

II-290 - DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO A PARTIR DE ESGOTO DOMÉSTICO USANDO MBR

Renato Rossetto⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento (UNICAMP, 1977); Especialista em Engenharia Sanitária Industrial (FAAP, 1983); Especialista em Saneamento e Gerência Ambiental (UNICAMP, 2004). Trabalhou na CETESB no período de 1978 a 1979. Atua como Tecnólogo na SANASA desde 1980, ocupando o cargo de Gerente de Operação de Esgoto desde 2005.

Renata de Lima Pereira de Gasperi

Engenheira Civil (PUC – Campinas, 1995); Especialista em Saneamento e Gerência Ambiental, (UNICAMP, 2004); Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP, 2012). Atua como Engenheira na Gerência de Operação de Esgoto da SANASA desde 2001, ocupando o cargo de Coordenadora do Setor de Tratamento de Esgoto 4 desde 2011.

Juliana Pontes Machado de Andrade

Engenheira Civil (Universidade Federal do Ceará, 2004); Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP, 2006). Atua como Engenheira na Gerência de Operação de Esgoto da SANASA desde 2010.

Endereço⁽¹⁾: Av. da Saudade, 500 – Ponte Preta - Campinas - SP - CEP: 13041-903 - Brasil - Tel: +55 (19)3735-5168 - **e-mail:** opera.esgoto@sanasa.com.br

RESUMO

A Estação de Produção de Água de Reúso (EPAR) Capivari II é uma planta com MBR projetada para tratamento de esgoto doméstico que resulte num efluente de excelente qualidade para ser usado com água de reúso para fins não potáveis. A operação da planta se iniciou em abril de 2012 e está operando continuamente desde então. Este trabalho descreve a planta e apresenta parâmetros operacionais bem como os principais resultados alcançados.

PALAVRAS-CHAVE: MBR, Água de Reúso, Ultrafiltração, Esgoto doméstico, Desempenho operacional.

INTRODUÇÃO

Apesar de estações com biorreatores com membranas (MBR) ser uma realidade há algumas décadas em outros lugares do mundo, no Brasil, seu uso ainda é bastante recente. O que torna limitada a troca de experiências no país. Acredita-se, no entanto, que este processo será adotado cada vez mais em virtude de sua robustez e bom desempenho.

A Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A. – SANASA, empresa responsável pelos serviços de saneamento no município de Campinas, adotou a tecnologia MBR para a Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) CAPIVARI II com o intuito de produzir um efluente tratado com alta qualidade, propiciando seu reúso com segurança. A EPAR Capivari II tem capacidade para tratar uma vazão média de 180L/s e 294 L/s vazão de pico horário em sua 1ª fase (em operação desde 2012). Apesar da 2ª fase se encontrar em início de operação, portanto a capacidade atual da planta foi aumentada para 360 L/s de vazão média, este trabalho abordará a operação da 1ª fase.

Portanto este trabalho tem como objetivo demonstrar a operação e os resultados obtidos nos dois primeiros anos de operação de uma estação com MBR (1ª fase), tratando esgoto doméstico. Colaborando assim para a difusão do conhecimento e experiência adquirida a cerca deste processo.

METODOLOGIA

- A estação de produção de água de reúso Capivari II

A estação de produção de água de reúso – EPAR Capivari II é composta pelas unidades de tratamento apresentadas na Figura 1.



Figura 1: Foto aérea da EPAR Capivari II em janeiro de 2014.

O esgoto bruto chega à estação por uma estação elevatória situada externamente, que funciona também como um tanque de equalização. Em seguida, o esgoto recalcado passa pelo Tratamento Preliminar, composto por gradeamento mecanizado com espaçamento de 15mm entre as barras; peneira rotativa com malha circular de 2mm de abertura e desarenador mecanizado.

