



ARTIGO | ARTICLE

Eficiência de panagens de monofilamento de *nylon* na redução das incrustações biológicas em tanques-rede

Efficiency of monofilament nylon nets in the reduction of bio-fouling in floating net cages

Eduardo Gomes Sanches¹

Roberto Willian Von Seckendorff¹

Gastão César Cyrino Bastos²

RESUMO

As incrustações biológicas, também denominadas de *bio-fouling*, são consideradas como um dos maiores problemas encontrados pelo homem em suas atividades no mar e, particularmente, por maricultores. Diversas técnicas são recomendadas para atenuar o problema, porém, acarretam dificuldades operacionais de manejo, riscos de escapes dos peixes, *stress*, diminuição do ganho de peso dos lotes cultivados e aumento dos custos operacionais em terra, afetando negativamente a rentabilidade dos cultivos marinhos. Neste trabalho, foi avaliada a eficiência do emprego de panagens de monofilamento de *nylon* em relação às tradicionais panagens de multifilamento na redução dos incrustantes biológicos em tanques-rede. Os resultados apontaram que as panagens de monofilamento de *nylon* avaliadas foram significativamente ($p < 0,05$) mais eficientes do que as panagens tradicionalmente utilizadas na redução das incrustações biológicas. Esta condição aponta um caminho promissor para o controle das incrustações biológicas na piscicultura marinha, possibilitando elevar o tempo de permanência das panagens na água e reduzindo os custos operacionais da atividade.

Palavras-chave: *Nylon* monofilamento. Incrustação biológica. Tanques-rede. Piscicultura marinha.

ABSTRACT

Biological incrustations, also known by the term bio-fouling, are considered to be one of the largest problems found by mankind in their activities in the sea

¹ Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Aqüicultura e Pesca, Instituto de Pesca, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte. R. Joaquim Lauro Monte Claro Neto, 2275, Itaguá, 11680-000, Ubatuba, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: E.G. SANCHES. E-mail: <esanches@pesca.sp.gov.br>.

² Instituto de Pesca, Centro APTA do Pescado Marinho. Ubatuba, SP, Brasil.

and, particularly, for fish farmers. Several techniques are recommended to lessen the problem, however, they bring about operational management difficulties, the risk of fish escaping, stress, decrease in weight gain in fishes and an increase in operational costs on land, negatively impacting the profitability of fish farming. In this study, the efficiency of the use of monofilament nylon nets was evaluated compared with the conventional multifilament nets in reducing biological incrustation in floating net cages. The results showed that the monofilament nylon nets were significantly ($p < 0.05$) more efficient than the conventional nets used in reducing biological incrustations. This condition indicates a promising route towards controlling biological incrustations in fish farming, making it possible to raise the time the nets remain in the water and reduce the operational costs of the activity.

Key words: Nylon monofilament. Biofouling. Net-cages. Marine fish farming.

INTRODUÇÃO

A incrustação biológica, também denominada de *biofouling*, pode ser definida como um modelo de sucessão iniciado por um processo de adsorção macromolecular, seguido por colonização bacteriana e de epibiontes unicelulares e multicelulares em substratos vivos ou não vivos (Neptune & Poli, 2004). Constitui-se, historicamente, em um dos maiores problemas encontrados pelo homem em suas atividades no mar e, particularmente, pelos maricultores (Callow & Callow, 2002; Lane & Willemsen, 2004).

O cultivo de peixes marinhos em tanques-rede é realizado com sucesso em vários países (Geffen, 1979; Sanches, 2006). Diversos autores (Porter, 1981; Huse et al., 1990; Dubost et al., 1996; Chua & Tech, 2002) apontam a incrustação biológica como um efetivo entrave para a rentabilidade do sistema de tanques-rede e, conseqüentemente, da piscicultura marinha. As panagens das redes utilizadas nos tanques formam um substrato ideal para o desenvolvimento de incrustantes biológicos, pois são feitas com material multi-filamentoso não tóxico, e as muitas aberturas das malhas proporcionam uma grande extensão de superfície de fixação para os organismos (Hodson et al., 1997). Além disto, oferecem uma rugosidade que atrai estes organismos, disponibilizando proteção contra as correntes marinhas e facilitando o acesso ao alimento, sendo que os produtos da excreção dos peixes (nitrogênio e fósforo) incrementam o crescimento das algas (Ruokolahiti, 1998).

