

Sistemas de Recirculação para Cultivo de Peixes Marinhos - Procedimento Operacional Padrão (POP) -

*Venâncio Guedes de Azevedo¹, Hugo Gallo Neto²,
Henrique Luís de Paula e Silva de Almeida³ e Eduardo Gomes Sanches¹*

outubro 2014

¹ Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte
Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho, Instituto de Pesca, APTA, SAA-SP
Estrada Joaquim Lauro de Monte Claro Neto, 2275, Ubatuba, SP - CEP: 11680-000 - vazevedo@pesca.sp.gov.br
² Aquário de Ubatuba – Avenida Nove de Julho, 680, Ubatuba, SP – CEP: 11680-000 - hugo@aquariodeubatuba.com.br
³ Terramare: Consultoria, Projetos e Construção de Aquários Ltda - Rua Guarani, 859
Bairro Itaguá, Ubatuba, SP - CEP: 11680-000 - contato@terramare.com.br

Palavras-chave: Sistemas de Recirculação Aquática, Aquacultura, Sistemas de Suporte à Vida

Key-words: Recirculation Aquatic Systems, Aquaculture, Life Support Systems

Em razão do alto valor das áreas litorâneas, a piscicultura marinha na região Sudeste do Brasil vem sendo desenvolvida em tanques-rede (SANCHES, 2006). Sistemas de recirculação para o cultivo e manutenção de peixes marinhos são considerados como alternativa ao cultivo em tanques-rede, sendo que esforços para o desenvolvimento destes sistemas para escala comercial de produção de pescado vêm aumentando principalmente nos Estados Unidos e em países da Europa (KATAVIC, 1999).

Comparativamente aos sistemas tradicionais de cultivo de peixes em viveiros, os sistemas de recirculação proporcionam menor consumo de água por quilo de peixe produzido (redução de mais de 90%) além de terem a vantagem da praticamente nula emissão de efluentes, com a conseqüentemente redução do impacto ambiental. A aplicação deste sistema de cultivo atende aos conceitos de uma aquicultura responsável e ambientalmente correta (BLANCHETON, 2000).

Sistemas de recirculação são compostos por tanques para cultivo dos peixes, sistemas de bombeamento e filtragem da água. Exigem ainda estrutura de captação de água, armazenamento, tratamento e descarte, mesmo que em pequenas quantidades. O sucesso deste tipo de cultivo depende da implantação de complexos sistemas de filtragem que proporcionem adequada qualidade de água aos organismos aquáticos, oferta de ração com elevado teor de nutrientes, que possa satisfazer as exigências nutricionais dos organismos mantidos em altas densidades de estocagem, e de pessoal devidamente capacitado para operar os equipamentos do sistema.

Os elevados custos de implantação e operação tornam os sistemas de recirculação mais adequados a espécies com bom valor de mercado e que suportem elevadas densidades de cultivo. Sistemas de recirculação possibilitam o emprego de densidades de estocagem mais elevadas comparativamente aos sistemas tradicionais de cultivo, em razão da possibilidade de maior controle dos fatores limitantes (notadamente temperatura, teor de oxigênio e amônia). A densidade de estocagem ideal pode ser influenciada pelas características da espécie selecionada, do sistema de cultivo e dos equipamentos e estratégias de filtragem, pelo tamanho inicial e final dos peixes e, ainda, pelo formato e volume dos tanques. O peso comercial da espécie é outro importante fator para a definição da densidade de estocagem.

Para BLANCHETON (2000), a recria de formas jovens de peixes marinhos em sistemas de recirculação até que atinjam peso adequado para serem estocados em tanques-rede pode ser uma importante solução para diminuição da taxa de mortalidade, quando se faz estocagem direta para os tanques-rede. Formas jovens de peixes marinhos são sensíveis e pouco resistentes aos efeitos das correntes marinhas e de outras variáveis oceanográficas, sendo comum o registro de mortalidades quando se estocam peixes com peso inferior a 10 gramas em tanques-rede.

Informações sobre produção de peixes marinhos em sistemas de recirculação são escassas, sendo a maioria composta por relatos de caso sem maiores detalhamentos, dificultando a ampliação do conhecimento sobre esta alternativa de cultivo (LOSORDO *et al.*, 1998; BLANCHETON, 2000; WATSON e Hill, 2006; WEBB JR. *et al.*, 2007).

