

## ASPECTOS GERAIS VINCULADOS À PREVENÇÃO E CONTROLE

Gustavo Darrigran<sup>1</sup> & Cristina Damborenea<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

Desde a primeira citação da invasão do mexilhão dourado nas costas da América do Sul, no Rio da Prata, Argentina (Pastorino *et al.*, 1993), se enfrenta o *macrofouling* (macro-incrustações) de água doce como um novo problema econômico/ambiental para os sistemas hídricos dulcícolas da América do Sul. Este lamentável fato tem base nas políticas científicas dos países membros do Mercosul, as quais parecem estar subordinadas unicamente às instáveis políticas socioeconômicas de cada um deles.

Sobre esta base é possível esquematizar a forma com que se deveria encarar este problema (Figura 1) e diferenciar dois grandes módulos: Métodos de Prevenção, Controle e Difusão.

### MÉTODOS DE PREVENÇÃO E CONTROLE

Uma forma de enfrentar o problema é através das respostas de uma série de perguntas simples. A primeira das quais é: “o mexilhão dourado invadirá a planta industrial?” A resposta, para todas as instalações que, de forma direta, captem a água de bacias que já estejam invadidas pelo *Limnoperna fortunei*, é simples: SIM. É apenas questão de tempo que cheguem exemplares de mexilhão dourado, ou suas larvas, nas instalações e provoquem *fouling* (incrustação). Esta resposta gera, de forma instantânea, uma série de perguntas: “Deve-se atuar?” “Que estruturas se devem proteger?” “Como proteger a planta?”

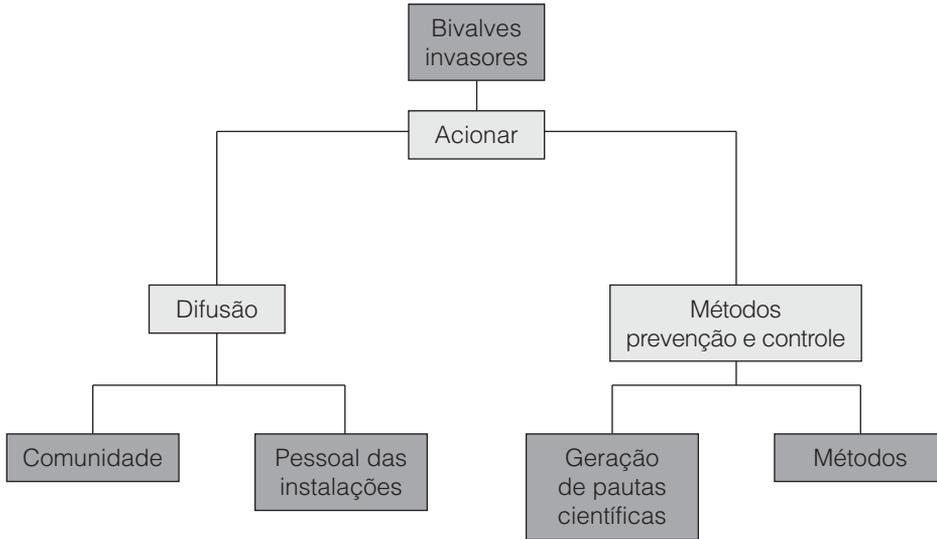
A resposta às duas primeiras perguntas, dependerá do momento em que estas são formuladas; quer dizer, se:

- (a) todavia, o mexilhão dourado não chegou na planta, a estratégia de ação será de proteção/prevenção;
- (b) já foi detectada a presença de exemplares do mexilhão dourado na planta, a estratégia de ação será, então, de reação/controle, de acordo com o grau de desenvolvimento da população dentro da planta em particular.

Nestes casos, o especialista encarregado do assessoramento deve conhecer uma série de dados básicos:

- 1) Estrutura e funcionamento da planta a prevenir.
- 2) Biologia do organismo no ambiente em particular.
- 3) Distribuição geográfica e capacidade de dispersão.
- 4) Que problemas originou nas plantas da região (para detalhes neste último ponto, consultar [www.malacologia.com.ar](http://www.malacologia.com.ar)), como também uma série de ações de forma simultânea de difusão para oferecer informação/assessoramento ao profissional e pessoal da planta.

<sup>1</sup> CONICET. Grupo Investigación sobre Moluscos Invasores / Plaga. División Zoología Invertebrados. FCNyM, UNLP. Paseo del Bosque, 1900 La Plata, Argentina. [invasion@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:invasion@fcnym.unlp.edu.ar)