Geffen (1979) aponta a incrustação biológica como a maior responsável pela piora da qualidade da água no interior dos tanques-rede, resultado da oclusão das malhas das panagens e a conseqüente redução das trocas de água, acarretando baixos teores de oxigênio e acúmulo de detritos, que provocam stress e mortalidade nos peixes cultivados, fato já relatado por Milne (1970).

Paralelamente a estes problemas, a presença de grandes quantidades de incrustantes biológicos provoca o aumento do peso das panagens, provocando danos às estruturas de flutuação dos tanques-rede e riscos de rompimento das estruturas de fixação dos mesmos (Aarsness et al., 1990).

Os custos associados ao controle das incrustações biológicas são muito expressivos. Neptune & Poli (2004) afirmam que 20% dos custos de produção na maricultura estão associados ao controle das incrustações biológicas, fato já observado por Beaz et al. (2005), que reportaram que estes custos diminuem a rentabilidade dos projetos de maricultura.

Alternativas de controle vêm sendo estudadas, tais como o emprego de produtos *anti-fouling*, como os utilizados nos cascos das embarcações. Anteriormente utilizadas nas panagens dos tanques-rede marinhos destinados ao cultivo de salmonídeos, visando à redução das incrustações biológicas, a utilização de tintas tratadas com cobre foi recentemente abandonada em função de sua toxicidade e de resultar na contaminação do meio aquático e dos peixes cultivados (Balls, 1987; Braithwaite et al., 2004). Outras alternativas de controle químico vêm

sendo estudadas, tais como a avaliada por LeBlanc et al. (2007) que demonstraram a eficiência do emprego do ácido acético na redução dos tunicados (*Styela clava*) no cultivo de bivalves marinhos, diminuindo significativamente o peso das incrustações biológicas nestes organismos, ou o emprego de produtos naturais *anti-fouling*, tais como o tanino (Lai et al., 1993), com promissores resultados, porém, ainda distantes do alcance dos maricultores.

Considerando-se o emprego de métodos físicos para redução das incrustações biológicas, Geffen (1979) destaca que o processo de trocas periódicas das redes, seguido da escovação e raspagem das panagens, é o método mais eficiente no controle do problema. Beveridge (1996) afirma que a limpeza mecânica (lavagem das panagens com jatos de água sob pressão) é o método menos impactante ao meio na remoção dos incrustantes biológicos. O mesmo autor, entretanto, destaca que este método obriga à remoção das panagens e ao manuseio dos peixes, acarretando riscos de escapes, *stress* e diminuição do ganho de peso dos lotes cultivados, além dos custos operacionais em terra, afetando negativamente a rentabilidade dos cultivos marinhos.

Novas linhas de pesquisa têm demonstrado que a utilização de diferentes materiais pode ser uma importante ferramenta no combate aos incrustantes biológicos (Sanches et al., 2006). Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de panagens confeccionadas com *nylon* monofilamento em relação às panagens convencionais (feitas de *nylon* multifilamento), quanto à fixação das incrustações biológicas nas mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados doze tanques-rede de medidas de 1,0x1,0x1,5m, com malha de 12mm (distância entre nós), separados em dois lotes. O lote denominado de T1 foi composto por seis tanques-rede com panagens feitas de fio de *nylon* multifilamento, padrão 210/18 (espessura próxima de 0,89). O lote T2 foi composto por outros seis tanques, com

panagens feitas de *nylon* monofilamento (fio transparente, espessura 0,20). Todas as panagens dos tanques-rede foram individualmente pesadas em balança digital, para obtenção do peso seco, e identificadas com etiquetas numeradas.

Obtido o peso seco, as panagens foram submetidas a um banho em água salgada com duração de uma hora. A seguir, as panagens foram estendidas à sombra, por trinta minutos, para que fosse drenado o excesso de água, e foram pesadas, para a obtenção do peso úmido de cada uma delas (Tabela 1).

