

Curso de Atualização em Piscicultura

Introdução à Piscicultura

*José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.
Setor de Piscicultura
Departamento de Zootecnia, Setor Não Ruminantes
ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11; C. P. 09
13418-900; Piracicaba, SP
jepcyrin@esalq.usp.br.usp*

O meio rural brasileiro sempre mostrou interesse na piscicultura. Entretanto a falta de serviços de extensão e a longa instabilidade do sistema econômico, aliados ao desconhecimento das técnicas de cultivo e ao preconceito contra o consumo de peixes cultivados, condicionam um lento desenvolvimento da piscicultura comercial. Considerando-se as qualidades nutritivas do pescado, o potencial de geração de empregos da indústria pesqueira, o baixo custo da produção de peixes em cativeiro, a depleção dos estoques pesqueiros naturais, e o aumento da demanda de alimentos em função do crescimento populacional, a piscicultura é uma alternativa altamente viável para a agropecuária. Em adição, a piscicultura pode ser praticada em áreas impróprias para agricultura tradicional, como solos não agriculturáveis, ou ainda conferir usos múltiplos a grandes coleções de água, como os grandes reservatórios de hidrelétricas.

A aquicultura – criação de organismos aquáticos em condições controladas – é uma economicamente rentável, desde que feita com base em projetos tecnicamente corretos. A aquicultura apresenta algumas limitações: necessita um mercado favorável, receptividade da população para aceitar as mudanças trazidas pela implantação de uma nova indústria, uma política que garanta o acesso dos produtores aos recursos naturais indiscriminadamente, disponibilidade regional de alevinos, alimentos, equipamentos, materiais, serviços de extensão e controle sanitário, crédito e mercado financeiro favorável. Finalmente para a implantação de aquicultura é necessário que os indicadores econômicos sejam favoráveis à obtenção de lucros na atividade.

Os recursos hídricos abundantes, o clima tropical e espécies de peixes que apresentam aptidão para a piscicultura, criam no Brasil um bom potencial para a produção de peixes, sem concorrer em espaço físico com a agropecuária. Entretanto, antes de se lançar na prática da aquicultura, devemos considerar os prós e contras da atividade mencionados acima. Assim, pretendemos discutir aqui os elementos que embasem uma tomada momentânea de decisão na prática da piscicultura.

Os peixes e o meio em que vivem

Características gerais dos peixes

Os peixes são vertebrados de respiração branquial e incapazes de regular sua temperatura corporal - pecilotérmicos. São anatômica e fisiologicamente mais simples que os vertebrados superiores, porém muito mais especializados e diversificados. Realizam todo seu ciclo vital na água - reprodução, alimentação, crescimento - por mais singular que seja o nicho ecológico que ocupem.

Os peixes têm uma forma básica que reflete as limitações impostas pelo meio, o que permite que quase todas as espécies sejam prontamente reconhecidas como peixes. Em geral os peixes possuem corpo afilado ou fusiforme (hidrodinâmico), simétrico bilateralmente, coberto por escamas, nadadeiras e uma camada de muco recobrendo todo o corpo. A força de empuxo da água facilita a natação e a flutuação, diminuindo o dispêndio de energia e facilitando a locomoção por movimentos ondulatórios corporais e agitação das nadadeiras.

A pele dos peixes é contínua mesmo sobre os olhos, e tem função protetora. A pele apresenta vários órgãos anexos: as escamas, que são parte da derme; os cromatóforos ou células pigmentosas; os fotóforos ou

órgãos luminescentes; e várias glândulas secretoras de muco ou de substâncias irritantes de função defensiva.

As nadadeiras dos peixes são responsáveis pela locomoção e equilíbrio dos animais. Dividem-se em nadadeiras pares (ventrais e peitorais), e ímpares (anal, caudal, dorsal e adiposa). As nadadeiras podem apresentar raios, duros e/ou moles.

Os peixes apresentam duas séries de orifícios. Os orifícios relacionados ao trato digestivo: boca, fendas branquiais e ânus; e os orifícios relacionados com os órgãos dos sentidos: as fossas oculares, as narinas, e os poros da linha lateral. Peixes apresentam apenas ouvido interno, utilizando todo o corpo como receptor de sons.

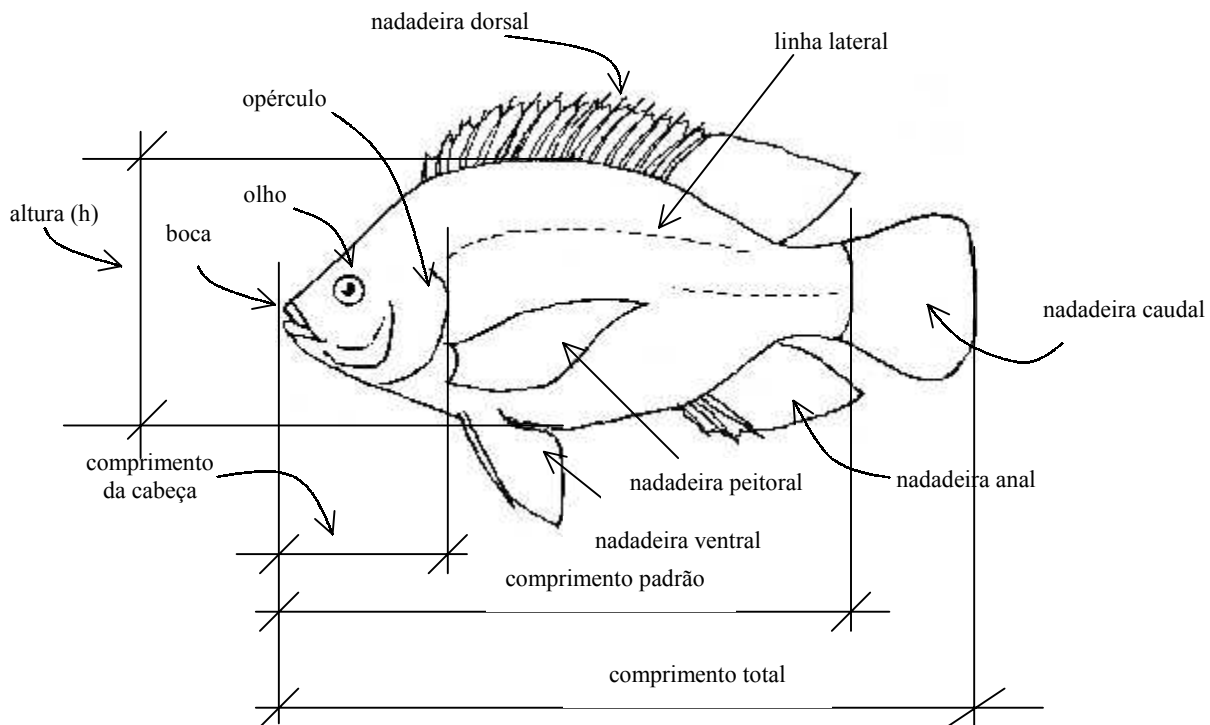


Figura 1 – Anatomia externa e morfometria dos peixes

Peixes respiram através da assimilação de oxigênio (O_2) e da perda de gás carbônico (CO_2) para a água. A respiração é feita através das brânquias. O tipo de alimento ingerido, a temperatura ambiente, e o pH são os fatores que mais influenciam a respiração dos peixes. A absorção do O_2 é difícil, por que sua concentração na água é muito menor que no ar. Entretanto os peixes podem utilizar até 60% do O_2 absorvido, em contraste com os mamíferos que utilizam apenas 20%.

