

# **RESULTADOS PRÁTICOS DA APLICAÇÃO DE NOVO BIOCIDA PARA SISTEMAS DE OSMOSE REVERSA**

Antonio R. P. Carvalho<sup>1</sup>, Pedro H. B. Moreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> KURITA DO BRASIL LTDA. Brasil

## **RESUMO**

O presente trabalho visa divulgar os resultados práticos obtidos pela aplicação do biocida IK, durante o período de três meses, no sistema de osmose reversa de uma planta de papel e celulose localizada no interior do Estado de São Paulo.

O biocida IK consiste em um produto diferenciado, capaz de remover depósitos orgânicos formados sobre a superfície das membranas de osmose reversa (OR), prolongando assim a campanha de tais sistemas. A funcionalidade e benefícios relativos à aplicação do produto em questão foram apresentados na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP) de 2010 e desde então este produto vem sendo aplicado com sucesso em diversos sistemas de osmose reversa instalados em indústrias dos mais diferentes setores ao redor do mundo.

No caso apresentado a seguir, a planta em questão sofria com problemas de proliferação generalizada de microrganismos ao longo de todo o processo de tratamento e pré-tratamento dos sistemas de osmose reversa, levando a uma operação com elevada frequência de paradas para limpezas químicas das membranas, bem como uma baixa vida útil dos filtros de cartucho instalados à montante dos sistemas de osmose reversa. Além disso, era observada uma baixa taxa de rejeição de sais pelos sistemas existentes, o que culminava com a necessidade de regenerações frequentes dos leitos mistos existentes para o polimento final da corrente de permeado.

Conforme apresentado a seguir, a aplicação do biocida IK trouxe ganhos expressivos em diversos pontos ligados à operação dos sistemas de osmose reversa.

**Palavras-chave:** Osmose Reversa; Biocida; Biofilme; Aumento do Tempo de Campanha.

## **1. INTRODUÇÃO**

Sistemas de osmose reversa têm sido cada vez mais utilizados para o tratamento de água em processos que demandam correntes aquosas praticamente isentas de sais.

Ao mesmo tempo, a atual situação de elevado grau de poluição das fontes de água superficiais disponíveis para o uso industrial, aliada à crescente tendência de tratamento de efluentes para realizar o reuso de água nas indústrias, exigem processos de filtração por membranas mais eficientes, de forma a possibilitar a obtenção de tempos de campanha suficientemente elevados para viabilizar técnica e economicamente a utilização de sistemas de osmose reversa para esta finalidade.

Geralmente, sistemas de osmose reversa que utilizam águas superficiais ou de reuso têm as suas campanhas encurtadas devido ao descontrole do crescimento microbílico, o que acaba por gerar a formação excessiva de biofilme na superfície dos elementos filtrantes, elevando assim a perda de carga ao longo do sistema e reduzindo a produção e a qualidade do permeado final produzido.

Como é sabido, as membranas de osmose reversa à base de poliamida são as mais comumente utilizadas nos dias de hoje, sendo que as mesmas são sensíveis à ação de compostos oxidantes, dentre eles o cloro livre.

Por este motivo, a presença de cloro livre na entrada dos sistemas de osmose reversa que utilizam membranas de poliamida deve ser evitada, o que impossibilita a aplicação dos agentes clorados tradicionais para o controle da formação de deposições orgânicas nestes sistemas.

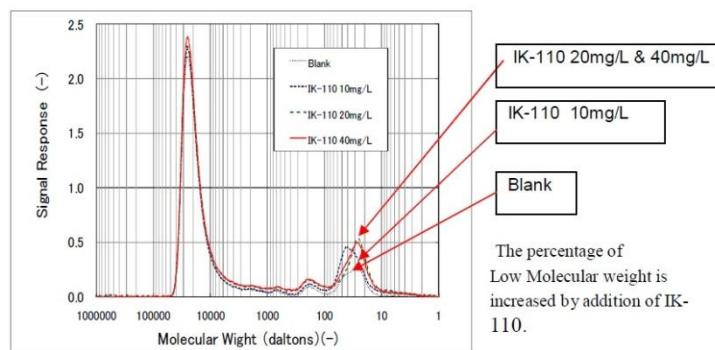
Atualmente, os biocidas mais aplicados em sistemas de osmose reversa são à base de isotiazolinona ou 2,2-dibromo-3-nitrilo-propionamida (DBNPA), sendo que os mesmos possuem uma elevada capacidade de esterilização de microrganismos, porém não são efetivos para a remoção de biofilme já formado sobre a superfície das membranas filtrantes. Isto significa que uma vez formado e desenvolvido o biofilme sobre os elementos filtrantes, deverá haver a parada do sistema de osmose reversa para a realização de limpeza química, de forma a

restabelecer os níveis adequados de perda de carga, produção de permeado e taxa de rejeição de sais do sistema.

