana. O teste baseia-se na velocidade de queda de pressão de ar no interior das membranas e os resultados são registrados no Programador Lógico Controlado - PLC para fins de referência.

O permeado produzido é, então, descarregado na tubulação de água potável da SABESP, para cloração residual final e distribuição.

A contralavagem das membranas é realizada invertendo-se a rotação da bomba de permeado, utilizando a água produzida pelas outras linhas de membranas.

O sistema tem um medidor de turbidez e vazão na alimentação e em cada linha de permeado separadamente. Cada tanque de membrana tem um medidor de sólidos suspensos totais e de vazão e pressão no permeado da UF.

O desenho esquemático mostrado na figura 5, ilustra um processo típico de filtração por membrana de UF na produção de água potável.

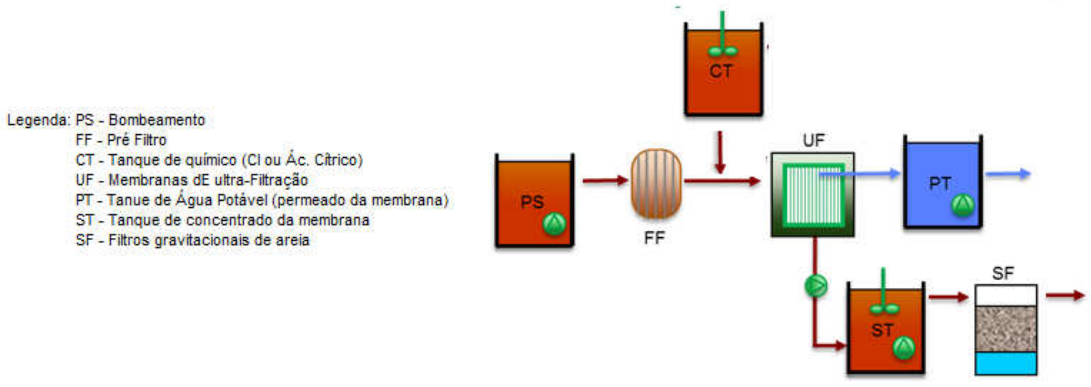


Figura 5 – Esquema típico de um sistema de ultrafiltração

A Figura 6 mostra um desenho esquemático típico de um tanque de membranas[4]

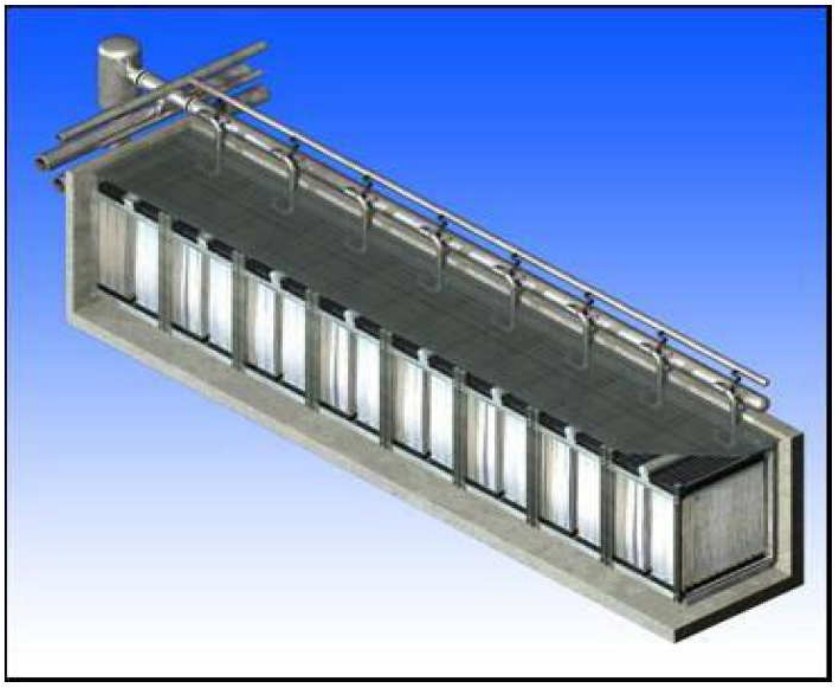


Figura 6 – Esquema típico de um tanque de membranas

A figura 7, apresenta uma vista superior da planta [6], em 3 trens, sendo cada trem composto de 2 tanques montados em série, ligados por vaso comunicação, onde é possível ver, também, as 3 bombas de permeado, no conceito em lóbulos.



Figura 7 – Vista superior do sistema de membrana da ETA Rio Grande

BASE DO PROJETO

O processo foi dimensionado baseado nos seguintes parâmetros:

TABELA 1: Vazões de Projeto (fase 1)		
Vazão média diária (ADF)	43.200	m³/dia
Vazão máxima mensal (MMF)	43.200	m³/dia
Vazão máxima semanal (MWF)	43.200	m³/dia
Pico de vazão diária (PDF)	43.200	m³/dia
Pico de vazão horária (PHF)	1.800	m³/h

TABELA 2: Condições de Projeto (local)		
Temperatura ambiente:	Mínima	5ºC
	Média	22ºC
	Máxima	38ºC
Temperatura da Água:	Mínima	15ºC
	Média	22ºC
	Máxima	28ºC
Altitude do local:		750m

A qualidade da água bruta (entrada do tratamento) é resumida na tabela 3

TABELA 3: Água de alimentação do sistema				
	Mínimo		Máximo	
Alcalinidade	15,5	mg $CaCO_3$/L	29	mg $CaCO_3$/L
Cor aparente	2	uC	95	uC
Ferro dissolvido	0	mg/L	5,12	mg/L
Manganês	0	mg/L	0,83	mg/L
pH	6,6		9,3	
Turbidez	1,08 NTU		12,1NTU	
Sólido Suspensos Totais (SST)	2 mg/L		5 mg/L	

Observação: Em caso de eventual aumento nas concentrações de Ferro, o projeto prevê um aumento na dosagem de pré-cloração, visando não ter que aumentar o número de limpezas por dia, o que acarretaria em perda de menor tempo útil de produção e consequentemente, menor volume de água produzida.