**Figura 1.** Diagrama de ação para controlar o *macrofouling* de água doce na região.

### Que estruturas da planta devo proteger?

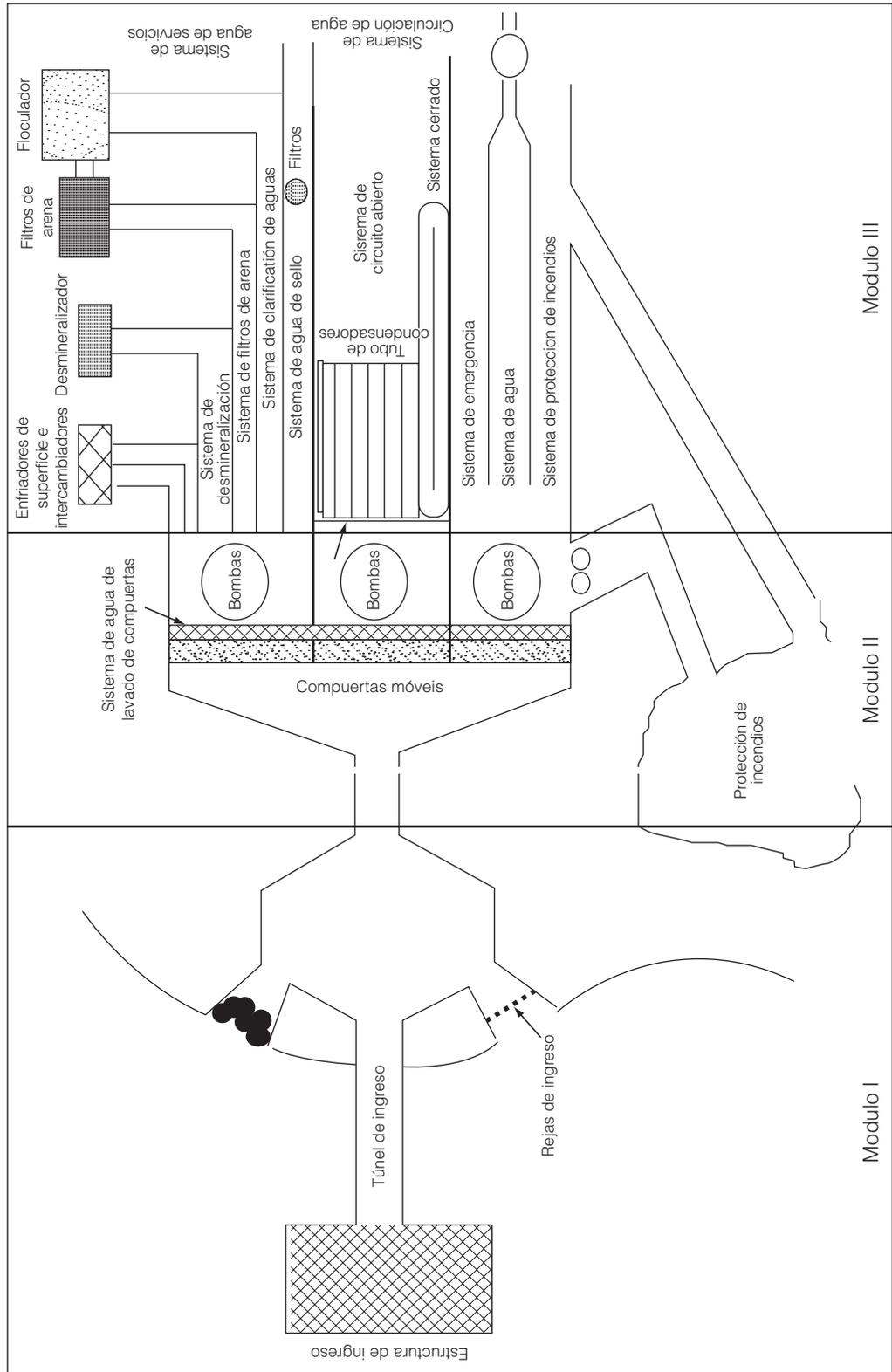
Para este primeiro item devemos conhecer, como se esboçaram anteriormente, os seguintes pontos:

Biologia do mexilhão dourado. Para este item, ver Capítulo 3.

Estrutura da planta. Neste ponto se realizará a análise da situação, sobre a base de um esquema de uma instalação hipotética que tende a englobar todas as estruturas que existem em geral, em todas as plantas que tomam água do ambiente natural (Figura 2). A partir desta, um não especialista em prevenção e controle de *macrofouling* de água doce, que apenas considere a estrutura e funcionamento da planta e não a biologia da espécie, pode considerar que o fato de evitar o assentamento do mexilhão dourado no módulo I é desnecessário, uma perda de tempo e de dinheiro para a empresa. Duas conjecturas geram esta errônea hipótese:

- 1) As estruturas de ingresso da água ao sistema (túneis, tanques, etc.) são de dimensões tão grandes que nunca poderiam ser ocluídas por *macrofouling*.
- 2) o caudal e velocidade da água é muito grande, portanto, as larvas geradas no interior desse módulo I não poderiam assentar-se dentro do sistema, já que permaneceriam muito pouco tempo nele.

Pelo contrário, este módulo I funciona como uma “câmara de cultivo”. Protegida das inclemências ambientais do ambiente externo ao sistema, esta é ideal para a fecundação, maturação e liberação de larvas (estágio de infestação que apresenta a espécie). As larvas são geradas, em ambientes de clima subtropical, de forma quase contínua ao longo do ano (salvo os meses mais frios - junho e julho de cada ano -). Quanto maior é a densidade acumulada de indivíduos aptos para reproduzir-se (quer dizer, todos aqueles exemplares maiores que 5 mm) nas paredes dos sistemas do módulo I, maior é a densidade de larvas geradas (Darrigran *et al.*, 2003). Estas larvas ingressam de forma quase contínua no interior dos módulos II e III. Se estas forem arrastadas até o centro da corrente de água, aonde sua velocidade é a maior possível no sistema, o tempo de residência das larvas seria muito curto. Pelo contrário, tanto o processo de liberação de gametas, como o de fecundação e movimento das larvas no ambiente, se realiza a curta distância da superfície das paredes das estruturas de ingresso



**Figura 2.** Esquema de uma instalação hipotética na qual se evidenciam as estruturas geralmente presentes em todas as tomadas de água (modificado de Claudi & Mackie, 1994).

da água. A hidrodinâmica deste lugar faz com que a velocidade da água seja quase nula próxima de tais superfícies (paredes dos túneis, dutos, etc.); portanto, uma importante parte das larvas geradas nas paredes do módulo I, ou “câmara de cria”, se assentarão sobre as paredes do interior dos módulos II e III, aproveitando não apenas as baixas velocidades das águas próximas à parede do tubo, mas também a estrutura do sistema, quer dizer, curvas, remansos, etc. São nestes módulos (II e III), aonde se encontra todo o sistema de filtros e trocadores de calor fundamentais para o normal funcionamento da planta, e o *macrofouling* parcial ou total que se forma sobre suas paredes ocasionará alterações na produção e, portanto, uma perda econômica como resultado final.