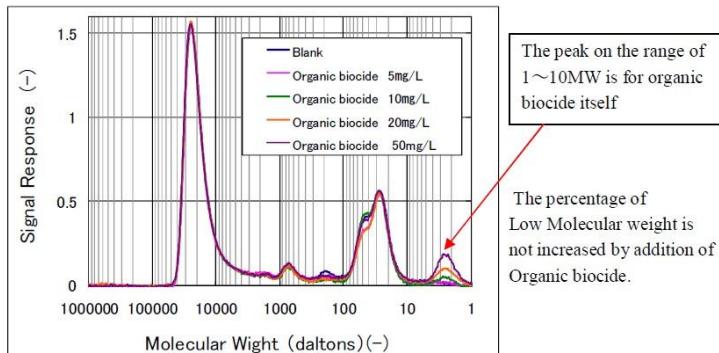
Diante de tal cenário, a KURITA WATER INDUSTRIES desenvolveu um produto de ação diferenciada, aqui denominado biocida IK, o qual é capaz não apenas de controlar adequadamente a proliferação de microrganismos dentro dos vasos de pressão de sistemas de osmose reversa, mas sendo principalmente eficaz na remoção contínua dos depósitos orgânicos formados sobre a superfície das membranas, aumentando assim a campanha de tais sistemas e trazendo outros benefícios adicionais à operação das plantas de osmose reversa como um todo.

Testes realizados pela KURITA WATER INDUSTRIES confirmaram que a aderência do biofilme formado está diretamente ligada ao peso molecular dos compostos orgânicos presentes, sendo que quanto maior o peso molecular dos compostos orgânicos, maior será a aderência do biofilme.

De forma geral, os maiores ganhos proporcionados pelo biocida IK em relação aos biocidas convencionais, se dão por causa da propriedade do mesmo em decompor o material orgânico de alto peso molecular em moléculas de menor peso, fazendo com que o biofilme se desprenda da região onde está aderido e seja descartado juntamente com a corrente de rejeito.



**Figura 1: Efeito do Biocida IK na Decomposição de Material Orgânico.**



**Figura 2: Efeito dos Biocidas Orgânicos na Decomposição de Material Orgânico.**

Os gráficos acima foram obtidos através de testes em laboratório realizados nas instalações da KURITA WATER INDUSTRIES, no Japão, e visam demonstrar que a aplicação do biocida IK faz com que a matéria orgânica de alto peso molecular seja decomposta em moléculas de peso molecular inferiores, o que equivale dizer que tal produto consegue reduzir a aderência do biofilme formado.

Por outro lado, os biocidas tradicionais (orgânicos) não possuem a capacidade de quebrar a matéria orgânica em moléculas de menor peso molecular, ou seja, tais biocidas não reduzem a aderência do biofilme formado.

O mecanismo de atuação do biocida IK já foi apresentado na ABTCP de 2010, sob o título de “Nova Tecnologia para Controle de Biofouling em Membranas de Osmose Reversa”, sendo que o presente trabalho tem por objetivo divulgar os resultados práticos obtidos pela aplicação deste produto em uma planta real de papel e celulose, durante o período de 01/08/2013 a 01/11/2013.

## 2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PRODUTO

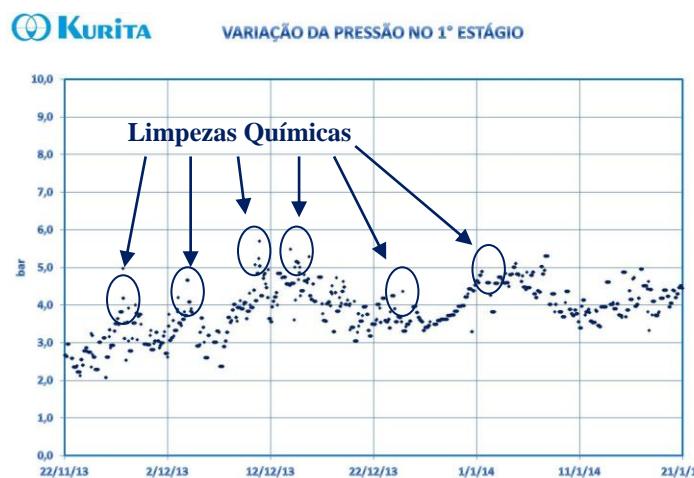
De forma geral, a eficiência operacional de sistemas de osmose reversa pode ser avaliada através da evolução do diferencial de pressão entre o rejeito e permeado, manutenção da vazão de permeado produzido e taxa de rejeição de sais pelas membranas.

