

A Capacidade de Suporte PRODUÇÃO DE PEIXES CULTIVADOS EM RESERVATÓRIOS:

Ferramentas utilizadas na estimativa
da capacidade de suporte (Parte II)

Por:

Guilherme Wolff Bueno - MPA - guilhermezoo@yahoo.com.br

Flávia Tavares de Matos - Embrapa Pesca e Aquicultura

Carla Canzi - Itaipu Binacional

Antônio Ostrensky - UFPR

Marcelo Barbosa Sampaio - Consultor

Rafael S.C. Barone - Neocorp Ltda.

Rodrigo Roubach - MPA

Dada a grande extensão de áreas alagadas em reservatórios brasileiros e o crescente cultivo intensivo de peixes em tanques-rede, torna-se necessário estimar adequadamente a produção máxima de pescados que pode ser produzida nesses ambientes, sem que haja alteração no ecossistema local e nas características limnológicas do corpo hídrico. Dessa forma, o desenvolvimento de ferramentas robustas para o cálculo da capacidade suporte do ambiente é de fundamental importância para que o Brasil possa planejar o desenvolvimento dessa modalidade. Na edição anterior o leitor pode conhecer as bases conceituais relacionadas à capacidade de suporte, as características dos reservatórios brasileiros e de que forma a piscicultura pode impactar esses ambientes. Neste segundo artigo, dando continuidade ao tema, o leitor conhecerá as ferramentas que vêm sendo utilizadas para o cálculo da capacidade suporte visando à produção de pescados em reservatórios.



O objetivo principal da ciência é tentar entender e explicar fenômenos naturais. Uma ferramenta frequentemente utilizada para isso é a construção de modelos teóricos, que procuram descrever e explicar simplificadamente o funcionamento de um sistema através da representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos reais e, eventualmente, fazer a previsão de novas propriedades desse sistema.

Tradicionalmente, tenta-se compreender a realidade analisando seus elementos principais. Entretanto, para que se possa compreender o que está sendo estudado como um todo é necessário analisar as interações presentes que geram organizações complexas (Capra, 1996). Essas organizações, por sua vez, são estudadas através de modelos.



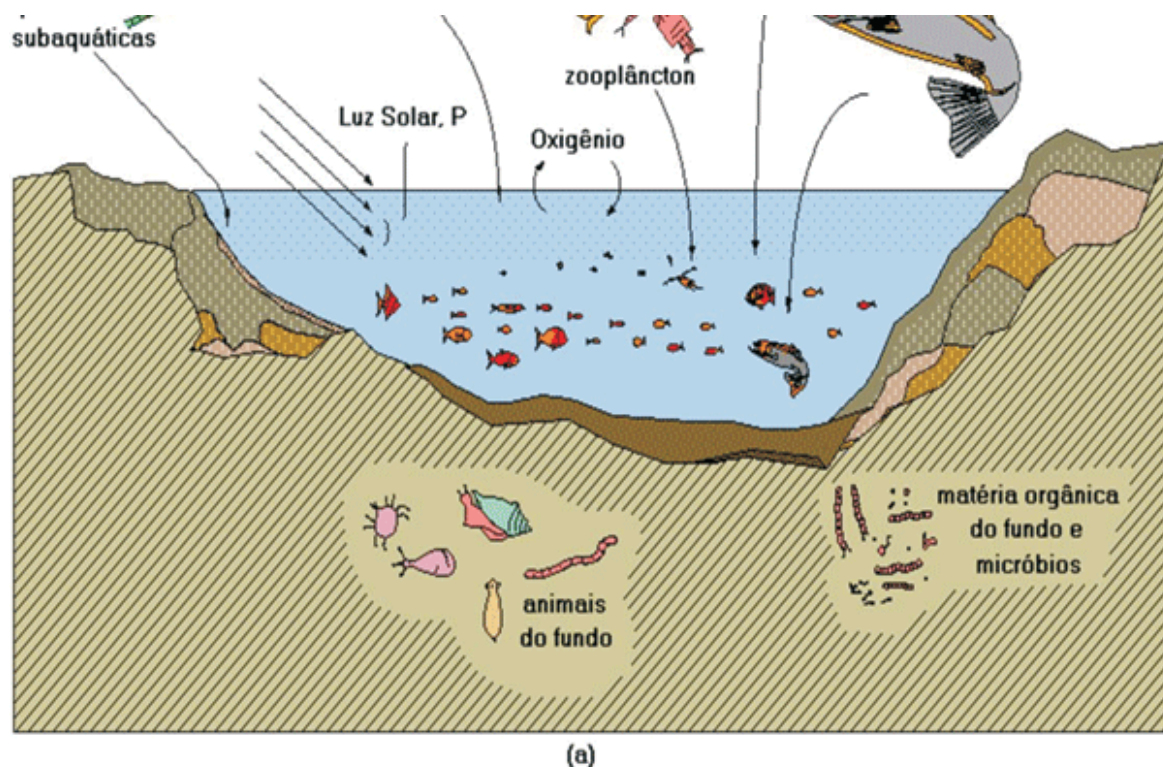


Figura 1. Diferentes compartimentos biológicos existentes em um reservatório

Há modelos que podem ser bastante simplistas e que, deste modo, apresentam resultados mais limitados e, não raro, imprecisos, e modelos mais complexos, que consideram um grande número de variáveis e suas interações, produzindo resultados menos variáveis e mais representativos da realidade.

