

POLUIÇÃO EM **águas** DOCES e EFEITOS

sobre a PRODUÇÃO de organismos AQUÁTICOS

Eliane Tie Oba YOSHIOKA¹

Laila Romagreira Bichara dos SANTOS²

Wagner dos Santos MARIANO³

INTRODUÇÃO

Os múltiplos usos da água pelo homem acarretam a degradação ambiental, com consequente diminuição da disponibilidade de água de qualidade, promovendo alterações na qualidade dos ecossistemas aquáticos. O uso indiscriminado da água, associado às práticas potencialmente poluentes, como descarga de esgoto não tratado, tanto de uso doméstico como industrial, além do uso indiscriminado de pesticidas e outros poluentes, podem degradar o ambiente aquático. Dessa forma, ocasiona prejuízo aos animais, aos vegetais e, conseqüentemente, aos seres humanos.

Impacto ambiental, de acordo com a Resolução do CONAMA n.º 001 (CONAMA, 2006), pode ser qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o

¹ Pesquisadora Embrapa Amapá, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. E-mail: eliane@cpafap.embrapa.br

² Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Biofísica, Universidade do Estado de São Paulo, Departamento de Fisiologia e Biofísica. E-mail: lailarbs@icb.usp.br

³ Professor Assistente Ciências Naturais (Ciências Biológicas), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Araguaína, TO, Brasil. E-mail: wagnermariano@uft.edu.br

bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

As fontes de poluição podem ser atmosféricas, pontuais, difusas ou mistas. A poluição atmosférica possui efeitos mais globais, pois apresenta facilidade de dispersão. A pontual se refere àquelas nas quais os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água. A difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, sem a possibilidade de se estabelecer a quantidade, a frequência ou a composição. As mistas são aquelas que englobam características de cada uma das fontes acima descritas. Além disso, cada uma das fontes de poluição citadas determinam certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, podendo ser avaliado por características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes (Pereira, 2004).

Em termos de poluição química temos os poluentes biodegradáveis e os persistentes. Os poluentes biodegradáveis são os que podem ser decompostos pela ação de bactérias, como detergentes, inseticidas, fertilizantes entre outros; já os poluentes persistentes são os produtos que se mantêm por longo tempo no meio ambiente e nos organismos vivos, como peixes e crustáceos, como exemplo temos DDT (diclodifenitricloroetano), mercúrio, cobre entre outros (Mason & Sullivan, 1998; Sánchez-Chardi et al., 2007; Dorea, 2008). A poluição física pode ser térmica ou por sólidos, sendo que a térmica decorre do lançamento de água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas. A poluição física por resíduos sólidos ocorre pela presença de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos, provenientes de esgotos industriais e domésticos e da erosão de solos carregados pelas chuvas ou erosão das margens e pela do fundo. A poluição biológica ocorre quando a água está infectada por organismos patogênicos provenientes de esgotos, podendo conter bactérias, vírus, protozoários e vermes (e.g., Figueiredo et al., 2010).

Diversas atividades são potencialmente geradoras de poluição dos sistemas hídricos (foco deste capítulo) como: esgoto doméstico (resíduo da higiene pessoal, lavagem de alimentos e utensílios), depósitos de lixo (resíduos sólidos de atividades domésticas, hospitalares, industriais e agrícolas), mineração (contaminação por mercúrio, arsênio, aumento da turbidez), agricultura (inseticidas, fungicidas herbicidas), indústrias (poluição térmica), fertilizantes (nitrogênio, fósforo), refinarias (petróleo), curtume (cromo), celulose (organoclorados), siderúrgica e metalúrgica (fenóis, cianetos, óleos e graxas, metais pesados), pesqueira (nitrogênio, gordura, sólidos toais, matéria orgânica, cianotoxinas), navegação (vazamentos dos produtos transportados, tinta antiferrugem utilizada contém óxido de cobre) e queima de combustíveis fósseis (chuva ácida) (Monteiro et al., 2006; Ibelings & Chorus, 2007; Oliveira-Ribeiro et al., 2007).

O uso, a administração e a conservação de recursos naturais de modo adequado e sustentável pode assegurar a provisão contínua de água doce de qualidade, satisfazendo as necessidades dos seres humanos atuais e de gerações futuras (FAO, 1988). De 12 a 15% da água doce do planeta Terra se concentra no território brasileiro (Cyrino et al., 2010). A água é a principal fonte de oxigênio para os organismos aquáticos, sendo o oxigênio importante como combustível para todas as reações fisiológicas de plantas e animais. Além disso, a água serve como dispersão e assimilação de resíduos.