TABELA 4: Qualidade esperada na saída do tratamento (permeado)		
Sólidos Suspensos Totais	<= 2 mg/L	
Turbidez	< = 1NTU	100% (do tempo)
Turbidez	<= 0,5 NTU	90% (do tempo)

O projeto modular permite, além da operação independente dos 3 trens de membranas, a implantação adicional de tantos trens adicionais quantos forem necessários e possíveis, em função da área disponível na planta.

RESULTADOS OPERACIONAIS:

A operação da planta durante as estações primavera e verão, com natural variação da qualidade da água bruta captada no braço do Rio Grande, vieram a mostrar que, mesmo em condições adversas como por exemplo, uma maior concentração de Ferro, Manganês e sólidos, é possível manter a mesma qualidade da água produzida, garantindo assim, pleno atendimento aos padrões de qualidade exigidos para fins potáveis[1]. A figura 8 mostra os valores de turbidez[4] [6]ao longo de 120 dias de avaliação, período composto dos 2 últimos meses do outono e os 2 primeiros meses do verão 2014/2015.

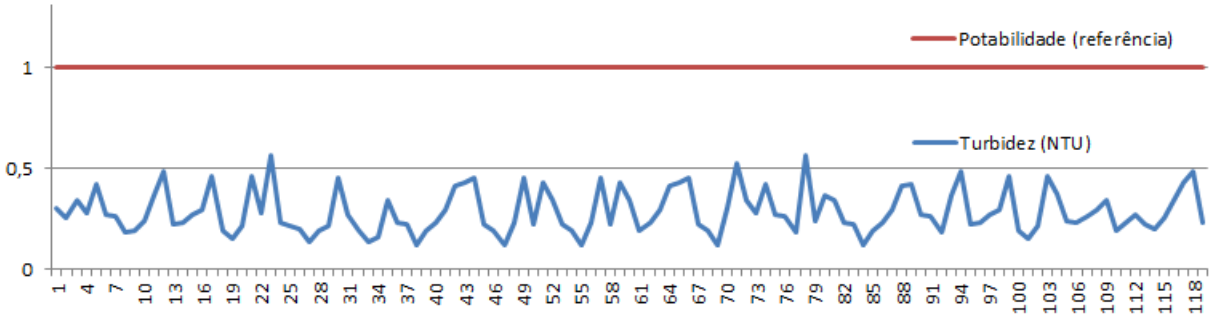


Figura 8 – Valores médios de turbidez em NTU da água do permeado (saída do sistema de UF)

CONCLUSÃO:

Os meses de produção da planta de UF, a primeira a produzir água potável via sistema de membranas de ultrafiltração, com excelente qualidade e pleno atendimento aos padrões exigidos por regulamentação para este fim específico, tem sua eficácia comprovada em diferentes condições de água bruta captada no braço do Rio Grande, durante os meses das estações primavera e verão, mesmo sendo a última, aquela que apresenta as condições mais críticas e desfavoráveis ao processo de tratamento, devido às concentrações mais altas de Ferro, Manganês e sólidos.

A alternativa de tratamento de água via sistema de membranas de UF é, sem dúvida, uma alternativa técnica para fins potáveis, possibilitando implantação em prazo curto, instalação modular e pleno atendimento aos padrões exigidos por regulamentação específica para este fim.

O processo tem alto grau de automação, reduzindo a necessidade de mão de obra para sua operação, entretanto, há a necessidade de uma equipe mais especializada tanto para a operação quanto para a manutenção do sistema.

O processo causa um impacto ambiental menor já que gera menos lodo no seu processo, estima-se que 60% menos, pois não se aplica os condicionadores químicos, na quantidade exigida no processo convencional. Porém vale ressaltar que há a geração de lodo, e sua destinação deve ser adequada, conforme as legislações vigentes.

RECOMENDAÇÕES:

Embora o conceito básico de um sistema de UF para produção de água potável tenha sua eficácia comprovada na ETA Rio Grande, haverá sempre a necessidade de se avaliar as eventuais adequações necessárias às mais diversas variações na qualidade da água bruta disponível e a ser captada em cada fonte específica, assegurando assim o correto e contínuo atendimento aos padrões de potabilidade vigentes, segundo pela Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011[(1)].

Para novas plantas é importante mensurar a concentração de metais dissolvidos e em suspensão, o teor de carbono orgânico total, a alcalinidade também é um componente importante, pois como, as água da RMSP são de baixa alcalinidade, o retorno da água de lavagem das membranas, principalmente com a adição de ácido cítrico, para o início do processo pode causar transtornos operacionais.

Destinar adequadamente o lodo gerado pelo processo, no entanto, vale apena fazer uma nova caracterização conforme NBR 10004:2004, pois o lodo pode ser considerado inerte, já que os componentes metálicos serão da própria água bruta, e estarão em menor quantidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

(1) Portaria n° 2.914, do Ministério da Saúde de 12 de dezembro de 2011– Padrões de Potabilidade,
(2) *Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition*,
(3) Diversos documentos e relatórios *GE*, comerciais e de domínio público,
(4) Diversos documentos e relatórios da *Xylem*, comerciais e de domínio público.
(5) Simon Judd, MBR Book, 1st edition
(6) Diversos documentos e publicações técnicas da SABESP, de domínio público.