Dentre as vantagens deste tipo de sistema estão: requerimento de reduzido espaço e água; alto nível de controle ambiental, que permite cultivos anuais com elevados índices de crescimento; e possibilidade de controle de efluentes e de localização dos cultivos próximos aos grandes centros de comercialização. Como principais desvantagens podem-se citar: elevado custo de instalação e operação e complexidade do funcionamento dos sistemas de filtragem. Outra desvantagem, segundo LOSORDO *et al.* (1999), reside em que a manutenção dos sistemas de recirculação ainda é pouco conhecida, constituindo-se em grande dificuldade para a obtenção de bons resultados.

Segundo KUBITZA (2006), os principais fatores de insucesso em sistemas de recirculação decorrem do desconhecimento dos princípios básicos que regem o sistema e seu inadequado dimensionamento.

Quadro comparativo das vantagens e desvantagens da utilização de sistemas de recirculação marinhos

Vantagens	Desvantagens
Menor consumo de água	Alto custo de implantação e operação
Menor risco sanitário	Complexidade de operação
Menor demanda de área	
Menor descarte de efluentes	
Menor impacto ambiental	
Produção próxima dos mercados consumidores	
Maior controle da produção	

Os sistemas de recirculação podem ser de vários tamanhos, desde sistemas em larga escala de produção a pequenos sistemas. Podem ser utilizados como sistemas de crescimento e engorda ou como incubadoras para produzir ovos e alevinos de peixes, tanto para alimentação humana como para aquarioria (HELFRICH e LIBEY, 1991)

Sistemas de recirculação podem ser utilizados para cultivo de diversos organismos aquáticos, tais como camarões, caranguejos, ostras, dentre outros.

A Figura 1 apresenta os principais componentes de um sistema de recirculação para a criação de peixes marinhos.

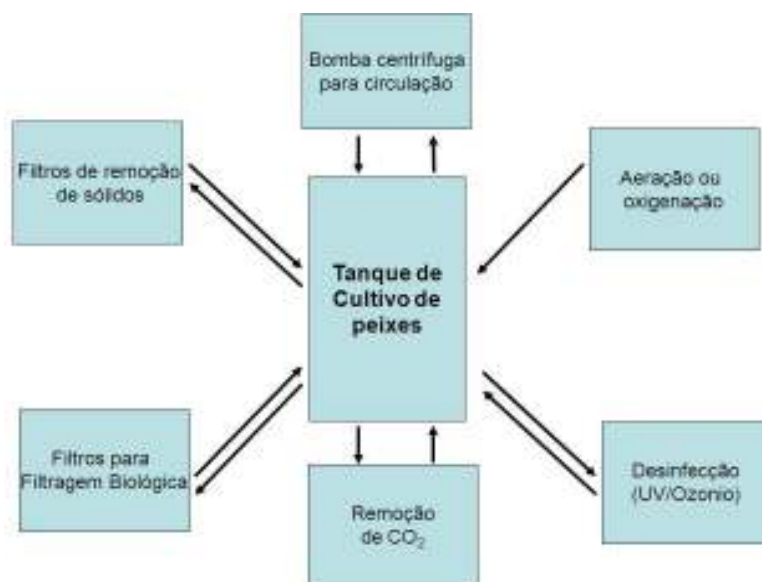


Figura 1. Estrutura de um sistema de recirculação para peixes marinhos

Componentes do sistema

1. Tanques para cultivo de peixes

Os tanques podem apresentar diferentes volumes, entretanto os formatos ideais são o circular e o octogonal, para facilitar a circulação da água, mas que sejam equipados com um dreno de fundo central, a fim de proporcionar a remoção dos sólidos decantáveis (Figura 2). Os tanques podem ser construídos em concreto, fibra, lona plástica ou outro material, dependendo de sua dimensão. Para tanques de concreto, a execução de uma boa impermeabilização é fundamental.

Um adequado planejamento dos pontos de entrada e saída de água também se faz fundamental para garantir uma boa circulação de água nos tanques, evitando-se zonas 'mortas'.



Figura 2. Tanques de lona utilizados em sistema de recirculação. Fonte: Instituto de Pesca

2. Sistemas de filtragem

2.1. Filtragem física

A filtragem física retira da água os sólidos que são gerados no cultivo, provenientes dos resíduos de ração e fezes dos peixes. Tais resíduos consomem oxigênio e geram amônia, constituindo-se em um problema para sistemas de

recirculação. Segundo KUBITZA (2006), os sólidos podem ser divididos em três grupos: sólidos decantáveis (partículas maiores que 100 μm), sólidos suspensos (partículas entre 40 e 100 μm) e sólidos dissolvidos (partículas menores que 40 μm).

