



# *Panorama da* **AQUICULTURA**

---

## **CATFISH**

**O Bagre Americano é Um Ótimo Exemplo para o Brasil**

### **REGISTRO DO AQUICULTOR**

**IBAMA é a Espinha na Garganta do DPA**

### **IRRADIAÇÃO DE PESCADOS**

**Uma Alternativa Tecnológica**

### **TANQUES-REDE, RAÇÃO e IMPACTO AMBIENTAL**

**A Capacidade de Suporte e os Níveis de Arraçoamento em Cultivos de Peixe**



# Tanques-rede, Rações e Impacto Ambiental



Por: **Fernando Kubtiza**,  
Ph.D. (Projeto Pacu/Agropeixe)

**O** potencial de consumo de pescado ainda é pouco explorado em nosso país. Em média o brasileiro consome 6 kg de carne de peixe ao ano, enquanto que a média mundial é de 13 kg. Na Amazônia o consumo per capita de carne de peixe supera os 50 quilos anuais. Isto é um bom indicativo de que o brasileiro comerá mais peixe se houver produto disponível, com qualidade e preço compatíveis.

A pesca oceânica e continental em nosso país ultrapassou a sustentabilidade dos recursos pesqueiros naturais, amargando um sensível declínio na captura nas últimas duas décadas. A oferta dos produtos da pesca atingiu o seu limite. Desta forma, futuros incrementos no consumo de pescado pelos brasileiros poderão ser atendidos através:

- 1) Do aproveitamento de recursos pesqueiros não tradicionais e os descartes da pesca, constituídos de espécies, muitas vezes capturadas acidentalmente.
- 2) Do aumento nas importações, com considerável ônus à balança comercial brasileira. Em 1997 o Brasil importou 190 mil toneladas de pescado, o equivalente a US\$ 290 milhões (dados da SECEX – Secretária de Comércio Exterior);
- 3) Do incremento na produção de pescado cultivado.

O que podemos esperar do aumento no consumo de carnes de pescado no Brasil? Vejamos o exemplo da avicultura industrial. Entre 1992 a 1997, o consumo de carne de frango saltou de 17 para 24 kg per capita/ano, ou seja, um crescimento de 40% num período de cinco anos. Seria difícil a piscicultura industrial brasileira promover, nos próximos 10 anos, um incremento de 40% (2,4 kg per capita/ano) no consumo interno de carnes de peixes? Provavelmente não. Para que isto ocorra, até 2010 seria necessário um incremento de 430 mil toneladas na produção de peixe cultivado, considerando a população brasileira na ordem dos 180 milhões. Somado ao que já é produzido, cerca de 80 mil toneladas anuais, e considerando um preço de US\$ 1,20 por quilo de peixe produzido, a aquicultura geraria US\$ 610 milhões, pouco mais que o dobro dos US\$ 290 milhões gastos pelo país na importação de pescado em 1997.

Para que isto seja possível, serão necessários investimentos na produção, bem como na promoção do consumo da carne de pescado cultivado e da sua imagem como alimento confiável, saudável e ambientalmente correto.

O Brasil reúne condições extremamente favoráveis para a aquicultura, em especial o seu grande potencial hídrico. São mais de 8.000 km de zona costeira e 5 milhões de hectares de água doce em reservatórios naturais e artificiais que poderão ser aproveitados na produção de organismos aquáticos. O cultivo de peixes em tanques-rede e gaiolas é a alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, que possibilitará um adequado aproveitamento destes recursos hídricos e a rápida expansão da piscicultura industrial no país. Considerando a possibilidade de se produzir um adicional de 100 kg de peixe por hectare/ano nestes reservatórios, com o uso de tanques-rede, o Brasil incrementaria sua produção anual de peixes em 500.000 toneladas num curto período de tempo, sem considerar o crescimento da piscicultura em tanques de terra e "raceways". Tamanho crescimento da indústria de pescado cultivado seria coroado de ganhos econômicos e sociais, além de garantir o uso ambientalmente sustentável dos recursos aquáticos em nosso país.

O recém publicado Decreto 2.869 regulamenta a cessão do uso das águas de domínio da União em projetos de aquicultura. Também traz em si o compromisso de facilitar a regularização de empreendimentos já em operação, além de gerar boas perspectivas para novos investimentos na produção de organismos aquáticos em águas públicas. O Decreto 2.869 faz referência aos termos sustentabilidade ambiental, que aguardam ainda um criterioso planejamento na definição das dimensões, localização e capacidade de suporte das áreas e parques aquícolas\*<sup>1</sup> a serem regulamentados nas águas da União.

O intuito deste artigo é discutir as principais estratégias para minimizar o impacto ambiental e a deterioração da qualidade da água nas áreas e parques aquícolas destinados ao cultivo de peixes em tanques-rede.

\*<sup>1</sup>O termo *Área Aquícola* foi definido no Decreto 2.869 como um espaço físico contínuo e delimitado em meio aquático, destinado à aquicultura. *Parque Aquícola* é um espaço físico contínuo em meio aquático que compreende um conjunto de áreas aquícolas.