A diversidade de organismos aquáticos existentes no planeta está adaptada ao ambiente e às condições a que é submetida naturalmente. Muitos destes organismos podem e são utilizados para produção de alimento, de modo a atender a demanda da população (Morgano et al., 2005; Passos et al., 2008). O fornecimento dessas fontes de alimento pode ser realizado tanto através da pesca, quanto através dos sistemas de cultivo (piscicultura, carcinicultura, ostreicultura, entre outros). Entretanto, nas últimas décadas, esta produção de pescado tornou-se um grande desafio, em função, por exemplo, das mudanças climáticas (Schwarzenbach et al., 2006; Ayrosa et al., 2009).

Os nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, são responsáveis pela fertilização e produtividade do ambiente aquático. O enriquecimento do ecossistema aquático com esses nutrientes é um processo natural e lento chamado de eutrofização, que pode ocorrer de forma acelerada nos ambientes com interferência antrópica, onde o excesso de nutrientes promove modificações qualitativas e quantitativas nas condições físicas e químicas do meio e conseqüentemente nas comunidades aquáticas. A eutrofização pode ser potencializada através do desencadeamento de processos relacionados com a elevação da temperatura, principalmente nas regiões com escassez de água, o que pode inviabilizar a utilização da água para criação de organismos aquáticos e demais usos (IEE, 2001). A elevação da temperatura pode também trazer alterações nos ambientes naturais e promover alterações no comportamento reprodutivo de várias espécies. O período de defeso, período de paralisação obrigatória da pesca sobre um determinado recurso pesqueiro, por exemplo, pode ser alterado devido à antecipação da fase reprodutiva de algumas espécies nativas (Castro, 2008). Deste modo, este tipo de alteração pode promover mudanças em toda a cadeia produtiva do pescado, em especial no setor de produção de alevinos e no planejamento da época de povoamento das pisciculturas. Além disso, algas que crescem em ambientes eutróficos além de causar danos à saúde dos organismos aquáticos pela toxicidade, também degradam os potenciais produtos da aquicultura. A geosmina e o metil-iso-sorboneol, subprodutos do metabolismo de algas fixadoras de nitrogênio, como a *Anabaena* sp, causam o gosto de barro verificado em filés de peixes (Kibria et al., 1997;

Barak et al., 2003; Coloso et al., 2003), erroneamente relacionado ao tipo alimentar dos peixes detritívoros.

Em relação à tentativa de eliminação destas algas das águas dos viveiros de cultivo de organismos aquáticos, o sulfato de cobre é um dos compostos mais utilizados. Esta substância é utilizada como algicida e herbicida no controle do *bloom* de algas e crescimento de organismos indesejados em piscicultura, principalmente em lagos e reservatórios (Effler et al., 1980; Carbonell & Tarazona, 1993; Thornton & Rast, 1997). O limite máximo estabelecido para o cobre pelo CONAMA (2006; resolução nº 020/1986) é de 0,009 mg.L⁻¹ Cu. No entanto, de acordo com a CETESB a concentração de cobre dissolvido na maioria dos rios do estado de São Paulo excede esse limite, variando entre 0,01 to 0,02 mg.L⁻¹ Cu (CETESB, 2007). O cobre quando em altas concentrações pode ser deletério aos peixes causando alterações no metabolismo dos animais, podendo culminar na morte dos mesmos. Caso os níveis de cobre não apresentem como consequência a morte dos peixes, outros efeitos causados por tal metal é a redução do crescimento, prejudicando o fornecimento de filés, já que podem se acumular em alguns tecidos. Esses metais acumulados nos tecidos dos peixes são ingeridos pela população quando utilizados como fonte de alimento. Por isso, existe a necessidade de melhorar o controle dos níveis de diversos metais nos corpos d'água, principalmente, do cobre por ser muito utilizado em pisciculturas.

