

PHOSLOCK

Phoslock Water Solutions Ltd.

ABN 88 099 555 290

Phoslock®: Uma solução eficiente para controle de algas tóxicas na Aqüicultura

Este artigo descreve os impactos causados pelo crescimento de algas tóxicas em tanques de aqüicultura. A proliferação destas algas ocorre em função do aumento na concentração de nutrientes provocado pelo acúmulo de ração nos tanques. Isto prejudica diretamente a qualidade da água e, conseqüentemente, a produção dos organismos. Phoslock oferece uma solução eficiente para eliminar algas tóxicas através da remoção de fosfatos da água e do sedimento. Com Phoslock é possível restaurar a qualidade da água e reduzir problemas de alteração de sabor na produção, sem prejudicar os organismos cultivados.



Phoslock – a melhor solução sustentável para controlar algas tóxicas e melhorar a qualidade da água em tanques de aqüicultura.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DE ALGAS TÓXICAS

Algas tóxicas, cientificamente conhecidas como cianobactérias, são organismos microscópicos unicelulares que crescem naturalmente em água doce e salgada. Na realidade, estas algas são bactérias que possuem a habilidade de sintetizar clorofila- a e realizar fotossíntese. Assim, agem da mesma forma como plantas ao usar a luz do sol para produzir carboidratos a partir de dióxido de carbono (CO₂) e água. Algumas cianobactérias têm estruturas para movimentação ou bolsas de gás (vacúolos) que são infladas para regular sua flutuação na coluna da água, em resposta às condições ambientais. Isso é vantajoso sobre outras algas, pois possibilita que elas se movam na coluna da água buscando melhores condições de luz e nutrientes.

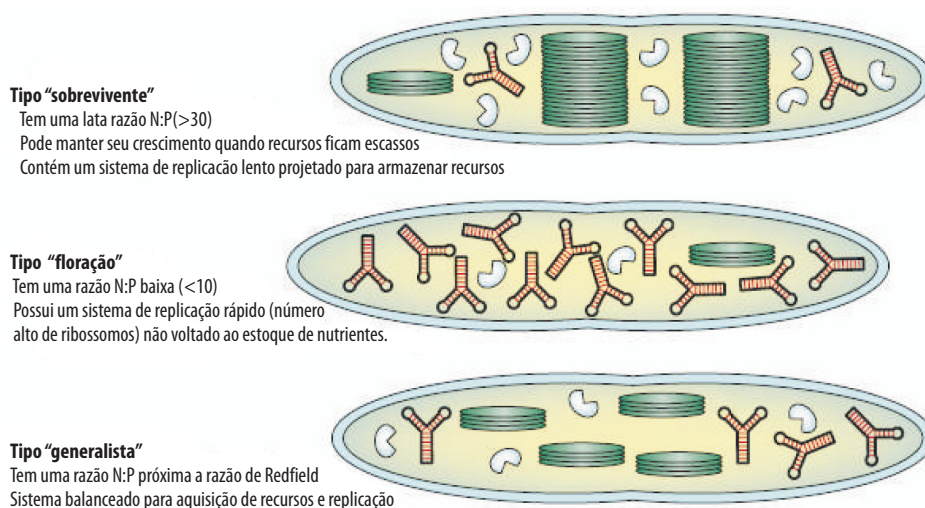
NECESSIDADE DE NUTRIENTES DO FITOPLÂNCTON E PROPORÇÃO N:P

Além de luz e carbono, o fitoplâncton (todos os microorganismos aquáticos fotossintetizantes, algas verdes, marrons e cianobactérias) necessita de nutrientes para se desenvolver. O processo de replicação das células de uma alga requer uma cota de nutrientes inorgânicos semelhante àquela de sua célula-mãe. Além de carbono, o protoplasto das células contém outros 19 elementos químicos. Há elementos/nutrientes que são considerados como limitantes para o crescimento de algas. Dentre eles, destacam-se o nitrogênio, fósforo, ferro, elementos-traço, e sílica (limitante ao crescimento de algas diatomáceas).