Contemplando a necessidade do desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável da piscicultura industrial em tanques-rede nas águas públicas, o presente artigo abrange os seguintes assuntos:

- 1) O conceito de capacidade de suporte e biomassa econômica na criação de peixes em tanques-rede e a sua aplicação no planejamento da implantação dos parques aquícolas em grandes reservatórios;
- 2) O potencial poluente desta modalidade de piscicultura, à luz dos índices de desempenho e composição das rações comerciais mais utilizadas no cultivo intensivo de peixes em tanques-rede no sudeste brasileiro;
- 3) As principais estratégias para a redução de efluentes no cultivo de peixes confinados;
- 4) Apresentação de alguns exemplos de como poderão ser determinadas a capacidade de suporte e a área de influência ambiental dos parques aquícolas destinados ao cultivo de peixes em tanques-rede;

#### Capacidade de suporte e biomassa econômica em tanques-rede

Quando falamos de capacidade de suporte e biomassa econômica, devemos nos lembrar que estes conceitos se aplicam tanto aos tanques-rede individualmente, como ao ambiente (reservatório, açude ou viveiro) onde estão os tanques-rede. O conceito de capacidade de suporte também deve ser estendido às áreas e parques aquícolas instaladas dentro de grandes reservatórios.

#### Capacidade de suporte de um tanque-rede (CS)

A capacidade de suporte representa a máxima biomassa sustentada por volume de tanque-rede. A CS é expressa em quilos de peixe por metro cúbico de volume útil ou submerso do tanque-rede ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Dizemos que um tanque-rede atingiu a CS quando os peixes param de ganhar peso, ou seja, quando o incremento em biomassa for nulo. O primeiro fator determinante da capacidade de suporte é a concentração de oxigênio dissolvido no interior do tanque-rede. A oxigenação depende da troca de água promovida pela movimentação dos peixes dentro do tanque-rede ou pela ação de correntes. Quanto menor o tanque-rede e maior a densidade de peixes, maior será a troca de renovação de água e oxigenação, portanto, maior a capacidade de suporte. Daí o conceito de tanques-rede de baixo volume e alta densidade (BVAD), onde a CS pode girar em torno de 600 a 700  $\text{kg}$  de peixe/ $\text{m}^3$ . Em tanques-rede de grande volume e baixa densidade (GVBD) a capacidade de suporte é atingida com cerca de 80 a 120  $\text{kg}$  de peixe/ $\text{m}^3$ . Maiores informações sobre os conceitos de tanques de BVAD e GVBD podem ser encontradas em Schmittou (1993).

#### Biomassa econômica (BE)

A biomassa no ponto de maior lucro acumulado em um tanque-rede é denominada biomassa econômica. Incrementos na biomassa a partir da BE resulta em diminuição progressiva dos lucros acumulados no cultivo. Em tanques-rede de BVAD a biomassa econômica gira em torno de 250 a 300  $\text{kg}/\text{m}^3$ , comparada aos 30 a 80  $\text{kg}/\text{m}^3$  nos tanques de GVBD. O valor de BE depende da espécie cultivada e, principalmente, do custo de produção e o valor de venda do peixe. A BE deve ser determinada e continuamente reavaliada dentro de cada empreendimento, de forma a permitir a maximização dos lucros e apontar para a necessidade de alterações nas estratégias de produção.

#### Capacidade de suporte de pequenas represas com tanques-rede

Os limites de capacidade de suporte e os níveis máximos de arraçoamento estabelecidos para o cultivo de peixes em viveiros\*<sup>2</sup> servem como referência para estabelecer a CS do cultivo de peixes em tanques-rede em pequenas represas ou açudes particulares. Não é possível que a biomassa

de peixes produzida em tanques-rede ou gaiolas, exceda a capacidade de suporte observada no cultivo de peixe livres nestas represas ou açudes. Por exemplo, em uma represa com pouca renovação de água a capacidade de suporte (biomassa máxima) foi 6.000  $\text{kg}/\text{ha}$  quando se cultivou peixes livres. Se no próximo ano o piscicultor resolver instalar tanques-rede nesta mesma represa e produzir apenas peixes confinados, ele não deve contar com uma produção superior à CS da represa, mesmo se a área superficial dos tanques-rede não ocupar 1% da área da represa. Na realidade, o piscicultor deveria considerar, por segurança, uma CS inferior à observada no cultivo de peixes livres, digamos 3.000 a 4.000  $\text{kg}/\text{ha}$ . Este valor deve incluir a biomassa de peixes soltos na represa, quando for o caso. Os peixes confinados não conseguem explorar o alimento natural disponível na represa, nem procurar áreas com melhor oxigenação. Muitas vezes os peixes em tanques-rede nem conseguem acesso à superfície quando o oxigênio dissolvido se torna crítico. O nível máximo de arraçoamento nestas condições não deve ultrapassar 20 a 30  $\text{kg}$  de ração/ $\text{ha}/\text{dia}$ . Isto é suficiente para sustentar uma biomassa econômica de 2.000 a 3.000  $\text{kg}$  de peixe/ $\text{ha}$  sem grandes prejuízos à qualidade da água da represa ou açude.