O sistema circulatório dos peixes apresenta fluxo sanguíneo unidirecional. O coração tem cavidades simples que conduzem apenas sangue venoso, que se torna arterial ao passar pelas brânquias.

O arranjo do trato digestivo dos peixes segue o padrão geral dos vertebrados, apresentando boca, esôfago, estômago, intestino anterior, intestino médio, intestino posterior ou grosso, e ânus. As adaptações do trato digestivo e a posição da boca dos peixes refletem o hábito alimentar das espécies. Os principais hábitos alimentares descritos para os peixes são: fitoplânctófagos, que exploram as algas do fitoplâncton; zooplânctófagos, que se alimentam dos microcrustáceos e rotíferos do zooplâncton; predadores, que se alimentam de macroorganismos, podendo ser carnívoros quando se alimentam de qualquer tipo de animal, ou ictiófagos, quando tem uma dieta constituída exclusivamente de outros peixes;

iliófagos, que se alimentam dos organismos do sedimento aquático; herbívoros, que exploram as macrófitas aquáticas; e os onívoros, que aproveitam qualquer alimento, animal ou vegetal, que possam ingerir.

A fisiologia da digestão dos peixes é muito especializada. Peixes não fazem homeostase térmica e realizam trocas gasosas muito facilmente com o meio. Assim, aproveitam eficientemente a energia consumida como alimento. e apresentam um sistema excretor simplificado, com um rim não encapsulado, disposto longitudinalmente no corpo logo abaixo da coluna vertebral. Este rim se comunica com o poro urogenital através de ductos simples, e elimina uma urina praticamente isenta de metabolitos nitrogenados, possibilitando aos peixes grande economia de energia.

A biocenose aquática e suas populações

Ao se estabelecer uma criação de peixes, cria-se um ecossistema aquacultural. Cientificamente um ecossistema constitui-se de um biótopo e de uma biocenose, ou o conjunto das populações do meio. As principais populações da biocenose aquática (Figura 2) são:

i) o plâncton: organismos aquáticos que não exibem movimentos natatórios voluntários capazes de vencer correntezas; compreende: o fitoplâncton - algas unicelulares; o zooplâncton - microcrustáceos e outros microorganismos animais aquáticos; e o nanoplâncton: microalgas e bactérias em suspensão na água;

ii) o necton: organismos que vivem na água e têm movimentos natatórios voluntários capazes de vencer correntezas; compreende basicamente os peixes e outros vertebrados como répteis, anfíbios e mamíferos aquáticos;

iii) o bentos: são os organismos que vivem no substrato do fundo dos corpos d'água , como minhocas, vermes, larvas de insetos, moluscos, etc;

iv) as macrófitas aquáticas: compreendem os vegetais superiores que vivem submersos ou emersos na água, enraizados ou não no fundo.

Essas populações formam a biocenose aquática. A partir dos nutrientes do biótopo, dão origem às cadeias alimentares na água, que desempenham importante papel na produtividade do ecossistema aquacultural (Figura 2).

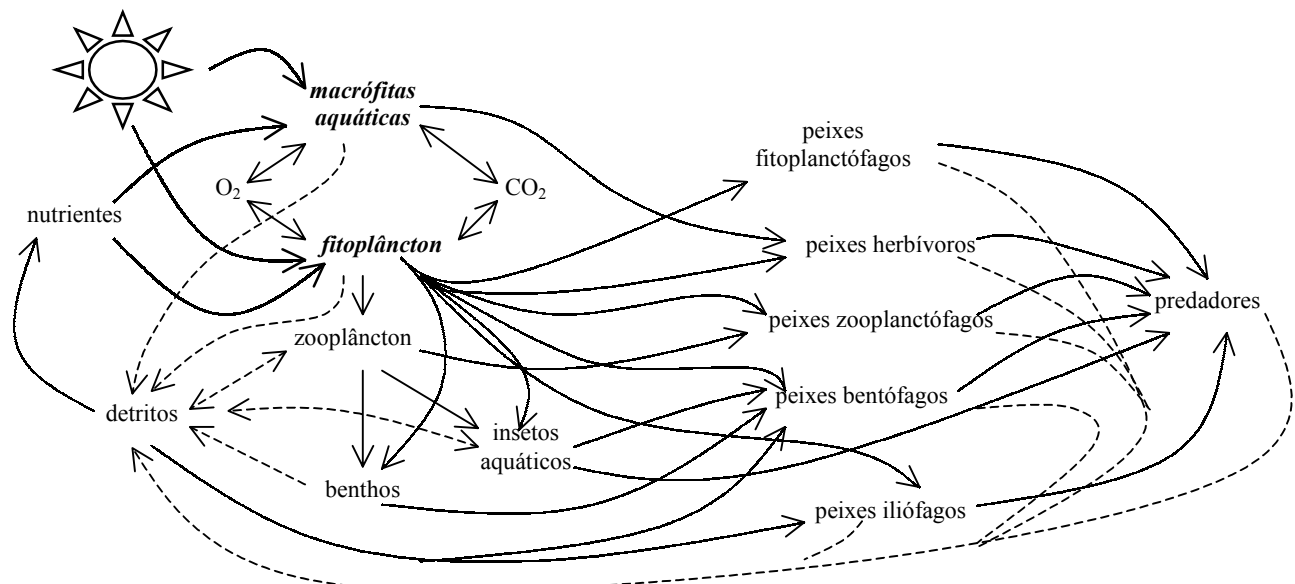


Figura 2 – Esquema de uma cadeia alimentar num ecossistema aquacultural (baseado em Russel-Hunter, 1970; Arrington, 1979; Boyd and Lichtkopler, 1979). Nem todas as interações estão representadas.

A base da cadeia alimentar na água é o plâncton. Na prática da piscicultura necessitamos compreender o comportamento da população planctônica na água, sua interrelação com a produtividade primária e secundária e com a qualidade da água. A partir dos nutrientes, do CO₂ e da luz incidente, o fitoplâncton sintetiza matéria orgânica através da fotossíntese. O zooplâncton alimenta-se de fitoplâncton, e o nanoplâncton se alimenta de matéria orgânica particulada da água.