O impacto ambiente promovido pela atividade piscicultura é quase desprezível em comparação ao impacto por efluentes domésticos e industriais. Efluentes são quaisquer resíduos orgânicos ou inorgânicos de quaisquer atividades (agrícolas, urbanas ou industriais, descartados no ambiente, tratados ou não). A qualidade e a quantidade dos efluentes da aquicultura variam em função do sistema de produção, técnicas de manejo e estratégia de produção adotados, pois diversos estudos relatam que a piscicultura e as práticas de alimentação e nutrição dos peixes confinados têm impacto ambiental mais ou menos severo, conforme a intensidade do regime de produção (Colt, 1991; Zaniboni Filho 1999; Boyd, 1999; Crampton, 1985; Iwama, 1991; Monte-Luna et al., 2004).

Em sistemas de produção de peixes, a alimentação excessiva ou o uso de rações não balanceadas reduzem a absorção de nutrientes pelos peixes, o que pode resultar em excesso de matéria orgânica nos sistemas de produção. Esta matéria orgânica, em condições tropicais, é mineralizada rapidamente e fica disponível para florescimento de fitoplâncton, reduzindo a transparência e alterando a qualidade da água, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido noturno, com possíveis perdas no sistema de produção (Cyrino et al., 2010). Alterações da qualidade da água, como a redução da concentração do oxigênio dissolvido, podem promover estresse nos peixes, aumentando a concentração de cortisol plasmático, induzindo à imunossupressão (Urbi-

nati & Carneiro, 2004), com a redução da resistência dos peixes a infecções (bactérias e fungos) (Harris & Bird, 2000). Além disso, o estresse promove a redução do consumo de alimento, conseqüentemente, reduzindo o ganho de peso; como também aumenta o risco de mortalidade e doenças, aumentando gastos com medicamentos e serviços de técnicos especialistas na área.

A presença de imunostimulantes na dieta, que são substâncias ambientalmente seguras, aparecem como ferramentas potenciais importantes para minimização de perdas econômicas que resultam de surtos de doenças na piscicultura intensiva (Bricknell & Dalmo, 2005; Sakai, 1999). A composição de dietas pode influenciar o sistema imune dos peixes (leucócitos e anticorpos), assim a presença de vitaminas como E e C, por serem antioxidantes potentes, protegem as células e seus componentes (DNA, proteínas, lipídios) contra a ação dos radicais livres, tanto em condições normais quanto adversas (Oba et al., 2009; Santos et al., 2009; Sampaio et al., 2010). Já o uso de probióticos na piscicultura pode ser realizada pela adição de células microbianas em tanques, modificando a composição da flora ambiental, diminuindo a presença de patógenos na água. As células microbianas também podem ser adicionadas em rações para peixes, com o objetivo de modificar a flora intestinal através do mecanismo de exclusão competitiva (Coppola & Turnes, 2004; Irianto & Austin, 2002). Muitas outras substâncias têm sido testadas e aprovadas para uso como imunostimulantes ou imunomoduladores em aquicultura, sendo portanto, uma área de estudo muito promissora (Harris & Bird, 2000; Jeney & Anderson, 1993; Rahman & Kawai, 2000; Sakai, 1999). Entretanto, nenhum suplemento alimentar ou agente medicinal pode ser tão efetivo quanto uma estratégia “limpa” de produção, ancorada no uso de rações ambientalmente corretas Cyrino et al. (2010).

A resolução CONAMA no. 357 (CONAMA, 2006) fixou limites para parâmetros de qualidade de água em efluentes, incluindo os da aquicultura. Assim, faz-se necessária dar atenção à capacidade de sustentação de sistemas de produção, relacionado à disponibilidade de recursos como: espaço, oxigênio dissolvido, disponibilidade de alimentos, concentração de metabólitos, entre outros, todos diretamente influenciados pela qualidade dos alimentos, densidade nutricional, densidade de estocagem de peixes e práticas e estratégias de manejo da qualidade de água (Hilborn et al. 1995; Monte-Luna et al. 2004). A implantação de códigos e práticas de conduta (Código de Melhores Práticas de Manejo, conhecido também como BPMs), com o objetivo de se reduzir o volume e melhorar a qualidade de efluentes de tanques de produção, melhorarem a qualidade de água e reduzirem a carga poluente de corpos d'água naturais nos arredores (Boyd & Queiroz, 2004) foi um dos passos da conscientização. Otimizar as práticas alimentares e incre-

mentar o uso de ingredientes com baixo nível de fósforo na fabricação de ração (MacMillan et al., 2003) é uma possibilidade de melhoria.