A maioria das indústrias tem alguns sistemas comuns; por exemplo, os sistemas de proteção contra incêndio e sistema de água para abastecimento. As estratégias de mitigação seriam as mesmas. Entretanto, ainda nestes sistemas existem diferenças particulares próprias de cada um deles; por exemplo, em algumas indústrias a água para proteção contra incêndios é tomada de um sistema separado daquele para o abastecimento. A estratégia de mitigação em cada um destes tipos é diferente; se bem que existam estruturas comuns em muitas plantas, estas podem diferir. Nas centrais hidroelétricas e nas plantas de tratamento de água, os sistemas podem variar quanto aos materiais de construção dos distintos setores (tubos de distintos metais, PVC, diâmetros, etc.), como também em seu caráter de indispensabilidade (estruturas que envolvem distintas magnitudes de perda na produção ao deixar de funcionar, como consequência do *macrofouling* ou para a limpeza do mesmo).

Para as estratégias de mitigação do *macrofouling*, além de considerar as condições climáticas próprias do ambiente natural em que se encontra a planta e do estado das populações naturais do mexilhão nos arredores e na mesma planta, deve-se considerar as diferenças existentes em cada um dos distintos setores do sistema humano a tratar em particular. É necessário ter em conta as distintas partes e funções do sistema, seus elementos constitutivos; por exemplo, áreas com baixa velocidade de fluxo de água, em especial, as menores de 1,5 m/s, como também os encanamentos de diâmetro pequeno (7,5 cm).

#### Problemas já causados na Região Neotropical

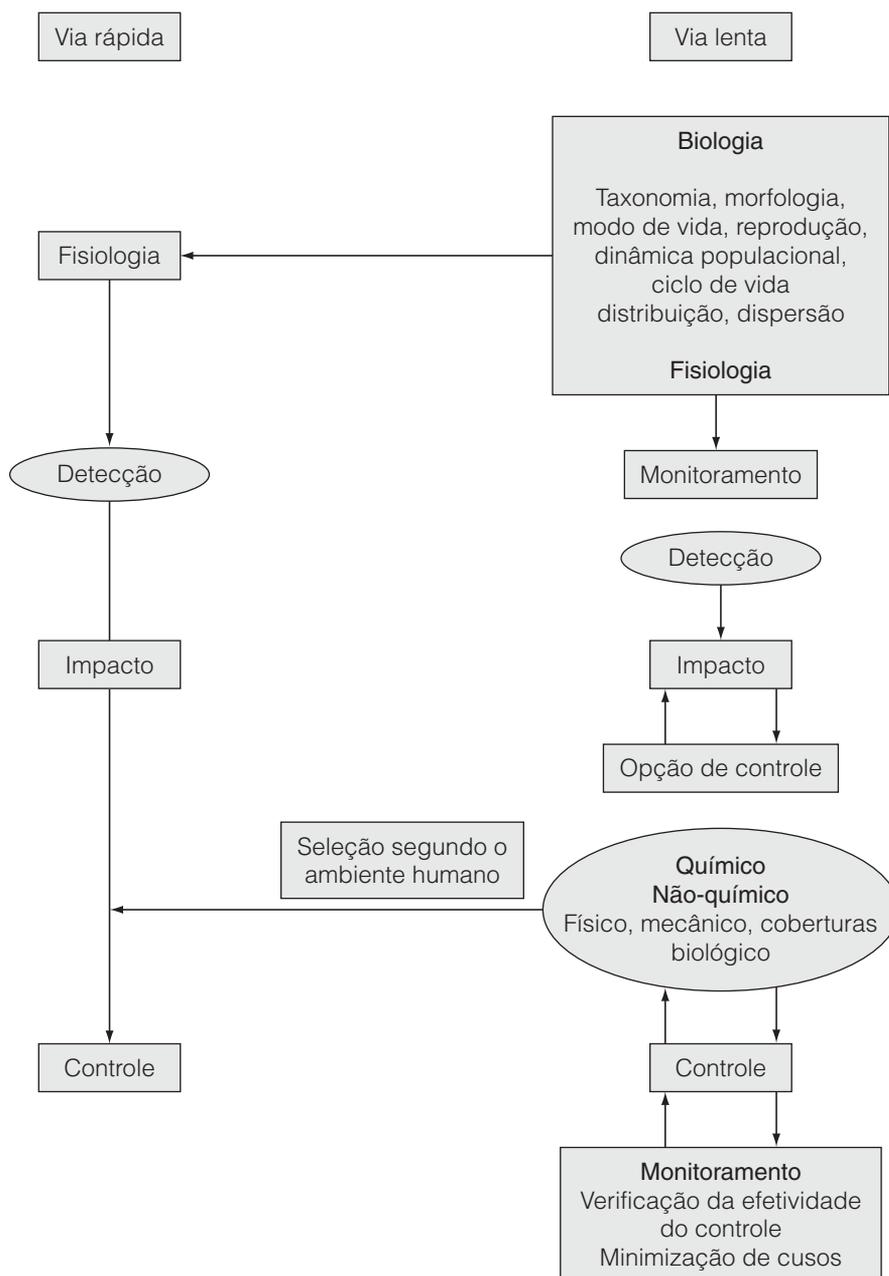
Estes podem resumir-se da seguinte forma (Darrigran & Damborenea, 2005) (Figura 1 – Anexo VI):

- 1) Redução dos diâmetros dos encanamentos.
- 2) Bloqueio de encanamentos.
- 3) Decréscimo da velocidade da água (isto porque o sistema está projetado para que a água corra com um fluxo laminar, mas as fixações dos mexilhões nas paredes ocasionam um fluxo turbulento; portanto, para passar a mesma quantidade de água, o intervalo de tempo será maior).
- 4) Oclusão por acumulação de valvas vazias.
- 5) Contaminação da água do interior do sistema.
- 6) Bloqueio de filtros.