Nesta sequência, temos peixes zooplancatófagos se alimentando de zooplâncton, peixes carnívoros se alimentando de pequenos peixes zooplancatófagos, predadores diversos, inclusive o homem, se alimentando dos grandes peixes, etc. Qualquer cadeia ou teia alimentar tem início a partir do plâncton. Assim há uma relação direta entre a abundância de plâncton e a produtividade do ecossistema aquacultural, principalmente nas fases iniciais da vida dos peixes.

Todo ecossistema ou cadeia alimentar pode ser representado por uma pirâmide da biomassa ou da energia, com degraus sucessivos que representam o número de indivíduos ou a energia acumulada (em kcal/m²/ano), em cada nível trófico (Figura 3). Na passagem de um nível trófico para outro ocorre, normalmente, uma perda tanto de biomassa como de energia. Assim um sistema de piscicultura com uma cadeia alimentar mais curta é muito mais eficiente que um sistema de piscicultura com uma cadeia alimentar mais complexa, mesmo que a origem desta cadeia alimentar não seja o ecossistema aquacultural (Boyd and Lichtkoppler, 1979; Welch, 1980; Boyd, 1990).

Esse decréscimo na retenção de energia na cadeia alimentar em função da especialização do hábito alimentar é marcante nos ecossistemas aquaculturais. A perda de energia na passagem de um nível trófico mais perto da base da pirâmide para outro imediatamente superior pode atingir 90%. Assim, do ponto de vista do aproveitamento ótimo da energia na forma de alimento, seria mais vantajoso criar peixes de hábito alimentar fitoplancatófago, zooplancatófago ou herbívoro, em comparação a peixes que exploram níveis tróficos mais distantes da base das pirâmides como por exemplo, espécies carnívoras.

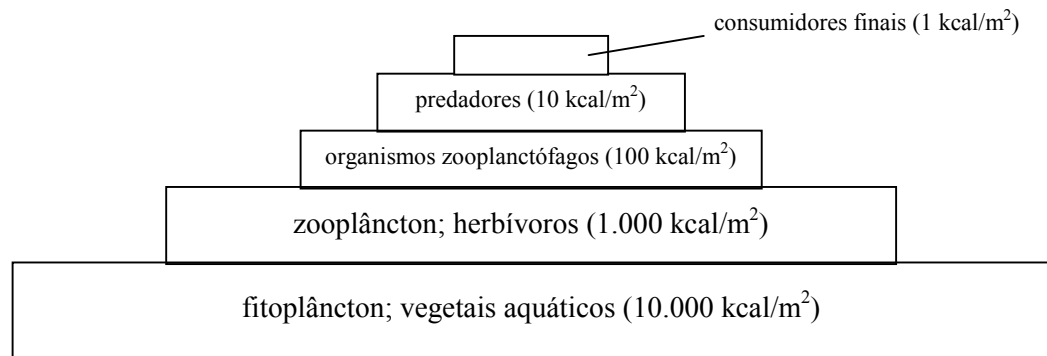


Figura 3 – A pirâmide da biomassa e/ou energia (baseado em Russel-Hunter, 1970; Welch, 1980).

O meio aquático

A água é um meio muito favorável à vida. Seu peso específico é 775 vezes maior que o ar. Por isso a velocidade de locomoção dos organismos que vivem no meio aquático é pequena, mas o dispêndio de energia para as atividades de natação e flutuação é mínimo. O elevado calor específico da água lhe confere capacidade de tampão térmico, e sua capacidade de dissolução torna-a o solvente universal, fazendo com que dissolva facilmente os nutrientes e os distribua de modo uniforme no meio, tornando-o muito produtivo.

Existe uma variação muito grande na composição das águas doces naturais de fontes, poços, lagos ou rios, condicionada pelas características geológicas e climáticas regionais. Águas de poços e nascentes

diferem bastante de águas de superfície, mesmo que estejam na mesma região. Águas superficiais apresentam maiores concentrações de oxigênio (O_2), nitrogênio gasoso (N_2) e sólidos dissolvidos, e menores concentrações de gás carbônico (CO_2), íons de ferro e outros metais que águas subterrâneas. Por isso, águas subterrâneas devem ser expostas ao ar para que percam CO_2 , ganhem O_2 , e sofram o processo de oxidação dos íons, antes de serem usadas em piscicultura.

Temperatura

São consideradas águas frias aquelas cujo limite superior de temperatura é cerca de $20^\circ C$. As trutas e os salmões, espécies originárias de regiões de clima temperado, são os exemplos clássicos de espécies de águas frias. Peixes oriundos de regiões tropicais como o pacu e as tilápias são chamados peixes de águas quentes. A faixa ótima para crescimento dos peixes de águas quentes é entre 25 e $32^\circ C$.

A velocidade das reações químicas e biológicas é duas vezes maior ou menor para cada $10^\circ C$ de flutuação da temperatura. Assim, a taxa de degradação da matéria orgânica, da dissolução de fertilizantes e da ação e degradação de produtos químicos é maior em águas quentes que em águas frias. Deste modo, nas regiões temperadas ou subtropicais, as práticas de adubação, fertilização e alimentação são geralmente intensificadas no verão, e reduzidas, ou mesmo paralisadas, no inverno.

A luz e o calor se propagam na coluna d'água a partir da incidência da radiação solar na superfície da água. Como a densidade da água varia com a temperatura, geralmente observamos o fenômeno da estratificação térmica dos corpos d'água. As águas superficiais, mais leves e quentes, perdem a capacidade de se misturar com as águas profundas, mais pesadas e frias. A estratificação térmica de um corpo d'água geralmente dá origem a três camadas ou zonas térmicas: o epilímnion, que é a camada superficial mais aquecida; a termoclina ou metalímnion, que é a camada intermediária onde a temperatura cai bruscamente; e o hipolímnion, ou a camada mais profunda e mais fria (Figura 4).

Em tanques rasos a estratificação térmica dá-se em apenas duas camadas e tem um caráter diário. Durante o dia a camada superficial pode se separar da camada profunda por gradiente de temperatura/densidade. Porém no período noturno o perfil térmico tende a se homogeneizar, misturando as camadas bruscamente. Os peixes em geral não resistem a mudanças bruscas da temperatura da água, e tendem a buscar sua zona de conforto térmico dentro destas camadas. Deste modo, mudanças na temperatura da água podem induzir o desequilíbrio fisiológico ("stress") e mesmo matar os peixes em um tanque.

Assim é necessário cuidado no manejo ou manuseio de peixes em épocas onde a amplitude térmica diária é mais acentuada - final do outono, inverno e início da primavera - ou no transporte de peixes de regiões de maior para menor altitude - águas frias para águas quentes. O desequilíbrio fisiológico é mais acentuado quando se muda peixes da água mais fria para a mais quente, e uma variação brusca de $5^\circ C$ pode ser letal para certas espécies. Toda mudança de água deve ser feita gradualmente, e os peixes devem ser manuseados nas horas do dia em que as temperaturas ambiente e da água estejam mais próximas entre si e da faixa de conforto térmico da espécie.