A construção de bons modelos exige sempre a aquisição de dados confiáveis e representativos das variáveis ambientais. Nos casos de construção de modelos aplicáveis aos reservatórios brasileiros, de maneira geral, existem algumas limitações para isso, como por exemplo:

- Dificuldade na obtenção dos dados de séries históricas de qualidade de água, com malha amostral (variação espacial e temporal) representativa e tecnicamente adequada aos estudos junto às operadoras dos reservatórios;
- Fragilidade da malha amostral utilizada no monitoramento de qualidade de água, não se obtendo dados suficientes para serem incorporados ao modelo;
- Inexistência de dados de qualidade de água dos braços dos reservatórios; e
- Inexistência de dados sobre a hidrodinâmica do corpo d'água.

Aliás, a modelagem hidrodinâmica é um bom exemplo para ser discutido no presente artigo. Ela é bastante útil para a estimativa da capacidade de suporte de reservatórios e pode ser entendida como "um modelo numérico que permite a representação da circulação da água desde um pequeno recipiente a um grande reservatório" (Wasserman, 2006). Há diferentes tipos de modelos hidrodinâmicos, que variam conforme o seu nível de complexidade, desde os mais simples, como a modelagem unidimensional, até os mais complexos, como os modelos tridimensionais.

Para a aplicação de modelos hidrodinâmicos, diversos parâmetros devem ser conhecidos, dentre eles a batimetria, a viscosidade da água, a rugosidade do fundo, os ventos, as chuvas, os aportes de esgoto e efluentes, nutrientes, dentre outros (Wasserman, 2006). A modelagem hidrodinâmica pode ser associada aos fatores ecológicos para avaliação do cenário atual, bem como para se fazer previsões futuras sobre o ambiente.

Apesar de ser um produto, por si só, a modelagem hidrodinâmica é apenas um entre vários estudos que devem ser conduzidos para se chegar a uma estimativa confiável de capacidade de suporte. Além dela, outras informações também devem ser consideradas, como:

Determinação do enquadramento do uso e classificação do corpo d'água;

Informações sobre dados morfométricos, principalmente os que se referem à profundidade e ao volume, que também são fundamentais para conhecer a hidrodinâmica e o funcionamento limnológico do ecossistema. No caso específico da implantação de tanques-rede, o conhecimento da variável tempo de residência e circulação interna da água durante um período hidrológico é fundamental:

- Usos múltiplos existentes considerando-se o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica;
- Estimativa do aporte de cargas de fósforo provenientes das atividades identificadas;
- Variabilidade espacial e temporal das variáveis limnológicas, bem como os fatores que determinam seu funcionamento;
- Realização de uma análise exploratória das relações entre nutrientes e biomassa algal, que considera as concentrações e a relação nitrogênio, fósforo e clorofila;
- Verificação da interferência de variáveis, como a cor, turbidez e também as relações tróficas, entre outras;
- Definição do limite máximo de nutriente ou biomassa algal para capacidade de suporte, considerando os limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05 e 430/2011;

- Classificação da área segundo os Índices de Estado Trófico;
 - Calibração e validação do modelo selecionado, que ocorre por meio de comparações com outras metodologias alternativas para estimativa da capacidade de suporte em conjunto com o monitoramento.
- A figura 1 representa os principais compartimentos biológicos que existem em reservatórios

Uso da modelagem no auxílio do cálculo da capacidade de suporte para a produção de pescados

Atualmente, não existem modelos ideais ou definitivos para a determinação da capacidade de suporte com o foco na aquicultura devido a algumas dificuldades, com destaque para as dificuldades de determinação das cargas específicas oriundas do cultivo, das fontes externas, e das interações que ocorrem no ambiente aquático.

A escolha do modelo a ser utilizado para cálculo da capacidade de suporte deve levar em consideração o banco de dados disponível, a consistência dos dados e a calibração do modelo de acordo com a finalidade e sua empregabilidade.

Na tabela 1 apresentamos alguns dos modelos que foram desenvolvidos ou adaptados para serem utilizados como ferramenta na determinação da capacidade de suporte.

| Modelo | Referência |
|---|---|
| VISQ (Variáveis que interagem de modo semiquantitativo) | Kurtz dos Santos et al. (1997), apud Starling et al. (2006) |
| STELLA [®] (Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation) | Richmond (1987) |
| QualRes | Cardoso et al. (2002) apud Starling et al. (2006) |
| Dillon & Rigler | Dillon e Rigler (1974) |
| ECOPATH Modeling | Ecopath.org (Rees e Wackernagel, 1995) |
| DELPH 3D | Braunisch et al. (2008) |
| OECD Model | OECD (1982) |
| Vollenweider | Vollenweider (1975) |
| MOHID – 3D Water Modeling System | www.maretec.org/ |
| Eco Lab, Mike 3, 11, 31 | DHI - Water Environment Health |

Tabela 1. Modelos de capacidade de suporte

De acordo com Byron e Costa-Pierce (2010), a abordagem utilizada para o cálculo da capacidade de suporte pode ser baseada fundamentalmente em quatro métodos: o método físico, o método baseado na produção, o método ecológico e o método social.

Na abordagem física, quantifica-se a área do corpo d'água que apresenta potencial para a aquicultura, mas não se abordam os limites de produção de organismos aquáticos dentro dessa área.