\*<sup>2</sup> Mais detalhes sobre este assunto podem ser encontrados no livro "Planejamento da Produção de Peixes" de Kubitzka, Lovshin, Ono e Sampaio.

**“ Os peixes confinados não conseguem explorar o alimento natural disponível na represa, nem procurar áreas com melhor oxigenação. Muitas vezes os peixes em tanques-rede nem conseguem acesso à superfície quando o oxigênio dissolvido se torna crítico”.**

## Capacidade de suporte dos parques aquícolas em grandes reservatórios

Empreendimentos de piscicultura em tanques-rede já estão operando em grandes reservatórios da CESP, CEMIG, CHESF e DNOCS. O estabelecimento da capacidade de suporte dos parques aquícolas nestes reservatórios é fundamental para assegurar a compatibilidade ambiental da piscicultura em tanques-rede. Diversos fatores deverão ser considerados, entre muitos:

- 1) As características das áreas onde serão implantados os parques aquícolas:  
áreas abertas, baías, enseadas entre outras; proximidade de áreas de captação de água para tratamento ou de áreas destinadas à recreação;  
capacidade volumétrica e recarga hídrica do local, que pode influenciar o potencial de diluição de nutrientes e de absorção do impacto ambiental.
- 2) As estratégias e índices de produção:  
conversão alimentar média observada nos parques aquícolas;  
potencial poluente das rações utilizadas estimado através do balanço em nutrientes.
- 3) O monitoramento das alterações ambientais:  
enriquecimento em nutrientes e estabelecimento das áreas de influência dos parques aquícolas;  
abundância ou desaparecimento de comunidades da biocenose aquática.
- 4) A definição dos limites toleráveis:  
das alterações na estrutura das comunidades aquáticas de enriquecimento em nutrientes de acordo com o nível trófico que se deseja manter nas áreas de influência dos parques aquícolas;

## Rações nutricionalmente completas são essenciais

Devido ao restrito acesso aos alimentos naturais, o adequado crescimento e saúde dos peixes cultivados em tanques-rede dependem do fornecimento de rações nutricionalmente completas, ou seja, aquelas que possuem palatabilidade, balanceamento em nutrientes e propriedades físicas que atendam plenamente as exigências nutricionais e as preferências alimentares dos animais. Uma ração de alta qualidade para piscicultura intensiva deve:

- 1) Permitir que o peixe expresse de forma mais eficiente o seu potencial de crescimento;
- 2) Garantir adequada saúde dos animais;
- 3) Promover alto sucesso reprodutivo;
- 4) Conferir boas qualidades sensoriais e um maior tempo de conservação da carne;
- 5) Apresentar baixo impacto poluente;
- 6) Maximizar a receita líquida por unidade de área de produção

No Brasil existem poucas rações comerciais nutricionalmente completas para um adequado cultivo de peixes em tanques-rede e outros sistemas intensivos de produção. Para um melhor conhecimento do perfil de qualidade das principais rações para peixes disponíveis no mercado nacional, bem como das perdas

econômicas causadas por distúrbios nutricionais, é recomendada a leitura do artigo “Rações Comerciais para Peixes no Brasil: Situação e Perspectivas” de Kubitzka, Cyrino e Ono, publicado na última edição 50 desta revista (Panorama da Aqüicultura, novembro/dezembro 1998).

A quase completa ausência de rações completas vem limitando o rápido desenvolvimento da piscicultura tanto em tanques-rede, quanto em sistemas de alta renovação de água (“raceways”) no Brasil. Há muitos anos se dispõem de conhecimentos suficientes sobre a nutrição dos principais peixes cultivados para uma adequada formulação de rações nutricionalmente completas. No entanto, apenas recentemente alguns fabricantes nacionais colocaram no mercado rações capazes de sustentar adequados índices de crescimento, conversão alimentar e sobrevivência dos peixes em sistemas intensivos como estes mencionados. Junto com estas rações caminham as reais perspectivas de sucesso no aproveitamento econômico de grandes reservatórios através da piscicultura em tanques-rede. Neste ponto cabe apenas uma única e definitiva afirmação: “Os projetos de piscicultura industrial em tanques-rede que não contemplarem o uso de rações de alta qualidade estarão fadados ao desastre econômico e a incompatibilidade ambiental”.

