

## INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS IMPLEMENTADAS PELA CESP NO MANEJO E CONTROLE DO MEXILHÃO DOURADO

**A.L. MUSTAFÁ\***  
CESP  
Brasil

**R.A. BONAFÉ**  
CESP  
Brasil

**Resumo** – O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) é uma espécie exótica que chegou ao continente sul americano através da água de lastro de navios mercantes oriundos da Ásia. Em Usinas Hidrelétricas, a invasão, estabelecimento e crescimento de populações de mexilhão dourado proporcionam incrementos nos custos e prazos de manutenção das unidades geradoras. Foram implementadas medidas e desenvolvimentos tecnológicos adotadas na CESP, visando o manejo e controle do mexilhão dourado.

**Palavras chave:** Mexilhão Dourado – Controle – Combate – Antiincrustante – Água de Resfriamento

### 1. INTRODUÇÃO

O *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae), conhecido vulgarmente como Mexilhão Dourado é uma espécie invasora de molusco bivalve originário da China e região Sudeste da Ásia, provavelmente com sua introdução ocorrendo através da água de lastro de navios. Foi identificado pela primeira vez na América do Sul, em 1991, na Bacia do Prata, Argentina. Em 1998, foi registrada a presença do molusco na foz do Rio Jacuí, próximo a Porto Alegre. Hoje, já está presente nos Rios Guaíba, Iguacú, Alto Paraná, no Tietê já foi encontrado em Barra Bonita, chegando no Paraguai até o município de Cáceres.

Na CESP, o primeiro registro ocorreu em agosto de 2002, em uma Unidade Geradora da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera), sendo que, o organismo nesta época ocorria a meio trecho montante, sentindo UHE Eng. Souza Dias (Jupiá), constatando sua presença em janeiro de 2004 na referida Usina e na UHE Ilha Solteira em fevereiro de 2004 e, quando finalmente, foi detectado o Mexilhão Dourado na UHE Três Irmãos em novembro de 2005.

Em 10 anos alcançou uma ampla distribuição podendo atingir densidades que superam os 120.000 indivíduos por metro quadrado [1]. Os impactos ambientais e econômicos que vem sendo provocados pelo crescimento descontrolado de *L. fortunei* assemelham-se aqueles ocorridos na Europa e América do Norte em razão da invasão do Mexilhão Zebra (*Dreissena polymorfa*)[2].

A invasão, estabelecimento e crescimento de populações do Mexilhão Dourado em corpos hídricos provocam: entupimento de tubulações e filtros em usinas hidrelétricas, aumento da frequência de limpeza e manutenção (aumento de custos), aumento de corrosão, nas empresas de abastecimento de água potável entupimento das bombas de aspiração de água e tubulações, telas de tanque-rede de piscicultura, sistemas de irrigação e aderência em embarcações e roupas de competidores de esportes náuticos.

A CESP vem se preparando para controlar o Mexilhão Dourado em suas usinas de modo a não prejudicar a geração de energia elétrica e monitorar os impactos ambientais, por meio de um Programa de Manejo e Controle do Mexilhão Dourado em seus reservatórios. Algumas ações foram implantadas e serão descritas posteriormente. A incrustação do Mexilhão Dourado na grade de tomada d'água da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera) sem a utilização de qualquer tratamento pode ser visualizada na Fig.1 abaixo.



Fig. 1 - Bioincrustação na grade de tomada d'água retirada da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera)

## 2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

### 2.1 Ponteiras de aço carbono em máquinas limpa grades

Foram implementadas melhorias no rastelo (caçamba) da máquina limpa grades, para aumentar a eficiência do processo de limpeza de troncos de madeira, plantas aquáticas e mexilhões dourados impregnanados nas grades de tomada d'água da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera), proporcionando ganhos significativos na disponibilidade das Unidades Geradoras da referida Usina.

Em face do alto custo e dificuldade em substituir as máquinas limpa grades, a Manutenção e Operação da CESP efetuou experimentos no rastelo da máquina limpa grades. As melhorias consistiram em instalar ponteiras de aço carbono soldados para retirar madeiras e plantas aquáticas presas nas grades e tiras de borrachas para retirar os mexilhões dourados (ver Fig. 2).