Os sólidos decantáveis são removidos do sistema pelos drenos de fundo e retidos em tanques de decantação. Os sólidos suspensos podem ser removidos por drenos e por coletores superficiais ou de meia água, sendo retidos por filtros de areia (tipo filtro de piscina, Figura 3), filtros de disco (Figura 4), filtros de cartucho, filtros de bolsa e filtros rotativos, dentre outros.



Figura 3. Bateria de filtros de areia (filtragem física). Fonte: Terramare



Figura 4. Filtros de disco (filtragem física). Fonte: Instituto de Pesca

Os filtros de areia, cartucho e bolsa também podem retirar os sólidos dissolvidos, removendo partículas de 1 a 20 micrômetros. Estes sólidos também são removidos através do uso de fracionadores de proteína (*skimmer*).

2.2. *Skimmer*

O *skimmer*, também conhecido como desnatador ou fracionador de proteínas, consiste em um equipamento de filtragem da água, muito eficiente em sistemas de recirculação de água salgada (Figura 5). Bem conhecido por aquaristas marinhos e utilizado em praticamente todos os Aquários Marinhos de Visitação Pública, o *skimmer* é composto de uma câmara de reação ou de contato, cilíndrica, onde uma grande quantidade de água e ar ou uma mistura de ar mais ozônio (injetado por um sistema venturi ou por difusor de ar) são misturados. Na extremidade superior deste tubo (cilindro) existe um estreitamento através do qual a espuma formada é expulsa, sendo acumulada em um copo coletor para ser descartada (Figura 6). O processo de filtragem é realizado pelo efeito da atração eletrostática na superfície das bolhas e pelo aprisionamento da matéria particulada na espuma. Além das partículas orgânicas e inorgânicas removidas, o processo de microfloculação também promove a remoção de coliformes e outras bactérias, de forma que este tipo de equipamento também proporciona a desinfecção da água via remoção de micro-organismos (AIKEN, 2004).



Figura 5. *Skimmer* em sistema de recirculação de 32.000 litros para criação de peixes marinhos. Fonte: Instituto de Pesca



Figura 6. Espuma sendo descartada em *skimmer*. Fonte: Aquário de Ubatuba

Segundo ESCOBAL (1996), os parâmetros básicos a serem observados no projeto destes equipamentos são diâmetro e altura do cilindro (câmara de contato), vazão de água (que determina o tempo de contato) e taxa de bombardeamento (injeção de ar).

Através da injeção de ozônio (ao invés de ar) em doses muito pequenas é possível o incremento da microfloculação, o que aumenta ainda mais a eficiência do *skimmer* (AIKEN, 2004).

No Brasil já existem empresas que dimensionam, projetam e constroem este equipamento de acordo com as necessidades de cada sistema de recirculação (Figura 7).



Figura 7. *Skimmer* para tanques de grandes dimensões. Fonte: Terramare

2.3. Filtragem biológica

A filtragem biológica consiste na transformação da matéria orgânica presente na água (principalmente os compostos nitrogenados) através de processos biológicos em meio aeróbico ou anaeróbico. Em sistemas de água salgada, pode ser realizada por bactérias ou macroalgas. Bactérias aeróbicas transformam a amônia em nitrito e posteriormente em nitrato; já bactérias anaeróbicas são capazes de transformar o nitrato em nitrogênio gasoso. Macroalgas são organismos capazes de absorver nitrogênio e fósforo do ambiente aquático e incorporá-los à sua biomassa.

Em geral, os filtros biológicos possuem um substrato no qual as bactérias se fixam. Existe uma grande variedade de filtros biológicos que podem ser utilizados em sistemas de recirculação, tais como, filtro percolador aeróbio (Trickling filter), tambor rotativo, filtros de areia e areia fluidizada. Para HOVANEC (2004), o filtro biológico ideal é aquele que possui grande área para assentamento das bactérias nitrificantes por volume geral, mantendo um fino biofilme de bactérias, não sofre comatação, sufocando assim as bactérias e que apresenta baixa necessidade de manutenção e baixo custo de operação.

O processo de filtragem biológica implica grandes alterações na qualidade da água, pois as bactérias consomem oxigênio, produzem gás carbônico e elevam a acidez da água. Desta maneira, é fundamental a aeração da água, a eliminação do gás carbônico e o controle da alcalinidade após a filtragem biológica, sendo necessárias aplicações periódicas de calcário para controlar o pH.