Posteriormente, as panagens foram levadas para o mar e fixadas em estruturas de flutuação comumente empregadas na piscicultura marinha. O período experimental teve duração de 60 dias. Visando testar as diferentes panagens em condições o mais próximo possível de sua utilização real, os tanques-rede foram mantidos povoados com garoupas-verdadeiras (*Epinephelus marginatus*), com peso médio de 154,62, desvio-padrão 52,71 gramas, em uma densidade de 10 peixes por tanques-rede.

Diariamente, as panagens eram inspecionadas para verificar possíveis problemas de rompimento ou emalhe dos peixes. No final do período experimental, as panagens foram retiradas do mar, estendidas à sombra, por trinta minutos, para escorrer o excesso de água, e pesadas, para a obtenção do peso úmido de cada uma delas, avaliando-se a eficiência do tratamento.

Para um controle das condições ambientais da área experimental, diariamente, foram mensurados os seguintes parâmetros: a) temperaturas máximas e mínimas da água, com o auxílio de um termômetro mergulhado na água, à profundidade

Tabela 1. Médias (M) e desvios-padrão (DP) das panagens dos tanques-rede, no início do período experimental.

Tratamentos	Peso seco (g)		Peso úmido (g)	
	M	DP	M	DP
T1	1.298,82	59,51	1.893,33	94,52
T2	82,68	0,98	123,15	1,51

de 50cm; b) salinidade, com o auxílio de um refratômetro-salinômetro com escala de 0 a 60; c) transparência da água, medida com o uso de um disco de Secchi.

O experimento foi montado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições para cada tratamento. Os dados foram submetidos ao teste "t", visando detectar diferenças entre os tratamentos ($p < 0,05$) (Zar, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se macroscopicamente a diversidade das incrustações biológicas das panagens, foram observadas diferenças para seus constituintes entre os dois tratamentos. Em ambos foram encontrados macroalgas verdes e marrons (em maior quantidade no T1), porém, no T2, não foi observada a presença de hidróides e tunicados (encontrados em abundância no T1). Credita-se tal fato ao maior peso dos tunicados e sua maior dificuldade em permanecer fixado em uma estrutura lisa, como os fios de *nylon* monofilamento. Pelo pouco tempo de submersão, não foi observada a presença de mexilhões, cracas ou ostras em nenhuma das panagens dos dois tratamentos. Esta diversidade de organismos confere com a composição descrita por Lane & Willemsen (2004), que apontam as incrustações biológicas encontradas em tanques-rede como compostas por macroalgas (verdes e marrons) e por invertebrados como as cracas, mexilhões, tunicados e hidróides.

Sobre a diversidade dos incrustantes biológicos em tanques-rede em ambientes marinhos tropicais, uma abordagem mais detalhada foi realizada por Chea & Chua (1979), que descrevem a existência de mais de 34 espécies de organismos compondo as incrustações biológicas, sendo as formas predominantes constituídas por algas, tunicados, mexilhões e ostras. Este levantamento demonstra a complexidade de organismos componentes das incrustações e a dificuldade em combater diferentes sistemas de fixação utilizados pelos mesmos.

As condições ambientais da área experimental são apresentadas na Tabela 2 e podem caracterizar um ambiente tropical marinho adequado ao cultivo de peixes em tanques-rede.

Não foram registrados injúrias, ferimentos ou mortalidade nos peixes, em nenhum dos tratamentos. Cabe destacar que, embora as panagens do T2 fossem constituídas pelo mesmo material do apetrecho de pesca denominado rede de emalhe (destinado à captura de peixes pelo processo de emalhamento), em nenhum momento houve ocorrência de emalhe dos peixes dentro ou fora das estruturas de cultivo. Tal fato foi consequência da utilização de dois artifícios tecnológicos: as panagens foram entalhadas à razão de 0,71 (razão= comprimento da malha entalhada/comprimento da malha esticada), o que conferiu à malha a configuração quadrada, pouco favorável ao emalhe dos peixes; e também ao fato de a rede ter sido utilizada rotacionada em 90° em relação ao comumente utilizado em redes de emalhe, diminuindo a tendência de fechamento das malhas, provocada pela configuração dos nós. Este resultado demonstrou que o *nylon* monofilamento pode ser empregado como panagens em tanques-rede marinhos, sem riscos de acidentes aos peixes cultivados ou do ambiente natural.