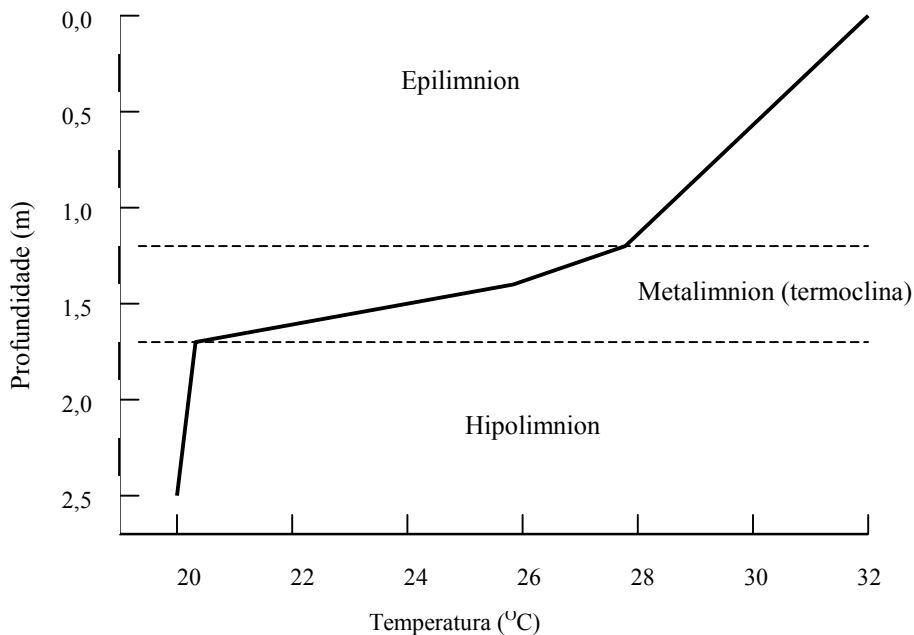


Figura 4 – Curva de atenuação e estratificação térmica de um corpo d'água pouco profundo (baseado em Boyd and Lichtkoppler, 1979; Boyd, 1990).

Transparência, cor e turbidez da água

A capacidade de penetração de luz na água é definida como a transparência da água. A transparência é determinada pela ação da turbidez e da cor aparente da água, e é medida através da visibilidade do disco de Secchi (Figura 5). A visibilidade do disco de Secchi é a profundidade na qual um disco de 20 cm de diâmetro com quadrantes coloridos alternadamente em branco e preto desaparece de vista.

A turbidez é função direta da quantidade de partículas em suspensão na água. Material orgânico particulado, como o plâncton, confere turbidez de caráter desejável na água. Já a turbidez causada por partículas de argila em suspensão é indesejável, porque limita a produção primária do sistema através da. A cor da água é função direta da quantidade e qualidade de substâncias orgânicas e inorgânicas em dissolução na água. A quantidade excessiva de substâncias húmicas (extrato de matéria orgânica vegetal em decomposição) na água confere a esta uma cor escura, que reduz a capacidade biogênica da água pois limita a penetração de luz.

A presença de uma grande quantidade de plâncton na água pode fazer com que esta pareça turva. Usando os nutrientes da água, o fitoplâncton floresce através da fotossíntese. Como consequência, a população de zooplâncton, que se alimenta do fitoplâncton também cresce, e assim sucessivamente, as diversas populações de organismos aquáticos se desenvolvem. Deste modo, como toda cadeia alimentar na água começa pelo plâncton, existe uma relação estreita entre a abundância de plâncton na água e a consequente turbidez que ele causa no ambiente, e a produção de peixes.

Não existe uma turbidez planctônica ideal para piscicultura. Como regra geral, visibilidades do disco de Secchi entre 30 e 50 cm estão associadas com boa produtividade de peixes e com um sombreamento do ambiente adequado para o controle do crescimento de macrófitas aquáticas. Visibilidades inferiores a 30 cm estão associadas a problemas de falta de oxigênio no período noturno devido ao excesso de algas, e acima de 50 cm, ao crescimento exagerado de plantas aquáticas pelo baixo sombreamento, e à baixa produtividade, devido à falta de suporte para a cadeia alimentar. Um monitoramento da visibilidade do disco de Secchi

semanal ou a cada três dias permite que o piscicultor maneje adequadamente a qualidade da água com base na população planctônica do ecossistema aquacultural.

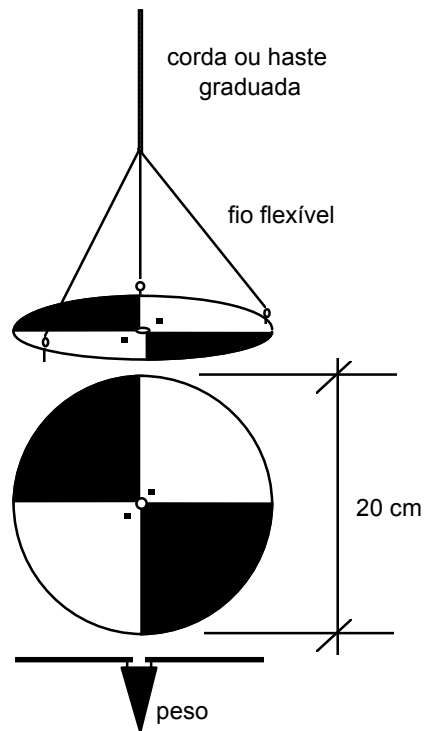


Figura 5 – Representação esquemática do disco de Secchi

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é o fator do meio mais limitante num sistema intensivo de produção de peixes. Embora exista em abundância na atmosfera, o oxigênio é muito pouco solúvel na água. A solubilidade do oxigênio na água é reduzida com o aumento da temperatura, com o decréscimo da pressão atmosférica e com o aumento da salinidade da água.

A taxa de difusão do oxigênio na água é muito lenta. Isto faz com que a liberação de oxigênio pelas algas fotossintetizantes seja a principal fonte de OD nos ecossistemas aquaculturais. Os principais consumidores de OD na água são os peixes, o plancton, incluindo o fitoplâncton no período da noite, e os organismos do bentos. Em piscicultura é necessário ocorrer um saldo positivo entre produção e consumo de oxigênio na água. Se a água tiver nutrientes em abundância, o fator limitante à fotossíntese, e consequentemente à produção de oxigênio no meio, passa a ser a incidência de luz.