## Impacto ambiental das rações usadas em tanques-rede no Brasil

Além do compromisso de produzir rações nutricionalmente completas, os fabricantes de rações deverão dividir com os empresários da piscicultura a preocupação de desenvolver rações de baixo potencial poluente. O perfil básico destas rações é listado a seguir:

- 1) Possibilitam a obtenção de índices de conversão alimentar próximos de 1, entre 0,8 a 1,4, dependendo da espécie e tamanho final do peixe produzido.
- 2) Minimizam a quantidade de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo lançadas no ambiente. A exemplo de outros países, é possível que os fabricantes sejam obrigados a especificar garantias que contemplem a questão ambiental. Por exemplo:
  - conversão alimentar aparente  $\leq 1,4$ ;
  - digestibilidade da matéria seca  $\geq 80\%$ ;
  - digestibilidade da proteína  $\geq 90\%$ ;
  - assimilação de proteína (nitrogênio)  $\geq 45\%$ ;
  - fósforo total máximo  $\leq 1,0$
  - digestibilidade do fósforo total  $\geq 50\%$
  - assimilação de fósforo total  $\geq 40\%$

Na Tabela 1 são apresentadas as composições em matéria seca, proteína, nitrogênio e fósforo total das cinco rações comerciais extrusadas (flutuantes) mais utilizadas no cultivo de peixes em tanques-rede na região sudeste do Brasil. Por questão de ética resguardamos a identidade dos referidos fabricantes. Informações sobre os índices médios de conversão alimentar no cultivo de tilápias e o preço destas rações foram obtidas diretamente com piscicultores e técnicos responsáveis pelo gerenciamento dos sistemas de produção. Muitos deles apresentaram índices de conversão alimentar de mais do que uma destas rações, devido ao fato alternarem o uso ou utilizarem simultaneamente rações de diferentes fabricantes com o intuito de comparação entre diferentes produtos. Desta forma, os índices de conversão alimentar apresentados na Tabela 1 expressam a média dos valores relatados

em diferentes pisciculturas. O preço das rações reflete a média de preços destes produtos pagos na fazenda no mês de fevereiro/1999. O custo de ração por quilo de tilápia produzido foi estimado com base no preço da ração e na conversão alimentar média.

dos sistemas de produção. Decisões sobre qual ração utilizar afetam decisivamente a saúde econômica do empreendimento.

Num futuro próximo, além dos índices de desempenho acima apontados, o potencial poluente das rações passará a fazer parte das preocupações dos fabricantes e piscicultores. Na Tabela 2 é apresentada uma estimativa das quantidades de nutrientes aplicadas e da carga poluente lançada no ambiente aquático com o uso das mesmas rações da Tabela 1.

Em ordem decrescente de potencial poluente, as rações podem ser assim posicionadas: Ração 5 > Ração 4 > Ração 3 > Ração 2 > Ração 1. As Rações 3, 4 e 5 geraram uma carga poluente com 46 a 99% mais nitrogênio e 96 a 271% mais fósforo comparadas às Rações 1 e 2. Há uma relação direta entre o potencial poluente das rações e os índices de conversão alimentar. Desta forma, quanto maior (pior) os índices de conversão alimentar, maior o potencial poluente das rações.

**Tabela 1. Composição média em proteína bruta (PB), matéria seca (MS), nitrogênio (N) e fósforo total (P) e preços de cinco rações comerciais usadas em tanques-rede no sudeste do Brasil: conversão alimentar e custo de ração no cultivo de tilápias.**

Ração	PB (%)	MS (%)	N (%)	P (%)	Conversão Alimentar	Preço da ração R\$/kg	Custo ração R\$/kg de tilápia	Custo relativo
1	32,4	93,08	5,18	0,95	1,4	0,46	0,64	100
2	27,7	91,65	4,43	0,85	1,6	0,42	0,67	104
3	34,8	90,85	5,57	1,17	1,9	0,56	1,06	165
4	31,0	90,81	4,96	1,00	2,3	0,44	1,01	157
5	36,0	91,12	5,76	1,54	2,5	0,52	1,30	202

Os níveis de proteína das amostras analisadas condizem com o especificado no rótulo das embalagens. Uma análise rápida dos dados da Tabela 1 permite as seguintes conclusões:

- 1) As Rações 3 e 5, apesar de conterem maiores níveis protéicos, vêm proporcionando piores índices de conversão alimentar e custo de produção entre 60 a 100% superior comparadas às Rações 1 e 2, que contém 32 e 28% de proteína, respectivamente. Portanto, nem sempre o uso de rações com maior teor protéico é garantia de melhores índices de conversão alimentar. A qualidade da proteína é o que importa e não apenas a quantidade deste nutriente na ração.
- 2) O uso de rações mais baratas nem sempre resultam em menor custo de alimento por quilo de peixe produzido. Por exemplo, embora 9% mais barata que a Ração 1, a menor eficiência alimentar obtida com a Ração 2 resultou em custo de alimento por quilo de peixe cerca de 4% superior ao custo obtido com a Ração 1.
- 3) Produtos com as mesmas especificações, porém de fabricantes distintos, nem sempre resultam em mesmo desempenho. Por exemplo, as Rações 1 e 4, ambas contendo 32% de proteína como garantia e preços similares. A conversão alimentar obtida com a Ração 4 foi 64% pior, o que resultou em um aumento de 57% no custo de alimento por quilo de peixe produzido comparado à Ração 1.