No início do século vinte, foi descoberto por Alfred Redfield (1934) que a composição química intracelular do fitoplâncton é semelhante a composição química do oceano, na razão de 16 moléculas de nitrogênio (N) para 1 molécula de fósforo (P). Isto é aceito como uma constante, denominada razão de Redfield (16N:1P). No entanto, a proporção de Redfield não é universal, mas representa uma média para o crescimento de diversas espécies de fitoplâncton, considerando variedades de condições ambientais e estratégias de crescimento. A proporção N:P não é constante em corpos da água, principalmente devido à entrada de nutrientes de fontes antropogênicas, tais como: fertilizantes, esgotos domésticos, efluentes industriais, lixiviação do solo pela chuva, etc.

Os diferentes componentes celulares do fitoplâncton têm propriedades estequiométricas próprias. Particularmente, os mecanismos para aquisição de recursos (luz ou nutrientes), como para formação de proteínas e clorofila, necessitam mais de nitrogênio do que fósforo. Enquanto que para formação de RNA ribossomal, a proporção utilizada de nitrogênio e fósforo é a mesma. Como estes nutrientes compõem uma grande parte do material celular, mudanças na proporção relativa de cada componente afetam a estequiometria celular.

O crescimento exponencial do fitoplâncton, durante o processo de floração, promove a alocação de nutrientes para os mecanismos de reprodução, aumentando o número de RNAs ribossomais. Isto faz com que a proporção N:P seja reduzida para aproximadamente 8, muito abaixo da razão de Redfield (16). No entanto, quando os nutrientes estão escassos, o fitoplâncton com crescimento lento, capaz de sintetizar outros nutrientes é favorecido. Esse tipo de crescimento resulta em proporções ótimas de N:P. (8-45). As espécies fixadoras de nitrogênio (ex. cianobactérias) freqüentemente têm uma estequiometria N:P mais alta do que espécies não-fixadoras. Por exemplo, florações de *Trichodesmium*, que são fixadoras de nitrogênio, têm razões N:P que variam entre 42 e 125. As razões N:P entre filos e famílias são também diferentes. Por exemplo, algas verdes requerem N:P~30, diatomáceas requerem 10, dinofíceas ~12 e algas vermelhas ~10.



Sistema de replicação



RNA ribossomal tem uma baixa razão N:P

Sistema de aquisição e estoque de recursos



Enzimas têm uma alta razão N:P



Pigmentos/proteínas têm uma alta razão N:P

Figura 1. Três estratégias diferentes de crescimento do fitoplâncton e as respectivas proporções celulares de N:P.

DINÂMICA DE NUTRIENTES NA AQUICULTURA

Na aquicultura intensiva, a capacidade natural de suporte dos tanques é bastante excedida. Como a aquicultura trata do cultivo intensivo de organismos, são estabelecidos processos ecológicos artificiais em função da manipulação do ambiente aquático. Devido à alta densidade de peixes ou camarões cultivados para atender a aquicultura comercial lucrativa, os tanques recebem grandes aportes de nutrientes através do acúmulo de ração não consumida. Além disso, a excreção dos organismos cultivados, mineralização natural e ressuspensão do sedimento aumentam o estoque de fósforo na água. Estudos revelam que peixes poderiam assimilar apenas 20-27% do nitrogênio e 8-24% do fósforo lançados no sistema durante o cultivo. Do estoque total destes nutrientes nos tanques, a ração dos peixes contribui com 90-98% nitrogênio e 97-98% do fósforo. No sedimento, foram encontrados de 54-77% de nitrogênio e 72-89% do fósforo, resultantes do acúmulo de ração no fundo.

CRESCIMENTO E PROLIFERAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM TANQUES DE AQUICULTURA

Uma grande fração da ração é quimicamente ou biologicamente transformada antes de se tornar disponível para a assimilação das algas (incluindo as cianobactérias). A estagnação da água nos tanques e grande quantidade de nutrientes, adicionados diariamente, facilita a ocorrência de florações de cianobactérias tóxicas. Estas algas levam vantagem sobre outras algas devido à sua habilidade de controlar a flutuação, o que lhes proporciona descer e ascender na coluna da água à procura de melhores condições de nutrientes e intensidade luminosa. Esta vantagem associada à capacidade de estocar grandes quantidades de fósforo, possibilita que as cianobactérias tenham uma taxa de crescimento maior do que outras algas benígnas.