### 2.1 Evolução do Diferencial de Pressão

A perda de carga em sistemas de osmose reversa está diretamente ligada à condição de colmatação das membranas de tais sistemas, sendo que quanto maior for a quantidade de depósitos nas mesmas, maior será o diferencial de pressão encontrado.

O tempo de campanha das plantas de osmose reversa é dependente do diferencial de pressão nos estágios dos sistemas, visto que as membranas possuem uma limitação física quanto à máxima perda de carga admissível, onde a operação com diferencial de pressão acima do recomendado pode resultar em danos físicos aos elementos filtrantes.

Neste contexto, sempre que o sistema atinge a máxima perda de carga admissível, deve-se realizar um procedimento de limpeza química para que seja restabelecida a condição adequada de operação, conforme exemplificado no gráfico abaixo:



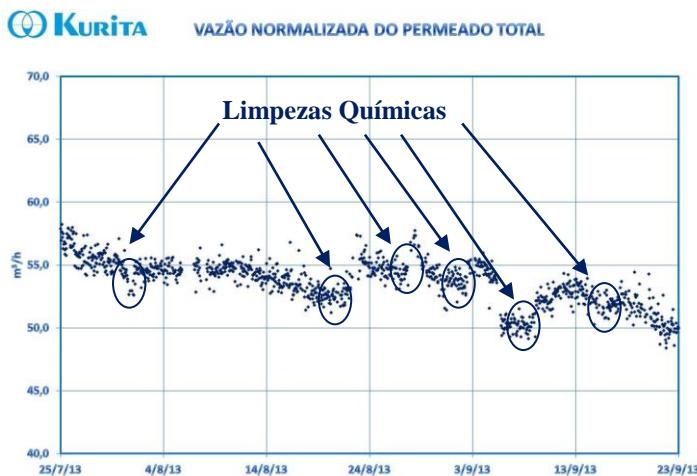
**Figura 3: Exemplo Genérico da Variação do Diferencial de Pressão em Sistema de Osmose Reversa.**

A Figura 3 exemplifica a condição operacional típica de um sistema que possui problemas de formação de depósitos, onde há o incremento do diferencial de pressão de forma que são necessárias limpezas químicas frequentes para possibilitar a operação do circuito sem que as membranas sofram danos físicos.

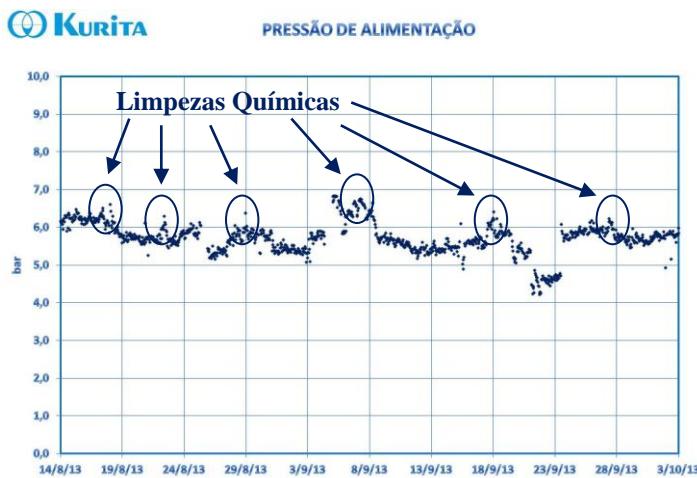
### 2.2 Evolução da Vazão de Permeado Produzido

Devido ao processo de colmatação das membranas de osmose reversa por depósitos, a vazão de permeado produzido tende a decrescer gradativamente, visto que uma perda de carga mais elevada no sistema culmina com uma menor pressão efetiva para a produção de permeado.

