



Prevenção de
Bioincrustação por Mexilhões



Hidrelétrica



Paraná, Brazil

Controle de Bioincrustação na Usina Hidrelétrica Governador José Richa, Brasil

Contexto

Entre maio de 2022 e julho de 2023, foi conduzido um estudo abrangente para avaliar a eficiência do sistema HOD™ (Desinfecção Hidro-Óptica) UV no controle de bioincrustação na Usina Hidrelétrica Governador José Richa, operada pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), localizada no rio Iguaçu, Paraná, Brasil. A usina possui quatro unidades geradoras de 310 MW cada, totalizando uma capacidade instalada de 1240 MW.

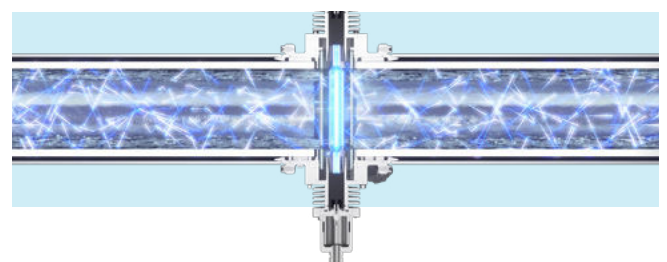
A radiação UV é amplamente reconhecida por sua eficácia na eliminação de microrganismos em sistemas hídricos e tem sido extensivamente estudada para aplicação em tratamento de água potável, preservando sua qualidade. O sistema HOD UV foi aprovado por órgãos federais brasileiros, como o MAPA (Ofício nº 57/2018/CGAA) e o IBAMA (Ofício nº 336/2020/DIQUA), obtendo autorização para uso no Brasil.

Solução

A instalação piloto na Usina Governador José Richa utilizou o sistema HOD UV da Atlantium, que conta com a tecnologia patenteada de Reflexão Interna Total (TIR). Essa tecnologia maximiza a energia da luz UV, garantindo uma distribuição homogênea da dose de UV e proporcionando maior eficiência e potência (kW) em comparação com os sistemas UV convencionais. A TIR, baseada em princípios semelhantes aos da fibra óptica, reflete a luz UV dentro da câmara do sistema, otimizando seu desempenho.

Um componente essencial da instalação foi o sistema integrado de monitoramento e controle do HOD UV. Essa configuração inclui um sensor UV dedicado para cada

lâmpada, um sensor integrado de transmitância UV (UVT) e dados fornecidos por um medidor de vazão externo. Esses elementos operam de forma integrada para garantir que a dose de UV fornecida seja ajustada às necessidades específicas de cada aplicação. Esse nível de controle foi fundamental para alcançar resultados consistentes e de alta qualidade, especialmente devido às variações significativas na transmitância da água observadas durante o período de teste de 12 meses. Para otimizar o desempenho, a instalação também incorporou um filtro de malha autolimpante de 125 microns, posicionado antes do sistema HOD UV. Esse filtro remove eficazmente partículas maiores e conchas de mexilhões da água, evitando que elas bloqueiem a radiação UV e comprometam a eficiência do processo de desinfecção. A instalação piloto foi realizada na unidade geradora 4 (310 MW), que continuou utilizando produtos químicos para controlar mexilhões, hidrozoários e lodo. Esses contaminantes estavam presentes em grandes quantidades na linha de água do sistema de resfriamento dos mancais, o que gerava problemas frequentes de manutenção. O sistema HOD UV demonstrou ser altamente eficaz na resolução desses desafios, destacando-se por sua capacidade de manter uma operação eficiente e confiável.



O projeto foi executado em três etapas:

1. Durante um período de 12 meses, foram coletadas amostras mensais de 9 BioBoxes. Essas amostras incluíram 1 amostra de água bruta e 8 amostras coletadas nas entradas e saídas dos sistemas de resfriamento de cada uma das quatro unidades geradoras da usina. Posteriormente, essas amostras foram analisadas no laboratório da Universidade Federal do Paraná (UFPR).
2. Ao final do período de 12 meses, a usina foi desativada para a realização de manutenção programada. Durante esse período, os sistemas de resfriamento foram abertos, inspecionados e analisados in situ.
3. Análise detalhada dos dados de manutenção do trocador de calor da usina.