Algas são produtores primários (realizam fotossíntese) e servem de alimento para outros organismos, constituindo assim a base da cadeia trófica. No entanto, embora as cianobactérias atuem como produtores primários, os organismos aquáticos não costumam predá-las devido a sua capacidade de produzir metabólitos secundários como toxinas. Portanto, cianobactérias tóxicas não constituem uma fonte importante de alimento para cadeia trófica. Em tanques de aquicultura, elas tendem a se proliferar prejudicando a qualidade da água e, conseqüentemente, a qualidade e produção dos organismos cultivados (Figura 2).

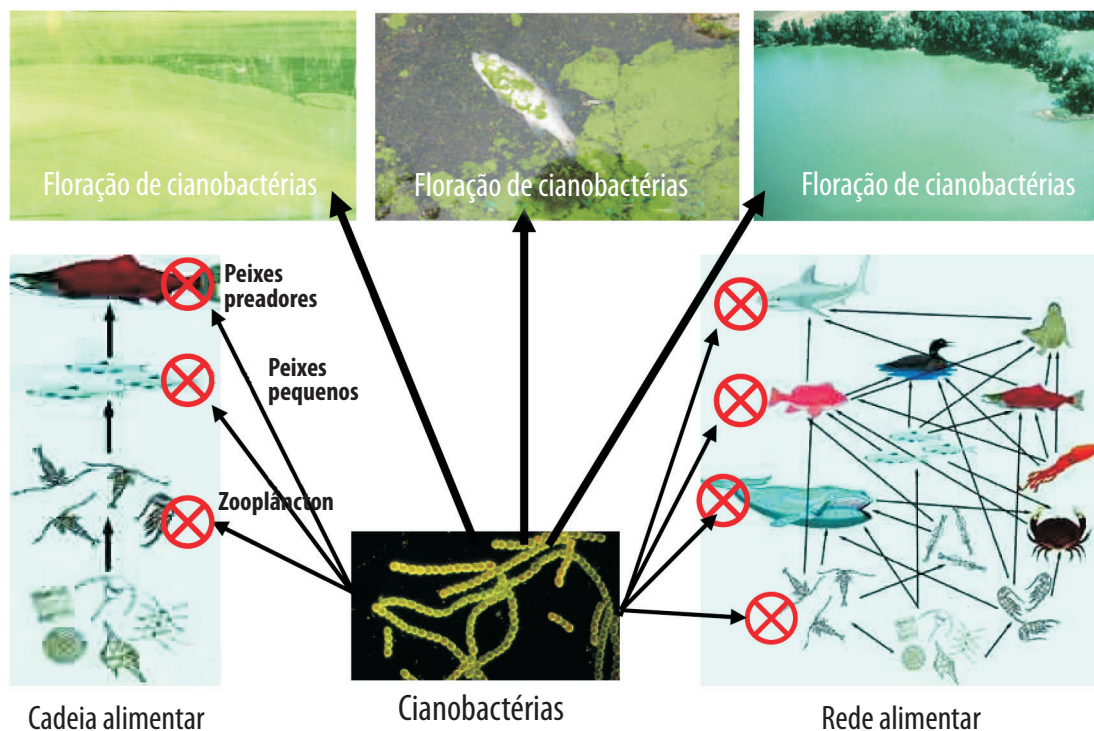


Figura 2. Exemplificação da cadeia e rede alimentares em ecossistemas aquáticos. A cadeia alimentar é definida pelo fluxo de energia de um organismo para o próximo. O conceito de rede alimentar é definido pela complexa rede de interações (network) existente entre os diferentes organismos e seus nichos. As algas são a base tanto da cadeia quanto da rede alimentar aquática. As cianobactérias, por produzirem cianotoxinas, são impalatáveis para peixes, macro e micro-crustáceos (ex. camarões e zooplâncton, respectivamente).

As florações de cianobactérias são também facilitadas pela atividade predatória do zooplâncton, pois estes microorganismos predam, preferencialmente, algas benígnas que são pequenas e palatáveis. Esta relação entre zooplâncton e fitoplâncton é denominada presa-predador. Os peixes também têm preferência por ingerir algas benígnas. A depleção na densidade destas algas diminui também a pressão de competição sobre cianobactérias. Portanto, com aumento da concentração de nutrientes, promovido pelo acúmulo de ração, e com a diminuição de algas benígnas, as cianobactérias conseguem se desenvolver facilmente, prejudicando a qualidade da água, organismos cultivados e estética dos tanques.