De forma a manter a produção de água tratada necessária para o processo produtivo, normalmente as empresas optam por variar a frequência das bombas de alimentação dos sistemas de osmose reversa, visando assim garantir que a pressão efetiva para a produção de permeado seja alcançada. Nestas situações, onde a frequência da bomba de alta pressão é variada, limpezas químicas devem ser adotadas sempre que a frequência da bomba de alta pressão alcance o seu valor máximo e a produção de permeado seja insuficiente para as necessidades operacionais da planta.



**Figura 4: Exemplo Genérico da Vazão Normalizada de Permeado Total Produzido**



**Figura 5: Exemplo Genérico da Variação da Pressão de Alimentação.**

As figuras acima indicam que a formação de deposições sobre as membranas de osmose reversa levam à queda da taxa de produção de permeado e ao aumento da pressão de alimentação dos sistemas de osmose reversa, sendo que limpezas químicas devem ser realizadas sempre que o sistema já não consegue atender a demanda da planta para a produção de água, respeitando-se as limitações de pressão dos elementos filtrantes.

### 2.3 Taxa de Rejeição de Sais

A taxa de rejeição de sais em sistemas de osmose reversa está correlacionada à integridade das membranas no que diz respeito à existência de danos físicos ou oxidação das mesmas, além da presença ou não de depósitos de qualquer espécie.

No caso de existirem danos aos elementos filtrantes, criam-se orifícios nas membranas, possibilitando a passagem direta de soluto do rejeito para o permeado, ou seja, os sais do concentrado não encontram barreira física para passarem para a água tratada, empobrecendo assim a qualidade final da mesma.

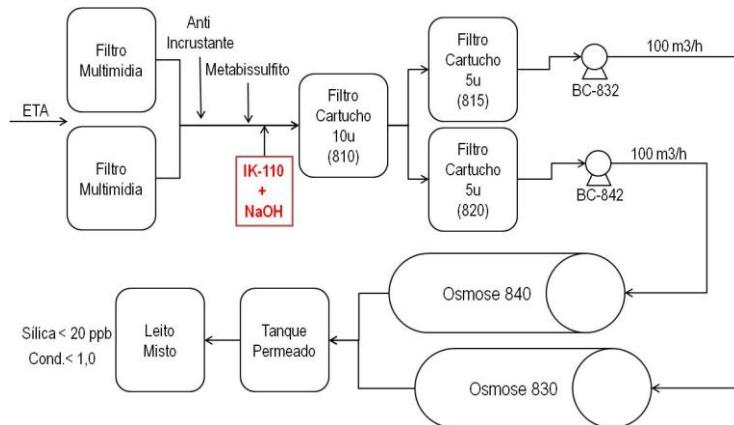
Por outro lado, quando há a formação de deposições sobre as membranas, ocorre o fenômeno de polarização da concentração, onde há uma superconcentração localizada de soluto em determinadas regiões dos elementos filtrantes e nestes pontos há uma maior passagem de contaminantes para a água tratada, visto que as membranas de osmose reversa não são capazes de rejeitar 100% dos sais presentes na água.

Nos sistemas onde há a presença de leito misto após os sistemas de osmose reversa, a qualidade do permeado produzido afeta diretamente a campanha dos leitos, visto que quanto menor for a salinidade do permeado, maior será a campanha dos leitos.

## 2.4 Descrição do Cenário Existente

Conforme já indicado anteriormente, o caso prático de aplicação do biocida IK se refere a uma planta de papel e celulose, localizada no Estado de São Paulo, e que apresentava baixo rendimento relativo à operação do sistema de osmose reversa como um todo.

O fluxograma abaixo descreve a operação do sistema citado, onde já há o indicativo do ponto de aplicação biocida IK:



**Figura 6: Fluxograma do Sistema em Referência.**

O sistema indicado acima consiste basicamente de um pré-tratamento composto por uma estação de tratamento de água com processos de clarificação e cloração, seguida por filtração em filtros multimídia, filtros cartucho de 10 micra e filtros cartucho de 5 micra. Após o tratamento de água nos sistemas de osmose reversa, o permeado produzido é enviado a um leito misto para que haja o polimento final da corrente de água tratada. A água final dessalinizada é então utilizada na alimentação dos sistemas geradores de vapor.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela abaixo indica os principais ganhos obtidos com a aplicação do biocida IK durante os três primeiros meses de operação do sistema em questão:

**Tabela 1. Principais Resultados Obtidos com a Aplicação do Biocida IK.**

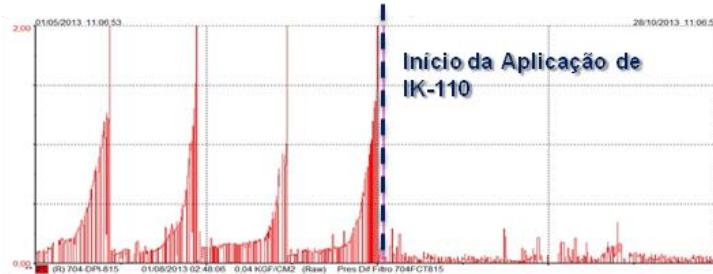
| Parâmetro   | Antes IK                | Após IK                |
|---|-------------------------|------------------------|
| Campanha do Sistema de Osmose Reversa                       | 20 dias                 | 60 dias                |
| Vida Útil dos Filtros Cartucho de 10 micra                  | 20 dias                 | 45 dias                |
| Vida Útil dos Filtros Cartucho de 5 micra                   | 20 dias                 | 90 dias                |
| Frequência Média de Operação da Bomba de Alta Pressão       | 56 Hz                   | 51 Hz                  |
| Frequência de Regeneração do Leito Misto pós Osmose Reversa | 15 regenerações por mês | 7 regenerações por mês |

A seguir, são apresentados os gráficos retirados do painel de controle do sistema de osmose reversa submetido à ação do biocida IK:



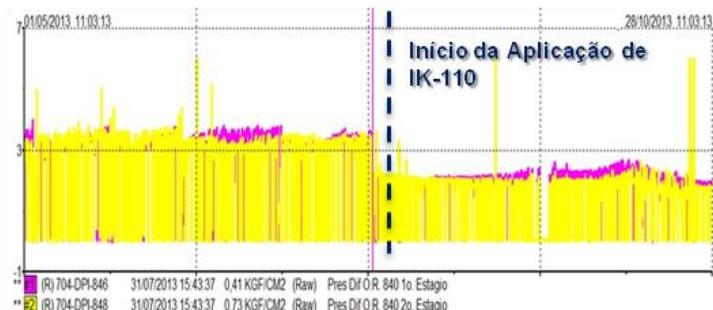
**Figura 7: Variação da Pressão dos Filtros de Cartucho de 10 micra.**

A Figura 7 demonstra a perda de carga relativa à filtração da água de alimentação do sistema de osmose reversa no primeiro conjunto de filtros de cartucho, os quais possuem 10 micra de porosidade. Neste gráfico, cada pico de pressão representa uma troca do conjunto de filtros e é possível notar que após o início da aplicação do biocida IK, a campanha dos filtros foi estendida. Vale destacar que a segunda campanha indicada no gráfico em questão foi reduzida devido a uma parada geral da planta.



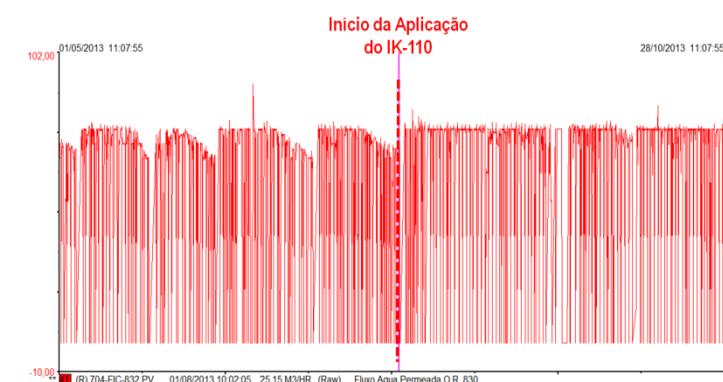
**Figura 8: Variação da Pressão dos Filtros de Cartucho de 5 micra.**

A Figura 8 demonstra a perda de carga relativa à filtração da água de alimentação do sistema de osmose reversa no segundo conjunto de filtros de cartucho, os quais possuem porosidade de 5 micra. Em tal conjunto de filtros, nota-se que a variação da pressão sofreu uma queda brusca após o início do tratamento com o biocida IK, o que permitiu uma grande extensão da vida útil dos mesmos.