Sistema HOD UV composto por um filtro e pelo sistema HOD UV, instalado no sistema de resfriamento da unidade geradora 4 da Usina Hidrelétrica Governador José Richa.



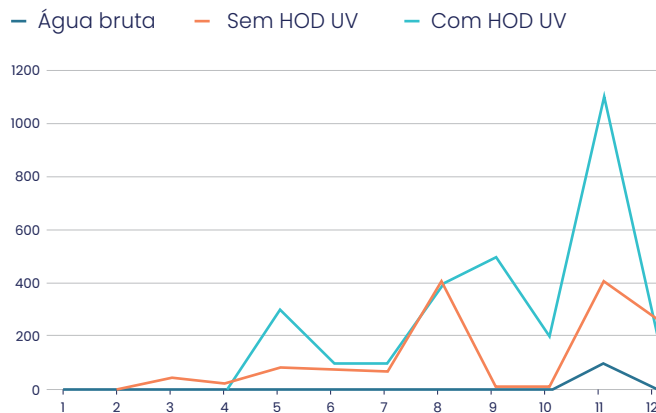
BioBox instalado no sistema de resfriamento da Usina Hidrelétrica Governador José Richa.

Resultados

Etapa I: Presença de Mexilhões nas Placas de Amostra

As placas analisadas mensalmente em laboratório mostraram uma variação na presença de mexilhões ao longo do tempo.

Variação no número de mexilhões ao longo de 12 meses

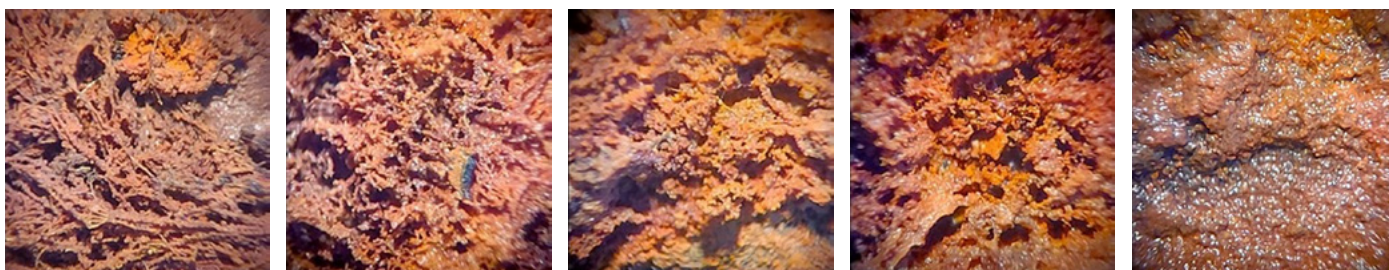


Como ilustrado no gráfico acima, os dados coletados ao longo de 12 meses revelam uma variação mensal na quantidade de mexilhões. A primeira coleta de dados foi realizada em junho de 2022. Na terceira coleta (agosto de 2022), os primeiros exemplares começaram a ser detectados, e na quinta coleta (outubro de 2022) foi registrado o primeiro pico de recrutamento larval.

A partir da coleta 8 (janeiro de 2023), iniciou-se um processo contínuo e prolongado de recrutamento larval, que se estendeu até a coleta 11 (abril de 2023). Essa espécie é conhecida por apresentar dois picos de recrutamento ao longo do ano: um menos intenso no início da primavera e outro mais acentuado no início do verão, o que foi confirmado pelos resultados obtidos.

O pico de recrutamento esperado para o verão ocorreu mais tardiamente e se estendeu por um período mais longo, possivelmente devido às fortes chuvas da primavera, que causaram variações na turbidez da água e na disponibilidade de fitoplâncton, principal alimento do mexilhão dourado. No entanto, foi possível identificar claramente os períodos de recrutamento.

As 12 placas do BioBox 1 foram expostas à água bruta do reservatório sem tratamento de controle durante os 12 meses, o que explica a maior quantidade de mexilhões neste BioBox. Já os BioBoxes 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 não receberam tratamento com radiação UV, enquanto o BioBox 9 teve a água tratada pelo sistema HOD UV.