Na sequência, o esgoto pré-tratado entra no biorreator, que possui subdivisões anaeróbia (1.687m³), anóxica (1.687m³), aerada (4.278m³) e desoxigenação (728m³), com recirculação do tanque de membranas para desoxigenação (Figura 2). Essas subdivisões foram projetadas para a remoção biológica de nutrientes (nitrogênio e fósforo). O licor misto do sistema biológico é bombeado para os tanques de membrana de ultrafiltração (150m³ cada). O permeado é retirado por meio de bombas e o lodo é recirculado para o sistema biológico, caindo primeiramente no tanque de desoxigenação.



Figura 2 Subdivisões do biorreator

O lodo excedente é retirado do tanque de desoxigenação para um tanque de acúmulo, onde é adensado e, em seguida, encaminhado para desidratação em centrífugas.

O permeado segue para um reservatório enterrado onde é armazenado e recalado para abastecimento dos caminhões que fazem a distribuição dessa água e uso interno como água de serviço na própria planta. Neste reservatório há um ponto para aplicação de hipoclorito de sódio. O excesso de produção verte para a calha Parshall de saída e segue para descarga no rio Capivari (classe 2).

• Ultrafiltração

As membranas de ultrafiltração GE ZeeWeed 500D® UF utilizadas na EPAR Capivari II são do tipo fibra oca, submersas, filtração de fora para dentro, com poro nominal de 0,04µm (Figura 3).

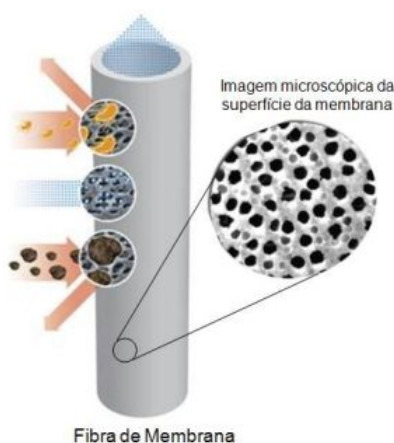


Figura 3: Desenho esquemático da fibra de membrana.

Cada um dos três tanques de membrana tem cerca de 150 m³ de volume útil, nos quais são acomodados 8 cassetes, com 48 módulos cada, assim a 1ª fase da planta conta com 36.000m² de área de filtração. Isso corresponde a um fluxo de 19 LMH para a vazão média da planta, chegando a 29 LMH para o horário de pico.

O sistema de membranas funciona automaticamente por meio de modos de operação, sendo, resumidamente, os principais:

- Produção: modo em que o efluente está sendo permeado pelas membranas
- Relaxamento: a bomba de permeado para e a aeração é mantida.
- Retrolavagem: o sentido do fluxo de permeado é invertido, ou seja, passa a ser de dentro para fora; sendo mantida também a aeração.
- Limpeza de manutenção: sequência de retrolavagens com aplicação de produto químico.
- Limpeza de recuperação: série de etapas que finaliza com as membranas imersas em solução concentrada de produto químico por algumas horas.

O ciclo de produção adotado tem duração de 11 minutos e 30 segundos, seguido por 30 segundos de relaxamento ou retrolavagem, numa proporção de 10 relaxamentos x 1 retrolavagem. A aeração das membranas é feita por duas linhas de ar separadas o que permite que ela seja cíclica, ou seja, cada uma das válvulas de aeração permanece 10 segundos aberta e 10 segundos fechada, alternadamente.

São realizadas limpezas químicas para tentar reduzir o impacto causado por substâncias incrustantes na superfície das membranas. Estas limpezas são de dois tipos (manutenção e recuperação), e com dois produtos diferentes (hipoclorito de sódio e ácido cítrico). Limpeza de manutenção é uma sequência de retrolavagens com aplicação de uma pequena dosagem do produto químico escolhido, com duração de cerca de 2h, sem a necessidade de drenagem do tanque. Já na limpeza de recuperação é necessário drenar o tanque e as membranas ficam submergidas em uma solução mais concentrada do produto utilizado, sua duração é mais prolongada (duração de até 24h), no entanto é menos frequente.

• Operação do sistema

A partida do sistema MBR ocorreu em abril de 2012, com a inoculação de lodo aeróbio de outras ETEs de lodos ativados da SANASA, validação do sistema de supervisão e controle, testes de pressão/bolhas do sistema de ultrafiltração (UF).