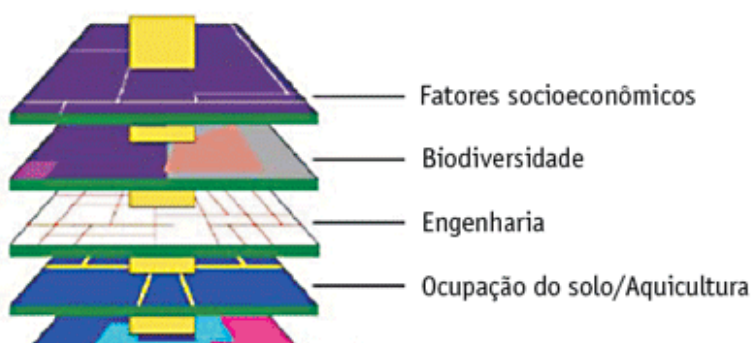
No método que considera os níveis de produção, estima-se a quantidade máxima em escala de organismos aquáticos que pode ser produzida em um dado ambiente. Geralmente, restringe-se a áreas menores, dentro de uma bacia hidrográfica, assumindo-se que a produção não ultrapasse a capacidade suporte definida no método ecológico.

No método ecológico, considera-se a máxima produção aquícola que pode ser suportada pelo ambiente (capacidade de suporte), sem que haja alterações significativas nas relações ecológicas das espécies e populações. Para tal avaliação, são discutidos os papéis e os impactos de cada espécie na cadeia trófica, necessitando-se levar em consideração o impacto de cada espécie separadamente. O cálculo da capacidade de suporte ecológica é uma ferramenta complexa que exige o vasto conhecimento dos componentes do sistema, interações tróficas e fluxos de energia, porém, é uma metodologia extremamente importante para o manejo do processo como um todo.

No método social, considera-se a produção aquícola máxima que pode ser realizada, sem que haja impactos sociais adversos decorrentes da degradação ecológica eventualmente causada pela aquicultura que pode comprometer outros usos e serviços ambientais. Dessa forma, o método social leva em consideração os demais usos do reservatório para a instalação de empreendimentos aquícolas.

O desenvolvimento de métodos analíticos para o cálculo da capacidade de suporte para aquicultura em reservatórios no Brasil e no mundo ainda é um assunto que necessita ser mais estudado, dada a importância do tema e as consequências práticas, que podem ser derivadas de eventuais erros de estimação. .

Dessa forma, o desenvolvimento de metodologias robustas que considerem de forma integrada os métodos e técnicas disponíveis são de fundamental importância para o aumento da atividade de forma sustentável (Byron e Costa-Pierce, 2010) (Figura 2).



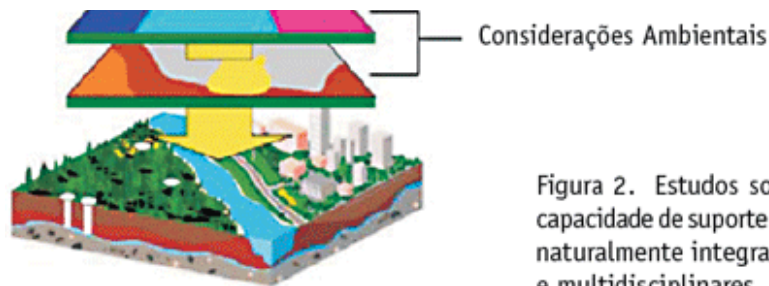


Figura 2. Estudos sobre capacidade de suporte são naturalmente integrados e multidisciplinares

Segundo Johansson et al. (1998) a emissão de fósforo (P) proveniente de cultivos de peixes em tanques-rede se diferencia das demais entradas de fósforo alóctone devido à sua distribuição espacial, temporal e disponibilidade biológica. Tais diferenças afetam a taxa de sedimentação, a remoção de P nas diferentes estações do ano, a remoção de P pela pesca e pássaros piscívoros, o consumo de P pela ictiofauna associada aos tanques, organismos bentônicos, fitoplâncton, zooplâncton e bactéria.

Modelos utilizados para estimar a capacidade de suporte para a produção de pescado

No Brasil, a outorga para o uso das águas de um reservatório da União para fins de aquicultura, é concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), que no momento adota o modelo desenvolvido por Dillon e Rigler (1974), como critério para definição da capacidade de suporte de um reservatório. Esse modelo, também chamado de modelo trófico, parte da classificação do grau inicial de trofia de um reservatório, estabelecendo as cargas anuais máximas permitidas para o reservatório sem que haja a alteração do seu estado trófico. Neste modelo a tolerância do reservatório às cargas de fósforo é relacionada a dois parâmetros morfológicos: a profundidade média e o tempo de retenção de água no reservatório.

O modelo considera ainda a retenção de fósforo nos sedimentos do reservatório que subsidia a emissão de Outorgas para a instalação de áreas aquícolas visando à produção de pescados. Outros dados também são necessários para o cálculo, como por exemplo, a porcentagem de fósforo na ração e nos peixes, os quais por sua vez devem ser revistos, pois podem ser super ou subestimados, por basear-se apenas em dados pontuais conforme observado por Dantas e Attayde (2007).

Entretanto, a escolha do modelo não deve ser única e padronizada, mas sim levar em consideração o banco de dados disponível, a consistência dos dados e a calibração de acordo com a finalidade e sua empregabilidade. Outro modelo utilizado por diversos pesquisadores é o de Vollenweider (1969) que assume: (1) que o ambiente se comporta como um extrato de água único e completamente uniforme, com concentrações uniformes de compostos químicos; (2) que as cargas são constantes ao longo do tempo; (3) que a sedimentação é o principal processo físico que ocorre, e (4) que os volumes de água são constantes.

