



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GMI/18

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - XXII**

**GRUPO DE ESTUDO ASPCETOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI**

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (LÂMPADA DE MÉDIA PRESSÃO E ALTA INTENSIDADE, ATLANTIUM) COMO ALTERNATIVA PARA CONTROLE DE INCRUSTAÇÃO DO MOLUSCO INVASOR *Limnoperna fortunei* NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE USINA HIDRELÉTRICA.**

Marcia Divina de Oliveira (\*)  
**Embrapa Pantanal**

Edivaldo Silva Sobrinho  
**CESP**

Renata Claudi  
**RNT Consulting**

**RESUMO (100 palavras)**

A eficácia da radiação UV (lâmpada média pressão e alta intensidade, dose 80 mW-s/cm<sup>2</sup> equipamento Atlantium RZ 163-14) foi testado para controle de *Limnoperna fortunei*, o mexilhão dourado. Avaliou-se a porcentagem de larvas mortas e o assentamento de indivíduos < 1 e > 1 mm. A porcentagem de larvas mortas aumentou para 85 % após exposição, e o número de indivíduos < 1mm e > 1mm nas placas de PVC decresceu em 77-92% e 96-98%, respectivamente. Após 180 dias a densidade de indivíduos > 1mm no trocador de calor do mancal de escora foi de 533 ind.m<sup>-2</sup>, após 390 dias foi de 642 ind. m<sup>-2</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE**

Manutenção hidrelétrica, luz ultravioleta, espécies invasoras, incrustação, mexilhão dourado

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O molusco mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*, Dunker 1857) foi introduzido na bacia do Prata no início da década de 90 e atualmente está presente em três grandes vias navegáveis: Paraná, Paraguai e Uruguai, onde tem causado muitos prejuízos ambientais e econômicos, pouco dimensionados. Com exceção do rio Paraguai, os outros dois possuem vários reservatórios para geração de energia, com infestações nas unidades geradoras de energia (Oliveira et al., 2015). Um dos principais impactos dessa infestação é a redução do diâmetro das tubulações dificultando a circulação de água no sistema de refrigeração das hidrelétricas e outras indústrias instaladas em águas contaminadas com a espécie. Nas hidrelétricas, estruturas como grades, filtros e sistemas de refrigeração necessitam de controle da população para evitar perdas na geração de energia. O objetivo do setor de manutenção na unidade geradora é diminuir as paradas para limpeza dos trocadores de calor e radiadores, as quais se tornaram mais frequentes depois da chegada de *L. fortunei* em 2004. Os métodos de controle mais utilizados são mecânicos, como limpeza dos filtros e trocadores de calor, ou métodos químicos nos casos de maior infestação, com adição continuada de produto químico.

A radiação ultravioleta (UV) tem sido considerada uma importante alternativa para diminuir o assentamento de larvas dos mexilhões invasores que causam infestações nos sistemas de refrigeração das hidrelétricas, tanto na América do Norte como na América do Sul (Claudi e Oliveira, 2015; Oliveira et al. 2015). Claudi e Prescott (2013, 2014), realizando testes com UV em usinas hidrelétricas do rio Colorado (USA) observaram redução do assentamento de larvas dos mexilhões zebra e quagua em até 95% usando o equipamento Atlantium com lâmpadas UV de média pressão instalados diretamente em sistemas de fluxo contínuo de água bruta, entre 3.300 e 13.500 L/min. A qualidade da água, principalmente a turbidez e concentração de material suspenso, é o fator que mais interfere na eficiência da luz UV segundo Claudi e Oliveira (2015). Testes da eficácia da luz UV no controle *L. fortunei* também foram realizados por Santos et al. (2012) e Perepelizin e Boltovskoy (2014) na América do Sul, ambos observaram que a luz UV é capaz de inativar as larvas de *L. fortunei* com variação na dose necessária.

(\*) Embrapa Pantanal, Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320900, Corumbá- MS, Brasil. Tel: (+55) 67 3234 5893 Email: marcia.divina@embrapa.br

Porém seus estudos foram realizados usando lâmpadas de baixa pressão em experimentos fechados, em escala laboratorial. Neste estudo testou-se a eficácia da radiação UV fornecida pelo equipamento Atlantium RZ163-H instalado em fluxo de água contínuo, diretamente na tubulação da unidade geradora 1 da usina hidrelétrica Sérgio Mota-CESP, equipado com lâmpadas UV de média pressão e alta intensidade.