O lodo inoculado passou pelo tratamento preliminar da estação, principalmente pela peneira de 2,0mm. Este procedimento foi necessário para evitar que materiais indesejáveis atingissem os tanques de membranas e pudessem danificar as fibras.

Os tanques de membranas operam seguindo sequências predeterminadas, possuindo intertravamentos diversos para evitar situações que possam oferecer risco às membranas ou à qualidade do permeado. Portanto, uma avaliação minuciosa do software de supervisão e controle é de grande valia para uma operação mais segura.

Já os testes de pressão/bolhas serviram tanto para confirmar a integridade das membranas quanto para treinamento do pessoal da planta para identificação e procedimentos de reparos em problemas futuros.

Devido à vazão média afluente à planta (35 L/s) ser inferior à média de projeto (180 L/s), foram adotados procedimentos transitórios para a rotina operacional, tais como: redução da lâmina d'água do biorreator, redução do sólidos em suspensão no tanque de aeração (SSTA), pré-determinação da vazão de permeado.

Na maioria dos sistemas de lodos ativados, nos quais o licor misto verte do tanque de aeração para a unidade de separação de sólidos (decantador ou flotador), a recirculação é feita por bombas; portanto o nível (e volume) do reator biológico sofre pequena variação. No caso das membranas, essa passagem pode ser semelhante aos lodos ativados (Figura 4a). Em outra configuração o lodo é bombeado do tanque de aeração para o tanque de membranas e a recirculação se dá por gravidade (Figura 4b). Na EPAR Capivari II a transferência do lodo entre os tanques é por bombas (Figura 4b), portanto é possível a variação do volume do biorreator até o nível que a bomba de transferência consiga recalcar. Este procedimento de redução da lâmina d'água proporcionou a redução do volume do biorreator e consequente tempo de detenção hidráulica que estava elevado para a baixa vazão inicial.

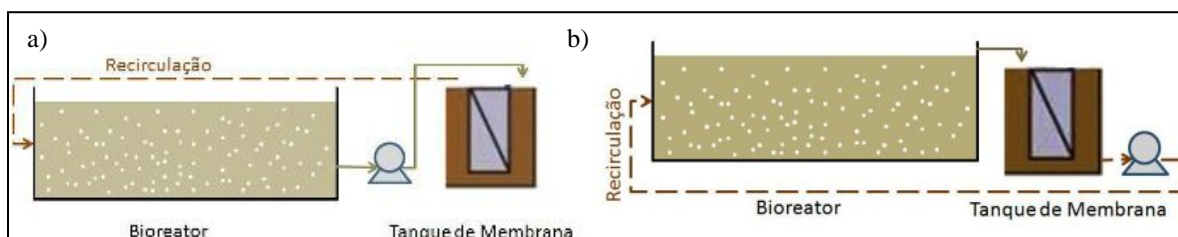


Figura 4: Configurações de MBR quanto à passagem do lodo para o tanque de membranas: a - por gravidade (*pump from*); b - por bomba (*pump to*).

O biorreator foi projetado para trabalhar com uma concentração de SSTA de 8000mg/L. Porém como a carga inicial estava baixa, operacionalmente procurou-se manter a concentração de SSTA de forma a atender o fator A/M (alimento/micro-organismos) próximo ao determinado em projeto, ou seja, 0,15kgDBO/kgSSVdia. Adicionalmente também tentou-se manter a idade do lodo em torno de 18 dias, conforme projeto.

A outra medida adotada diz respeito ao funcionamento dos tanques de membranas. Automaticamente, a demanda de vazão de permeado a ser produzida na planta (volume tratado) é calculada em função da vazão afluente à planta e da variação de nível no biorreator. Porém, opcionalmente, esta vazão de produção pode ser fixada pelo operador, evitando assim que se atinja um pico de fluxo em função do aumento de demanda. Para a condição de vazão abaixo do projeto, este pico de demanda pode levar a um curto período de produção elevada e períodos mais longos sem produção.