Os piscicultores e técnicos devem estar atentos a estes detalhes e conferir cuidadosamente os índices de desempenho e econômicos obtidos com as diferentes rações. Ensaios de alimentação podem ser facilmente conduzidos em tanques-rede e devem fazer parte da rotina

Esta mesma relação não é tão clara entre os níveis de P total e N nas rações e as quantidades de P e N lançadas no ambiente. A excreção destes nutrientes depende também da biodisponibilidade dos mesmos nos ingredientes utilizados e, no caso particular do N, do balanceamento em aminoácidos essenciais e da relação energia/proteína das rações. A retenção de N e P nos peixes variou de 17 a 33% e de 10 a 30%, respectivamente. Estes valores ainda estão bem aquém dos 45 e 40%, respectivamente, esperados com o uso de rações de altíssima qualidade.

### Estratégias para minimizar o potencial poluente das rações

Nitrogênio e fósforo são os nutrientes mais limitantes à produtividade primária (produção de fitoplâncton e plantas aquáticas) em ambientes aquáticos naturais. O aumento na incorporação de P, N e C (carbono), oriundos da degradação dos resíduos fecais e da excreção dos peixes, pode causar eutrofização (enriquecimento em

**Tabela 2. Estimativa da quantidade de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e fósforo (P) aplicadas via ração e lançadas no ambiente, na forma de resíduos fecais e metabólicos, durante a produção de 1.000 quilos de tilápia em tanques-rede.**

Ração	Aplicados via ração (kg)			Lançado no ambiente (kg) <sup>1</sup>			Retenção no peixe (%) <sup>1</sup>			Potencial Poluente Relativo		
	MS	N	P	MS	N	P	MS	N	P	MS	N	P
1	1.272	73	13	992	49	9	22,0	33,1	30,1	100	100	100
2	1.466	71	14	1.186	47	10	19,1	33,8	29,4	120	98	103
3	1.726	106	22	1.446	82	18	16,2	22,7	18,0	146	146	196
4	2.089	114	23	1.809	90	19	13,4	21,0	17,4	182	157	204
5	2.278	144	39	1.998	120	35	12,3	16,7	10,4	201	199	371

<sup>1</sup> Para a estimativa da quantidade de MS, N e P lançados no ambiente e retida nos peixes, considerou-se que 1.000 quilos de peixe "in natura" contém 280 kg de MS, 24 kg de N e 4 quilos de P. Estes valores estão sujeitos a variações em função da idade dos animais e composição das rações.



nutrientes e excessivo aumento da produção primária) das áreas do reservatório sob a influência dos parques aquícolas. A eutrofização favorece alguns tipos de organismos em detrimento de outros, alterando o equilíbrio da biocenose (conjunto de comunidades) aquática.

Para reduzir o aporte de N, P e C nas áreas sob influência dos parques aquícolas, deve se incrementar a qualidade das rações, melhorando a eficiência alimentar e a biodisponibilidade destes nutrientes para os peixes. Este desafio cabe aos fabricantes de rações, enquanto os produtores devem se responsabilizar pela adoção de estratégias adequadas de alimentação, ajustando corretamente os níveis e a frequência de arraçamento e monitorando criteriosamente a qualidade da água e as condições sanitárias nas unidades de cultivo.

### Conversão alimentar próxima da unidade

A conversão alimentar é calculada dividindo-se a quantidade de alimento fornecido pelo aumento na biomassa de peixes obtido. Uma conversão alimentar de 1,3 significa que, para produzir 1 quilo de peixe foram necessários 1,3 quilos de ração. Desta forma, quanto menor o valor da conversão alimentar, melhor o aproveitamento do alimento fornecido. A eficiência alimentar é calculada dividindo-se o ganho de peso pela quantidade de alimento fornecido, ou seja, é o inverso do índice de conversão alimentar. Uma conversão alimentar de 1,3 equivale a uma eficiência alimentar de 0,77, ou seja, 77% do alimento fornecido aparentemente foi transformado em peixe. A palavra “aparentemente” foi usada intencionalmente porque cerca de 70 a 75% do ganho de peso dos peixes é devido à incorporação de água nos tecidos corporais. Portanto, a eficiência de incorporação da matéria seca do alimento no ganho de peso dos peixes é bem menor. No entanto, a conversão alimentar aparente é útil na avaliação prática do desempenho dos peixes e nos cálculos econômicos de cultivos utilizando rações secas.

Na tabela 3 são sumarizados alguns índices de conversão alimentar obtidos com o uso de rações submetidas a diferentes tipos de processamento no cultivo de tilápia nilótica, bem como índices de conversão alimentar próximos da unidade obtidos com diversas espécies de peixe. Tentativas de reduzir a conversão alimentar para valores próximos de 1 é uma das principais estratégias para minimizar as quantidades de N e P lançadas no sistema. Valores de conversão alimentar próximos da unidade são possíveis de serem obtidos em piscicultura intensiva, utilizando alimentos de alta qualidade e adequada estratégia de alimentação.