**Figura 9: Variação da Pressão nos Dois Estágios do Sistema de Osmose Reversa.**

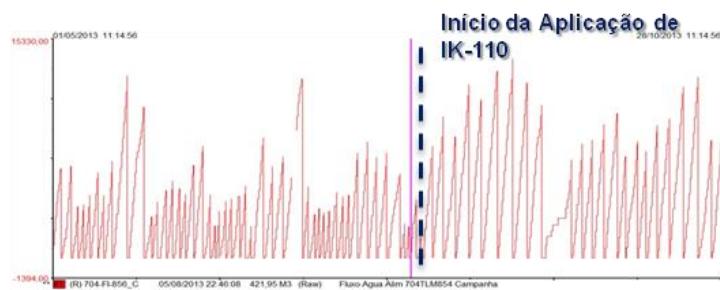
A Figura 9 indica claramente uma redução na perda de carga nos dois estágios do sistema de osmose reversa, o que demonstra que houve a diminuição da quantidade de depósitos na superfície das membranas instaladas em tal sistema. Tal condição permite uma campanha mais longa para o sistema, com a produção de uma vazão de permeado mais estável, além de exigir uma menor pressão de alimentação para que seja alcançado o volume desejado de água tratada.



**Figura 10: Variação da Vazão de Alimentação do Sistema de Osmose Reversa.**

A Figura 10 demonstra que após o início da aplicação do biocida IK, a vazão de alimentação do sistema de osmose reversa permaneceu constante por um maior período. O esquema de operação deste trem de osmose reversa é tal que a bomba de alta pressão tem a sua frequência regulada de forma a manter uma vazão de alimentação que permita a produção desejada de permeado, respeitando-se a taxa de recuperação pretendida para o sistema, bem como o limite de pressão tolerado pelas membranas. Tão logo a frequência máxima de operação da bomba de alta pressão seja atingida, o sistema permanece em operação durante o período no qual a vazão de permeado obtida seja adequada para a operação da planta. No caso ilustrado pela Figura 10, a manutenção de uma vazão constante de alimentação por um tempo maior indica que o sistema operou por mais tempo com uma menor presença de depósitos.

A comparação entre a média da frequência da bomba de alta pressão nos três meses anteriores ao teste e nos três meses de teste aponta que houve redução da frequência de 56 Hz para 51 Hz.



**Figura 11: Evolução da Campanha do Leito Misto.**

A Figura 11 apresenta a operação do leito misto utilizado para o polimento do permeado produzido, onde cada pico representa uma regeneração das resinas e a altura dos mesmos indica a quantidade de água que foi tratada durante a campanha. Por este gráfico, fica nítido que a campanha do leito misto foi estendida após a introdução do biocida IK, sendo um indicativo de que o permeado produzido teve a sua qualidade melhorada.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no teste de três meses em uma planta real de osmose reversa, instalada em uma indústria de papel e celulose localizada no Estado de São Paulo, os ganhos relativos à aplicação do biocida IK ficam claros, sendo que os mesmos são provenientes da ação de tal produto em quebrar moléculas orgânicas de alto peso molecular em moléculas de menor peso molecular e, assim, reduzir a aderência do biofilme formado em sistemas de osmose reversa.

A aplicação do produto em questão pode trazer benefícios ao longo de toda a cadeia de produção de água permeada, em especial no prolongamento da vida útil dos filtros de cartucho instalados a montante dos sistemas de osmose reversa, na redução do consumo de energia pela bomba de alta pressão, na extensão da campanha operacional dos próprios sistemas de OR, na redução da perda de carga ao longo do processo de produção de permeado, na melhora da qualidade final da corrente permeado e também no prolongamento da vida útil dos próprios elementos filtrantes instalados no sistema tratado, visto que o número de limpezas químicas em tais sistemas será reduzido e a vida útil das membranas de OR estão diretamente ligadas ao número de limpezas às quais as mesmas são submetidas.

#### REFERÊNCIAS

1. Matsumoto, K., Aoki, T., Hirao, T., Yoda, K., Morita, A., Nagai, N., Ikuno, N., Uemura, K. "Nova Tecnologia para Controle de Biofouling em Membranas de Osmose Reversa", ABTCP (2010).
2. Vários trabalhos técnicos internos da Kurita do Brasil, não publicados.
3. Vários trabalhos técnicos internos da Kurita Water Industries, não publicados.