A luz é atenuada na sua passagem pela água, logo a taxa de produção de oxigênio pelo fitoplâncton é reduzida com a profundidade. Como o oxigênio somente é produzido durante o dia, mas é continuamente utilizado, vai existir uma certa profundidade em que o balanço entre OD consumido e produzido na água é zero (ponto de compensação). Esta estratificação do OD na água correlaciona-se com a estratificação de temperatura e com a abundância de plâncton, e pode ocorrer mesmo em tanques rasos (Figura 6).

A variação diária nos níveis de OD de um tanque é tão menor quanto menor for a quantidade de plâncton. Em tanques com uma grande proliferação de plancton a concentração de OD pode variar de 2 mg/L na madrugada até 20 mg/L no período da tarde. Isto é prejudicial aos peixes. Os problemas de falta de OD nos tanques durante a noite são mais acentuados em dias nublados, onde a taxa de produção diária de

oxigênio não é suficientemente grande para suportar a respiração de todos os organismos durante a noite. Como consequência pode ocorrer uma mortalidade de peixes e da comunidade planctônica.

Também quando a estratificação térmica de um tanque é quebrada pela ação dos ventos, da chuva, ou pelo resfriamento súbito da atmosfera, acontece uma mistura completa das águas superficiais com as águas profundas. Se o volume de águas profundas for muito grande, vai acontecer uma depleção da concentração de OD no tanque, causando a morte dos peixes.

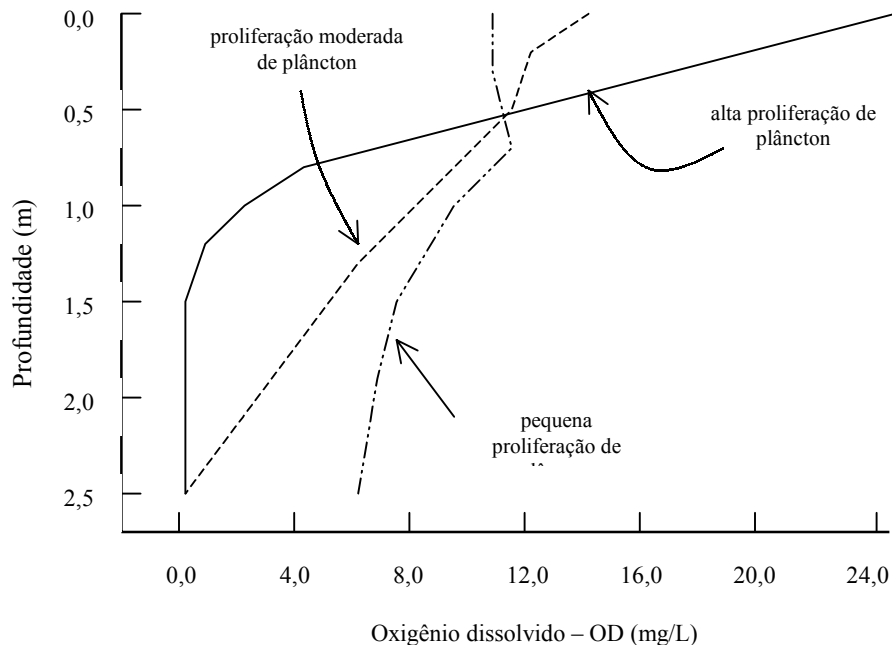


Figura 6 – Concentração média de OD nas diferentes profundidades em tanques com diferentes densidades de plancton (Boyd and Lichtkoppler, 1979).

As diferentes espécies de peixe exigem diferentes teores de OD para viver, reproduzir e produzir bem. Os efeitos das diferentes concentrações de OD da água nos peixes estão resumidos na Figura 7. A sobrevivência de um peixe exposto a baixos teores de OD depende da espécie e do tempo de exposição.

Em geral, concentrações de OD acima de 5 mg/L são adequadas à produção de peixes tropicais. Os níveis abaixo de 5 mg/L podem levar à redução no consumo de alimento e no crescimento dos peixes. Exposição contínua a níveis menores que 3 mg/L podem resultar em “stress”, reduzindo o consumo de alimento e a resistência, aumentando a incidência de doenças e, conseqüentemente, a taxa de mortalidade.

Se baixos níveis de OD na água reduzem a produtividade de um sistema aquacultural, a supersaturação da água com oxigênio não causa aumento da produção ou melhora a eficiência alimentar dos peixes. A supersaturação da água com OD pode causar problemas como embolia gasosa no sangue dos peixes, causando aparecimento de bolhas de gás nas paredes da boca, exoftalmia, etc, podendo levar a altas taxas de mortalidade na população.

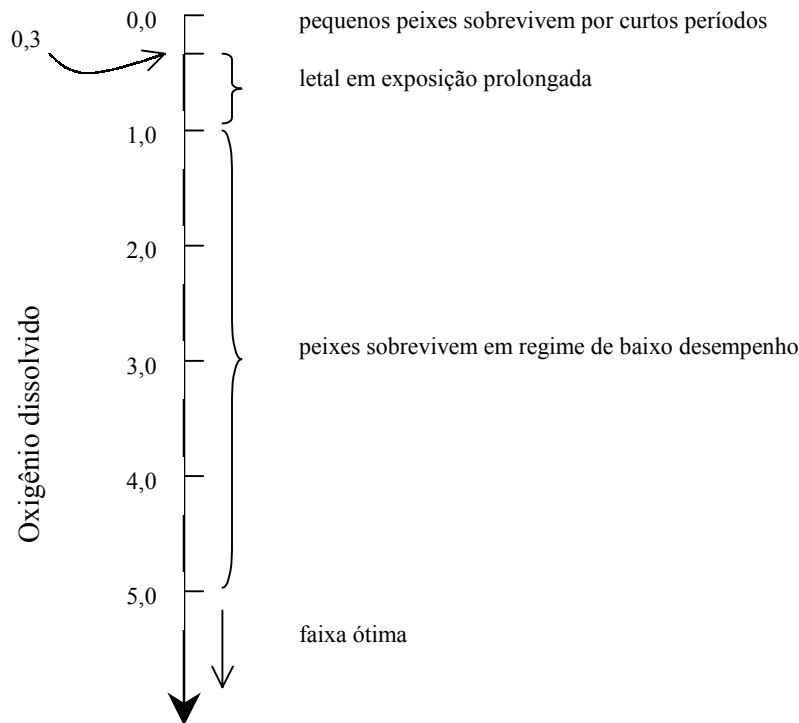


Figura 7 – Efeito da concentração de OD nos peixes (Boyd and Lichtkoppler, 1979; Piper et al., 1986)

O pH, a alcalinidade e a dureza total da água

O pH é o logarítimo negativo da concentração de íons de hidrogênio (H^+) na água, indicando se esta reage como um ácido ou uma base. A escala de pH vai de 0 (ácido) a 14 (básico), sendo 7 o ponto de neutralidade. O pH é influenciado pela concentração de gás carbônico (CO_2), que apresenta uma reação ácida na água. Durante o dia a fotossíntese realizada pelas algas e vegetais aquáticos remove CO_2 da água aumentando o seu pH. Durante a noite, o CO_2 proveniente dos processos respiratórios da comunidade aquática se acumula, reduzindo o pH da água.