Alguns dos pré-requisitos para a elaboração de rações de alto desempenho e baixo potencial poluente são:

**Tabela 3. Índices de conversão alimentar próximos da unidade obtidos no cultivo de diferentes espécies de peixes, particularmente de tilápias. Valores obtidos no cultivo em viveiros (VIV) e tanques-rede (TR).**

Espécie (nome comum)	Tipo de ração	VIV ou TR	Conversão Alimentar	Fontes
Tilápia nilótica	Farelada	VIV	2,0 a 7,2	Lovshin et al. 1990; Pouomogne e Mbongblang 1993;
Tilápia nilótica	Peletizada	VIV	1,3 a 3,4	Viola et al. 1988; Mainardes-Pinto et al. 1989; Siddiqui et al 1991;
Tilápia nilótica	Extrusada	VIV	1,0 a 1,2	Kubitza e Halverson, não publicado; Halverson (comunicação pessoal)
Tilápia nilótica	Peletizada	TR	1,7 a 3,3	Campbell 1985; Carro-Anzalotta e McGinty 1986;
Tilápia nilótica	Extrusada	TR	1,4 a 1,6	Ono (não publicado) e comunicações pessoais de piscicultores e técnicos.
Salmão do Atlântico	Extrusada	TR	0,9 a 1,3	Comunicação pessoal de técnicos da empresa norueguesa Akvaforsk.
Black-bass	Extrusada	VIV	0,9 a 1,1	Kubitza (1997)
Pintado	Extrusada	VIV	1,3 a 1,5	Comunicação pessoal de Campos e Halverson – Agropeixe Ltda. Itaporã, MS

- 1) Uso de ingredientes de alto valor nutritivo e palatabilidade.
- 2) Adequada formulação e balanceamento em nutrientes, principalmente no que diz respeito aos aminoácidos essenciais digestíveis e à relação energia/proteína, possibilitando maior retenção de nitrogênio pelos peixes;
- 3) Melhoria da estabilidade na água através de uma adequada combinação de ingredientes, moagem fina da mistura antes da granulação e o uso de estratégias eficazes de processamento via extrusão; um adequado processamento aumenta a digestibilidade das rações, reduzindo a excreção de resíduos fecais;
- 4) Inclusão de níveis mínimos de P disponível na ração, de acordo com a exigência da espécie, além da utilização de fontes de fósforo de maior biodisponibilidade (maior digestibilidade), de forma a reduzir as perdas de P nos resíduos fecais.

### Biodisponibilidade do P nos alimentos para peixes

As exigências em P disponível dos peixes variam de 0,45 a 0,7% da dieta. Rações práticas para peixes são formuladas combinando diversos ingredientes, cada qual com uma determinada composição e biodisponibilidade de P. Desta forma, os peixes não conseguem assimilar todo o P contido nas rações. Algumas espécies apresentam maior capacidade de assimilação de P do que outras (Tabela 4).

Ingredientes de origem vegetal apresentam baixa disponibilidade de fósforo (19 a 29%) devido grande parte deste elemento estar associado aos complexos formados por cálcio-magnésio e ácido fítico ou fitato. Os animais monogástricos não apresentam atividade de fitase (enzima capaz de hidrolisar tais complexos e deixar o P disponível para absorção) no trato digestivo. Num futuro

**Tabela 4. Disponibilidade do fósforo total de diferentes origens para o bagre-do-canal, a truta arco-íris e a carpa comum (NRC, 1993).**

Fonte de fósforo	Digestibilidade aparente do P (% do P total)		
	Bagre-do-canal	Truta arco-íris	Carpa comum
Farinha de peixe	60	66 – 74	18 - 24
Farelo de soja	29	-	-
Farelo de arroz	-	25	19
Milho moído	25	-	-
Farelo de trigo	28	-	-
Fosfato monocálcico	94	94	94
Fosfato bicálcico	65	71	46
Fosfato tricálcico	-	64	13
Fosfato monossódico	90	98	94

**Tabela 5. Relação de Vollenweider entre a concentração de P total na água e os níveis tróficos de reservatórios (modificado de Esteves 1988).**

Estado trófico dos reservatórios	Concentração de P – total na água (mg/m <sup>3</sup> )
Ultra oligotrófico	< 5
Oligomesotrófico	5 a 10
Mesoeutrófico	10 a 30
Eupolitrófico	30 a 100
Politrófico	> 100

próximo a inclusão de fitase protegida às rações extrusadas poderá vir a ser uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade do P presente nos ingredientes de origem vegetal.

A elaboração de rações à base de ingredientes vegetais de forma a substituir parcial ou totalmente os ingredientes de origem animal de alto custo, como as farinhas de carne e de peixe, demanda a suplementação das rações com fontes inorgânicas de P. Os fosfatos monobásicos (fosfato monocálcico e o fosfato monossódico) são fontes de P mais disponíveis aos peixes do que os fosfatos bicálcico e tricálcico. O uso de fontes inorgânicas de maior disponibilidade de P possibilita a redução nos níveis de P total das rações e nos resíduos fecais dos peixes.