Assim, a necessidade de controlar mais eficientemente a qualidade e quantidade dos efluentes que chegam aos corpos d'água pode promover tanto a melhoria da qualidade da água fornecida à população, quanto a manutenção da flora e fauna aquática no território nacional. A qualidade da água na produção de organismos aquáticos é muito importante, pois diversos fatores podem ser determinantes para maior produtividade. Dentre esses fatores temos a concentração de oxigênio, a temperatura, o pH, a concentração de diversos nutrientes, metais e matéria orgânica, que podem alterar o ganho de peso, o crescimento, a qualidade dos filés e a sobrevivência dos animais, promovendo a produção de produtos de alta qualidade e seguros para a população.

REFERÊNCIAS

- AYROSA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B.; AYROSA, L.M.S.; AYROSA, M.R. As mudanças climáticas e a aquicultura. Os novos desafios que vêm por aí. Panorama da Aquicultura, 19 (111): 46-52. 2009.
- BARAK, Y.; CYTRIN, E.; GELFAND, I.; KROM, M.; RIJN, J.V. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. Aquaculture, 220: 313-326. 2003.
- BOYD, C.E. Aquaculture sustainability and environmental issues. World Aquaculture, 30: 10-72. 2003.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C.; Castagnolli, N. (Eds.). Tópicos especiais em piscicultura tropical. Jaboticabal: Editora TecArt, p. 25-43. 2004.
- BRICKNELL, I.; DALMO, R.A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. Fish and Shellfish Immunology, 19: 457-472. 2005.
- CARBONELL, G.; TARAZONA, J.V. A proposed method to diagnose acute copper poisoning in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Sci. Total Environ. Suppl., 1993: 1329-1334. 1993.
- CASTRO, N. Defeso é prorrogado em três áreas. Disponível em: <<http://www.campogrande.news.com.br>>. Acesso em ago. de 2011. 2008.
- COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W.; HENDRIX, M.A.; SUBRAMANYAM, M.; WEIS, P.; FERRARIS, R.P. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. Aquaculture, 220: 801-820. 2003.
- COLT, J. Aquacultural production systems. Journal of Animal Science, 69: 4183- 4192. 1991.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006 / CETESB. São Paulo: CETESB, 2007.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e maio de 2006. Brasília, 2006.

- COPPOLA, M.M.; TURNES, C.G. Probióticos e resposta imune. *Ciência Rural*, 34: 1297-1303. 2004.
- CRAMPTON, V.O. The application of nutritional findings to the formulation of practical diets. In: Cowey, C.B.; Mackie, A.M.; Bell, J.G. (Eds.). *Nutrition and feeding in fish*. London: Academic Press, p. 447-464. 1985.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, p. no prelo. 2010.
- DOREA, J.G. Persistent, bioaccumulative and toxic substances in fish: human health considerations. *Science of the Total Environment*, 400: 93-114. 2008.
- EFFLER, S.W.; LITTEN, S.; FIELD, S.D.; TONG-NGORK, T.; HALE, F. Whole lake response to low level copper sulfate treatment. *Water Res.*, 14: 1489-1499. 1980.
- FIGUEIREDO, H.C.P.; CASTRO, G.A.C.; LEAL, C.A.G. Patogênicos ou não-patogênicos: como determinar o real causador de uma doença. *Panorama da Aquicultura*, 20 (118): 22-29. 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Aspects of FAO's policies, programmes, budget and activities aimed at contributing to sustainable development. Document to the Ninety-fourth Session of the FAO Council, Rome: FAO, 1988.
- HARRIS, J.; BIRD, D.J. Modulation of the fish immune system by hormones. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 7: 163-176. 2000.
- HILBORN, R.; WALTERS, C.J.; LUDWIG, D. Sustainable exploitation of renewable resources. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26: 45-67. 1995.
- IBELINGS, B.W.; CHORUS, I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater "seafood" and its consequences for public health: review. *Environ. Poll.*, 150: 177-192. 2007.
- INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA (IEE). Lagos e Reservatórios – qualidade da água: o impacto da eutrofização. Vol. 3, p. 28. 2001.
- IRIANTO, A.; AUSTIN, B. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 25: 633-642. 2002.
- IWAMA, G.K. Interactions between aquaculture and the environment. *Critical Reviews in Environmental Control*, 21: 177-216. 1991.
- JENEY, G.; ANDERSON, D.P. Glucan injection or bath exposure given alone or in combination with a bacterin enhance the non-specific defense mechanisms in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 116: 315-329. 1993.
- KIBRIA, G.; NUGEGODA, D.; FAIRCHOUGH, R.; LAM, P. The nutrient content and the release of nutrients from fish food and faeces. *Hydrobiologia*, 357: 165-171. 1997.
- MACMILLAN, J.R.; HUDDLESTON, T.; WOOLLEY, M.; FOTHERGILL, K. Best management practice development to minimize environmental impact from large flow-through trout farms. *Aquaculture*, 226: 91-99. 2003.
- MASON, R.P.; SULLIVAN, K.A. Mercury and methylmercury transport through an urban watershead. *Wat. Res.*, 32 (2): 321-330. 1998.
- MONTEIRO, D.A.; ALMEIDA, J.A.; RANTIN, F.T.; KALININ, A.L. Oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish, *Brycon cephalus*, exposed to organophosphorus insecticide Folisuper 600 (methyl parathion). *Comp. Biochem. Physiol.*, 143 C: 141-149. 2006.
- MONTE-LUNA, P.; BROOK, B.W.; ZETINA-RENÓN, M.J.; CRUZ-ESCALONA, V.H. The carrying capacity of ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 13: 485-495. 2004.