O modelo matemático proposto por Hua e Bureau (2010), que possui uma abordagem mais realista da aquicultura, envolve a determinação das perdas alimentares e a qualidade do efluente, além de levar em conta uma metodologia biológica baseada nas taxas de crescimento dos peixes, na retenção de energia, no nitrogênio e no fósforo, nas exigências nutricionais das espécies cultivadas e nas suas taxas de excreção (Cyriño et al., 2010). Além disso, o modelo está centrado nos teores de fósforo digestível nas rações e nos diferentes níveis e formas químicas deste fósforo presente nas dietas.

Outro estudo de relevância na área de capacidade de suporte de reservatórios foi desenvolvido por Johansson e Nordvarg (2002), no qual foram comparados os modelos de Vollenweider e de Dillon-Rigler, conforme apresentado na figura 3.

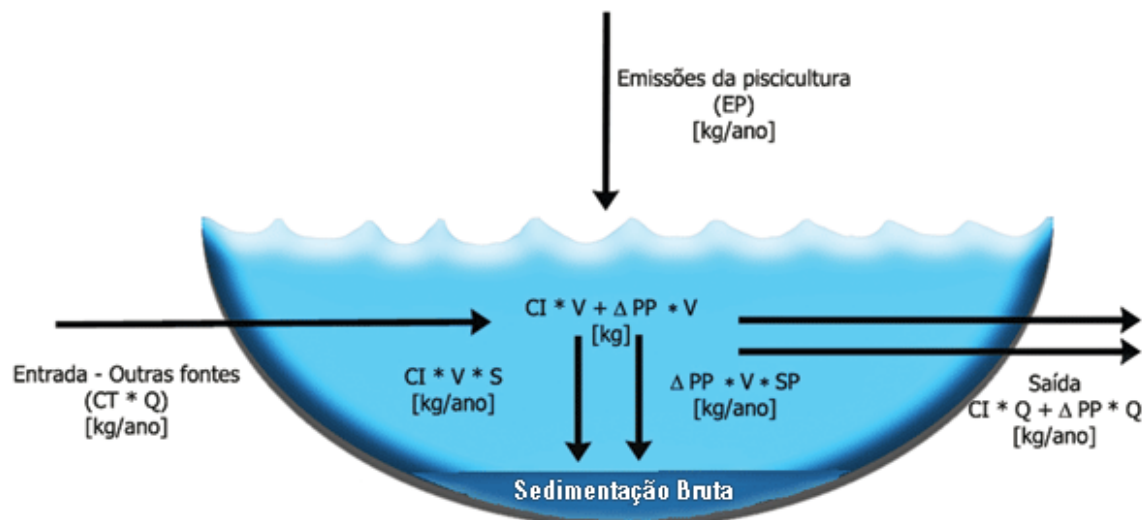


Figura 3. Ilustração do princípio básico de modelos de balanço de massa, baseado no modelo de Vollenweider e Dillon e Rigler. V é o volume do lago, Q é o fluxo anual de água (m³/ano), CT é a concentração de fósforo nos tributários, EP as emissões anuais de fósforo (kg/ano) geradas na piscicultura, ΔPP é a contribuição das emissões originadas pela piscicultura em relação às concentrações

concentrações totais de fósforo no reservatório ($\mu\text{g/l}$), CI relaciona-se às concentrações iniciais de fósforo no reservatório não relacionadas ao cultivo de peixes (mg/m^3); SP são taxas anuais de sedimentação do fósforo originadas a partir da piscicultura; S são as taxas anuais de sedimentação anual de sedimentação do fósforo proveniente de outras fontes que não a piscicultura;

Nesse estudo, foram utilizados dados reais obtidos em dez lagos localizados na Suécia. Como resultados, os autores observaram que os modelos utilizados superestimaram os efeitos das emissões de fósforo total a partir dos cultivos de peixes. Em outras palavras, a biomassa produzida nesses ambientes pode ser maior do que a estimada pelos modelos testados, sem que isso cause alterações ambientais significativas.

O Modelo Lakeweb ("Rede Lacustre"), descrito em estudo realizado por Hakanson (2005), é considerado uma ferramenta para avaliar como as emissões de nutrientes oriundas do sistema de tanques-rede podem influenciar o ecossistema lacustre. O modelo considera as interações fundamentais da cadeia alimentar e suas relações bióticas e abióticas. O uso desse modelo envolve os cálculos de produção de biomassa e de predação, determinados através dos grupos funcionais de organismos, incluindo os produtores primários (fitoplâncton, algas bentônicas e macrófitas), produtores secundários (zooplâncton herbívoro, zooplâncton "predador", zoobentos, peixes "presas" e peixes predadores) e decompositores (organismos saprófitas, bacterioplâncton) (Figura 4).