## 2.0 - METODOLOGIA

### 2.1 Sistema de radiação UV

O equipamento Atlantium RZ163-14 foi instalado na tubulação de água bruta da unidade 1 da usina Sergio Mota - CESP, reservatório de Porto Primavera, rio Paraná, em Maio de 2013. Esta tubulação abastece o sistema de refrigeração da turbina passando pelos sistemas de resfriamento do trocador de calor do mancal de escora, guia do gerador e do regulador de velocidade. A vazão da tubulação variou em torno de 100 L/min. A unidade instalada continha 4 lâmpadas de média pressão. É um equipamento capaz de monitorar continuamente os parâmetros que interferem na dose (vazão da tubulação (m<sup>3</sup>/h), temperatura da água (°C), UVT (%), potência da lâmpada (%) e UV dose (mW-s/cm<sup>2</sup>)), e assim ajustar automaticamente a dose em 80 mW-s/cm<sup>2</sup> durante todo o experimento. O equipamento funcionou com variações da UVT entre 80 e 87%, potência da lâmpada em 100%, fluxo de água entre 93 e 110 m<sup>3</sup>/h, temperatura da água entre 22 e 31 °C. A dose utilizada no estudo foi de 80 mW-s/cm<sup>2</sup>. O comprimento de onda UVC emitido pela lâmpada foi 253,7nm.

O experimento foi dividido em 5 etapas, distribuídos nos anos de 2013, 2014 e 2015, devido ao não funcionamento contínuo do equipamento, o qual apresentou manutenção pois estava em fase de ajustamento. Detalhes do funcionamento do equipamento pode ser visto no relatório da CESP (CESP, 2016). Os experimentos foram realizados da seguinte forma: Exp. 1, duração de 130 dias, período de Junho a Outubro; Exp. 2, duração de 74 dias, período de Novembro a Fevereiro; Exp. 3, duração de 90 dias, período de Fevereiro a Abril; Exp. 4, duração de 180 dias, período de Abril e Outubro; Exp. 5, duração de 210 dias para o assentamento de larvas (Novembro a Junho) e de 390 dias para os trocadores de calor (Maio a Junho). Nos experimentos 1, 2, 3, e 4 foram analisadas a densidade de larvas vivas e mortas e calculada a % de larvas planctônicas mortas após tratamento UV. O assentamento de larvas nas placas de PVC, instaladas nos tanques antes e após a UV, foram analisados nos 5 experimentos, expressos em número de indivíduos por m<sup>2</sup>, considerando o período de exposição. Nos experimentos 4 e 5 também foi avaliada a densidade de juvenis no sistema de refrigeração.

### 2.2 Análise das larvas planctônicas

A densidade de larvas foi estimada coletando-se 300 a 500 litros de água bruta, concentrados em rede de plâncton com malha de 36µm. Para verificar o efeito da luz UV foram analisadas as larvas de amostras coletadas antes e após o equipamento UV.

Após a coleta as amostras de plâncton foram mantidas em temperatura próxima aquela do momento da coleta. De cada amostra, coletada em triplicada, foram retiradas 3 sub-amostras homogêneas de 1ml cada e analisadas usando câmara de Sedgwick-Rafter sob microscópio ótico com aumento de 400x. As larvas foram classificadas como vivas e mortas, e calculada a porcentagem de mortas. Para distinguir entre larvas vivas e mortas foi considerada a movimentação da larva e movimentos no interior desta. Valvas vazias foram consideradas como mortas (Figura 1).



Figura 1. Comparação entre larvas vivas e mortas, observando a movimentação da larva, conteúdo interno e movimentos no interior da larva.

### 2.3 Assentamento das larvas em substratos artificiais

Para quantificar o assentamento de larvas nos substratos artificiais antes e depois da exposição à luz UV, 3 tanques foram instalados: antes do equipamento UV (Tanque 1), imediatamente após o equipamento (Tanque 2) e após passar pelo sistema de refrigeração, com atraso de aproximadamente 10 minutos depois da exposição à luz UV (Tanque 3). Cada tanque continha 200 L de água com fluxo contínuo, vazão média de 78 L/min. Os tanques foram fechados para evitar a entrada de luz. Como substrato para monitorar o assentamento das larvas, foram instalados dentro de cada tanque, 3 conjuntos de 3 placas de PVC com tamanho de 10 x 15 cm cada uma, suspensas verticalmente na coluna d'água. Nos tanques 1 e 2 também foi utilizado uma placa de concreto de 20 x 20 cm<sup>2</sup> disposta no fundo do tanque.