A alcalinidade total reflete a concentração das bases tituláveis na água, expressa em equivalentes de $CaCO_3/L$ (mg). As principais bases tituláveis são os íons bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}). A dureza total representa a concentração de cátions divalentes livres na água, expressa em equivalentes de $CaCO_3/L$ (mg). Quase toda dureza total dos ecossistemas aquáticos é representada pelos íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}).

Valores de alcalinidade e dureza total acima de 20 mg de $CaCO_3/L$ indicam águas de adequado poder tampão, onde as flutuações diurnas do pH são menos acentuadas. Tanques com águas de baixa alcalinidade e dureza total (<20 mg $CaCO_3/L$) podem apresentar variação diurna do pH desde níveis próximos a 6,0 - 6,5 ao amanhecer até níveis de 9,5 - 10,0 ao final da tarde. Em águas com adequado poder tampão (alcalinidade total > 20 mg $CaCO_3/L$) estes valores firmam em torno de 7,5 - 8,5 (Figura 8)

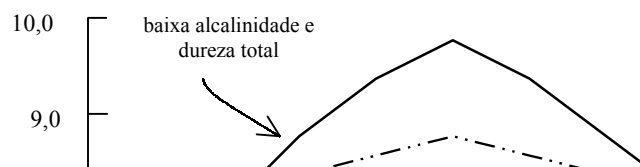


Figura 8 – Flutuações diárias do pH em tanques com níveis baixos ou adequados de alcalinidade e dureza total.

Os pontos de acidez ou alcalinidade letal para os peixes variam com a espécie, mas em geral encontram-se em valores de pH abaixo de 4 ou acima de 11. Em águas que apresentem pH entre 4 e 6,5 ou entre 9 e 10, peixes podem sobreviver, mas seu desempenho é muito pobre.

Salinidade da água

Existem diferenças nas exigências de salinidade entre as espécies cultivadas. Como exemplo, enquanto para a carpa *Cyprinus carpio* o limite máximo de salinidade para crescimento normal é de 9,0 ppm, para a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* este limite pode chegar a 24,0 ppm.

Não existem estudos sobre os limites de salinidade para as espécies de peixes nacionais utilizadas em aquicultura. De uma maneira lógica admite-se que as exigências em salinidade das espécies nacionais aproximam-se dos teores médio de salinidade das águas dos seus locais de origem. Assim, para o tambaqui *Colossoma macropomum*, é correto assumir que seus limites de salinidade estejam situados ao redor de 0,05 a 3,40 ppm, que é a salinidade média das águas da região amazônica. Já para o pacu *Piaractus mesopotamicus*, os valores médios de salinidade das águas da Bacia do Paraná-Uruguai - 3,0 a 14,0 ppm, devem satisfazer suas exigências.

Peixes em geral, são sensíveis a mudanças bruscas de salinidade da água. Embora a adição de cloreto de sódio (NaCl) aos tanques de transporte de peixe seja prática comum, isto deve ser feito com critério. Peixes e crustáceos em geral não conseguem compensar seu equilíbrio osmótico com mudanças de mais de 10% na salinidade das águas em espaços de horas ou minutos. Problemas de excessiva salinidade devem ser corrigidos pela adição de água fresca aos recipientes ou tanques onde o problema for observado.

A salinidade da água pode ser medida pelo uso de salinômetros e/ou refratômetros, ou ainda pela análise do total de sólidos dissolvidos na água. Um método prático para determinação da salinidade das águas interiores é o uso da equação de Swingle (1969) definida como:

$$\text{Salinidade (mg/L)} = 0,03 + (1,805) [\text{Cl (mg/L)}]$$

Com relação à salinidade, duas situações são comumente encontradas em piscicultura interior. As águas superficiais apresentam uma baixa salinidade. Já corpos d'água em regiões semi-áridas ou áridas, águas de poços profundos ou águas estuarinas apresentam uma salinidade algo alta. Para se obter o melhor rendimento em piscicultura, deve-se ter sempre uma idéia da salinidade das águas na região em que se pretende instalar uma piscigranja.

Princípios de Manejo da Qualidade da Água na Produção de Peixes

José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.

*Ana Maria Barretto de Menezes Sampaio de Oliveira, Ph.D.
Piscicultura Paulista – Rod. Piracicaba – Rio Claro km 22,5
Bairro Vila Nova – Piracicaba - SP
anamaria@pisciculturapaulista.com.br*

Condições inadequadas de qualidade de água resultam em prejuízos ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência, e à qualidade do pescado, comprometendo o sucesso dos sistemas aquaculturais. Inúmeros são as variáveis e os processos envolvidos com a qualidade da água. Sem a pretensão de abordar todos eles de forma exaustiva, este material didático se limitará à discussão das variáveis e processos físicos, químicos e biológicos mais relevantes ao manejo econômico da qualidade da água em ecossistemas aquaculturais.

Aspectos fisiológicos dos peixes importantes à produção

Pecilotermia

Enquanto os mamíferos e aves são animais homeotérmicos, ou seja, conseguem manter a temperatura corporal constante, os peixes não possuem tal capacidade, sendo conhecidos como animais pecilotérmicos ou de sangue frio. Na realidade, a temperatura corporal dos peixes varia de acordo com as oscilações na temperatura da água. Do ponto de vista energético, confere uma vantagem aos peixes comparados aos animais homeotérmicos que gastam boa parte da energia dos alimentos para manutenção da temperatura corporal. Esta energia nos peixes, é utilizada para crescimento (ganho de peso), daí o motivo da maioria dos peixes apresentarem melhor eficiência alimentar que os mamíferos e aves. Dentro da faixa de conforto térmico para uma espécie de peixe, quanto maior a temperatura da água, maior será a atividade metabólica, o consumo de alimento e, conseqüentemente, o crescimento. Durante os meses de outono e inverno os peixes tropicais diminuem o consumo de alimento e podem até deixar de se alimentar em dias muito frios, o que resulta em reduzido crescimento.

Respiração

Com o auxílio das brânquias (ou guelras), os peixes realizam trocas gasosas por difusão direta entre sangue e a água. Quanto maior a concentração de oxigênio e menor a de gás carbônico na água, mais facilmente se processa a respiração dos peixes. O gás carbônico interfere com a absorção de oxigênio pelos peixes. Quanto mais alta a temperatura da água, maior o consumo de oxigênio pelos peixes. Peixes alimentados também consomem mais oxigênio do que peixes em jejum. A presença de partículas de silte e argila, bem como a instalação e desenvolvimento de parasitos e patógenos sobre as brânquias prejudicam a respiração e podem causar asfixia nos peixes.

Excreção fecal.