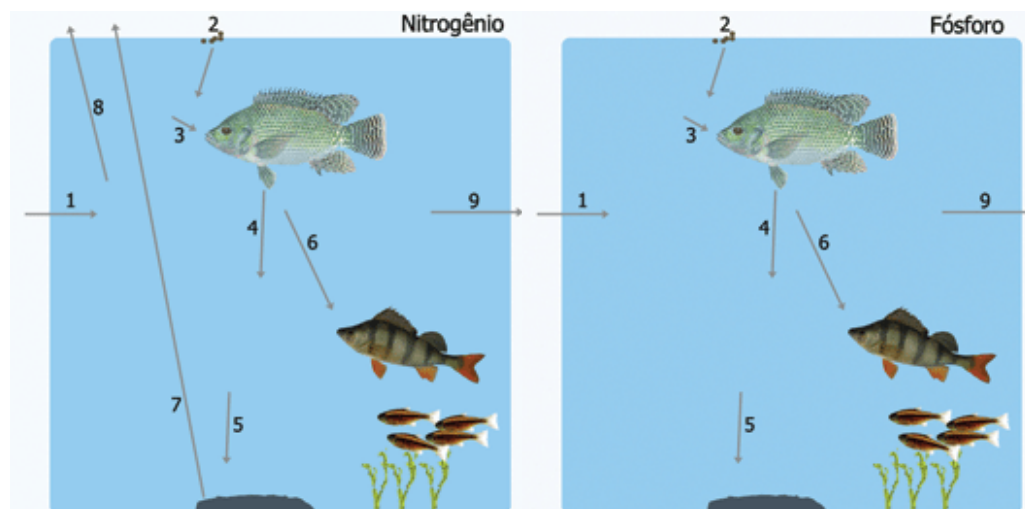


Figura 4. Desenho esquemático do mesocosmo com os balanços de massa de nitrogênio e de fósforo. Sendo:

1. Entrada de água (influyente);
2. Ração fornecida;
3. Absorção pelos peixes cultivados;
4. Fezes provenientes dos peixes cultivados;
5. Sedimentação; 6. Absorção pela ictiofauna associada;
7. Desnitrificação no sedimento (N);
8. Desnitrificação na água;
9. Saída de água (efluente)

No trabalho citado as emissões do lago oriundas dos tanques-rede, foram calculadas com base nos seguintes aspectos: 1) Produção anual de pescado; 2) Taxa de conversão alimentar; 3) Fósforo total presente na ração (0,9%); 4) Fósforo retido nos peixes (no caso de trutas, foi obtido o valor de 0,42%); e 5) Moderador sazonal que considera que sempre há um período de maior emissão, geralmente no período que antecede a despesca.

Considerou também que 27% do total do fósforo lançado no ambiente encontram-se na forma dissolvida, e o restante na forma particulada. Para se avaliar quanto de ração não consumida foi absorvida pela ictiofauna presente no lago foram utilizados marcadores, com isso foi possível aferir o consumo pelos peixes do entorno. Os resultados demonstraram que houve um significativo aumento na biomassa de peixes do lago, sem que ocorresse aumento na biomassa algal. Assim, mostrou-se que o cultivo de peixes em tanques-rede afetou mais diretamente a produtividade secundária do que a primária. Mesmo que essa afirmação seja, a princípio, contraditória, ela está relacionada ao fato de que a ictiofauna presente no lago poder se alimentar diretamente dos restos de ração e fezes liberadas pelos peixes do cultivo. Como os nutrientes contidos nessa ração serão parcialmente assimilados pelos peixes do lago, há uma redução da eutrofização do sistema e do crescimento da biomassa algal.

Em um estudo ainda mais recente, realizado por Gyllenhammar et al. (2008), utilizou-se um modelo dinâmico de balanço de massa para simular fluxos de fósforo e de nitrogênio em um mesocosmo representado por um cultivo de peixes em tanques-rede. A figura 4 apresenta um esquema ilustrativo desse mesocosmo da modelagem dos biológicos e químicos para o para o nitrogênio (a) e para o fósforo (b).

As principais conclusões obtidas no estudo foram:

Com esse modelo de balanço de massa dinâmico é possível analisar a interação dos nutrientes em um mesocosmo baseado no cultivo de peixes em tanques-rede;

A concentração de nutrientes na ração é um dos dados mais importantes, sendo que não havendo esta informação, o modelo pode gerar resultados imprecisos;

O padrão de crescimento (tamanho) dos peixes influencia na concentração de nutrientes na água;

A ictiofauna associada aos tanques pode contribuir para a diminuição nas emissões ambientais de nutrientes provenientes dos tanques-rede.

Considerações finais

O desenvolvimento de métodos analíticos para o cálculo da capacidade de suporte em reservatórios no Brasil e no mundo ainda é um assunto que necessita ser estudado de forma mais intensa, sistemática e sistêmica