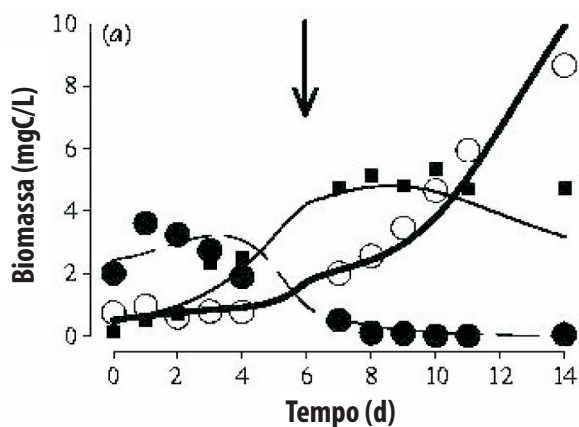


Figura 3. Simulação da interação presa-predador através da modelagem ecológica. Estas interações são importantes para ocorrência de florações. Dados experimentais (símbolos) e a saída do modelo (linhas) descrevem as interações do efeito presa-predador. As espécies de algas tóxicas (círculos abertos, linha espessa) são impalatáveis (tóxicas) para o predador (quadrados fechados, linha fina). As espécies de algas benígnas (círculos fechados, linhas tracejadas) são palatáveis mesmo quando estressadas pela falta de nutrientes.

AS CIANOACTÉRIAS AFETAM A QUALIDADE DA ÁGUA E PROVOCAM DOENÇAS

A manutenção da qualidade da água é essencial para a atividade de aquíicultura. Isto garante o bom desenvolvimento e sobrevivência das espécies cultivadas. Água de má qualidade provoca o surgimento de doenças, que por sua vez acabam provocando a queda da produção. No Brasil, os problemas com a doença da mancha branca (white spot syndrome vírus, WSSV) tem devastado cultivos no nordeste (Rio Grande do Norte e Ceará) e em Santa Catarina. Na ausência de soluções imediatas para a crise gerada pela WSSV, os países asiáticos aprimoraram o manejo dos tanques para reduziros riscos da doença.

O crescimento de cianobactérias em tanques deteriora a qualidade da água. Quando as algas alcançam sua fase máxima de crescimento, elas florescem por um período e então senescem (morrem). Depois do colapso de uma floração, o processo de decomposição das demanda uma grande quantidade de oxigênio. Isto causa déficits de oxigênio e aumento na concentração de amônia, a qual é extramamente tóxica para organismos aquáticos. Estes efeitos podem causar doenças, morte ou redução no crescimento das espécies cultivadas.

CIANOACTÉRIAS PRODUZEM TOXINAS QUE AFETAM A PRODUÇÃO DA AQUICULTURA

As cianobactérias produzem toxinas que causam estresse físico em peixes e camarões cultivados. A exposição destes organismos à neurotoxinas produzidas por espécies de cianobactérias pode alterar a natação e comportamento social de peixes, assim como a atividade neuronal. Por outro lado, a toxina chamada microcistina (uma toxina produzida por cianobactérias como *Microcystis aeruginosa*) pode se acumular no tecido de peixes (particularmente na víscera - fígado, rim, etc.), de camarões e de moluscos como mariscos e ostras.

AS CIANOACTÉRIAS CAUSAM PROBLEMAS DE SABOR E ODORE NOS ORGANISMOS CULTIVADOS

Odores ou sabores alterados em organismos cultivados são encontrados principalmente em peixes como cat fish e em camarões. A maioria dos sabores considerados "terrosos" e/ou "mofados" são causados pela absorção de compostos de odor (tais como um geosmina (GSM) e 2-metilisoborneol (2-MIB)) da água através da epiderme e guelras. Em função de sua composição química, esses metabólitos produzidos por cianobactérias são acumulados no tecido gorduroso. Isto prejudica a qualidade do produto e afeta adversamente a demanda pelo consumidor, diminuindo a margem de lucro dos produtores. Mais de 80% do cat fish cultivado podem ter problemas de sabor durante o ano (Rimando & Schrader, 2003).