Para a comparação entre os pesos das incrustações biológicas dos tratamentos utilizando panagens de mono e multifilamento, após 60 dias de submersão (Tabela 3, Figura 1), foi utilizado o teste "t". Considerando-se que as duas amostras apresentavam variâncias heterogêneas ($p = 0,0354$), aplicou-se o teste "t" com correção de Welch. Os resultados da análise demonstraram que os pesos das incrustações biológicas nas panagens de multifilamento (T1) foram significativamente supe-

Tabela 2. Parâmetros ambientais da área experimental.

Parâmetro	Média	Amplitude
Temperatura máxima (°C)	25,2	0,8
Temperatura mínima (°C)	23,9	0,9
Salinidade (%)	35,3	0,7
Transparência (m)	1,9	0,5

riores ($p=0,0065$), diferindo significativamente dos encontrados para as panagens de monofilamento. A diferença média entre os tratamentos foi de 2 960,0 desvio-padrão de 726,2 gramas.

Para a comparação entre a retenção relativa de água nas panagens de mono e multifilamento de nylon, foi utilizado o Teste U de Mann-Whitney. Embora quantitativamente a retenção de água nas panagens de multifilamento seja cerca de 14 vezes maior do que nas panagens de monofilamento, relativamente ao peso da panagem, não há diferenças significativas ($p>0,05$) entre a retenção de líquido

nos dois tipos de panagens testados, situando-se em torno de 47% do peso a seco da panagem (Figura 2).

Tabela 3. Médias (M), desvios-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos pesos das incrustações biológicas nas panagens dos tanques-rede, ao final do período experimental.

Tratamentos	Peso seco (g)		CV (%)
	M	DP	
T1	6.538,33*	1.647,16 ($p=0,0065$)	25,19
T2	3.578,52*	671,36	18,76

* Médias seguidas pelo símbolo; * diferem entre si pelo teste "t", a 5% de probabilidade.

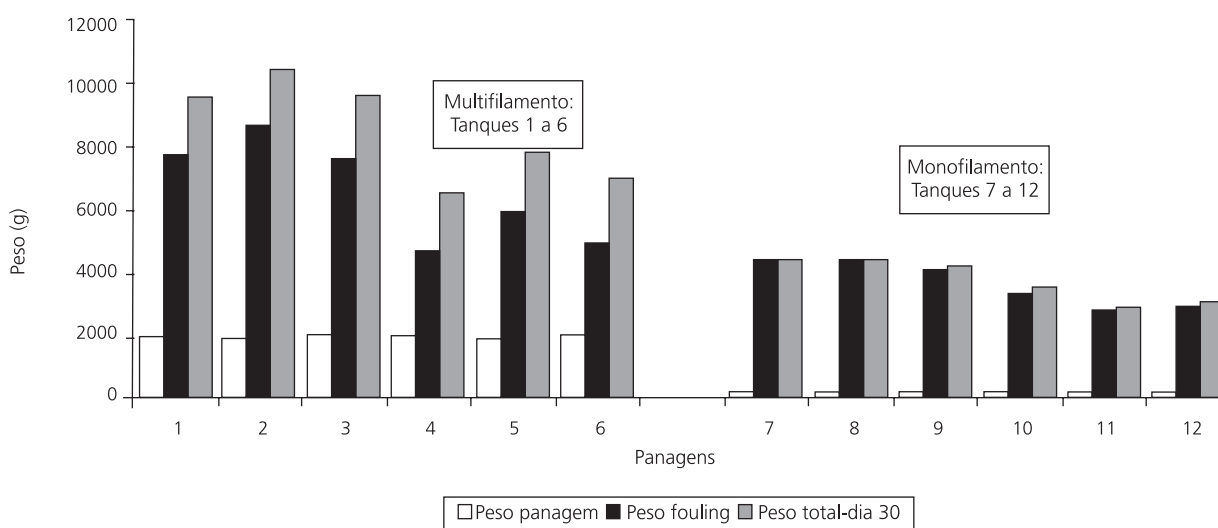


Figura 1. Variação dos pesos das panagens de multifilamento e monofilamento, no início e ao final do período experimental.