#### Como proteger a planta?

A forma mais eficiente, quer dizer, aquela que seja sustentável ambiental e economicamente, busca-se desde há muito tempo. Grandes volumes de água passam através dos sistemas de resfriamentos das plantas geradoras de energia, de indústrias, de plantas purificadoras, etc. Os tratamentos devem adaptar-se a estas características como as outras assinaladas no item anterior. Alguns destes tratamentos são de uso amplo ou moderado; outros estão sendo testados em alguns sítios. Muitos

outros se encontram em nível de ensaios de laboratório. Portanto, a forma de enfrentar um novo problema econômico/ambiental, como o tratado neste livro, é a partir da aplicação simultânea de dois métodos de tratamento (Figura 3). Um é o que comumente se denomina via rápida. Este consiste em eliminar velozmente do sistema o *macrofouling*, ainda que o método a utilizar não seja sustentável, mas permite o normal funcionamento da planta afetada de forma veloz. A via rápida mais efetiva é a aplicação de químicos, sendo o cloro o oxidante mais utilizado a nível mundial devido a seu menor impacto ambiental e custo.



**Figura 3.** Estratégias de ação simultâneas para o controle do *macrofouling* de água doce (modificado de Claudi & Mackie, 1994).

Entretanto, para a aplicação de químicos, se devem considerar:

- concentrações permitidas,
- mecanismos de diluição do químico,
- mecanismos de desativação do químico.

Estes dois últimos casos são para evitar o impacto no ambiente natural e ocasionar corrosão dos químicos.

Simultaneamente se deve implementar uma segunda via, denominada lenta, a qual consiste em encontrar a combinação adequada de tratamentos físicos e químicos de menor impacto ambiental e de baixo custo. Para isto, como se mencionou reiteradamente, é fundamental o conhecimento da biologia do organismo invasor nesses ambientes.

Os potenciais métodos antiincrustantes, ensaiados alguns em meio marinho e outros em água doce, incluem agentes repelentes naturais, toxinas e métodos biológicos de controle. Para estes métodos não existem dados disponíveis para avaliar a eficácia, custos e aceitabilidade ambiental. Alguns são utilizados em circuitos fechados ou em sistemas de baixa liberação, ou se encontram, todavia, em fase de investigação; entre estes últimos, alguns parecem promissores e poderiam ser aplicados. Outros, pelo contrário, não poderão ser aplicados em alguns circuitos ou não passarão do nível de ensaios de laboratório.

A maior ênfase no controle do *fouling* está desenvolvida no campo marinho, enquanto que na água doce, recém na última metade do século XX na Europa e Estados Unidos começaram a se realizar os estudos de forma metódica como no marinho. Isto se deve às invasões do *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), ou mexilhão zebra, e *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), ou corbiculídeo asiático. Deste modo, existem também importantes exemplos sobre a necessidade de realizar novas investigações para o desenvolvimento de procedimentos de controle na Região Neotropical, onde, todavia, o *macrofouling* em água doce é um fato novo. Os tratamentos de prevenção e controle utilizados estão baseados em espécies e ambientes da América do Norte, os quais, são inapropriados para o resto da América.

A introdução do mexilhão zebra na América do Norte provocou um incremento nos trabalhos publicados para o controle dessa espécie, e tem gerado um efeito amplificador não apenas na investigação, mas também na difusão do problema das bioinvasões em geral. Em relação ao tema das bioinvasões aquáticas, se realiza anualmente o *International Zebra Mussels and Aquatic Nuisance Conferences*, de forma alternativa entre Estados Unidos e Canadá, aonde se difundem os casos e investigações, tanto a nível acadêmico como geral/comercial. No ano de 2004 (ICAIS, 2004), a reunião número 13 foi a primeira que se realizou fora do continente americano, na Irlanda, o que evidencia a necessidade de investigação para achar tratamentos sustentáveis para o *fouling*, não apenas na América, mas também na Europa.

### Síntese de métodos de controle

Nos sistemas de resfriamento é fundamental a experiência direta em sua operatividade e função. Os processos de *antifouling* que se tem utilizado para os circuitos de resfriamento caem em duas categorias principais: Métodos físicos e métodos químicos.

Para o caso de grandes sistemas de resfriamento que utilizam água crua, o *fouling* se encontra em velocidades de água com taxas que excedem o m<sup>3</sup>/seg. A fim de alcançar soluções econômicas, é importante que os métodos sejam adequados para cada organismo do *fouling* (desde a camada inicial bacteriana) e projetado especificamente para o circuito de resfriamento em particular a tratar. Deste modo, enquanto não existam soluções genéricas aplicáveis às numerosas categorias de organismos, otimizar os procedimentos requer um conhecimento biológico particular de cada caso.

O objetivo de um regime de controle econômico e ambientalmente ótimo, não necessariamente deve consistir na eliminação total dos organismos assentados em todo o sistema. Na maioria dos casos, o êxito está no controle das espécies que se assentam em certas partes do circuito e em prevenir o excessivo desenvolvimento das populações, para não alterar as outras partes associadas mais susceptíveis do sistema.

Para o período entre duas limpezas físicas programadas, um tratamento químico deve limitar ou eliminar o *fouling* nos circuitos e trocadores dos circuitos a um nível de funcionalidade do sistema. Em muitos casos, estes métodos, levados a cabo em um determinado local, têm relação com uma ou duas espécies invasoras, para as quais os procedimentos genéricos devem ser adaptados de acordo a suas demandas ecológicas, a fim de impedir o assentamento larvário e crescimento nas partes mais sensíveis do circuito. O caso de uma única espécie, neste caso o *Limnoperna fortunei*, implica no conhecimento biológico adequado e em levar adiante um monitoramento de longo tempo com o objetivo de seguir a evolução das populações e notar a introdução de novos exemplares ou novas espécies potenciais.

Outro elemento importante a considerar é a configuração do circuito e a operação de bombeamento (descarga e velocidade da água); é de singular importância, deste modo, ter em conta as áreas de assentamento mais favoráveis para o crescimento e assentamento dos organismos (curvas do sistema, filtros, etc.).

Com base em um estudo realizado na França, Holanda, Reino Unido e Itália (Jenner *et al.*, 1998), os métodos mais utilizados nos circuitos de resfriamentos nas estações geradoras de energia, são os seguintes:

- Métodos físicos. Filtração da água, limpezas mecânicas, alta velocidade da água, choque térmico e o uso de pinturas tóxicas e não tóxicas.
- Métodos químicos. Nestes, a cloração é a mais utilizada. Uma breve síntese sobre os prós e contras de alguns químicos, se encontra na Tabela 1.