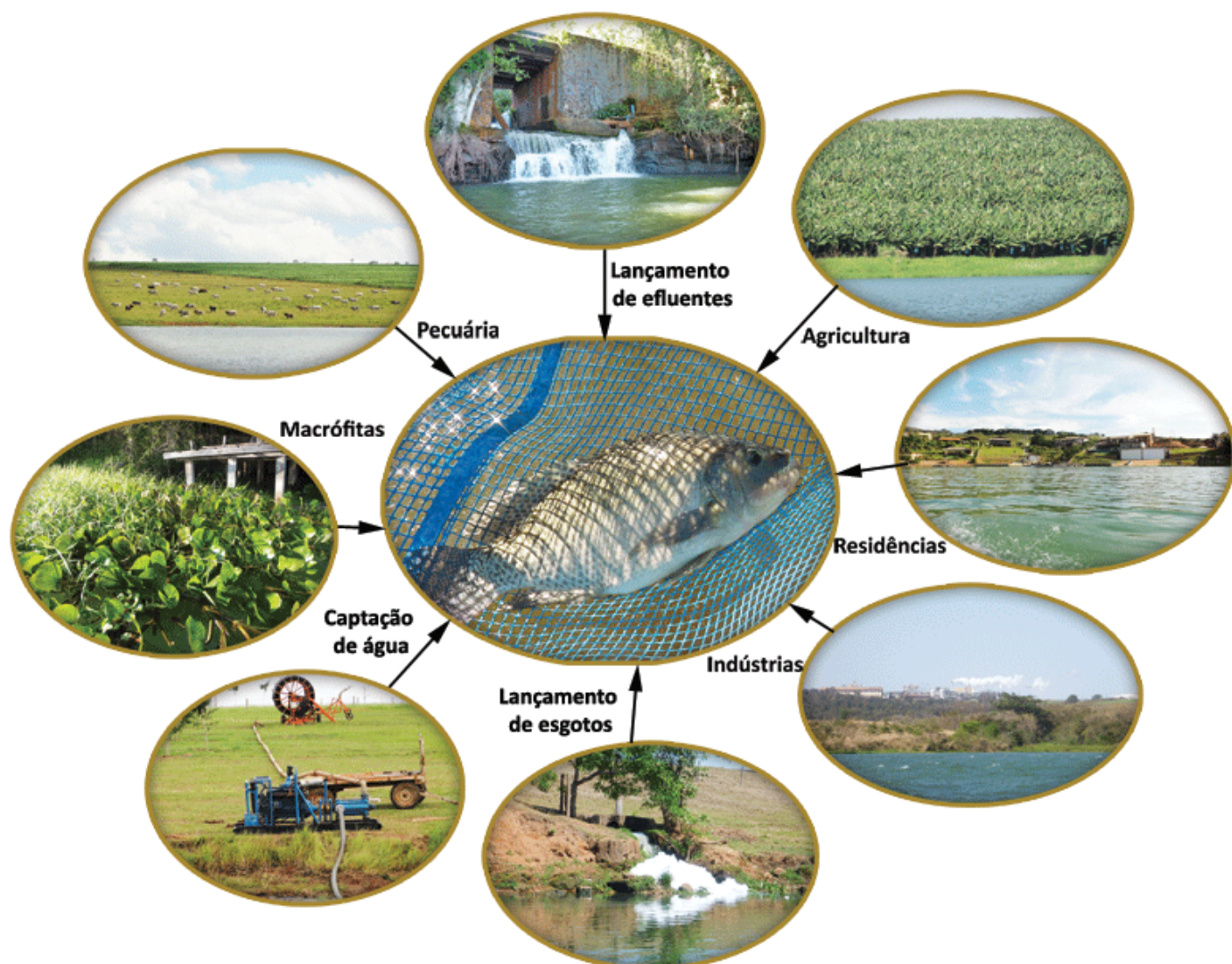


Figura 5. A piscicultura em tanques-rede interage diretamente com uma série de atividades que podem definir o sucesso ou o fracasso dos empreendimentos aquícolas. Imagens: Reservatórios do Paranapanema (PR/SP). Fonte: GIA

Ninguém pode contestar que é importante se estimar da capacidade de suporte de reservatórios como meio principal de se garantir a sustentabilidade da aquicultura em tanques-rede, principalmente levando em consideração que os reservatórios apresentam múltiplos usuários, com interesses bastantes distintos entre si.

Porém, a maioria dos modelos matemáticos utilizados para avaliar a capacidade de suporte da produção de peixes em reservatórios foi desenvolvida para espécies e condições bastante distintas das encontradas em reservatórios brasileiros. Além disso, series de dados de monitoramento de longa duração para calibração de modelos são escassos, portanto, é de extrema importância que haja o desenvolvimento e o aprimoramento de ferramentas que auxiliem os gestores e reguladores da emissão de outorgas d'água para a aquicultura no país, contribuindo assim, com o planejamento e ordenamento da produção de peixes em reservatórios a fim de minimizar possíveis impactos da aquicultura sob o ecossistema aquático.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) utiliza o modelo de Dillon e Rigler. Porém, essa escolha parece ter sido mais uma consequência da limitação na disponibilidade de dados e da relativa simplicidade em se estimar os parâmetros que propriamente de uma maior adequação desse modelo. Contudo, dificilmente a própria ANA irá abandonar essa metodologia antes que haja estudos contundentes sobre a eficácia ou adequação de outros modelos para determinação da capacidade de suporte dos reservatórios brasileiros.

Ainda assim, toda a comunidade envolvida na produção aquícola deve ser conscientizada que a sustentabilidade da atividade está atrelada à capacidade de suporte do ambiente aquático, e que esta questão não envolve apenas o aspecto ambiental, pois reflete diretamente na viabilidade da atividade.

Diante disso, o Ministério da Pesca e Aquicultura/MPA desenvolveu orientações e normativas, em conjunto com os demais ministérios e órgãos, no sentido da uniformização dos dados e metodologias para a formatação dos parques aquícolas em águas da União, prerrogativa essa exclusiva do Ministério, sendo que esses estudos têm sido executados por meio de convênios com instituições e universidades, contratações de empresas do setor através de licitações públicas e através de editais públicos, executadas através das agências de fomento de ensino e pesquisa (CNPq e Finep/MCT). Mais recentemente, com a criação da Embrapa Pesca e Aquicultura no Estado do Tocantins, essa linha de pesquisa tem sido considerada prioritária para a elaboração e execução de projetos de pesquisa, por meio de parcerias com empresas hidrelétricas. Além disso, tem-se procurado em diversas ocasiões promover maiores debates na temática – capacidade de suporte para aquicultura – em diversos fóruns e workshop no Brasil e exterior.