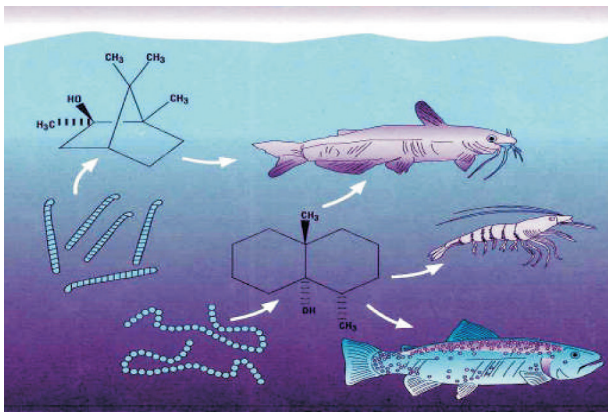


Figura 4. Geosmina (GSM) e 2-metilisoborneol (2-MIB) produzidos por certas espécies de cianobactérias são absorvidas pela pele e guelras das espécies cultivadas. Estes compostos se acumulam no tecido gorduroso de peixes ou na cabeça dos camarões (Rimando & Schrader, 2003).

Problemas de sabor alterado são comuns em catfishes, mas também ocorrem nos camarões penaídeos, pois as composições GSM e MIB são solúveis em lipídios e por isso se concentram na cabeça dos camarões. Descobriu-se que a geosmina (GSM) é o composto responsável pela ocorrência sazonal de sabores terrosos em trutas cultivadas no Reino Unido.

USANDO ALGICIDAS PARA CONTROLAR AS CIANOBACTÉRIAS

Até hoje, não existiam métodos atóxicos e sustentáveis para evitar a proliferação de cianobactérias. O uso de algicidas químicos (sulfato de cobre e certos quelantes ou produtos de cobre) pode até eliminar as cianobactérias imediatamente. Porém, algicidas de cobre não são adequados para a aqüicultura, pois eles são tóxicos para todas as algas. O cobre também interage fortemente com outras variáveis da água, se tornando tóxicos aos peixes na medida que a dureza e a alcalinidade diminuem.

Os tratamentos com sulfato de cobre empobrecem a qualidade da água. Isto exige que se aumente a aeração nos tanques. O acúmulo deste metal no sedimento associado a fração natural de cobre no sedimento, gera um potencial de impactos ambientais. Em função do risco ambiental agregado ao uso de algicidas, há severas restrições a sua aplicação, no Brasil.

Aplicações de algicida ou cloração são alternativas insustentáveis. Pois, após eliminar as florações, o fósforo intracelular é liberado para a água e fica disponível para uma próxima floração. Além disso, por provocarem a lise das células, estes métodos fazem com que as toxinas intracelulares sejam liberadas de uma só vez para a água. Isto aumenta a concentração de toxinas no sistema muito rapidamente provocando danos imediatos aos organismos aquáticos.

LIMITANDO NUTRIENTES PARA CONTROLAR CIANOBACTÉRIAS

Um nutriente é considerado limitante quando sua concentração no sistema é insuficiente para sustentar o crescimento das algas. Ou seja, uma vez que o suprimento deste nutriente é exaurido, o crescimento algal cessa. Quaisquer nutrientes, por exemplo, nitrogênio, fósforo ou certos metais podem se tornar um nutriente limitante para o crescimento do fitoplâncton.

Controlar a concentração de nitrogênio é um processo caro, pois requer muita energia, custos químicos e equipamento especializado. Certos microorganismos, incluindo cianobactérias, são aptos a fixar o nitrogênio atmosférico. Limitar a concentração de fósforo é o meio mais prático de impedir o crescimento do fitoplâncton, particularmente das cianobactérias. O fósforo é um requisito essencial para a vida, pois é um componente dos ácidos nucléicos, responsável pela síntese protéica e transporte intracelular.

O QUE É PHOSLOCK?

Phoslock é um produto natural, produzido a partir de uma argila (bentonita) modificada, criado na Austrália pela CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation).

Phoslock foi desenvolvido para remover o principal nutriente de algas tóxicas, o Fósforo Reativo Dissolvido (FRD) ou orto-fosfato (PO₄). Phoslock remove o FRD da coluna da água e do sedimento.

COMO PHOSLOCK FUNCIONA?