Novos métodos têm sido desenvolvidos a partir de projetos de investigação para o mexilhão zebra, depois da introdução desta espécie na década de 1980, por exemplo, microfiltração, camadas não tóxicas, luz UV, correntes eletrolíticas, proteção catódica, energia acústica e compostos orgânicos. Por sua parte, nos países europeus, alternativas à cloração são o dióxido de cloro ou ozônio, assim como alguns compostos orgânicos estão sendo investigados. Campo de aplicação, impacto ambiental e custos limitarão seus usos nos sistemas de resfriamento, por exemplo, alguns métodos podem ser usados com sucesso para coisas muito específicas como é o caso do cloreto de potássio em sistemas contra incêndio no caso do mexilhão zebra.

Dentro do conjunto de estratégias, as químicas são as mais populares, e são as mais eleitas, tanto na Europa como na América do Norte. Para eliminar o mexilhão zebra (Claudi & Mackie, 1994; Jenner *et al.*, 1998) definiram-se quatro estratégias, que podem ser aplicadas para todo o *macrofouling*. Podem ser projetadas para proteger todo o circuito, desde a tomada de água até a descarga. A desvantagem está nas limitações na descarga de material tóxico ao ambiente e, portanto, em adequar-se às regulamentações ambientais. Há que se eleger o produto químico de menor impacto no ambiente e que este, além disso, seja eficaz para eliminar os mexilhões. Os químicos mais frequentemente considerados para o controle do mexilhão zebra se sintetizam na Tabela 2. Os únicos que foram aprovados para o controle deste invasor são o hipoclorito de sódio ou o cloro gasoso. Não obstante, vários agentes químicos nos Estados Unidos têm sido aprovados provisoriamente para aplicá-los nos sistemas. Em sistemas fechados ou condições estáticas, o número de tratamentos químicos que podem ser usados são vários, com a condição de não serem liberados ao ambiente.

**Tabela 1.** Benefícios e contra-indicações dos químicos mais utilizados no controle do *macrofouling* em água doce (modificado de Claudi & Mackie, 1994).

	<b>Desvantagem</b>	<b>Vantagem</b>
<b>Químicos não-oxidantes</b>		
Salinidade	- Pode-se utilizar para o controle, caso o sistema o suporte.	Adultos e larvas não são tolerantes a altas concentrações de sal
Floculação	- As concentrações utilizadas na floculação não são suficientes para o controle.	A combinação de alumínio (como componente floculante), a diminuição do pH e a mescla podem produzir a morte do véliger.
Sais de potássio	- É tóxico para outros integrantes do ecossistema	- Altamente tóxico para mexilhões - Pode ser utilizado em sistemas fechados. - É econômico
Nitrato de amônio	- Não apresenta benefícios em relação a outros molusquicidas	- Em certas concentrações é efetivo. - Pode ser utilizado em sistemas fechados. - É econômico
<b>Químicos oxidantes</b>		
Permanganato de Potássio		- Agente oxidante efetivo. - Utilizado como alguicida
Peróxido de hidrogênio	- Menos efetivo que o cloro - Custo elevado.	- Agente oxidante efetivo, utilizado em plantas purificadoras de água. - Previne o assentamento de véliger
Brominas	- Se desconhecem as concentrações apropriadas e os mecanismos de aplicação	- Oxidante mais efetivo em pH maior que 8 - Menos tóxico que o cloro para as espécies "não-branco".
Ozônio	- Alto custo do equipamento e de sua manutenção - Dificuldade e alto custo para manter concentrações apropriadas	- Alta capacidade bactericida e previne outros agentes de <i>biofouling</i> . - Grande capacidade de dissipação = sem resíduo
Cloraminas	- Altas concentrações para o controle do véliger. - Alto custo para sistemas de águas em movimento. - Não apresenta nenhuma vantagem em relação a outros agentes oxidantes. - Desconhecem-se as doses segundo as estratégias de aplicação.	- Utilizadas como desinfetante em plantas de tratamento de água - Efetivo para véliger. - Não produz trialometanos
Dióxido de cloro	- Requerem-se equipamentos especializados - Tem custo mais elevado que o cloro e utilização mais complicada	- Efetividade comprovada (diferentes opiniões) - Não produz trialometanos
Cloro	- A maior preocupação, em corpos de água lânticos, é que, combinados com substâncias orgânicas produzem trialometanos (carcinogênico)	- Efetividade comprovada - Aplicável na maioria dos sistemas de água. - Tóxico em baixas concentrações. - Não é bioacumulável. - Resíduo oxidante é simples de medir - Custo aceitável. - Sistema de cloração é simples de construir e manter