O assentamento de larvas (500 µm a 1mm) e de juvenis (>1mm) foi acompanhado nos 5 experimentos, por um tempo mínimo de 74 dias de exposição. Os experimentos foram realizados de forma independente, pois após cada coleta os tanques, as placas de PVC e as placas de concreto foram limpos para um novo período. Foram contados todos os indivíduos visíveis > 1mm, com ajuda de uma lupa manual, em cada uma das 9 placas de PVC e nas placas de concreto, em cada tanque. O tamanho foi confirmado com um paquímetro digital. Para análise dos indivíduos < 1mm, as placas de PVC foram raspadas e as larvas e juvenis foram contadas como no procedimento descrito para contagem de larvas, contou-se a amostra toda ou por amostragem, quando a densidade foi alta. No concreto não foram analisados indivíduos <1mm devido a heterogeneidade da superfície do concreto, o que dificulta a remoção de indivíduos pequenos.

### 2.4 Infestação no sistema de refrigeração

Dos 5 períodos de amostragem, apenas nos dois últimos foi analisada a incrustação no sistema de refrigeração, com medidas de densidade nas placas dos trocadores de calor do mancal de escora (ME). A análise foi feita após a limpeza da tubulação à montante do trocador de calor com hidrojateamento, que ocorreu no segundo ano (25/04/2014). No experimento 4 o tempo de exposição foi de 180 dias, sendo que do experimento 4 para o 5 as placas não foram limpas, sendo o tempo total de exposição no experimento 5 de 390 dias. Foram escolhidas 3 áreas de aproximadamente 20 x 20cm em placas distintas para avaliar a densidade. Todo o material aderido à placa foi raspado, e analisados os indivíduos maiores que 1mm. Nos radiadores não foi possível estimar a densidade devido ao acúmulo do material na saída da tubulação, não sendo possível estimar a área colonizada. Foram feitas apenas fotos comparativas.

### 2.5 Variáveis ambientais

Além dos dados coletados pelo equipamento, os seguintes parâmetros da água foram medidos nos primeiros 3 experimentos em cada tanque: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e turbidez, usando equipamentos portáteis.

## 3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Densidade e infestação de adultos de *L. fortunei* na água bruta da usina de Porto Primavera

A Tabela 1 mostra o histórico de paradas da UG 1 para limpeza antes da instalação do equipamento de radiação UV (relatório da CESP). A unidade G01 é uma unidade com histórico de 4 a 6 paradas anuais para limpeza do sistema de refrigeração (trocadores de calor) devido a presença de *L. fortunei* (CESP, 2016).

Tabela 1. Número de vezes que o trocador de calor da UG-01, usina Sergio Mota- CESP, foi aberto para limpeza.

Trocador de calor	Junho/2013 até Junho/ 2014	Junho/2014 até Junho/2015 (após hidrojateamento)
Filtro de água bruta	03	03
Mancal de Escora	06	00
Mancal de Guia do Gerador	06	00
Regulador de velocidade	04	00

Fonte: CESP, 2016.

A densidade larval na unidade G1 (sem distinção entre mortas e vivas) variou de 1,3 larvas.l-1, em Junho (inverno), a 4,7 larvas.l-1, em Outubro (verão). Na figura 1 observa-se grandes colônias de mexilhão dourado, com

densidade em torno de 80.000 ind.m<sup>-2</sup> na tampa e na parede do tanque de água bruta, bem como nos filtros, o que caracteriza a unidade com infestação tal que necessita controle da população. Esse sistema tem sido desmenotado e limpo a cada 4 meses nos últimos dois anos (Tabela 1).



Figura 2. Infestação de *L. fortunei* no tanque e nos filtros de água bruta da unidade UG01 na usina de Sérgio Mota, rio Paraná.

### 3.2 Assentamento das larvas e juvenis nas placas de PVC

O número total de indivíduos, < 1mm e > 1mm, aderidos às placas de PVC foi reduzido, em média, 97% no tanque 2 e 95% no tanque 3 ( $p < 0.05$ , T-test, amostras pareadas, Systat 11.0), comparado ao tanque 1, conforme mostra a Figura 3.