Parte do alimento ingerido não é digerido e ou absorvido pelos peixes e será excretado como fezes dentro do próprio ambiente de cultivo. Estas fezes vão se decompor por ação biológica, consumindo oxigênio e liberando nutrientes na água. Quanto melhor a digestibilidade do alimento, menor será a quantidade de resíduos fecais excretada.

Excreção nitrogenada

O ambiente aquático faz da excreção nitrogenada dos peixes um processo simples e de baixa demanda energética. A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes. A excreção da amônia ocorre via brânquias, por difusão direta para água. Em mamíferos e aves há um considerável gasto de energia na transformação da amônia em uréia e ácido úrico, principais resíduos nitrogenados, excretados por estes animais, respectivamente. A amônia surge como principal resíduo do metabolismo protéico dos peixes. Desta forma, alimentos com excessivo teor protéico e/ou com desbalanço na sua composição em aminoácidos (unidades formadoras de proteínas) aumentam a excreção de amônia pelos peixes. A amônia é tóxica aos peixes e medidas para evitar o acúmulo excessivo de amônia na água devem ser tomadas durante o cultivo.

Indicadores de qualidade da fonte de água

Presença de vida

A existência de peixes e outras formas de vida é um forte indicativo da qualidade de uma fonte de água para piscicultura.

Temperatura

A exigência em temperatura depende da espécie de peixe e fase de desenvolvimento em que este se encontra (ovo, larva, pós-larva ou juvenil). As espécies tropicais normalmente apresentam ótimo crescimento a temperatura de 28-32°C.

Concentração hidrogeniônica da água (pH)

A escala de pH compreende valores de 0 a 14. Como regra geral, valores de pH de 6,5 a 9,0 são mais adequados a produção de peixes. Valores abaixo ou acima desta faixa podem prejudicar o crescimento e a reprodução e, em condições extremas, causar a morte dos peixe. Os valores de pH podem variar durante o dia em função da atividade fotossintética e respiratória das comunidades aquáticas, diminuindo em função do aumento na concentração de gás carbônico (CO₂) na água. No entanto, o CO₂, mesmo em altas concentrações, não é capaz de abaixar o pH da água para valores menores que 4,5. Condições de pH abaixo de 4,5 resultam da presença de ácidos minerais como os ácidos sulfúrico (H₂SO₄), clorídrico (HCL) e nítrico (HNO₃).

Alcalinidade total

Este parâmetro se refere à concentração total de bases tituláveis na água. Embora a amônia, os fosfatos, os silicatos e a hidroxila (OH⁻) se comportem como bases contribuindo para a alcalinidade total, os íons bicarbonatos (HCO₃⁻) e carbonatos (CO₃⁻) são os mais abundantes e responsáveis por praticamente toda a alcalinidade nas águas dos sistemas aquaculturais. A alcalinidade total é expressa em equivalentes de CaCO₃ (mg de CaCO₃/L). A alcalinidade total está diretamente ligada à capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão da água). Águas com alcalinidade total inferior à 20 mg de CaCO₃/L apresentam reduzido poder tampão e podem apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH em função dos processos fotossintético e respiratório nos sistemas aquaculturais.

Dureza total

A dureza total representa a concentração de íons metálicos, principalmente os íons cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) presentes na água. A dureza total da água é expressa em equivalentes de CaCO₃ (mg de CaCO₃/L). Em águas naturais, os valores de dureza total geralmente se equiparam a alcalinidade total, ou seja, Ca²⁺ e Mg²⁺, praticamente se encontram associados aos íons bicarbonatos e carbonatos. No entanto, existem águas de alta alcalinidade e baixa dureza, nas quais partes dos íons bicarbonatos e carbonatos estão

associados aos íons Na^+ e K^+ ao invés de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em águas onde a dureza supera a alcalinidade, parte dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} se encontram associados à sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos.

Gás carbônico (CO_2)

A respiração das algas, das macrófitas dos peixes e do zooplâncton, bem como os processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica são as fontes importantes de CO_2 nos sistemas aquaculturais. Ao longo do cultivo, a respiração pode exceder a atividade fotossintética (importante mecanismo de remoção do CO_2), aumentando consideravelmente a concentração de CO_2 no sistema, a qual pode ultrapassar facilmente os valores de 25 mg/L.

Amônia e nitrito

A amônia (NH_3) é um metabólito proveniente da excreção nitrogenada dos peixes e outros organismos aquáticos e da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (restos de alimento, fezes e adubos orgânicos). A aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais (sulfato de amônia, nitrato de amônia e os fosfatos monoamônicos e diamônicos-MAP e DAP) e uréia também contribui para o aumento da concentração de amônia na água. O nitrito (NO_2^-) é um metabólito intermediário do processo de nitrificação, durante o qual a amônia é oxidada a nitrato (NO_3^-) através da ação de bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Condições de baixo oxigênio dissolvido prejudicam o desempenho da bactéria do gênero *Nitrobacter*, favorecendo o acúmulo de nitrito na água.

Transparência da água e o uso do disco de Secchi

A transparência (capacidade de penetração de luz) da água pode ser usada como um indicativo de densidade planctônica e da possibilidade de ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido (OD) durante o período noturno. Sob condições de transparência maiores que 40 cm, medida com o disco de Secchi, é muito rara a ocorrência de níveis de OD abaixo de 2 mg/L em viveiros estáticos com biomassa de peixes ao redor de 4.500 kg/ha. Águas com transparência maior que 60 cm permitem a penetração de grande quantidade de luz em profundidade, favorecendo o crescimento de plantas aquáticas submersas e algas filamentosas. Portanto, na ausência de um oxímetro e de um sistema de aeração de emergência, recomenda-se manter a transparência da água entre 40 e 60 cm. Se os valores de transparência forem próximos ou menores que 40 cm, deve se interromper ou reduzir os níveis de arraçoamento diário ou as dosagens de fertilizantes e esterco aplicados, bem como aumentar o intervalo entre estas aplicações. Promover a renovação da água, quando possível, é de grande auxílio no ajuste dos valores de transparência.

O metabolismo do fitoplâncton

Fotossíntese e respiração

O crescimento da biomassa planctônica depende dos processos fotossintéticos do fitoplâncton. A fotossíntese é um processo de produção de material orgânico e ocorre na presença de gás carbônico, água e nutrientes orgânicos, pigmentos (clorofila) e radiação solar. A fotossíntese gera substratos e energia para os processos metabólitos vitais (crescimento e reprodução) do fitoplâncton. A liberação da energia contida nos compostos orgânicos é processada durante a respiração do fitoplâncton.