Assim, é de suma importância que haja incentivos para que as universidades e as instituições de pesquisa desenvolvam estudos a respeito das temáticas relacionadas à capacidade de suporte. As pesquisas devem ser centralizadas nos estudos sobre a digestibilidade do fósforo e de proteínas (nitrogênio) para as espécies de peixes cultivadas em tanques-rede; análises e metodologias de dispersão de nutrientes e rações no ambiente de cultivo; avaliação de impactos causados às águas dos reservatórios decorrentes do uso e ocupação do solo (lixiviação de adubos químicos e orgânicos da agricultura e pastagens, descarga de efluentes domésticos e industriais não tratados, dejetos da pecuária, entre outros). O importante é que comece a haver no país uma abordagem sistêmica do ambiente. Para isso, é importante se estabelecer o emprego de ferramentas de monitoramento e gerenciamento do ambiente aquático em tempo real para garantir a consistência e qualidade dos dados. Além disso, produtores e empreendedores, fábricas de rações, agências regulatórias, e instituições de ensino e pesquisa devem definir códigos de conduta e práticas de manejo ambientalmente responsáveis para a piscicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT/ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Poluição das Águas. Rio de Janeiro, 1973. 22p.
- ANDRADE, R.L.B.; WAGNER, R.L.; MAHL, I.; MARTINS, R.S. Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região Oeste do Estado do Paraná, Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, 2005, vol. 35, p. 198-203.
- BEVERIDGE, MCM. Cage aquaculture. 3a ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004; 368 p.
- BEYERS, R.J.; ODUM, H.T. Ecological Microcosms. New York: Springer Verlag. 1995.
- 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, JEP, Urbinati, EC, Fracalossi, DM et al. (Eds.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2004, p. 25-43.
- BRAUNISCH, V.; BOLLMANN, K.; GRAF, R.F.; HIRZEL, A.H. Living on the edge - Modelling habitat suitability for species at the edge of their fundamental niche. Ecological Modelling, 214(2-4), 2008, p. 153-167.
- BUENO, G.W. Impacto ambiental do fósforo em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Toledo, 2011. [Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca] 64p.
- BUREAU, D.P.; HUA, K.; AZEVEDO, P.A. Efficiency of conversion of feed inputs into animal biomass: The usefulness of bioenergetics models and need for a transition to nutrient flow models. In: Cyrino, J.E.P.; Bureau, D.P.; Kapoor, B.G. Feeding and digestive functions of fishes. Enfield, NH: Science Publishers, 2008. p. 547-567.
- Byron, C.J.; Costa-Pierce, B.A. Carrying Capacity Tools for Use in the Implementation of an ecosystems approach to aquaculture. FAO expert workshop on Aquaculture Site selection and Carrying Capacity Estimates for Inland and Coastal Waterbodies. Institute of Aquaculture. University of Stirling, United Kingdom, 6-8 December, 2010.
- CAPRA, F.A. Teia da Vida – uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Trad. Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1996. 249p.
- CASTELO BRANCO C.W. A Comunidade planctônica e a qualidade da água no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil [dissertação de mestrado]. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 1991.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2009.
- COX, P.A.; BANACK, S.A.; MURCH, S.J.; RASMUSSEN, U.; TIEN, G.; BIDIGARE, R.R.; METCALF, J.S.; MORRISON, L.F.; CODD, G.A. & BERGMAN, B. Diverse taxa of cyanobacteria produce β -N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid 102(14): 5074-5078, 2005.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGUESI, R.; DAIRIKI, J.K., 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia. v.39, p.68-87, 2010 (supl).