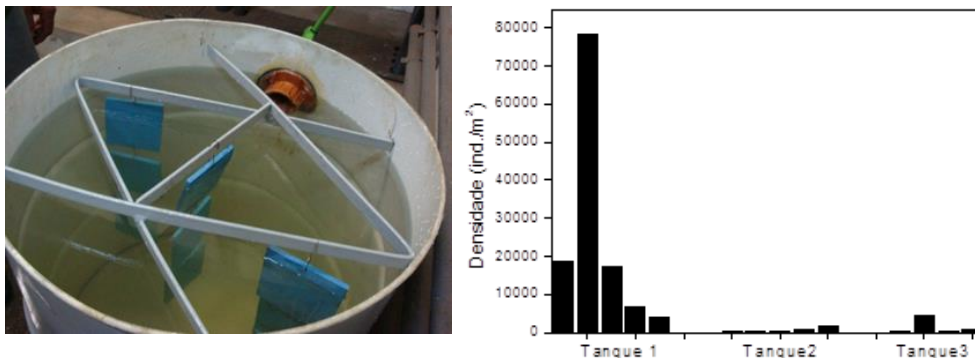


Figura 3. A) tanque com placas de PVC utilizados no monitoramento. B) Densidade (ind./m<sup>2</sup>) de indivíduos juvenis de *L. fortunei* (<1mm e >1mm) aderidos às placas de PVC nos Tanques 1 (água bruta), Tanque 2 (imediatamente após a exposição à radiação UV, dose 80 mW-s/cm<sup>2</sup>) e Tanque 3 (depois dos trocadores de calor), nos 5 períodos de amostragem.

Na tabela 1 está mostrada a densidade de larvas e juvenis aderidos às placas de PVC e concreto instalados dentro dos tanques em cada experimento. Assim como nas placas de PVC, a densidade no concreto também foi maior no tanque 1 que no tanque 2. Predominaram os indivíduos <1mm, com densidades que variaram entre 3.600 a 77.800 ind.m<sup>-2</sup> no tanque 1 e de zero a 1.400 ind.m<sup>-2</sup> no tanque 2.

A densidade dos indivíduos >1mm variou de 200 a 600 ind/m<sup>-2</sup> no tanque 1 e de 0 a 300 no tanque 2. No tanque 3, a densidade média nas placas de PVC foi superior ao Tanque 2, principalmente indivíduos < 1mm, sendo o tanque 3 instalado na saída do sistema de refrigeração pode receber larvas da reprodução de adultos que colonizam as tubulações e outras estruturas do sistema de refrigeração, e contribuir para aumentar a densidade dos indivíduos <1mm. De maneira geral a redução média após tratamento com UV foi de 77 a 98% nas placas de PVC (Tabela 1).

Maiores densidades, principalmente de indivíduos <1mm, foram observadas no segundo experimento com 74 dias de exposição, entre Novembro a Fevereiro, meses em que predomina a reprodução de *L. fortunei*. O tamanho médio dos indivíduos é compatível com o tempo de exposição do substrato (crescimento mensal em torno de 2,0 a 2,5mm nos estágios jovens de acordo com Darrigran et al. (2003)), embora às vezes predominam os indivíduos menores se o período for de intensa reprodução, baixando a média de tamanho.

No substrato de concreto instalado no fundo dos tanques 1 e 2, observou-se redução da densidade em 88% no tanque 2 em relação ao tanque 1. Os indivíduos foram em geral maiores, e mais abundantes que nas placas de PVC, o que sugere que os indivíduos possam se soltar das placas e fixar no concreto no fundo do tanque.

Tabela 2. Densidade (ind.m-2), tamanho dos indivíduos (mm) assentados nas placas de PVC e concreto, dispostos dentro dos tanques, e densidade e tamanho médio dos indivíduos maiores que 1mm.

Exp.	Mês da Coleta	Dias de Exposição	Placas de PVC							Concreto		
			< 1mm			> 1mm				> 1mm		
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	Tamanho (mm)	T1	T2	Tamanho (mm)
1	Jun-Out	120	18.300	500	100	400	0	0	5,8	1.600	100	5,2
2	Nov- Fev	74	77.800	0	4.400	500	300	100	3,6	2.100	200	4,0
3	Fev-Mai	90	16.900	200	100	200	0	100	4,0	1.300	100	5,6
4	Abr-Out	180	6.300	900		600	0		4,5	11.900	300	5,1
5	Out-Jun	210	3.600	1.400	400	500	100	200	4,2	15.000	3.100	5,8
Média			24.580	600	1.250	400	80	100	4,4	6.380	760	5,1
Redução (%)				97,6	94,9		81,3	77,3			88,1	

### 3.3 Densidade de *L. fortunei* no sistema de refrigeração da UG01 após tratamento com UV

Na tabela 1 estão mostradas as densidades de *L. fortunei* nas placas do trocador de calor do mancal de escora, sob tratamento com a luz UV, antes e depois da limpeza com hidrojateamento.