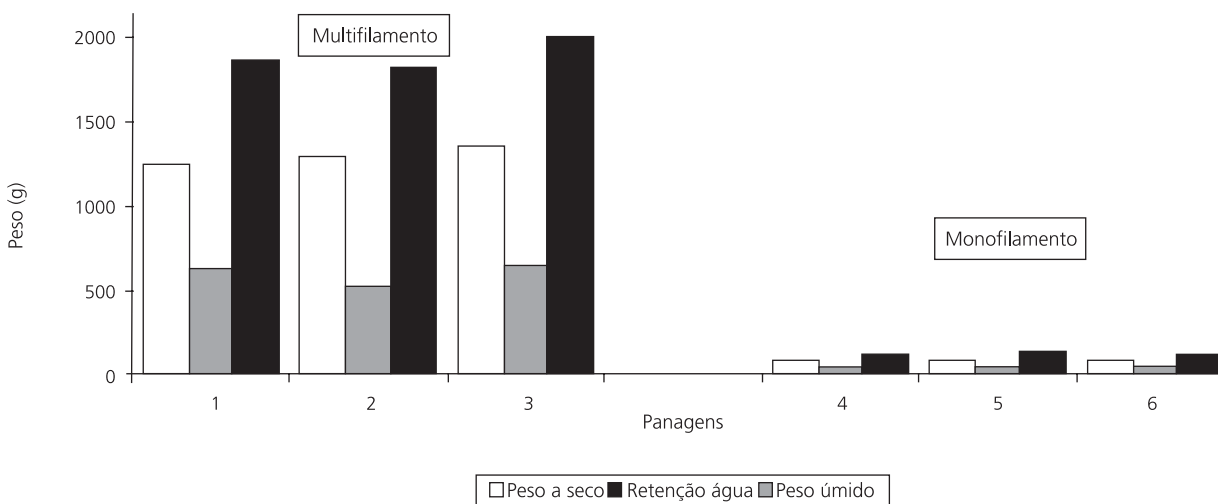


Figura 2. Variação dos pesos das panagens de multifilamento e monofilamento, em relação à retenção de água.

Milne (1970) observou que o peso das incrustações biológicas pode elevar o peso das panagens entre 2,5 a 200 vezes o peso inicial, dentro de um período de submersão de até quatro meses. Neste trabalho, foi observado um incremento de peso das panagens de 3,5 (T1) a 29,0 vezes (T2) o peso inicial, após um tempo de submersão de sessenta dias (Figura 1), o que por si já demonstra o potencial de agregação de peso às panagens pelas incrustações biológicas em tão curto espaço de tempo. O maior incremento em peso da panagem de *nylon* monofilamento deve-se ao seu reduzido peso inicial, o que é uma característica positiva, dada a possibilidade de redução no dimensionamento das estruturas de flutuação para suporte das mesmas, reduzindo os custos de implantação de tanques-rede em ambientes marinhos.

O método mais utilizado para remover as incrustações biológicas das panagens em tanques-rede implica em pesado trabalho manual, envolvendo a remoção e a troca contínua das redes, para que estas sejam raspadas e lavadas (Geffen, 1979). Beveridge (1996) e Hodson et al. (1997) concordam com este fato ao afirmarem que essas trocas frequentes, embora necessárias, podem causar, além de danos nas redes, danos e perdas nos estoques e também distúrbios nos regimes alimentares dos peixes, acarretando baixas taxas de crescimento. Pan (2005) descreve que, em cultivos de peixes marinhos em Taiwan, o intervalo de troca de panagens, em função das incrustações biológicas, varia entre três e sete dias, o que demonstra a complexidade e os riscos inerentes a estas operações. Os resultados obtidos no emprego de panagens com *nylon* monofilamento, neste trabalho, apontam a necessidade de intervenção em intervalos superiores a 60 dias, proporcionando uma redução expressiva nos manejos empregados e nos riscos destes procedimentos aos peixes cultivados.