BioBox 2

BioBox 4

BioBox 6

BioBox 8

BioBox 9 (HOD UV)

Imagens microscópicas que demonstram a ausência de hidrozoários na placa do BioBox 9 em comparação com as outras.

Quantidade de mexilhões por metro quadrado, por tratamento

Meses	Água Bruta	Sem UV	Com UV
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	42.8	0
4	0	28.5	0
5	300	85.71	0
6	100	85.71	0
7	100	71.4	0
8	400	414.2	0
9	500	14.28	0
10	200	14.28	0
11	1100	414.2	100
12	20	271.4	0
Total	226.67	120.21	8.33

Redução do % de biofouling

Água Bruta	0%
Sem UV	50.5%
Com UV	96.7%

A tabela evidencia a diferença entre os três tratamentos, destacando que o sistema HOD UV obteve um melhor controle sobre o mexilhão dourado: ao longo dos 12 meses do experimento, o BioBox 9, equipada com o sistema HOD UV, apresentou apenas um exemplar de mexilhão dourado na coleta 11 (abril de 2023). O quadro apresenta o número médio de mexilhões por metro quadrado para cada um dos três tratamentos. (Nota: na média, os dados do BioBox que apresentou problemas de circulação de água durante o experimento foram excluídos).

Em relação ao BioBox 1, que utilizou água bruta como o pior cenário possível em termos de número de mexilhões nas placas, a tabela apresenta o percentual de redução do bioincrustação dos dois métodos de controle avaliados.

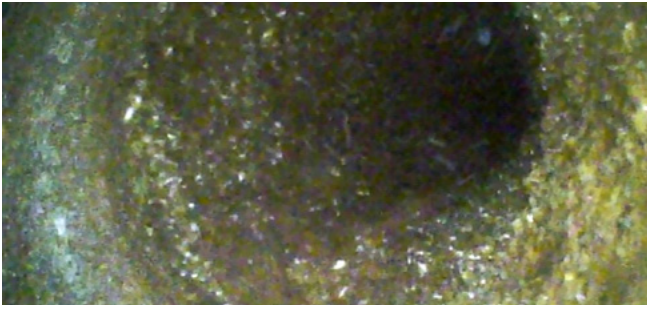
A tabela também reflete a menor presença de hidrozoários na placa do BioBox 9 na coleta número 6, um fenômeno que se repetiu ao longo de todo o experimento, e mostra a redução do bioincrustação expressa em percentual.

Etapa 2: Raspagem de Tubulações

Os pontos das tubulações localizados antes do sistema HOD UV apresentaram altas densidades de mexilhões adultos, baba e hidrozoários. Em contrapartida, os pontos selecionados após o sistema HOD UV mostraram uma presença reduzida ou nula desses organismos bioincrustantes, evidenciando o efeito positivo do sistema HOD UV no controle do bioincrustação.

A raspagem das tubulações antes do sistema HOD UV revelou uma densidade de 126.600 mexilhões/m², enquanto nas tubulações após o sistema HOD UV, a densidade média foi de 2.844 mexilhões/m², com vários pontos sem presença de organismos bioincrustantes, o que resultou em uma redução estimada do bioincrustação de 97,75%.

A pesagem do material raspado foi fundamental para quantificar a quantidade de hidrozoários e detectar a presença de lodo férrico. Esse peso refletiu o total de bioincrustação presente na tubulação, levando em consideração todos os organismos observados. Na tubulação antes do sistema HOD UV, o peso registrado foi de 35,5 g a cada 100 cm², enquanto nas tubulações posteriores ao sistema HOD UV, o peso médio foi de 2,35 g por 100 cm², o que representa uma redução média de 93,3% na quantidade de mexilhões. Além disso, foi utilizado um boroscópio em pontos estratégicos onde não foi possível realizar a raspagem, e os resultados obtidos foram semelhantes: os pontos inspecionados antes do sistema HOD UV mostraram altas densidades de mexilhões, hidrozoários e lodo, como evidenciado na imagem capturada pelo boroscópio na tubulação de resfriamento do mancal, antes de passar pelo sistema HOD UV. Nesse ponto, além da imagem, foi possível coletar uma camada de organismos aderidos à tubulação.