Com a aplicação de Phoslock num corpo da água, mais de 95 % do FRD é rapidamente e adsorvido formando um complexo insolúvel com a estrutura de argila modificada. Ao decantar no fundo, forma-se uma camada de 1-3mm sobre o sedimento. Esta camada de Phoslock é capaz de adsorver o FRD do sedimento, tamponando o fluxo de fósforo proveniente do fundo. Uma vez que o FRD está adsorvido ao Phoslock, ele não está mais disponível para a assimilação e crescimento de algas. Uma tonelada de Phoslock é capaz de remover 34 kg de FRD ou orto-fosfato (PO₄), ou 11 kg de fósforo total (P). Phoslock é funcional dentro de um amplo gradiente de pH ~4 a 11 e consegue adsorver fosfatos até mesmo em condições anóxicas.

APLICANDO PHOSLOCK PARA REMOVER O FÓSFORO E ELIMINAR CIANOBACTÉRIAS, MELHORANDO A QUALIDADE DA ÁGUA

A redução de FRD nos tanques de aquicultura, após a aplicação de Phoslock, tem impacto direto na proliferação das algas tóxicas. A redução de fósforo provoca o aumento na proporção N:P. O efeito disso é uma redução significativa das cianobactérias e aumento da densidade de algas benignas, que servem de alimento para o zooplâncton. Estas algas benignas e o zooplâncton são um alimento natural dos organismos cultivados. Ao eliminar as cianobactérias, as cianotoxinas são também eliminadas do sistema.

O crescimento das cianobactérias não é limitado pela concentração do nitrogênio no corpo aquático, pois elas são capazes de fixar e armazenar nitrogênio da atmosfera. Quando há excesso de fósforo disponível na água, as cianobactérias levam ampla vantagem sobre outras algas. Portanto, Phoslock é solução mais prática e eficiente para prevenir o crescimento destas algas indesejáveis em tanques de aquicultura, onde há entrada constante de nutrientes na forma de ração.

Phoslock não possui desvantagens como outros métodos tradicionais. É a única alternativa capaz de restaurar a qualidade da água e possibilitar a re-estruturação ecológica da cadeia trófica.

EM QUANTO TEMPO PODE-SE EVIDENCIAR OS EFEITOS DE PHOSLOCK?

Quando há grande disponibilidade de fósforo no ecossistema, o fitoplâncton consegue assimilar o excesso deste nutriente. O estoque de fósforo pelas algas propicia que suas células contenham de 8-16 vezes mais fósforo do que sua cota mínima. Teoricamente, com este estoque, as algas ficam aptas a realizar possivelmente três ou quatro reproduções celulares. A armazenagem de fósforo por certas cianobactérias é muito maior do que em outras algas.

Após a aplicação de Phoslock, a resposta do fitoplâncton e de cianobactérias pode se dar em quatro estágios:

- **Nenhuma redução imediata da biomassa algal (fósforo em excesso no sistema):** Em função do acúmulo de fósforo nas células de cianobactérias e alta disponibilidade de fósforo na água e no sedimento, não há efeito imediato na biomassa do fitoplâncton ou na composição de espécies.
- **Pequena redução na biomassa (declínio da fração não utilizada de fósforo total):** Neste estágio, as algas já esgotaram seu estoque intracelular de fósforo. A redução da biomassa algal dependerá do comportamento das espécies fitoplanctônicas. Por exemplo, algas móveis como dinoflagelados e cianobactérias flutuantes conseguem se adaptar temporariamente a redução de fósforo, pois podem se locomover para profundidades maiores em busca de nutrientes junto ao sedimento (hipolímnio).

- **Declínio do fitoplâncton após esgotamento do fósforo:** Uma vez extinguidas as fontes internas e externas de fósforo, as condições tornam-se extremamente limitantes para as cianobactérias. O resultado é uma diminuição significativa da biomassa do fitoplâncton e principalmente das cianobactérias.
- **Declínio total da biomassa de algas e mudanças na composição do fitoplâncton:** No quarto estágio, o corpo da água alcança seu novo estado de equilíbrio, pois torna-se oligotrófico. Com isto ocorre também uma mudança na composição das espécies de fitoplâncton. Em função do aumento na proporção N:P, as cianobactérias tóxicas cedem espaço para as algas verdes benignas que requerem menos fósforo.