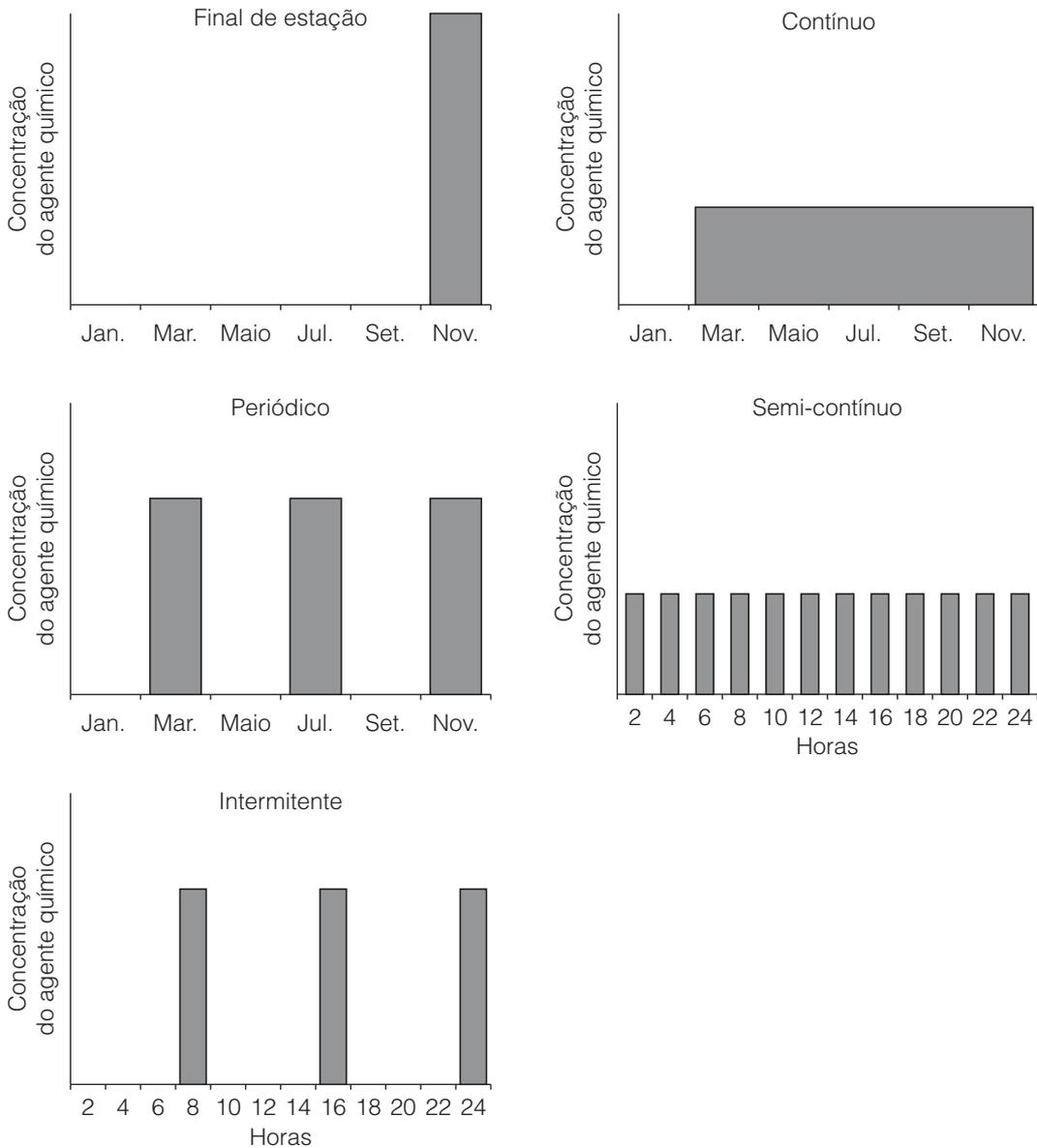
**Tabela 2.** Os químicos mais utilizados para o controle do mexilhão zebra na América do Norte (modificado de Claudi & Mackie, 1994). NA: não aprovado como agente de controle para o mexilhão zebra; A: aprovado como agente de controle para o mexilhão zebra; A\*: aprovado para algumas instalações e indústrias apenas para remover as véliger; Exp.: em etapa experimental.

Químico para o controle	Status de aprovação	
	Canadá	USA
Nitrato de amônio	NA	NA
Bromo	NA	A
Gás-cloro	A	A
Dióxido de cloro	NA	A
Cloramina	NA	NA
Peróxido de hidrogênio	NA	A
Sais de potássio	NA	A
Permanganato de potássio	NA	A
<b>MOLUSQUICIDAS</b>		
Buckman 's Bulab 6002	NA	A
Beltz 's Clam-Trol	NA	A
Calgon 's H1-30	Exp.	A
Bayer 's Baluscide	NA	NA
Nalco Actibrom	NA	A
Ozonio	NA	A
<b>OUTROS</b>		
Baixa concentração de cálcio, pH	Exp.	Exp.
Alta concentração de dióxido de carbono	Exp.	Exp.
Alumínio	A*	A*
Salinidade	NA	A
Metabisulfito de sódio	A	A

A forma de utilização do químico pode chegar a ser mais importante que o químico eleito. As diferentes estratégias têm distintos objetivos. Existem cinco tipos básicos de aplicações dos tratamentos químicos (Figura 4), as quais podem, por sua vez, agrupar-se em pró-ativas ou prevenção (precaução do assentamento nos sistemas de água), e reativas ou controle (utilizadas quando se tem assentado no sistema de água ou em estruturas externas) (Claudi & Mackie, 1994).

#### Reativo

- 1) Final de estação. Ao final de uma estação de cria, químicos oxidantes ou não oxidantes em quantidade suficiente são aplicados por um período longo, capazes de matar todos os adultos estabelecidos no sistema (a aplicação pode estender-se por semanas). Estes parecem ser utilizados em quase todas as plantas europeias e também de forma bem-sucedida na América do Norte. O tratamento pressupõe que o sistema da planta possa tolerar o *fouling* do mexilhão de uma estação, e que a biomassa e as valvas presentes no sistema possam ser removidas depois do tratamento, sem maiores inconvenientes. Cabe destacar que se estima ser débil o estado físico dos mexilhões adultos e sem reservas de energia no corpo para a liberação de gametas.
- 2) Periódicos. É uma variação do item anterior. Novamente o branco são os adultos, mas o tratamento é mais frequente. Basicamente, se aplica quando as densidades e alturas dos mexilhões adultos permanecem baixas. A concentração e o tempo serão semelhantes ao primeiro



**Figura 4.** Esquema dos cinco tipos básicos de aplicação de químicos, destinados à prevenção e controle do mexilhão dourado (modificado de Jenner *et al.*, 1998).

tratamento. A biomassa que foi removida é provavelmente menor, mas o sistema em questão deve ser capaz de tolerar esse grau de *fouling*. Se o tratamento se realiza em períodos breves, este previne o assentamento de indivíduos muito grandes.