A eficiência do rastelo com a posição aberta ou fechada é diferente decorrente do tipo de volume de detritos. A limpeza de ilhas flutuantes de plantas aquáticas é feita com rastelo aberto, para permitir que a mesma desça até atingir o fim de curso. Quando a descida do rastelo não atingir o fim de curso, faz-se necessário descer o mesmona posição fechada, de forma que as ponteiras desloquem ou penetrem nas madeiras ou outros tipos de detritos. Esta operação é efetuada até que se conclua o ciclo de descida do rastelo até o fim do curso do mesmo. Durante este processo as tiras de borracha instaladas efetuam a limpeza dos mexilhões incrustados nos vãos das grades.

A tira de borracha utilizada é do tipo Nitrílica, que em princípio é um material que possui propriedades mais resistentes para trabalho submerso em água e mais adequado para retirar mexilhões dourados impregnanados nas grades. Já as ponteiras são fixadas de modo a garantir sua troca de forma rápida e eficiente, são em formato de baionetas para cortar as plantas aquáticas e deslocar os troncos de madeira para o fundo, sendo de um material com alta resistência mecânica (aço carbono).

### 2.2 Modificações em equipamentos

Foram realizadas algumas modificações nos projetos originais das Unidades de Produção da CESP:

- O filtro de corpo duplo da vedação de eixo encontrava-se enterrado na posição original de projeto, foi modificado, facilitando o acesso para limpeza e manutenção, com drenos de alívio e condição segura de trabalho (ver Fig. 3);
- Na tubulação de água de refrigeração do regulador de velocidade as válvulas borboletas não flangeadas, impossibilitavam a abertura dos trocadores para limpeza sem parada da Unidade Geradora, sendo estas substituídas por válvulas de esfera flangeada nas extremidades possibilitando a abertura do trocador para limpeza colocando o reserva em operação;
- Tubulações de água de refrigeração do mancal de escora possuíam válvulas borboletas não flangeadas, o que impossibilitava a abertura dos trocadores para limpeza e parada das Unidades Geradoras. Na mesma

tubulação foram substituídas as válvulas borboletas por válvulas de gaveta flangeadas nas extremidades possibilitando a abertura da tubulação através de retro lavagem sem necessidade de abrir o trocador de calor e para a Unidade Geradora.



Fig. 2 – Modificações no limpa grades da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera)



Fig. 3 – Modificações em filtros facilitando limpeza e manutenção

## 2.3 Ativos Antiincrustantes

### 2.3.1 Dicloroisocianurato de sódio (Dicloro)

A injeção do ativo dicloroisocianurato de sódio (Dicloro) na tubulação de água de resfriamento das unidades geradoras entrou em funcionamento em 21/05/2006. Esse sistema basicamente compõe-se de bombas dosadoras que injetam ativos em intervalos definidos (2 horas/dia) com uma concentração determinada (1,5 ppm). A bomba dosadora faz a injeção de solução líquida. Como o produto de cloro utilizado é fornecido em forma de pastilha sólida, há necessidade de unidade de dissolução de cloro sólido em líquido, sendo uma Unidade de preparação de cloro automatizada (ver Fig. 4 e Fig. 5).

Esta unidade tem a função de realizar a preparação de solução a base de cloro líquido com concentração média de 2% (dois por cento) de cloro ativo, através da dissolução das pastilhas sólidas de sais de cloro em um reservatório de capacidade nominal de 1.000 litros.

Como o dicloro é fornecido na forma de pastilhas efervescentes, são derivados clorados de origem orgânica, possuem baixos níveis de sólidos insolúveis (incrustação), apresentam maior estabilidade ao armazenamento, não formam trihalometanos (THMs) em níveis significativos, e proporcionam menores riscos de corrosividade.

O Dicloro já é aprovado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, através da Resolução nº 150, de 28 de maio de 1999 e já vem sendo aplicado em processos de desinfecção em águas para abastecimento público. O Dicloro já faz parte da nova realidade de desinfecção de água potável para cidades de pequeno porte, como Juiz de Fora - MG desde 1996.

Os valores de cloro residual que estão sendo medidos e monitorados (valores alterando entre 0,10 a 0,16 ppm) nos sistemas de resfriamento das Unidades Geradoras atende o preconizado na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, classifica o cloro como substância potencialmente prejudicial e o teor máximo estabelecido é de 1,0 ppm de Cloro residual (combinado + livre) em águas.