#### Delimitação da área de influência e da capacidade de suporte dos parques aquícolas com base nos limites de P total na água

Nesta seção será ilustrado um exemplo de como a capacidade de suporte e a área de influência dos parques aquícolas podem ser definidas de forma a manter a área do reservatório sob influência dos parques aquícolas dentro de um determinado nível trófico. Utilizaremos neste exemplo a relação de Vollenweider entre os níveis tróficos de reservatórios e a concentração de P total na água, conforme relatado por Esteves (1988) e ilustrado na Tabela 5.

Suponhamos que as áreas sob influência dos parques aquícolas devam apresentar água no máximo oligomesotrófica, ou seja, com concentração de P total entre 5 a 10 mg/m<sup>3</sup>. Contemplando uma certa segurança, o limite inferior de 5 mg/m<sup>3</sup> será utilizado nos cálculos aqui apresentados. Muitos reservatórios da região sudeste já apresentam águas oligomesotróficas ou mesoeutrólicas. Vamos supor que, independente do estado trófico original do reservatório, o incremento nos níveis de P total nas áreas de influência dos parques aquícolas não deve ultrapassar 5 mg/m<sup>3</sup>.

Outra informação a ser considerada é a profundidade e o volume médio da área do reservatório sob a influência dos parques aquícolas. Na realidade, seria mais seguro utilizar a profundidade do epilimnio do que a profundidade total média. O epilimnio representa o extrato superior da coluna d'água com temperatura homogênea e que na maior parte do tempo não se mistura com a água dos estratos inferiores. Parte da matéria orgânica particulada, oriunda dos resíduos fecais, das sobras de ração e da limpeza do material orgânico aderido às malhas dos tanques-rede é consumida pelos peixes selvagens fora dos tanques-rede e/ou solubilizada e mineralizada pela ação microbiana durante a descida através do epilimnio. O que não for solubilizado no epilimnio, atingirá os estratos inferiores do reservatório. A produtividade primária e a absorção

dos nutrientes é mais intensa no epilimnio. O desaparecimento ou ciclagem do P incorporado no epilimnio dos ambientes aquáticos



# Aquacultura Completa

**Alimentos/Dietas**

**ALGAMAC-2000**  
ENRIQUECIMENTO ROTÍFEROS/ARTEMIA & SUBSTITUTO PARA ALGAS

**Dietas Larvas/Post-Larvas**

Acclimac-10/20, MicroMac-30/70, Alimentos Formulados, FLAKES de Artémia para camarões, Spirulina, ALGAMAC-2010 Gold Flakes, MadMac-MS Estimulador da Maturação/Condicionador de Matrizes, NutraMac Survival/Anti-Estresse, RotiMac Dietas de Engorda de rotíferos, ABMac Dieta para Bivalves

**CRUSTÁCEOS**  
**PEIXES**  
**MOLUSCOS**  
**FILTRADORES**  
Rotíferos

**CISTOS DE ARTEMIA**

**Equipamentos**

Sistemas e equipamentos voltados para qualidade de água, sistemas de aquecimento e resfriamento para hatcheries, esterilização UV ou ozônio, aquecedores de imersão para água doce ou salgada, trocadores de calor, projetos específicos de aerção, sopradores, sistemas de filtragens, sistemas para grandes volumes de ar e água, suprimentos para laboratórios, refractômetros, medidores (pH/oxigênio), bombas, aeradores de pás "paddle wheels" e muito mais...



**Aquafauna Bio-Marine, Inc.**  
PO Box 5, Hawthorne, California 90250 USA  
Tel: 310-973-5275 Fax: 310-676-9387  
e-mail: aquafauna.bio-marine@worldnet.att.net  
<http://www.aquafauna.com>

leva de 3 a 10 dias, dependendo da abundância em fitoplâncton, entre outros fatores. Vamos estimar a área de influência de um parque aquícola fictício com as seguintes características:

- (a) produção anual de 5.000 toneladas de tilápias
- (b) profundidade média do epilimnio = 5 m
- (c) quantidade de P lançada no ambiente por tonelada de tilápia produzida = 19 kg
- (d) número de dias por ciclo de produção = 180 dias
- (e) número de ciclos de produção por ano = 365/d
- (f) limite máximo de P adicional na água = 5 mg/m<sup>3</sup>
- (g) tempo de desaparecimento do P = 10 dias

O volume de epilimnio (m<sup>3</sup>) necessário para diluir o P total lançado no ambiente pode ser calculado com a seguinte equação:

$$VOL = [(c \times 1.000/d) \times (1 + g)] / (2 \times f); \text{ ou seja:}$$

$$VOL = [(19 \times 1.000 / 180) \times (1 + 10)] / (2 \times 5) = 116.111 \text{ m}^3;$$

A área de influência do parque aquícola (ÁREA - hectares) pode ser estimada com a seguinte equação:

$$\text{ÁREA} = (VOL / b / 10.000) \times a \times (d / 365); \text{ ou seja:}$$

$$\text{ÁREA} = (116.111 / 5 / 10.000) \times 5.000 \times (180 / 365) = 5.726 \text{ hectares};$$