Embora o nitrato seja menos tóxico para a vida aquática, a acumulação dessa substância deve ser controlada nos sistemas de aquacultura. Este controle pode ser feito através da troca parcial da água ou da instalação de filtros denitrificadores. Estes filtros se tornam especialmente importantes para a manutenção de elasmobrânquios em sistemas de recirculação, uma vez que altos níveis de nitratos na água têm influência negativa no metabolismo de iodo, causando o aparecimento de bócio neste grupo de animais (CROW, 2004).

Através da denitrificação, compostos nitrogenados inorgânicos oxidados, tais como, nitrito e nitrato, são reduzidos a nitrogênio elementar (N_2), sendo este processo conduzido por micro-organismos anaeróbios facultativos em processos autotróficos ou heterotróficos (RIJN *et al.*, 2006). O uso de filtros denitrificadores, além de reduzir a necessidade de água, diminui o descarte de compostos nitrogenados no meio ambiente. No Brasil, poucas empresas projetam e fabricam filtros denitrificadores (Figura 8).



Figura 8. Filtro denitrificador. Fonte: Aquário de Ubatuba.

2.4. Filtros de esterilização (UV/Ozônio)

Em razão do reuso da água e da elevada densidade de estocagem, é bastante frequente o aparecimento de patologias nos organismos cultivados em sistemas de recirculação. Dois métodos são comumente empregados para o controle de patógenos: aplicação de raios ultravioleta (UV) e ozonização (gás ozônio). Filtros ultravioleta (Figura 9) são compostos de pequenas câmaras tubulares, onde a água entra em contato com raios ultravioleta, emitidos por lâmpadas especiais. A luz ultravioleta é uma energia eletromagnética. As energias eletromagnéticas são classificadas de acordo com seu comprimento de onda. A ação germicida da luz ultravioleta se dá na região UV-C e no comprimento de onda de 254 nm (nanômetro). Fora dessa região, a ação germicida é diminuída. Os filtros UV devem ser dimensionados de acordo com a velocidade de passagem da água e a voltagem da lâmpada. As lâmpadas devem ser trocadas após um ano de funcionamento para que o filtro não perca eficiência.



Figura 9. Sistema de esterilização com lâmpadas ultravioleta. Fonte: Instituto de Pesca

A ozonização é realizada por aparelhos que produzem ozônio (O_3) e o injetam na água, normalmente através de venturis e de câmaras de contato (Figura 10). O ozônio apresenta alto poder de oxidação, sendo eficiente na quebra de compostos orgânicos e na eliminação de bactérias, vírus e partículas em suspensão na água e, em razão disso, muitas vezes é injetado em *skimmers* para aumentar sua eficiência. Contudo, se administrados em doses excessivas, tanto o ozônio quanto agentes oxidantes gerados através de sua ação podem ser extremamente tóxicos para os organismos cultivados. Deste modo, o dimensionamento do equipamento deve ser bastante cauteloso, bem como seu monitoramento e controle da dosagem através de sensores e medidores ORP (potencial de oxirredução). O carvão ativado retira o excesso de ozônio da água e, por este motivo, filtros com este tipo de substrato são comumente adicionados após a injeção de ozônio. Também os filtros de ultravioleta podem ser utilizados para redução do excesso de ozônio. Em algumas situações, dependendo da configuração do sistema, câmaras de degaseificação (semelhantes aos filtros percoladores aeróbios) também podem ser utilizadas para controlar o excesso de ozônio.



Figura 10. Sistema de esterilização com ozônio. Fonte: Terramare

3. Sistemas Complementares

3.1. Sistemas de aeração (ar/oxigênio)

Formados por sopradores de ar e sistemas de injeção de oxigênio puro, garantem adequados níveis de oxigênio para os peixes e para as bactérias do sistema de filtragem. Linhas de distribuição de oxigênio a partir de cilindros podem constituir importante alternativa em momentos de interrupção de energia elétrica.

3.2. Sistemas de aquecimento/resfriamento

São sistemas que possibilitam o aquecimento ou o resfriamento da água, tendo como objetivo a manutenção da temperatura da mesma dentro dos limites considerados ideais para a espécie cultivada. Quando se trabalha com água salgada, cabe lembrar a forte ação corrosiva do sal; diante disso, são empregados materiais resistentes a este processo, tal como o titânio, os quais, no entanto, encarecem bastante o custo destes equipamentos.