APLICANDO PHOSLOCK COM SUCESSO NA AQUICULTURA DE CAMARÕES NA MALÁSIA



Figura 5. Fazenda de camarões na Malásia

Phoslock foi aplicado experimentalmente em fazendas de camarões na Malásia. Os resultados demonstraram que Phoslock (em doses de 5 ppm e 10 ppm) reduziram significativamente a concentração de fósforo reativo dissolvido (FRD) nos tanques com camarões (Figura 6). Ambos tratamentos com Phoslock (10 e 5 ppm) reduziram concentrações de FRD a zero após algumas aplicações. Esta concentração de FRD permaneceu invariável por mais de 30 dias após a aplicação. O nível de FRD começou a aumentar após 68 dias. Isto ocorreu em função da entrada contínua de fósforo através da ração. Para impedir o aumento da concentração de FRD, Phoslock deveria ter sido aplicado entre os dias 30 e 68.

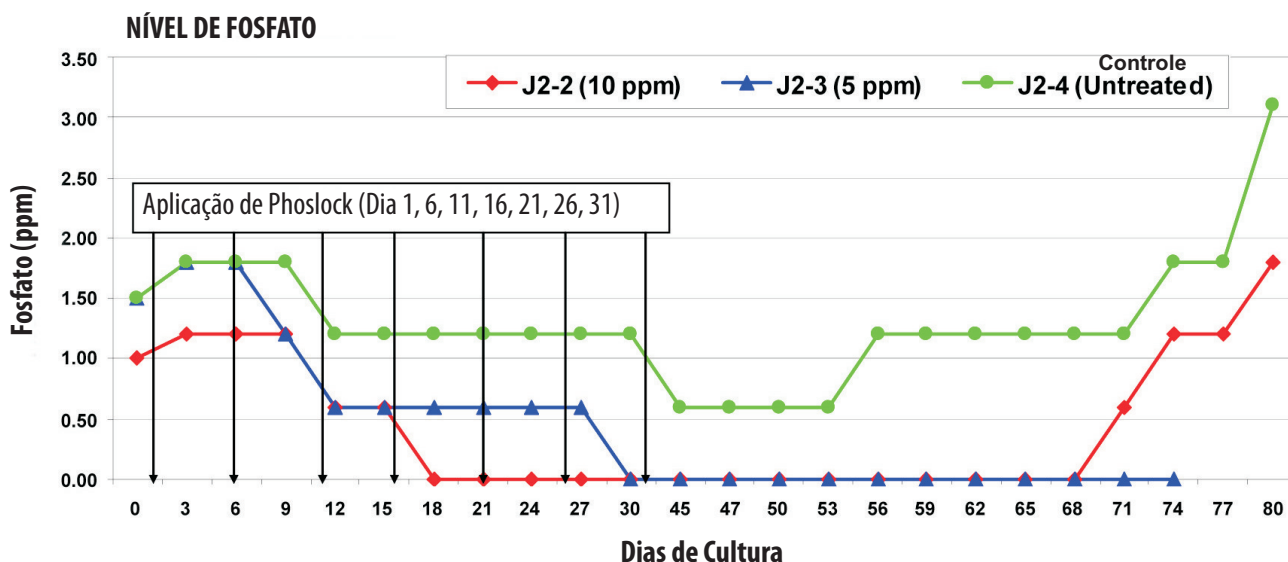


Figura 6. Concentrações de fosfato (ppm) nos tanques tratados com Phoslock e em não-tratados (controle). Phoslock foi aplicado em seis dias diferentes, até o dia 31 do período de cultivo.

Os tanques com Phoslock mostraram uma melhora na qualidade da água, com maiores taxas de sobrevivência dos camarões e maiores médias de peso corporal. (Figura 7). A taxa de sobrevivência dos camarões foi significativamente maior nos tanques tratados com 10 ppm de Phoslock (J2-2) comparado aos tanques com 5ppm (J2-3) e aos controles (J2-4). Foi reconhecido pelo gerente da fazenda que os tanques que receberam 5ppm de Phoslock (J2-3) haviam sido infectados por uma doença, anteriormente. Por isso, as taxas de sobrevivência não foram maiores nestes tanques.