• Monitoramento

Para o monitoramento e avaliação da qualidade do efluente e eficiência do processo, mensalmente foram realizadas coletas compostas de 24h do esgoto bruto e efluente tratado para análises laboratoriais de

parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. As análises foram realizadas na própria SANASA, sendo as físico-químicas realizadas no Laboratório de Análise e Controle de Efluentes e as bacteriológicas e microbiológicas no Laboratório Central.

Em relação ao desempenho da UF foram avaliados turbidez, vazão, pressão transmembrana (PTM), fluxo e permeabilidade. A turbidez é monitorada através de turbidímetros de processo de faixa baixa (HACH 1720E) instalados na saída de cada um dos tanques de membranas. As vazões de produção são obtidas por transmissores de vazão eletromagnéticos (Krohne Optiflux KC2000F/6) instalados na tubulação de recalque de permeado. A pressão interna na linha de permeado é medida por transmissores de pressão (Endress+Hauser Cerabar S). O nível dos tanques de membranas é uma variável do cálculo da pressão transmembrana e é medido por transmissores de nível por pressão hidrostática (Endress+Hauser Deltapilot FMB51). Todas essas leituras das variáveis de processo são enviadas para o sistema de supervisão e controle, onde ficam registradas. A pressão transmembrana, o fluxo e a permeabilidade são calculados pelo controlador lógico programável (CLP) e também ficam armazenados em um banco de dados.

RESULTADOS

Mesmo com a vazão inicialmente mais baixa, buscou-se trabalhar com a quantidade de tanques suficientes para atender às condições de projeto. Assim, o fluxo de trabalho variou entre 15 e 18 LMH, portanto próximo ao valor de 19 LMH. O nível do biorreator também reduzido para 80% do seu valor de projeto e o teor de sólidos suspensos totais (SSTA) foi mantido em torno de 3000mg/L devido a pouca carga.

Na EPAR Capivari II, as limpezas de manutenção com hipoclorito de sódio foram iniciadas em maio de 2012 com frequência semanal. As limpezas com ácido cítrico foram iniciadas em novembro de 2012 e realizadas mensalmente. Não se percebeu recuperação de permeabilidade com as limpezas de manutenção, tendo em vista que esta limpeza é mais preventiva do que corretiva.

As limpezas de recuperação foram realizadas anualmente. Nestes casos, a permeabilidade foi recuperada inicialmente, no entanto após alguns dias os valores se assemelharam aos anteriores à limpeza.

A permeabilidade das membranas foi diminuindo com o passar dos anos, fato que já era esperado. Inicialmente este parâmetro estava em torno de 400LMH/bar para um fluxo de 17LMH. Em abril de 2014, no entanto estava variando entre 250 e 300LMH/bar. Neste período de 2 anos, a TMP variou entre 0,03 e 0,06 bar. Estes valores compatíveis com o que ocorre em outras plantas que usam membranas do mesmo tipo e fabricante (Judd & Judd, 2011). Houve também variações em outros fatores que interferem nesse indicador, tais como, temperatura, SSTA, fluxo operacional.

Em relação às características físico-químicas do efluente tratado na planta, a Tabela 1 apresenta os resultados dos principais parâmetros monitorados.

Tabela 1: Faixa de variação, valor médio e valor de projeto dos parâmetros físico-químicos no efluente tratado de abril de 2012 a abril 2014.