Segundo Hodson et al. (1997), as técnicas de limpeza *in situ* não são praticadas em panagens multifilamento em tanques-rede em ambiente marinho devido a diferenças nas estruturas das redes e

do desenho dos tanques, e pela necessidade da retirada dos fragmentos da coluna d'água. Além disso, segundo Hodson et al., superfícies limpas embaixo d'água são rapidamente recolonizadas após a raspagem, pois a fragmentação de células reprodutivas durante o processo libera uma grande quantidade de gametas, que podem ser fecundados e rapidamente recolonizar a superfície. Como agravante do emprego da técnica da escovação, pode-se ressaltar a necessidade de árduo trabalho manual em meio aquático, e o fato de o método ser de difícil aplicação em áreas pouco abrigadas, sujeitas a ventos e correntes de água mais fortes. Esta recomendação, entretanto, deve ser avaliada em relação às panagens de *nylon* monofilamento que, por suas características diferenciadas em relação à retenção dos incrustantes biológicos, podem apresentar resultados diferentes dos obtidos com as panagens convencionais de multifilamento.

Avaliando o emprego de novos materiais para confecção de panagens visando a combater os incrustantes biológicos, Hodson et al. (2000) descrevem a eficácia da utilização de panagens revestidas em silicone, no cultivo de salmões na Austrália, para reduzir a adesão dos incrustantes biológicos. O princípio deste método baseia-se em criar uma superfície lisa o suficiente para dificultar a adesão dos organismos incrustantes. As panagens com silicone tiveram a adesão de apenas 1,9kg/m², ao contrário do tratamento controle, que variou de 7,8 a 8,5kg/m². Os resultados de fixação dos incrustantes biológicos obtidos neste estudo para as panagens de monofilamento de *nylon*, de apenas 0,72kg/m², demonstraram a eficiência deste material na redução das incrustações. Tal fato pode ser creditado ao fato de os fios de *nylon* monofilamento serem extremamente lisos, proporcionando dificuldade de fixação para os organismos incrustantes, sendo comum encontrar áreas das panagens totalmente livres de incrustações.

Considerando-se a economia de tempo, a diminuição dos riscos aos lotes cultivados e a redução dos custos operacionais, devido à possibilidade de

maior tempo de permanência das panagens no mar, e em função da expectativa de reduzir a necessidade de trocas e limpeza das redes, os resultados obtidos neste trabalho demonstram as expressivas vantagens da substituição das panagens de multifilamento convencionalmente utilizadas pelas panagens de *nylon* monofilamento em tanques-rede marinhos, proporcionando, paralelamente, a possibilidade de reavaliação das estruturas de flutuação e uma redução em seu dimensionamento e custos de fabricação.

Embora as incrustações biológicas ainda persistam como uma significativa barreira prática e econômica para o desenvolvimento de uma piscicultura marinha competitiva (Lane & Willemsen, 2004), o emprego das panagens de *nylon* monofilamento em tanques-rede marinhos apontam um caminho com grande potencial para o controle deste problema.

Conclui-se que as panagens constituídas por *nylon* monofilamento foram significativamente mais eficientes na redução das incrustações biológicas, mostrando-se mais adequadas para utilização em tanques-rede em ambiente marinho.

A G R A D E C I M E N T O S

Os autores agradecem à empresa Equipescas, pela cessão do material para confecção das panagens e pelo suporte à realização dos trabalhos.