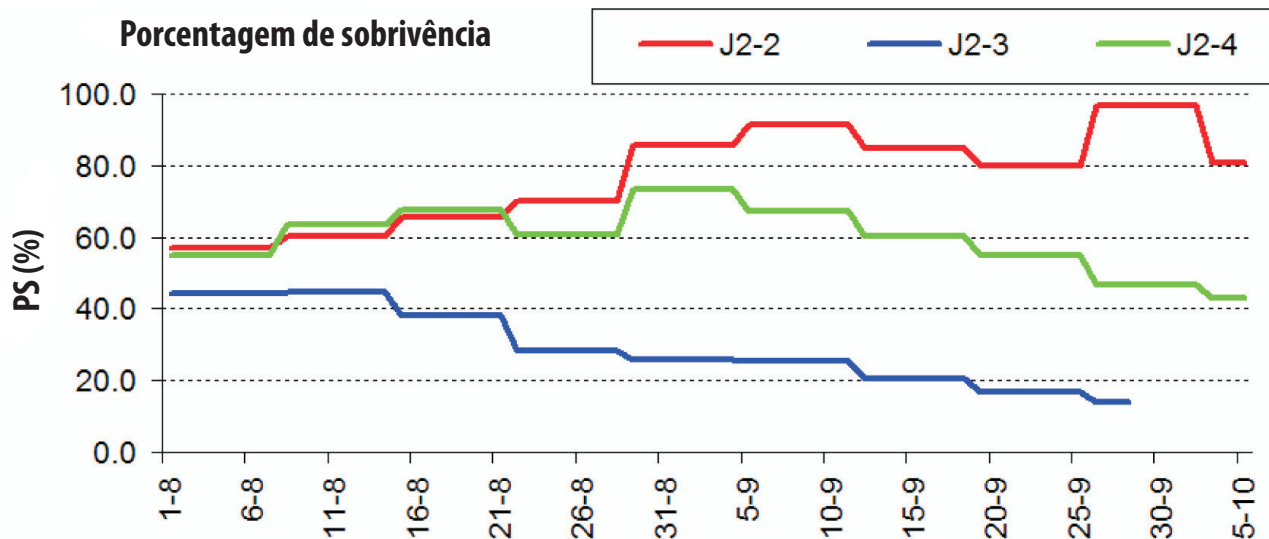


Figura 7. Taxas de sobrevivência dos camarões nos tanques tratados com Phoslock e não-tratados (controle) até o dia 65 do cultivo.

Outras aplicações de Phoslock estão sendo conduzidas na Malásia e Austrália. Quatro dosagens diferentes de Phoslock serão testadas em tanques com camarões após o período de crescimento dos organismos. Espera-se comprovar novamente a eficiência do produto quanto a remoção de fosfatos da água, controle de cianobactérias, melhora na qualidade da água e aumento da produção de camarões. Da mesma forma, **Phoslock pode ser aplicado para melhorar a qualidade da água em tanques de aquicultura no Brasil, visando prevenir doenças e controlar problemas de sabor e odor alterados nos organismos cultivados.**

POTENCIAL DE PHOSLOCK PARA ELIMINAR PROBLEMAS DE ALTERAÇÃO DE SABOR EM CATFISH

Alterações de sabor representam um prejuízo econômico considerável para indústria da aquicultura de catfish nos EUA (Channel Catfish) e outras indústrias de aquicultura em todo o mundo. A indústria de aquicultura de catfish é o setor com maior crescimento nos Estados Unidos e alguns países da Ásia como, Vietnam, China, Tailândia, Malásia, Indonésia, Índia e Bangladesh. Nos Estados Unidos, os prejuízos causados pela alteração de sabor foram calculados em US\$47 milhões, em 1999. Quando o catfish tem seu sabor alterado, ele não pode ser comercializado. Como Phoslock é capaz de controlar o crescimento e a proliferação das cianobactéria, sua aplicação proporciona uma solução sustentável para problemas de alteração de sabor nos organismos cultivados.



Este artigo foi elaborado por Dr. Anisul Afsar, Pesquisador em Ecologia Aquática, Phoslock Water Solutions Ltd. e traduzido para o português pela Stymulab Ltda- Representante exclusiva de Phoslock, no Brasil.



Stymulab Ltda

Representante Exclusivo da
Phoslock Water Solutions no Brasil
por Tiago Finkler Ferreira

Tel: + 55 51 93640138
Fax: +55 51 32242946
Email: contato@phoslock.com.br
www.phoslock.com.br