#### Pró-ativas

- 3) Intermitente. Dosagens a cada dia ou a cada três dias, a intervalos frequentes (6, 12, 24 h); têm por objeto prevenir a infestação do mexilhão, portanto se deve aplicá-las durante o período de assentamento. Apenas tem sido utilizado com químicos oxidantes; sua ação está em destruir as larvas *post-véliger* que se assentaram desde o tratamento prévio. Com esta estratégia se evita a infestação do sistema. Na etapa precoce de sua vida o mexilhão dourado

é mais susceptível que em sua fase adulta, portanto a concentração do químico é menor. O tratamento conta com que o poder oxidante dos químicos seja suficiente para penetrar a valva relativamente frágil dos mexilhões recentemente assentados e destruir seus tecidos. Não ficam restos de conchas nas tubulações do sistema. Este tratamento não afeta os adultos que penetraram no sistema.

- 4) Semicontínuo. Sendo exposto a uma substância nociva, o mexilhão deixará de filtrar e rapidamente fechará suas valvas. Esta situação se manterá entre 15 e 30 minutos antes que as valvas sejam reabertas e intentem filtrar novamente. Portanto, o tratamento pode programar-se a cada 15-45 minutos. Isto impactaria todos os estágios do mexilhão de forma quase contínua, mas com uma utilização de químico menor que no tratamento contínuo.
- 5) Contínuo. Está projetado para não permitir o assentamento no sistema. As larvas véliger que entram não necessariamente sofrem 100% de mortalidade, mas a presença de químicos nocivos pode ser suficiente para evitar o assentamento das mesmas. Algum adulto presente pode também sucumbir se o baixo nível do químico se mantém durante a estação de cria. Também pode soltar-se de seus biscoitos, a fim de se afastar-se do lugar de impacto do químico. As concentrações do químico podem ser muito baixas, mas contínuas. É selecionado para sistemas que não podem tolerar nenhuma quantidade de *fouling*. Por exemplo, os sistemas antiincêndio. Apenas foi aplicado com químicos oxidantes como o cloro.

Os critérios que se devem adotar para a seleção do químico a utilizar (Jenner *et al.*, 1998), são fundamentalmente dois:

- 1) A biologia do organismo branco, em particular a colocação e duração do período de assentamento.
- 2) A taxa de crescimento da espécie branco, tendo em conta a relação deste parâmetro com as características próprias do ambiente como, por exemplo, o nível do recurso trófico.

Deste modo, deve-se considerar, por um lado, o modo de ação do químico em questão, atendendo a toxicidade deste (estratégia do tóxico, aguda ou crônica); e, por outro lado, a máxima densidade de *fouling* aceito pelo sistema (tolerância operacional).

Por último, como se mencionou oportunamente, não existe um método eficaz que atue apenas sobre a espécie problema, neste caso o mexilhão dourado. Pelo contrário, a metodologia sustentável econômica e ambientalmente, está em combinação de tratamentos ordenados tanto espacial como temporalmente, que impacte o menos possível o ambiente, não altere o normal funcionamento da planta e, além disso, seja econômica. Para alcançar esta combinação de tratamentos, não somente há que se ter em conta o mencionado no presente capítulo, mas também desenvolver uma série de três módulos: diagnóstico, geração de pautas científicas de ação e monitoramento. A esta série se denomina, comumente, etapas de um tratamento de controle (Tabela 3).

## DIFUSÃO

Como se mencionou no começo do presente capítulo, existe ainda um novo problema econômico/ambiental, como é o *macrofouling* de água doce na América do Sul, em particular, e as bioinvasões, em geral. A finalidade do presente módulo é conseguir que este problema deixe de ser novo, para ser considerado de forma rotineira, não só por sua existência, mas também para sua prevenção e controle.

Com a finalidade esboçada no parágrafo anterior, deve-se chegar a conscientizar toda a sociedade, profissional e não profissional, para a qual, a modo de exemplo, se descreverá momentaneamente o caso implementado pela Universidade Nacional da Prata, através da Faculdade de Ciências

**Tabela 3.** Etapas de um tratamento de controle do *macrofouling*.**DIAGNÓSTICO.** Neste módulo se pretende desenvolver:

- 1) Avaliação do estado de invasão no sistema de água ou ambiente humano, em relação à situação existente nos diferentes setores operativos considerando:
  - Características populacionais do mexilhão dourado (internas e externas à Planta).
  - Estado dos assentamentos.
  - Estrutura e funcionamento da planta
- 2) Resultados que se espera alcançar:
  - Situação ou grau de contaminação por espécies, atual.
  - Projeção de tal contaminação no tempo e espaço
  - Potenciais tratamentos e estratégias sustentáveis a seguir
- 3) Finalidade:
  - Projeto de um programa sustentável de controle do *macrofouling* de água doce.
  - Construção de um pressuposto definitivo para o controle.
- 4) Atividades:
  - Tomada de amostras representativas da população (adultos e larvas).
  - Determinação dos pontos de amostragens, sobre a base de:
    - Características estruturais da Planta e capacidade de acesso.
    - Determinação dos pontos-chave para o sistema.
    - Análise de tais amostras.
  - Tomada de conhecimento de materiais e tipo de aplicação da Planta.
  - Informe final.

**PROJETOS DE TRATAMENTO PARA O CONTROLE**

- a) Aplicação de uma combinação de tratamentos segundo a estrutura e funcionamento da planta.
- b) Aplicar uma série de módulos de forma ordenada e intensiva.

Módulos Potenciais:

- I. Limpeza.
- II. Setorização do controle.
- III. Seleção e aplicação de tratamentos para cada setor.

**MONITORAMENTO**

- \* Avaliar a efetividade
- \* Minimizar ao máximo as concentrações e aplicações nos tratamentos considerando:
  - efetividade das doses e aplicações;
  - épocas do ano/ciclo de vida da espécie;
  - rotina de manutenção da planta.