Fig. 4 - Unidade de preparação de cloro

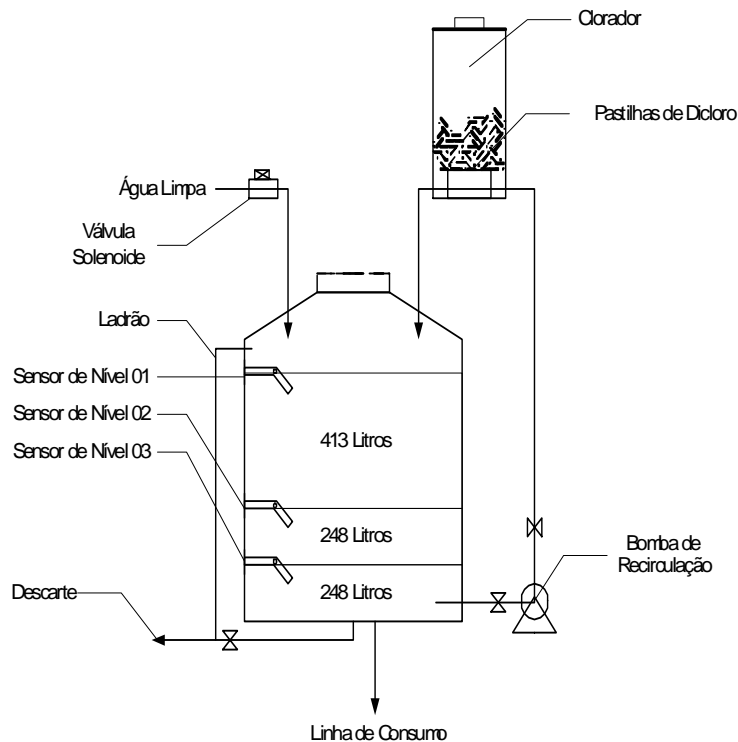


Fig. 5 - Unidade de preparação de cloro automatizada

### 2.3.2 MXD 100

O antiincrustante tem o nome comercial de MXD 100, sendo um composto à base de extratos de taninos. O papel dos taninos é proteger os tecidos dos vegetais contra o ataque dos insetos, fungos ou de bactérias. É considerado um sistema de defesa passiva relativamente eficaz. Os taninos industriais são extraídos a partir de um grande número de espécies vegetais e tem por origem as partes lignificadas, os frutos ou as protuberâncias de origem patógena. As propriedades dos taninos estão ligadas à sua capacidade de formar complexos com as proteínas que participam, neste caso, da proteção dos tecidos em relação às agressões microbiológicas. Seu estado físico é líquido, sendo uma solução básica/ alcalina (pH variando de 9.7 a 10.7), têm caráter catiônico, com tendência a não iônico. O antiincrustante MXD 100 apresenta um grau de biodegradabilidade de 71,5% em 28 dias.

O ponto de dosagem do produto foi instalado na tubulação de entrada, imediatamente anterior aos filtros de água bruta. Um temporizador foi acoplado à bomba dosadora, sendo programado para dosar 3 vezes ao dia, nos seguintes horários: 7:00, 15:00 e 23:00 hs. A concentração de dosagem é de 7 ppm, com dosagens ocorrendo durante 10 minutos em cada um dos horários programados, perfazendo um total de 15 L/dia.

Na avaliação técnica após dois anos pudemos constatar:

- É um produto capaz de atenuar a decomposição e eliminar a formação de odores desagradáveis, podendo ser utilizado como desodorizador;
- Dentro das condições avaliadas o produto mostrou-se eficiente para o controle da espécie em sistemas industriais, ressaltando-se que as concentrações do MXD 100 para as aplicações de controle vão depender das características de cada sistema, inclusive as operacionais, do nível de infestação, além das características de qualidade das águas utilizadas;

- Não ocasiona desgastes de superfícies (corrosão), pois é um produto, com pH variando entre 9,7 e 10,7, possuindo caráter iônico básico, levando vantagem sobre alguns produtos antiincrustantes, oxidantes e corrosivos, presentes no mercado;

Foram realizados ensaios ecotoxicológicos, corrosivos, testes de toxicidade com alevinos, contagem de estágios larvais, pós-larvais e adultos do mexilhão dourado, assegurando a confiabilidade ambiental dos testes nas concentrações testadas.