Quando existir uma área (ÁREA) pré-definida e de dimensões limitadas para a implantação de um parque aquícola, a capacidade de suporte (CS – toneladas de peixe/ano) do mesmo pode ser estimada pela seguinte equação:

$$CS = \frac{\text{ÁREA} \times b \times 2f \times 10.000 \times 365}{(c \times 1.000) \times (1 + g) \times 1.000} = \text{toneladas / ano}$$

Considerando as mesmas restrições quanto aos níveis de P total na água, podemos estimar a área de influência para a produção de 1 tonelada de tilápias com o uso das cinco rações comerciais anteriormente apresentadas (Tabela 1). Também podemos calcular a capacidade de suporte de parques aquícolas supridos com estas mesmas rações e instalados, por exemplo, em uma baía de 1.000 hectares e epilimnio com 5m de profundidade (Tabela 6).

No exemplo apresentado na Tabela 6, a área de influência dos parques aquícolas variou de 1,14 a 4,22 hectares por tonelada de tilápia produzida anualmente. A capacidade de suporte

dos parques aquícolas na baía de 1.000 ha foi entre 237 a 880 toneladas anuais. De acordo com o exemplo, o uso das Rações 1 e 2 possibilitariam produzir praticamente o dobro de peixes no mesmo parque aquícola comparadas às Rações 3 e 4. Isto reforça a importância do uso de rações de alta qualidade como fator determinante na produtividade e sustentabilidade ambiental dos parques aquícolas.

Outra possibilidade de estabelecer as áreas de influência e capacidade de suporte seria estipular um valor máximo de arrastamento diário. Por exemplo, a aplicação de 5 a 10 kg de ração por hectare/dia seria ambientalmente compatível nos parques aquícolas em grandes reservatórios. Se utilizarmos o valor mínimo, kg/ha/dia, um parque aquícola bem distribuído numa baía de 1.000 hectares poderia comportar uma biomassa média instantânea entre 125 a 165 toneladas de peixes se o consumo médio diário de ração estiver entre 1,5 a 2,0 % do peso vivo.

Mais uma vez cabe ressaltar que os cálculos e sugestões apresentados nesta seção não têm a mínima pretensão de estabelecer fórmulas para a estimativa da capacidade de suporte dos parques aquícolas em grandes reservatórios. Este trabalho deve ser confiado a uma equipe multidisciplinar, composta por limnologistas, biólogos, químicos, engenheiros de áreas diversas, especialistas em aquicultura entre outros profissionais qualificados.

## Conclusão

A capacidade de suporte dos parques aquícolas em grandes reservatórios é limitada pelo potencial poluente dos alimentos. A baixa estabilidade na água e o reduzido valor nutritivo das rações resulta em excessiva perda de C, N e P por dissolução direta do alimento ou via resíduos fecais e metabólicos dos peixes. O aumento nas perdas de C, N e P dos alimentos favorece um intenso desenvolvimento do fitoplâncton, o que pode acelerar a degradação da qualidade da água durante o cultivo. Uma forma eficaz de reduzir as perdas de C, N e P é lançar mão do uso de rações de alta qualidade que possibilite índices de conversão alimentar próximos à unidade.

A redução do impacto poluente dos alimentos permite aumentar a produção e a receita líquida obtida por área de cultivo. Regulamentações quanto aos limites máximos de compostos nitrogenados e P total nos efluentes aquaculturais vão exigir dos fabricantes de rações a elaboração de produtos de maior qualidade. Por outro lado, os produtores também serão obrigados a adotar estratégias mais eficazes de alimentação e monitoramento da qualidade da água.

O potencial da piscicultura em tanques-rede no Brasil é imenso e deverá ser incrementado no curto e médio prazo com o aumento na oferta de rações de alta qualidade; regulamentação dos projetos existentes e dos novos empreendimentos através das normas do Decreto 2.869; e, finalmente, com a definição dos limites de capacidade de suporte ambientalmente compatíveis de parques aquícolas em grandes reservatórios.

**Tabela 6. Estimativa da capacidade de suporte (CS) de um parque aquícola (a ser instalado em uma baía com área de 1.000 hectares e epilimnio com 5m) e da área superficial e volume de epilimnio necessários para a produção de uma tonelada/ano de tilápia com o uso de diferentes rações, de modo que a concentração de P total na água não aumente mais do que 5 mg/m<sup>3</sup>.**

Ração	P nos efluentes (kg) <sup>1</sup>	Volume de epilimnio (m <sup>3</sup> )	Área de influência (ha/t/ano)	Área relativa	CS do parque aquícola em uma baía de 1.000 ha (toneladas/ano)	CS relativa
1	9,3	56.833	1,14	100	880	371
2	9,6	58.667	1,17	103	852	359
3	18,2	111.406	2,23	196	449	185
4	19,0	116.111	2,32	204	431	182
5	34,5	210.833	4,22	371	237	100

<sup>1</sup> Na Tabela 2 estes valores foram arredondados para números inteiros.