Naturais e Museu, por meio de um programa de difusão (para mais informação consultar em [www.malacologia.com.ar](http://www.malacologia.com.ar)) executado através de:

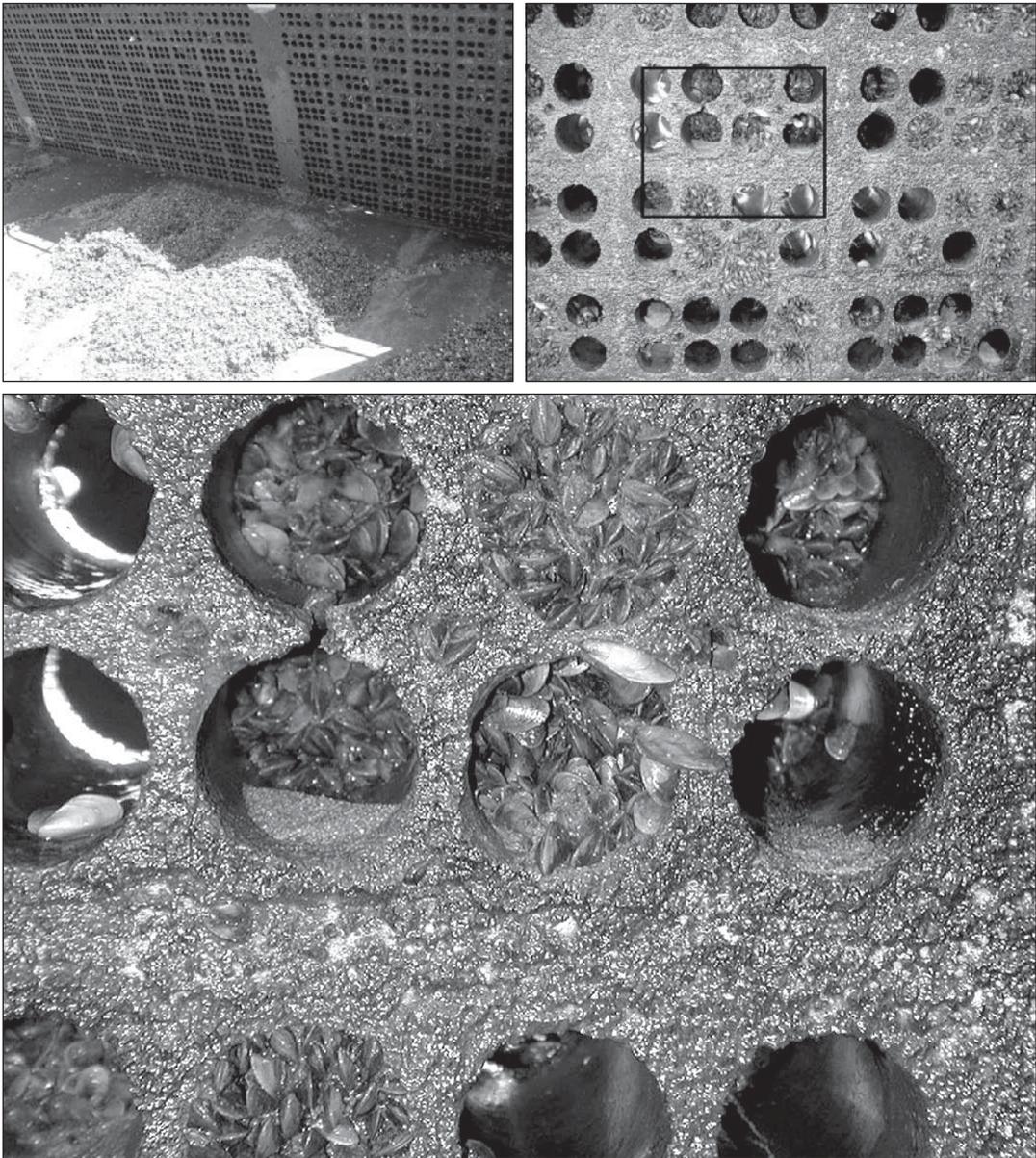
- a) Cursos destinados a um público específico: graduados, profissionais das plantas e docentes de distintos níveis.
- b) Folhetos, cuja finalidade é chegar à parte da população com maiores possibilidades de transformar-se em vetor deste tipo de contaminação por espécies (pescadores, nautas, etc.).
- c) Documentários e exposições e/ou mostras destinadas a um público em geral.

Este tipo de mecanismo ou programa de difusão é efetivo na medida em que sua ação, não apenas através de uma única universidade ou nível acadêmico, como único que se aproxima a mesma. Pelo contrário, o nível do problema a tratar supera um simples programa universitário ou, quiçá, de uma empresa privada próxima a esta ação, e tem que ser realizado pelas entidades nacionais e internacionais envolvidas, por exemplo, por estruturas de gestão existentes no Mercosul.

## REFERÊNCIAS

- Claudi, R. & G. L. Mackie. 1994. *Practical manual for zebra mussel monitoring and control*. Lewis Publishers, Boca Ratón, 227 pp.
- Darrigran, G. & C. Damborenea. 2005. A bioinvasion history in South America. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), the golden mussel. *American Malacological Bulletin*, 20 (1/2):105-113
- Darrigran, G., P. Penchaszadeh, C. Damborenea & N. Greco. 2003. Abundance and distribution of golden mussel *Limnoperna fortunei* larvae in a Hydroelectric Power Plant in South America. *Proceeding 11<sup>th</sup>. International Conference an Aquatic Invasive Species* :310-314. Alexandria, Virginia, USA 2002.
- Icais. 2004. 13<sup>th</sup> International Conference on Aquatic Invasive Species September 20 to 24, 2004 Lynch West County Hotel Ennis, County Clare, Ireland ([www.incais.org](http://www.incais.org)).
- Jenner, H. A., J. W. Whitehouse, C. J. L. Taylor & M. Khalanski .1998. Cooling water management in European power stations. *Biology and Control of Fouling. Hydroécologie Appliquée* 10(1-2):1-225.
- Pastorino, G., G. Darrigran, S. Martín & L. Lunaschi. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1957) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotropica* 39:101-102

## ANEXO VI



**Figura 1.** Macrofouling na grade de tomada de água de uma estação de tratamento de água.