Considerando a densidade estimada em 80.000 ind.m-2 na tampa e na parede do tanque de água bruta, bem como nos filtros, o que caracteriza a unidade com infestação tal que necessita controle da população, a densidade no sistema de refrigeração pode ser considerada baixa. Na primeira amostragem nas placas do trocador de calor do mancal de escora, realizada antes da limpeza da tubulação com hidrojateamento, foram registrados 734 ind.m-2 em 90 dias de exposição, entre Fevereiro e Maio. O tamanho predominante foi de 5,6, variando de 2,5 a 9,5 mm.

Após a limpeza da tubulação, com 180 dias de exposição (Abril a Outubro) a densidade de indivíduos >1mm nas placas do trocador de calor do mancal de escora foi de 533 ind.m-2 e, após 390 dias de exposição a densidade foi de 642 ind.m-2, um aumento pequeno considerando a infestação no filtro de água bruta da unidade G01 (Figura 2). O tamanho dos indivíduos variou entre 1,8 e 16,0 mm, com predomínio de indivíduos de 8,0mm.

Embora dividir a densidade pelo tempo de exposição pode não ser adequado neste tipo de análise devido a variação da reprodução, houve maior acúmulo de indivíduos antes da limpeza da tubulação, mostrando que a incrustação de adultos na tubulação, também deve contribuir para acúmulo dos mexilhões nos trocadores de calor. No segundo experimento houve maior acúmulo de organismos que no terceiro experimento, cujo período de exposição foi maior que um ano, possivelmente porque nem todos os indivíduos devem sobreviver, e a reprodução varia de ano para ano.

Tabela 3 – Densidade (ind.m-2) e tamanho dos indivíduos (mm) nas placas do trocador de calor do mancal de escora do sistema de refrigeração, em dois períodos consecutivos, totalizando 390 dias de exposição, sob exposição à luz UV.

	Período	Dias de exposição	>1mm	Tamanho médio	Dens./tempo de exposição
Ano 1	Fev-Mai	90	734	5,6	8,2
Ano 2	* Abril -hidrojateamento				
	Abr-Out	180	533	8,5	3,0
	Abr-Jun	390	642	7,5	1,6



Figura 4. Placa do trocador de calor do mancal de escora e tubulação de água que alimenta trocador de calor da UG01 da usina de Sergio Mota, rio Paraná, mostrando a deposição de material e fixação de *L. fortunei* após 180 dias (Abril a Outubro) e 390 dias (Abril a Junho do ano seguinte) de exposição à água tratada com radiação UV.

Em outras partes do sistema de refrigeração, como os radiadores, não foi possível estimar a densidade por área pois os moluscos acumulam na saída de água de forma muito heterogênea, e são retidas conchas vazias, não há uma fixação de indivíduos como ocorre nas placas do mancal de escora.

Após 180 e 390 dias sem manutenção usando água tratada do equipamento de UV não houve acúmulo de mexilhão na estrutura interna do radiador necessitando limpeza, como pode se observar na Figura 5, e constatado no relatório de atividades da CESP (CESP, 2016).



Figura 5. Radiador G4 da UG01 da usina de Sergio Mota, rio Paraná, após 180 (Abril a Outubro) e 390 dias (Abril a Junho do ano seguinte) de exposição à água tratada com radiação UV.

Os testes realizados usando UV para controle de *L. fortunei*, em escala de laboratório, em sistemas fechados e com lâmpadas de baixa pressão, mostraram que doses maiores são necessárias para inativação total das larvas. Santos et al. (2012) encontraram que para inativar 100% das larvas de *L. fortunei*, em volume variando entre 1.400 a 4.200 L/h, a dose foi 781 mW-s/cm<sup>2</sup>. Também em experimento fechado usando lâmpadas de baixa pressão, Perepelizin e Boltovskoy (2014) encontraram que as doses de 103 e 149 mW-s/cm<sup>2</sup> foram suficientes para causar 100% de mortalidade das larvas, em temperatura da água em 23 e 26°C, respectivamente, diminuindo a dose com a elevação da temperatura. As condições de cada experimento são bem diferenciadas não permitindo comparações com o sistema em fluxo contínuo testado neste estudo.