Os testes no sistema de resfriamento de água das UHEs Eng. Sérgio Motta e Ilha Solteira tiveram uma duração de quase dois anos (outubro de 2005 a julho de 2007), sendo um período considerável para avaliar o produto MXD 100. Concluiu-se que o mesmo teve um bom desempenho quanto à minimização da fixação do mexilhão dourado, podendo ser uma alternativa viável de controle desta espécie.

### **2.3.3 Degaclean® 150**

Foram realizados testes de dosagem do produto Degaclean® 150 no sistema de resfriamento das UHEs Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera) e Ilha Solteira no período compreendido entre agosto de 2005 e julho de 2007. O Produto conhecido comercialmente como Degaclean® 150, é uma marca registrada para uma faixa de soluções aquosas de peróxido de hidrogênio e perácido orgânico. É um líquido incolor, límpido, estável e miscível em água em qualquer proporção. Os produtos da decomposição do Degaclean® 150 após o tratamento são água, oxigênio e um baixo teor residual de constituintes orgânicos que são facilmente degradados biologicamente em CO<sub>2</sub>.

A partir de testes de ecotoxicidade, avaliando risco ambiental, pudemos concluir que nas concentrações analisadas o Degaclean® 150 não apresentava toxicidade e optou-se por testar este produto em sistemas de resfriamento de água do Brasil.

Devida à alta temperatura de água (25°C ~30°C) e conseqüentemente maior consumo do produto, definiu-se que seria aplicado 60 mg/l de Degaclean® 150 em peso durante 15 min/dia e a dosagem automática de produto foi programada, com o auxílio de um painel de controle com um timer, para dosar das 09:00 – 09:15 h, diariamente, totalizando 7,65 l/dia.

Levou-se de 3 a 4 minutos para o residual do PAA começar a aparecer no final do sistema de resfriamento, distante 100 m, aproximadamente, do ponto de dosagem do produto. O valor do residual de PAA é inferior a 5,0 mg/l e foram medidos através das varilhas de Merck.

Nas inspeções realizadas após 02 anos (outubro de 2005 a julho de 2007) de testes com o produto Degaclean® 150 verificamos os seguintes resultados:

- É um produto capaz de inibir a fixação do mexilhão dourado em sistemas de resfriamento de água, sendo uma marca registrada para uma faixa de soluções aquosas de peróxido de hidrogênio e perácido orgânico;
- Ele é um líquido incolor, límpido, estável e miscível em água em qualquer proporção, os produtos da decomposição do Degaclean® 150 após o tratamento são: água, oxigênio e um baixo teor de residual de constituintes orgânicos que são facilmente degradados biologicamente em CO<sub>2</sub> não causando qualquer dano biológico ou ecológico ao corpo de água receptor;
- Não foi observada uma relação entre a dosagem do produto recomendado e mudança no valor de pH da água tratada; Já é um produto utilizado no tratamento de água residuária industrial e municipal, sendo muito mais rápido e eficiente se comparado a outras técnicas empregadas, como o uso de cloro para reduzir teores de coliformes fecais;
- Anterior aos testes, com o Degaclean® 150, nas UPs da CESP, foi realizado teste operacional em uma planta química de grande porte atestando sua eficiência quanto a formação do biofouling e de fixação de mexilhões;
- Uma dosagem baixa e contínua, com altas vazões, mostrou ser economicamente inviável. Conseqüentemente, uma dosagem de choque por dia por um período de 15 minutos trouxe ótimos resultados quanto à eficiência e economia;

- A quantidade a ser dosada, bem como sua concentração, depende de características específicas de cada Unidade de Produção, devendo realizar-se ensaios ecotoxicológicos e corrosivos em laboratórios competentes, assegurando a confiabilidade ambiental dos testes;
- Deve-se evitar o contato do produto concentrado com metais como cobre, ferro, latão, bronze e zinco, dando preferência a materiais como Aço Inox, PTFE, PEAD, PP, PVC;