3.3. Sistemas de iluminação

Um adequado controle da incidência luminosa e do fotoperíodo (quantidade de horas de luz por dia) é essencial para sistemas de recirculação marinhos, pois permite simular as diferentes intensidades luminosas, possibilitando antecipar os processos de maturação reprodutiva dos peixes.

3.4. Sistemas de segurança

Interrupções do fornecimento de energia elétrica podem provocar mortalidades massivas em sistemas de recirculação. A utilização de geradores, acionados automaticamente em caso de interrupção de energia, é essencial para a implantação de cultivos de peixes em sistemas de recirculação.

Importância do monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para o sucesso da operação dos sistemas de recirculação marinhos, podendo ser realizado por sistemas automáticos ou manuais. Os seguintes parâmetros devem ser medidos: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (OD), gás carbônico (CO₂), sólidos em suspensão (turbidez), amônia (NH₃), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), pH, salinidade, potencial de oxirredução (ORP).

Parâmetros ideais para cultivo de peixes em sistemas de recirculação marinhos*

Parâmetro	Valor ideal
Temperatura (°C)	24 – 27 °C
Oxigênio dissolvido (OD)	> 4,0 mg/L
Gás carbônico (CO ₂)	< 5,0 mg/L
Sólidos em suspensão (turbidez)	< 20,0 mg/L
Amônia (NH ₃)	< 0,1 mg/L
Nitrito (NO ₂)	< 0,1 mg/L
Nitrato (NO ₃)	< 20,0 mg/L
pH	8,0 - 8,5
Salinidade	30 - 35
Potencial de oxirredução (ORP)	> 350 mV

* Estes parâmetros podem variar dependendo da espécie cultivada.

Considerações finais

Sistemas de recirculação podem constituir uma interessante alternativa para a criação de peixes marinhos. Considerando o elevado custo de aquisição e manutenção dos equipamentos que os integram, torna-se essencial um adequado conhecimento científico e técnico no momento de elaboração de um projeto desta natureza, pois tal conhecimento deverá nortear o processo desde o estudo de viabilidade econômica até a escolha e calibragem dos equipamentos, além do treinamento do pessoal envolvido nas operações do sistema.

Referências Bibliográficas

- AIKEN, A. 2004 Use of foam fractionation for improving water quality in marine aquaria. Aquality Symposium. 1st International Symposium of Water Systems in Aquaria and Zoological Parks - Oceanário de Lisboa, Portugal.
- BLANCHETON, J.P. 2000 Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering*, 22(1): 17-31.
- CROW, G.L. 2004 Goiter in Elasmobranchs - The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives. *Special Publication of the Ohio Biological*. p. 441-446.
- ESCOBAL, P.R. 1996 *Aquatic systems engineering: devices and how they function*. Dimension Engineering Press. 267p.
- HELFRICH, L.A. e LIBEY, G. 1991 *Fish farming in Recirculating Aquaculture Systems (RAS)*. Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech. 19p.

- HOVANEC, T.A. 2004 Types of Biofilters: Advantages and Disadvantages. Aquality Symposium. 1st International Symposium of Water Systems in Aquaria and Zoological Parks - Oceanário de Lisboa, Portugal.
- KATAVIC, I. 1999 Mariculture in the new millennium. *Agriculture Conspectus Scientificus*, 63(3): 223-229.
- KUBITZA, F. 2006 Sistemas de recirculação: sistema fechado com tratamento e reuso da água. *Panorama da Aqüicultura*, 16(95): 15-22.
- LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P.; RAKOCY, J.E. 1998 *Recirculating aquaculture tank production systems: An overview of critical considerations*. Southern Regional Aquaculture Center, n. 451, 12p.
- LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P.; RAKOCY, J.E. 1999 *Recirculating aquaculture tank production systems: Management of recirculating systems*. Southern Regional Aquaculture Center, n. 452, 20p.
- RIJN, J.V.; TAL, Y.; SCHREIER, H.J. 2006 Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacultural Engineering*, n. 34: 364-376.
- SANCHES, E.G. 2006 Boas perspectivas para o cultivo de meros, garoupas e badejos no Brasil. *Panorama da Aquicultura*, 16(93): 44-51;
- WATSON, C.A. e HILL, J.E. 2006 Design criteria for recirculating marine ornamental production systems. *Aquacultural Engineering*, 34(1): 157-162.
- WEBB JR., K.A.; HITZFELDER, G.M.; FAULK, C.K.; HOLT, J. 2007 Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 264(1): 223-227.