### 3.4 Sistema UV e parâmetros ambientais

A temperatura da água nos tanques aumentou de 20°C a 31°C, permanecendo maior parte do tempo entre 24 e 28°C. O oxigênio dissolvido permaneceu acima de 6,6 mg.l<sup>-1</sup>, o pH variou entre 6 e 8, a condutividade elétrica flutuou entre 48 e 82 µS.cm<sup>-1</sup>, em Outubro e Dezembro os valores foram mais altos, 70 e 80 µS.cm<sup>-1</sup>, respectivamente. A turbidez variou de 0,5 para 4,4 NTU na água bruta, e de 0,5 para 3,6 NTU depois da radiação UV, sendo maior em Setembro, Outubro e Dezembro. Os sólidos suspensos foram registrados somente em Setembro 2013; 2,2 mg.l<sup>-1</sup>. Com exceção da turbidez, que apresentou pequena diferença entre água bruta e água exposta à luz UV, nos demais parâmetros não se observou diferenças.

Uma das vantagens do equipamento testado é que ele pode ajustar a dose de acordo com as condições ambientais (Claudi e Oliveira, 2015). A eficácia da luz UV pareceu ser menor em Outubro, o que pode estar relacionado às características da água. A turbidez foi um pouco maior de Setembro a Dezembro, entre 1,8 e 4,4 NTU, e a presença de partículas inorgânicas podem ter dificultado o contato da larva com a radiação. Além disso variação sazonal na densidade da fauna e flora planctônicos podem interferir na exposição à luz UV. Embora a turbidez possa afetar a eficácia da radiação UV, as águas dos reservatórios do rio Paraná são águas de baixa turbidez predominante devido aos reservatórios em cachoeiras que contribuem para sedimentação do material em suspensão, o que favorece a utilização da tecnologia UV.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Constatou-se que após exposição à luz UV, dose de 80 mW-s/cm<sup>2</sup>, houve uma redução da densidade de indivíduos < 1mm e > 1mm, aderidos às placas de PVC, em média, 97% no tanque 2 e 95% no tanque 3, sob as condições da unidade UG01 da Usina Sérgio Mota.

A densidade de indivíduos >1mm nas placas do trocador de calor mancal de escora, em torno de 530 a 640 ind.m<sup>-2</sup>, após 390 dias de exposição, considerando que no verão a densidade de larvas na água bruta chega a 4.7 ind/l, pode ser considerada baixa, comparada à incrustação no filtro de água bruta, onde a densidade em algumas áreas pode chegar a 80.000 ind/m<sup>2</sup>, o que indicou alta infestação na entrada de água bruta na UG01. Nos 390 dias de exposição não houve manutenção para limpeza nos trocadores de calor, no entanto, houve necessidade de limpeza no filtro de água bruta (tempo de limpeza médio de 4 meses). Esses dados reforçam a eficiência do sistema UV da Atlantium para tratar a água do sistema de refrigeração.

Com a experiência deste estudo durante 3 anos podemos fazer algumas recomendações para avaliação da eficácia do tratamento com UV em unidades geradoras:

-proceder a limpeza das tubulações antes de instalar o equipamento UV pra evitar os organismos oriundos da reprodução na tubulação,

- deve se proceder a análise da densidade de larvas na água bruta e a a densidade após a exposição à luz UV. Deve se avaliar o assentamento de larvas em substrato artificial, quando possível, mas se não for possível, a avaliação no sistema de refrigeração já será um bom indicativo da eficácia do tratamento,

-as análises do assentamento de larvas pode ser feito a cada 180 dias após o período reprodutivo mais intenso, que no caso de *L. fortunei* em ambiente tropicas é entre Outubro e Abril,

-Fundamental avaliar a densidade em estruturas que permitam estimar a densidade por área para fins de comparação após o tratamento,

-Fotos antes e depois do tratamento, desde que tiradas nas mesmas condições dão bons resultados para avaliar a eficácia do tratametno,

-Um bom indicador da eficácia do tratamento nas unidades geradoras é o histórico do número de manutenções feitas antes e depois do tratamento, pois para o setor de manutenção da unidade geradora de energia este é resultado que mais interessa, pois o objetivo é diminuir o número de paradas.