Fotografia boroscópica que mostra a presença abundante de mexilhões, lodo e hidrozoários na tubulação, antes do sistema HOD UV.

Os pontos inspecionados após o sistema HOD UV mostraram poucos ou nenhum organismo aderido.



Fotografia boroscópica da tubulação de resfriamento do mancal, após o sistema HOD UV, sem presença de mexilhões, lodo ou hidrozoários. As manchas visíveis na imagem correspondem à corrosão antiga na tubulação.

Etapa 3: Análise dos dados de limpeza do sistema de resfriamento da usina.

A COPEL monitora todos os trocadores de calor na linha de mancais diariamente, e os dados foram analisados em conjunto ao longo de todo o experimento. Ao final da análise desses dados, constatou-se que o aumento no diferencial de pressão dos trocadores de calor durante o período do experimento foi mais lento na unidade geradora 4, onde estava instalado o sistema HOD UV.

Os dados coletados mostraram que a taxa de aumento do diferencial de pressão (ΔP) no sistema de resfriamento dos mancais entre os períodos de limpeza, com um aumento gradual no diferencial de pressão (ou "taxa de bioincrustação"), foi 70% mais lenta na

unidade geradora 4, onde foi instalado o sistema HOD UV. Isso indicou que as outras unidades geradoras apresentaram uma maior presença de organismos bioincrustantes, o que acelerou o aumento do diferencial de pressão e exigiu limpezas mais frequentes. Os dados do mancal de suporte mostraram que o aumento gradual de pressão foi 25% mais lento na unidade geradora 4 equipada com o sistema HOD UV.

Ao analisar os dados do mancal da Unidade 4 antes do início do experimento em 2021, observou-se uma melhoria significativa na quantidade de limpezas necessárias. Com a instalação do sistema HOD UV na Unidade 4, a taxa de aumento do diferencial de pressão (ou "taxa de bioincrustação") foi 78% mais lenta. Todas as etapas foram realizadas de forma satisfatória, apresentando dados consistentes que permitiram obter conclusões cientificamente fundamentadas.

Ao longo do estudo, evidenciou-se que o sistema HOD UV teve um efeito positivo no controle do mexilhão dourado, do lodo férrico e dos hidrozoários no sistema de resfriamento da Usina Hidroelétrica Governador José Richa.

Menos Bioincrustação, Menos Manutenção

No estudo de 12 meses realizado com o BioBox, os resultados demonstraram uma redução significativa na quantidade de mexilhões, bem como no peso dos hidrozoários e do lodo, nas placas do BioBox 9 equipadas com o sistema HOD UV. A inspeção do sistema de resfriamento ao final do experimento também indicou uma diminuição de bioincrustação nas tubulações localizadas após a instalação do sistema HOD UV.

Além disso, a análise dos dados de limpeza dos trocadores de calor das quatro unidades geradoras da usina revelou uma redução na necessidade de manutenção da unidade 4, onde o sistema HOD UV foi implementado.

Os resultados dos experimentos e análises conduzidos ao longo de 13 meses corroboraram a mesma conclusão: o sistema HOD UV demonstrou ser altamente eficiente para o controle de bioincrustação, com capacidade de substituir os métodos químicos utilizados até o momento, apresentando um impacto ambiental reduzido e maior eficiência na mitigação do bioincrustação nos sistemas de resfriamento.

041224

Sobre Nós

Há mais de duas décadas, a Atlantium Technologies tem contribuído para garantir a segurança da água com sua inovadora tecnologia HOD™ (Desinfecção Hidro-Óptica) UV e sua abordagem diferenciada em desempenho, monitoramento e controle. As soluções superiores e ecológicas de tratamento de água da Atlantium asseguram uma produção estável, eficiente e confiável.

Com milhares de instalações em larga escala para marcas líderes em diversas indústrias ao redor do mundo, nos comprometemos a atender consistentemente às necessidades de qualidade da água de nossos clientes, garantindo resultados puros.

Pure Performance