- especial).especial).
- DILLON, P.J., RIGLER, F.H. The phosphorus–chlorophyll relationship. *The phosphorus–chlorophyll relationship in lakes*. *Limnol. Oceanogr.* vol. 19, p.767–773, 1974.
- FOLKE, C.; KAUTSKY, N.; BERG, H.; JANSSON, A.; TROELL, M. The ecological footprint concept for sustainable seafood production: a review. *Ecologica Applications*, vol. 8, no. 1, p. 63-71, 1998.
- GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture, Amsterdam*, vol. 226, p. 201-212, 2003.
- GYLLEN HAMMAR, A.; HAKANSON, L.; LEHTINEN, KARL-JOHAN. A mesocosm fish farming experiment and its implications for reducing nutrient load on a regional scale. *Aquacultural Engineering*, vol. 38, p.117–126, 2008.
- HAKANSON, L. Changes to lake ecosystem structure resulting from fish cage farm emissions. *Lake & Reservoirs: Research and Management*, vol. 10, p.71-80, 2005.
- HENRY, R.; TUNDISI, J.G.; CURI, P.R. 1983. Fertilidade Potencial em Ecossistemas Aquáticos: Estimativa através de Experimentos de Eutrofização Artificial. *Ciência e Cultura*. v.Cultura, 1983, vol. 35, no. 6, p.789-800.
- HORNE, A.J.; GOLDMAN, C.R. *Limnology*, 22a ed. New York McGraw-Hill. 1994; 627p.
- HUA, K.; BUREAU, D.P. Modelling digestible phosphorus content of salmonid fish feeds. *Aquaculture*, vol. 254, p. 455–465. 2006.
- JOHANSSON, T.; NORDVARG; L. Empirical mass balance models calibrated for freshwater fish farm emissions. *Aquaculture*. v.212, p.191– 211, 2002.
- JOHANSSON, T; HAKANSON, L.; BORUM, K. Direct flows of phosphorus and suspended matter from a fish farm to wild fish in Lake Southern Bullaren, Sweden. *Aquacultural Engineering*. v.Engineering, vol. 17, p.111–137, 1998.
- KASHIWAI, M. History of carrying capacity concept as an index of ecosystem productivity (Review). *Bull Hokkaido Natl Fish Res Inst.*, vol. 59, p.81–101, 1995.
- KUBITZA, F. Tanques-rede, Rações e Impacto Ambiental. *Panorama da Aquicultura*, v. 9, n. 51, p. 44-50. 1999
- MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: conseqüências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, vol. 36, no. 2, p. 149-216, 2010.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. Estatística da Pesca e Aquicultura no Brasil 2008/2009. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/#info-estatistica/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>> Acesso em 25 nov, 2010.
- MONTE-LUNA, P.; BROOK, B.W.; ZETINA-RENÓN, M.J. The carrying capacity of ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 13, p.485-495, 2004.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988. 434p.
- OECD. *Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control*. Paris. 1982; 154 p.
- PAERL H.W.; TUCKER, C.S. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *J World Aquaculture Soc.* v.26, p.109-131, 1995.
- PETTS, G.E. *Impounded rivers: perspectives for ecological management.*, Wiley & Sons. p. 1948-1949, 1984.
- PHILLIPS, M.J. Environmental impact of tropical inland aquaculture. In: PULLIN, R.S.V.; ROSENTHAL, H.; MACLEAN, J.L. (Eds.) *Environment and aquaculture in developing countries*. Metro Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, p. 213-236, 1993.
- PILLAY, T.V.R. *Aquaculture and the environment*. Oxford: Fishing News Books/Blakwell Scientific Publications Ltd. 1992; 189p.
- POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (D.O.U. de 09/01/97).
- RICHMOND, B.P.; VESCUSO, A.N.D.; PETERSON, S. 1987. *An Academic Users Guide to STELLA*, High Performance Systems Inc., Lyme OH. 392p.
- REES, W.E.; WACKERNAGEL, M. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth (New Catalyst Bioregional Series)*, 1995.
- SALATI, E.; LEMOS, H.M.; SALATI, E. Água e o Desenvolvimento Sustentável. In: REBOUÇAS, Aldo da C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2a ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002, cap. 2, p. 39-63.
- SALAS, H.; MARTINO, P. Metodologias simplificadas para la evaluacion da eutrofication em lagos calidos tropicales. *Cepis/HPE/IOPS*, 1990; 52 p.
- SCHIEFFER, E.W. A Dinâmica e comportamento do cobre em ambientes aquáticos urbanos: influência de fatores geoquímicos e de sulfetos solúveis. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências. Programa de Pós-Graduação em Química, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná. – UFPR, Curitiba, 2006. [Tese de Doutorado em Química].
- SKONHOFT, A. National Aquaculture Legislation Overview – Denamark, 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_denmark/en>. Acessado em 02/05/2011.
- STARLING, F.L.R.M.; PEREIRA, C.E.; ANGELINI, R. Modelagem Ecológica do Fósforo e Avaliação da Capacidade Suporte do Lago Paranoá frente à Ocupação da sua Bacia de Drenagem. Relatório Técnico Final de Projeto de Pesquisa financiado pela Companhia Energética de Brasília (CEB), 2002. 162 p.
- STARLING, F.L.R.M.; PEREIRA, C.E.; ANGELINI, R. Definição da Capacidade de Suporte do Reservatório de Três Marias para cultivo intensivo de Peixes em Tanques-rede. Estudo técnico-científico visando a delimitação de Parques Aquícolas no lago da Usina Hidrelétricas de Três Marias – MG, fundep: UFMG, 2006. 54p.
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Reservoir Water Quality Management. *Guidelines of Lake Management*. ILEC, vol. 9, 1999. 229p.
- SU, L.; LIU, J.; CHRISTENSEN, P. Comparative study of water resource management policies between China and Denmark. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1775-1798, 2010.
- TACON, A.G.J., FORSTER, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, vol. 226, p. 181-189, 2003.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. Comparação do Estado Trófico de 23 Reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e Manejo. In Tundisi, J.G. (ed.), *Limnologia e Manejo de Represas*. Série Monografias em Limnologia. EESC/CHREA-ACIEP, vol. 1.1, p. 165-203, 1988.
- TUNDISI, J.G.; *Limnologia no século XXI: Perspectivas e Desafios*. 7º Congresso Brasileiro de Limnologia. São Carlos: IEE, 1999. p. 21.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de textos. 2008. 631 p.
- VOLLENWEIDER, R.A. The scientific basis of lake eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Technical Report DAS/DSI/68.27, OECD Paris, 1968.
- VOLLENWEIDER, R.A. Input-output model swith special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweiz. Z. Hydrol.*, vol. 37, p. 53–84. 1975.
- VOLLENWEIDER, R.A. Möglichkeiten und grenzen elementarer modelle der Stoffbilanz von Seen. *Arch. Hydrobiol.* 66, pp. 1–36, 1969.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 3. ed, v.1, 2005. 452p.
- WASSERMAN, J.C. Modelagem Hidrodinâmica como Ferramenta para a Gestão da Capacidade de Suporte em Projetos de Aquicultura. Rede UFF de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável & Laboratório de Geologia e geofísica marinha, 2006.
- WETZEL, R.G.. *Limnologia*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993; 1011p.
- WORD BANK. International Bank for Reconstruction and Development annual report. p.1948-1949, report, 1978.