#### Agradecimentos:

À ATLANTIUM, PAVAX e CESP pela disponibilização, instalação e manutenção do equipamento UV ATLANTIUM RZ163-14 para os testes, e à Embrapa Pantanal.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESP. Relatório Técnico RT/GEM/011/2016. Avaliação da aplicação de dose de Radiação Ultravioleta (UV) no sistema de resfriamento da UG-01 da UHE Porto Primavera para controle de mexilhão dourado. São Paulo, SP. 2016.

CLAUDI, R., PRESCOTT, T.H. Evaluation of UV Technology at Hoover Dam as Means of Eliminating Downstream Settlement of Dreissenid Mussel Veligers, Relatório preparado para o Bureau of Reclamation. Task Order Number: R12PD80180, IDIQ Contract: R10PC80264. 2013.

CLAUDI, R., PRESCOTT, T.H. Atlantium Technologies Medium Pressure UV Dose Required for Minimizing Downstream Settlement of Quagga Mussel Veligers. Relatório preparado para o Bureau of Reclamation IDIQ Contract: R13PD80500. 2014.

CLAUDI, R., OLIVEIRA, M.D. Alternative Strategies for Control of Golden Mussel (*Limnoperna fortunei*) in Industrial facilities. In: *Limnoperna fortunei: The Ecology, Distribution and Control of Swiftly Spreading Invasive Foulig Mussel*. Org. por Boltovskoy, D., Springer Series In Invasion Ecology 10, Springer, pp. 463-476. 2015.

OLIVEIRA, M. D., CAMPOS, M. C. S., PAOLUCCI, E. M., MANSUR, M.C.D., HAMILTON, S. K. Colonization and spread of *Limnoperna fortunei* in South America. In: Demetrio Boltovskoy. (Org.). *Limnoperna fortunei: The ecology, distribution and control*. 1ed.London: Springer, v. 1, p. 333-356. 2015.

PEREPELIZIN, P.V., BOLTOVSKOY, D. Effects of 254 nm UV irradiation on the mobility and survival of veliger of the invasive fouling mussel *Limnoperna fortunei*. *Biofouling* 30, 2, pp.197–202. 2014.

SANTOS S.B., RODRIGUEZ, M.T.R., MANSUR, M.C.D., NEHRKE, M.V., ZURITA, M.L.L. Controle de *Limnoperna fortunei* com aplicação de radiação ultravioleta. In: *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Org. por Mansur, M.C.D., Santos, C.P., Pereira, D., Paz, I.C.P., Zurita, M.L.L.; Rodriguez, M.T.R.; Nehrke, M.V.; Bergoncy, P.E.A. Ed. Redes Editora, Porto Alegre-RS, pp. 335-338. 2012.

#### DADOS BIOGRÁFICOS



Marcia Divina de Oliveira  
Monte Alegre de Minas-MG, 07/07/1968  
Graduação: universidade Federal de Uberlândia, 1986  
Pós-graduação: MSc. USP e PhD UFMG

- Experiência profissional (títulos, publicações, prêmios, áreas de atuação)

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Uberlândia (1989), mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (1993) e doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009). É pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, unidade Embrapa Pantanal, desde 1995. Tem experiência na área de Ecologia de rios e ecologia de áreas úmidas, trabalhando no Pantanal nos últimos 21 anos. Atua principalmente nos seguintes temas: impactos e controle mexilhão dourado (molusco asiático invasor na América do Sul), gestão de recursos hídricos, qualidade de água e transporte de nutrientes e sólidos suspensos na bacia do rio Paraguai, monitoramento Limnológico do rio Paraguai, Limnologia e Conservação Pantanal.

Ano de 2011. Prêmio Capes de Tese 2010- Menção Honrosa, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES. Título da tese: FATORES REGULADORES E DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DO MEXILHÃO DOURADO (*Limnoperna fortunei* Dunker 1857) NA BACIA DO ALTO RIO PARAGUAI E OUTROS RIOS BRASILEIROS.