MORGANO, M.A.; GOMES, P.C.; MANTOVANI, D.M.B.; PERRONE, A.A.M.; SANTOS, T.F. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 25(2): 250-253. 2005.

OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L.R.B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.) *Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo*. Embrapa Amapá, Macapá, AP, p. 226-247. 2009.

OLIVEIRA-RIBEIRO, C.A.; ASSIS, H.C.S.; FILIPAK NETO, F.; MIRANDA, A.L.; PIMPÃO, C.T. Primary culture and leukocyte migration as new tools to evaluate the effects of persistent organic pollutants (POPs) in fish. *Environ. Res. Trends*, Chapter 7, Nova Science Publishers, Inc., p. 231-270. 2007.

PASSOS, C.J.S.; SILVA, D.S.; LEMIRE, M.; FILLION, M.; GUIMARÃES, J.R.D.; LUCOTTE, M.; MERGLER, D. Daily mercury intake in fish-eating population in the Brazilian Amazon. *J. Exposure Sci. Environ. Epidem.*, 18(1): 76-87. 2008.

PEREIRA, R.S. *Poluição hídrica: causas e consequências*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH, UFRGS, p. 1-19. 2004.

RAHMAN, M.H.; KAWAI, K. Outer membrane proteins of *Aeromonas hydrophila* induce protective immunity in goldfish. *Fish and Shellfish Immunology*, 10, 379-382. 2000.

SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, 172: 63-92. 1999.

SAMPAIO, F.G.; BOIJINK, C.L.; SANTOS, L.R.B.; OBA, E.T.; KALININ, A.L.; RANTIN, F.R. The combined effect of copper and low pH on antioxidant defenses and biochemical parameters in neotropical fish pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Ecotoxicology*, 19: 963-976. 2010.

SÁNCHEZ-CHARDI, A.; PEÑARROJA-MATUTANO, C.; OLIVEIRA-RIBEIRO, C.A.; NADAI, J. Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part II. The wood mouse, *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*, 70: 101-109. 2007.

SANTOS, L.R.B.; OBA, E.T. Dieta: ferramenta importante para manejo dos peixes no cultivo. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.) *Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo*. Embrapa Amapá, Macapá, AP, p. 89-105. 2009.

SCHWARZENBACH, R.P.; ESCHER, B.I.; FENNER, K.; HOFSTETTER, T.B.; JOHSON, C.A.; von GUNTEN, U.; WEHRLI, B. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science*, 313: 1072-1077. 2006.

THORNTON, J.A.; RAST, W. The use of copper and copper compounds as algicides. In: Richardson WT (ed) *The handbook of copper compounds and applications*. CRC Press, Boca Raton, p. 123-142. 1997.

URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura intensiva. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C.; Castagnoli, N. (Eds.). *Tópicos especiais em piscicultura tropical*. Jaboticabal: Editora TecArt, p. 171-193. 2004.

ZANIBONI FILHO, E. O impacto ambiental de efluentes na piscicultura. In: *Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes*, Campinas, SP: Colégio Brasileira de Nutrição animal, p. 1-14. 1999.