Parâmetros	Faixa de resultados	Média	Projeto
DBO (mg/L)	0 – 1,3	0,66	< 3
DQO (mg/L)	6 – 35	19,67	Não consta
SST (mg/L)	0,6 – 4	1,11	< 1
NTK (mg-N/L)	0,01 – 2,73	1,00	< 1
Fosfato (mg-P/L)	0,1 – 6,5	2,37	< 0,03*
Nitrato (mg-N/L)	0,02 – 8,92	4,42	< 10
Turbidez (NTU)	0,1 – 0,33	0,16	< 1

* Com precipitação química

Percebe-se que o efluente tratado produzido na estação possui baixas concentrações dos parâmetros analisados bem como a faixa de variação é baixa. Isso demonstra a elevada eficiência e estabilidade do processo de tratamento. Uma exceção pode ser feita em relação ao fosfato, devido à remoção biológica de fósforo ser um processo que requer uma série de condições bem definidas para que ocorra com sucesso, tais como

características do esgoto, temperatura, oxigênio dissolvido, nitrato, pH (Metcalf & Eddy, 2002; Van Haandel et al., 2009). Ela está ocorrendo, porém há uma maior variação nos seus resultados e para atingir o valor de projeto será necessária aplicação de produtos para a precipitação química. Além disso, as concentrações para fosfato definidas em projeto já contemplavam uma remoção adicional obtida com aplicação de produtos químicos. Esta etapa do processo não havia sido implantada no período das análises.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados microbiológicos do efluente tratado entre abril de 2012 a abril de 2014.

Parâmetro	Faixa de resultados
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	< 2,0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	< 2,0
<i>Giardia spp</i> (cisto/L)	Não Detectado
<i>Cryptosporidium spp</i> (oocisto/L)	Não Detectado

Os resultados das análises microbiológicas demonstram a desinfecção e a remoção de protozoários sem a aplicação de outros processos de desinfecção. O que vai de acordo com o descrito por Francy e colaboradores (2012), que compararam a eficiência de remoção de diversos microorganismos (em estações de MBR e lodo ativado convencional), concluindo que a aplicação de radiação ultravioleta (UV) após MBR proporciona pouca remoção adicional para quase todos os microorganismos estudados pela equipe.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A estação opera com elevada eficiência e estabilidade nos seus resultados, para análises de parâmetros físico, químicos e microbiológicos analisados.

O decaimento da permeabilidade durante o passar do tempo é esperado para todos os sistemas e tipos de membranas, pois o entupimento dos poros pode ser mitigado, mas não evitado. Os procedimentos de limpeza química podem ser alterados (periodicidade, dosagem de produtos, tempo de contato) com o intuito de prolongar a vida útil da membrana, uma vez que ela tende a se esgotar mais rapidamente devido à queda de permeabilidade do que ao desgaste por produtos químicos (Cote et al., 2012; Fenu et al., 2012).

A turbidez do efluente tratado se mantém predominantemente inferior a 0,2 NTU, chegando a atingir no máximo 0,33 NTU durante o período analisado. Conclui-se que este tipo de processo é capaz de proporcionar um efluente para ser usado com segurança como uma fonte de água para diversos fins não-potáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COTE, P., ALAM, A. AND PENNY, J. Hollow fiber membrane life in membrane bioreactors (MBR). Desalination. 288, 145–151, 2012.
2. FENU, A., DE WILDE, W., GAERTNER, M., Weemaes, M., DE GUELDTRE, G., VAN DE STEENE, B. Elaborating the membrane life concept in a full scale hollow-fibers MBR. Journal of Membrane Science v. 421–422, p. 349–354, 2012.
3. FRANCY, D.S., STELZERA, E.A., BUSHONA, R.N., BRADYA, A.M.G., WILLISTONB, A.G., RIDDELLC, K.R., BORCHARDTD, M.A., SPENCERD, S.K., GELLNERE, T.M. Comparative effectiveness of membrane bioreactors, conventional secondary treatment, and chlorine and UV disinfection to remove microorganisms from municipal wastewaters. Water Research Vol. 46, Issue 13. 4164–4178, 2012.
4. JUDD, S., JUDD, C. (Editors). The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment. Oxford: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2011, Burlington, 404 – 420.
5. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and reuse. McGraw-Hill, 4th ed, 2002.
6. VAN HAANDEL, A., GIRARD, L., MENDONÇA, N., TEIXEIRA, M., VON SPERLING, M. Remoção Biológica de Fósforo no Sistema de Lodo Ativado: Mecanismos e Configurações In: MOTA, S.B. & VON SPERLING, M. (coord.) Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009.