Publicações referentes ao tema:

BARBOSA, NEWTON P. U. ; SILVA, FABIANO A. ; DE OLIVEIRA, MÁRCIA DIVINA ; NETO, MIGUEL ARCANJO DOS SANTOS ; DE CARVALHO, MARCELA DAVID ; CARDOSO, ANTÔNIO VALADÃO . *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River basin, Brazil. *Check List* (São Paulo. Online), v. 12, p. 1846, 2016.



ZEILHOFER, PETER ; CALHEIROS, Débora Fernandes ; DE OLIVEIRA, MÁRCIA DIVINA ; DE CARVALHO DORES, ELIANA FREIRE GASPAR ; LIMA, GILSON ALBERTO ROSA ; FANTIN-CRUZ, IBRAIM . Temporal patterns of water quality in the Pantanal floodplain and its contributing Cerrado upland rivers: implications for the interpretation of freshwater integrity. *Wetlands Ecology and Management*, v. 24, p. 1, 2016.

OLIVEIRA, M. D. Colonization and spread of *Limnoperna fortunei* in South America. In: Demetrio Boltovskoy. (Org.). *Limnoperna fortunei: The ecology, distribution and control*. 1ed. London: Springer, 2015, v. 1, p. 333-356.

CLAUDI, R. ; OLIVEIRA, M. D. . Alternatives strategies for control of golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in industrial facilities. In: Demetrio Boltovskoy. (Org.). *Limnoperna fortunei*. 1ed. London: Springer, 2015, v. 1, p. 463-476.

CLAUDI, R. ; OLIVEIRA, M. D. . Chemical strategies for the control of golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in industrial facilities. *Limnoperna fortunei: The ecology, distribution and control*. 1ed.: , 2015, v. 1, p. 417-442.

PAOLUCCI, ESTEBAN M. ; SARDIÑA, PAULA ; SYLVESTER, FRANCISCO ; PERPELIZIN, PABLO V. ; ZHAN, AIBIN ; GHABOOLLI, SARA ; CRISTESCU, MELANIA E. ; OLIVEIRA, MARCIA D. ; MACISAAC, HUGH J. . Morphological and genetic variability in an alien invasive mussel across an environmental gradient in South America. *Limnology and Oceanography JCR* , v. 59, p. 400-412, 2014.

Eilers, V ; OLIVEIRA, M. D. ; Roche, KF . Density and body size of the larval stages of the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in two neotropical rivers. *Acta Limnologica Brasiliensia (Online)*, v. 23, p. 1, 2012.

Oliveira, Márcia D.; Calheiros, Débora F. ; Jacobi, Claudia M. ; Hamilton, Stephen K. . Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. *Biological Invasions*, v. 13, p. 717-729, 2011.

CALHEIROS, Debora F ; OLIVEIRA, M. D. . O rio Paraguai e sua planície de inundação. *Ciência & Ambiente*, v. 41, p. 113-130, 2011.

OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, Steve ; Jacobi, CM . Forecasting the expansion of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in Brazilian and North American rivers based on its occurrence in the Paraguay River and Pantanal wetland of Brazil. *Aquatic Invasions*, v. 5, p. 59-73, 2010.

OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, Steve ; CALHEIROS, Debora Fernandes ; Jacobi, CM ; Latini, RO . MODELING THE POTENTIAL DISTRIBUTION OF THE INVASIVE GOLDEN MUSSEL *Limnoperna fortunei* IN THE UPPER PARAGUAY RIVER SYSTEM USING LIMNOLOGICAL VARIABLES. *Brazilian Journal of Biology (Impresso)*, v. 70, p. 831-840, 2010.

Pereira, D ; MANSUR, Maria Cristina ; Volkmer-Ribeiro, C ; OLIVEIRA, M. D. ; Bergonci, PEA . Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados limnicos, no delta do Jacui (RS, Brasil). *Biotemas (UFSC)*, v. 23, p. 101-110, 2010.

OLIVEIRA, M. D.; Hamilton, Stephen K. ; Calheiros, Debora F. ; Jacobi, Claudia M. . Oxygen Depletion Events Control the Invasive Golden Mussel (*Limnoperna fortunei*) in a Tropical Floodplain. *Wetlands (Wilmington, N.C.)*, v. 30, p. 705-716, 2010.

OLIVEIRA, M. D.; TAKEDA, Alice M ; BARROS, Luciano F. ; RESENDE, Emiko Kawakami de . Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) Bivalvia, Mytilidae) of the Pantanal wetland, Brazil. *Biological Invasions*, v. 8, p. 97-104, 2006.