## 2.4 Revestimento Antiincrustante

Após estudos em laboratório e testes em campo com duração superior a dois anos foram desenvolvidos revestimentos adaptados para água doce, de desgaste por hidrólise e erosão quando imersos, de forma que o desprendimento do biocida, presente na sua formulação, é constante durante toda a vida útil do revestimento. A espessura do antiincrustante vai se desgastando camada a camada até que o produto seja totalmente consumido. São revestimentos de fácil aplicação diminuindo o tempo e seus custos, são tintas ecológicas que apresentam uma maior resistência química e à corrosão por utilizar resinas modificadas e aditivos de alta performance, além de apresentarem uma película menos porosa, por serem isentos de solventes. Possuem alta aderência, sem odor, são produtos isentos de metais pesados que são substituídos por pigmentos orgânicos, apresentam um alto custo/benefício, são livres do alcatrão de hulha em sua formulação reduzindo o potencial cancerígeno. Para a realização de pinturas em substratos são recomendados que sejam aplicados 3 demãos de 100 – 120 µm cada, perfazendo um total de 300 - 360 µm, com uma expectativa de vida de 3 a 4 anos. Além disso, a linha de tintas antiincrustantes foram desenvolvidas em conformidade com a legislação internacional da IMO, que é a norma que regula atualmente o uso de tintas antiincrustantes, assegurando a confiabilidade do uso dos mesmos, além de observar o disposto na Resolução Nº 357 do CONAMA que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos de água.

Após 02 anos avaliando os revestimentos antiincrustantes em substratos da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera), podemos perceber um desempenho excepcional no combate a incrustação do Mexilhão Dourado, com redução de custos de manutenção, mão-de-obra e na redução da frequência da parada e limpeza das máquinas, assegurando a confiabilidade do uso dos mesmos (ver Fig. 6).



Fig. 6 – Grades revestidas com antiincrustantes e retiradas para inspeção após 02 anos de testes

## 3. CONCLUSÕES

O Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) é uma espécie invasora, com grande capacidade de incrustação, com rápida taxa de crescimento e reprodução. Esta espécie causa grandes impactos econômicos, inconvenientes operacionais em usinas e sistemas de captação de água, aumento de custo e do tempo das manutenções, entre outros. Como o Mexilhão Dourado se instalou primeiramente na UHE Eng. Sergio Motta (Porto Primavera) e o grau de infestação desta espécie invasora é mais elevado, quase todos os esforços e pesquisas foram desenvolvidas na referida Usina, e em momento oportuno se estenderão as demais Usinas da CESP atingidas pelo problema de bioincrustação.

Quanto as inovações que contemplam a máquina limpa grades, sabemos que os ganhos são óbvios e significativos, principalmente considerando que haverá diminuição significativa do custo da logística para limpeza (mergulhadores e guindastes) e maior disponibilidade das unidades geradoras devida a limpeza, ser feita com a unidade geradora em operação. Além de todos os ganhos financeiros, também serão realizadas limpezas de forma mais planejada, mais segura e rápida.

Com a implantação dos sistemas de injeção de ativos antiincrustantes no sistema de resfriamento das Unidades Geradoras da CESP, estão sendo eliminados os problemas de incrustações nas tubulações e nos trocadores de calor, onde pelos resultados observados verifica-se que além do controle da presença do mexilhão, estão ocorrendo também a eliminação de microrganismos, com a diminuição dos níveis de manutenção de limpeza dos filtros d'água bruta e trocadores de calor.

Todos os testes realizados com os revestimentos e com ativos antiincrustantes no sistema de resfriamento da companhia estão em conformidade com as legislações ambientais existentes (Resolução N° 357 do CONAMA, com teor máximo estabelecido de algumas substâncias para águas doces de Classe 1), assegurando a confiabilidade do uso dos mesmos. Por exemplo, os revestimentos antiincrustantes atendem a resolução da IMO, pois estão isentos de TBT ou qualquer derivado de Estanho.

As bombas dosadoras de ativos podem ser utilizadas para os mais diversos tipos de ativos, devendo sempre priorizar na escolha da utilização de ativos que traga uma boa relação de custos/benefícios e atentar para as particularidades de cada sistema.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] G. Pastorino, G. Darrigran, G.S. Martin, & L. Lunaschi, "Limnoperna fortunei (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio de la Plata", Neotropica 39 (101-102): 34. Apr.1993.

[2] DARRIGAN, G. A. Invasores en la Cuenca del Plata. Ciencia Hoy, v.7, n.38. 1997.