R E F E R Ê N C I A S

- Aarsness, J.V.; Rudi, H. & Loland, G. (1990). Current forces on cages and net deflection. *Engineering for Offshore Fish Farming*, 20(1):137-52.
- Balls, P.W. (1987). Tributyltin (TBT) in the waters of a Scottish sea loch arising from the use of anti-fouling treated netting by salmon farms. *Aquaculture*, 65(2): 227-37.
- Beaz, D.; Beaz, V.; Dürr, S.; Icely, J.; Lane, A.; Thompson, J.; Watson, D. & Willemsen, P.R. (2005). *Sustainable solutions for mariculture biofouling in Europe*. Santiago da Compostela, Spain: ASLO Meeting.
- Beveridge, M.C.M. (1996). *Cage aquaculture*. Oxford: Fishing News Books.
- Braithwaite, R.A.; Carrascosa, M.C.C. & McEvoy, L.A. (2004). Aplicación de la captura de imagen y análisis para investigar el problema del biofouling en redes de granjas marinas. *Anais do 3º Congresso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA)*. Disponível em: <<http://www.civa2004.org>>. (acesso: 18 jan. 2005).
- Callow, M.E. & Callow, J.A. (2002). Marine Biofouling: a sticky problem. *Biologist*, 49(1):10-4.
- Cheah, S.H. & Chua, T.E. (1979). A preliminary study of the tropical marine fouling organisms on floating net cages. *Malayan Nature Journal*, 33(1):39-48.
- Chua, T.E. & Tech, E. (2002). *Introduction and history of cage culture*. Manila, Philippines: APEC/SEAFDEC. 56p.
- Davies, I.M.; Drinkwater, J. & McKie, J.C. (1988). Effects of tributyltin compounds from anti-foulants on pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 74(2):319-30.
- Dubost, N.; Maisson, G. & Moreteau, J.C. (1996). Temperate freshwater fouling on floating net cages: method of evaluation, model and composition. *Aquaculture*, 143(2):303-18.
- Geffen, A. (1979). Rotating fish cages to prevent fouling. *Aquaculture*, 16(1):83-5.
- Hodson, S.L.; Lewis, T.E. & Burke, C.M. (1997). Biofouling of fish-cage netting: efficacy and problems of in situ cleaning. *Aquaculture*, 152(1):77-90.
- Hodson, S.L.; Burke, C.M. & Bisset, A.P. (2000). Biofouling of fish-cage netting: the efficacy of a silicone coating and the effect of netting colour. *Aquaculture*, 184(2): 277-90.
- Huse, I.; Bjordal, A.; Ferno, A. & Furevik, D. (1990). The effect of shading in pen rearing of atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacultural Engineering*, 9(2):235-344.
- Lane, A. & Willemsen, P.R. (2004). Collaborative effort looks into biofouling. *Fish Farming International*, 9(2): 34-35.
- Lai, H-C.; Kessler, A.O. & Khoo L-E. (1993). Biofouling and its possible modes of control at fish farms in Penang, Malaysia. *Asian Fisheries Society*, 6(1):36-42.
- LeBlanc, N.; Davidson, J.; Tremblay, R.; McNiven, M. & Landry, T. (2007). The effect of anti-fouling treatments for the clubbed tunicate on the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 264(1):205-13.
- Milne, P.H. (1970). Fish farming: a guide to the design and construction of net enclosures. *Marine Research*, 1(1):20-31.
- Neptune, Y.M.B. & Poli, C.R. (2004). Controle biológico do "fouling" em cultivo da ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). *Anais do Aquimerco 2004, Simpósio Mercosul de Aqüicultura*, Vitória. p.134.

Pan, J. (2005). Um jeito taiwanês de criar bijupirá. *Revista Panorama da Aqüicultura*, 15(90):36-9.

Porter, C. (1981). Cage culture of gilthead bream (*Sparus aurata*) at an exposed site on the red sea. *European Mariculture Society*, 6(1):15-24.

Ruokolahti, C. (1998). Effects of fish farming on growth and chlorophyll a content of *Cladophora*. *Marine Pollution Bulletin*, 19(2):166-9.

Sanches, E.G. (2006). Boas perspectivas para o cultivo de meros, garoupas e badejos no Brasil. *Revista Panorama da Aqüicultura*, 16(93):44-51.

Sanches, E.G.; Liberati, L. & Neto, J. S. (2006). Alternativas para o controle das incrustações biológicas na piscicultura marinha. *Revista Aqüicultura e Pesca*, 3(23):28-31.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Recebido em: 14/8/2007

Aprovado em: 8/10/2007