A fotossíntese é a fonte primária de energia, gerando material orgânico que serve como alimento básico da cadeia alimentar nos ecossistemas aquaculturais. Através da fotossíntese, o fitoplâncton produz 50 a 95% do oxigênio nos sistemas aquaculturais. No entanto, o plâncton chega a consumir cerca de 50 a 80% do oxigênio dissolvido em processos respiratórios. Um equilíbrio entre fotossíntese e respiração é pré requisito para a manutenção de uma constante composição química da água. Quando a fotossíntese supera a respiração por períodos prolongados pode ocorrer uma sobrecarga de material orgânico no sistema. Quando a respiração excede a fotossíntese, ocorrerá um balanço negativo nos níveis de oxigênio dissolvido no sistema.

Morte súbita do fitoplâncton

Beneficiado pela presença de macro e micronutrientes (provenientes de adubações e da reciclagem dos resíduos orgânicos), o fitoplâncton se desenvolve rapidamente. Atingida uma biomassa crítica, o fitoplâncton entra num processo de senescência e morte (“die-offs”) parcial ou total. O “die-off ou morte súbita do fitoplâncton é uma importante fonte de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. Tais resíduos serão reciclados em processos biológicos às custas do consumo de oxigênio e simultânea geração de diversos metabólitos tóxicos aos peixes, como a amônia, o nitrito e o gás carbônico.

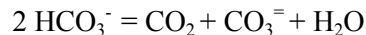
Componentes e funcionamento do sistema tampão (“buffer”) da água

Processos biológicos como a respiração e a fotossíntese injetam e removem, diariamente, grandes quantidades de oxigênio e gás carbônico nos sistemas aquaculturais. Devido à reação ácida do gás carbônico na água, esta pode apresentar flutuações diárias nos valores de pH. Valores extremos de pH prejudicam o crescimento e a reprodução dos peixes e, até mesmo, podem causar massiva mortalidade nos sistemas aquaculturais, principalmente durante as fases de larvicultura. O pH também regula a toxicidade de metabólitos como amônia e o gás sulfídrico. A função maior do sistema tampão é minimizar as flutuações diárias no pH, garantindo uma maior estabilidade química da água nos sistemas aquaculturais.

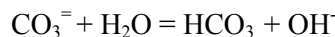
O funcionamento do sistema tampão bicarbonato-carbonato

A fotossíntese e a respiração do plâncton podem causar profundas alterações químicas na água. A função maior do sistema tampão bicarbonato-carbonato é atenuar estas alterações.

Durante a fotossíntese a remoção massiva de CO₂ do sistema durante períodos de intensa atividade fotossintética tende a deslocar o equilíbrio CO₂ - HCO₃⁻ - CO₃⁼, resultando em aumento na dissociação do íon HCO₃⁻ para gerar mais CO₂ e CO₃⁼, como ilustrado:



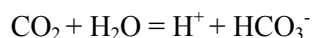
Para manter o equilíbrio com o bicarbonato, os íons CO₃⁼ se dissociam, gerando um íon HCO₃⁻ e uma hidroxila (OH⁻). Como são necessárias a dissociação de 2 íons HCO₃⁻ para formar mais CO₂ e CO₃⁼ e a dissociação do CO₃⁼ gera apenas 1 íon HCO₃⁻, o bicarbonato é, pouco a pouco, exaurido do sistema.



Íons CO₃⁼ e OH⁻ se acumulam no sistema, resultando numa progressiva elevação no pH da água. O CO₂ livre deixa de ser detectado no sistema quando o pH atinge o valor de 8,3. A extinção de íons HCO₃⁻ livres ocorre à pH 10,3. Valores de pH acima de 10 podem ser frequentemente observados ao final da tarde, em viveiros com uma densa população planctônica e água de baixo poder tampão (baixa alcalinidade total).

A presença de íons Ca²⁺ e Mg²⁺ livres na água (componentes maiores da dureza total) é de fundamental importância ao funcionamento do sistema tampão. Estes íons ajudam na imobilização dos íons CO₃⁼, formando compostos menos solúveis, como os precipitados de CaCO₃ MgCO₃. Deste modo, menos íons CO₃⁼ estarão livres na água para se dissociar em HCO₃⁻ e OH⁻ atenuando a elevação do pH da água, mesmo em períodos de intensa atividade fotossintética.

Durante a respiração que ocorre no período noturno (ausência de fotossíntese) o processo se inverte. A respiração planctônica e dos peixes remove o oxigênio e injeta uma considerável carga de CO₂ no sistema.



Quando a concentração de CO_2 aumenta, o equilíbrio entre CO_2 e HCO_3^- é mantido graças ao aumento na concentração de íons H^+ , ou seja, uma redução no pH do sistema. Isto explica a relação inversa entre pH e concentração de CO_2 na água. O aumento na concentração de CO_2 resulta em liberação de íons H^+ , causando uma redução no pH da água. Em águas com um sistema tampão funcional, o aumento na concentração de íons H^+ é compensado pela solubilização do CaCO_3 MgCO_3 precipitados, principais reservas de $\text{CO}_3^{=}$ no sistema. Os íons $\text{CO}_3^{=}$ livres na água vão se dissociar, gerando HCO_3^- e OH^- . Tanto o HCO_3^- como OH^- irão neutralizar os íons H^+ gerados pela constante entrada e dissociação do CO_2 no sistema. Desta forma o sistema tampão não apenas atenua a queda de pH, mas também evita um aumento excessivo na concentração de CO_2 na água durante o período noturno.

Outras funções do sistema tampão

Outra importante função do sistema tampão bicarbonato-carbonato é liberar CO_2 para os processos fotossintéticos. Águas com reduzida alcalinidade (baixo poder tampão) são normalmente pouco produtivas, principalmente devido a limitação na disponibilidade de CO_2 para suporte de intensa atividade fotossintética. A calagem de viveiros é prática bastante utilizada para elevar a alcalinidade, reforçando o sistema tampão da água. A calagem, à medida em que contribui com o aumento nas reservas de bicarbonatos e carbonatos nos sistemas aquaculturais, servirá como fonte de CO_2 aos processos fotossintéticos, ao mesmo tempo em que, durante o período noturno, removerá o excesso de CO_2 devido aos processos respiratórios.

Manejo da qualidade da água

Calagem

Em tanques e viveiros de baixo fluxo de água a calagem pode ser usada para correção do pH e melhoria do sistema tampão. Normalmente, águas com $\text{pH} < 6,5$ e baixa alcalinidade e dureza total devem receber calagem. A calagem corrige os valores de pH, reforça o sistema tampão formado por bicarbonatos, carbonatos e íons Ca^{2+} e Mg^{2+} e neutraliza a acidez de troca do solo do fundo dos viveiros. Águas com dureza e/ou alcalinidade total menores que 20 mg CaCO_3/L devem receber calagem.

A quantidade de calcário a ser aplicada depende do tipo de material, da sua pureza e grau de moagem (textura) e da acidez a ser neutralizada. As recomendações para as doses iniciais de calcário agrícola, são calculadas em função dos valores de pH de uma mistura solo. Os métodos para cálculo das doses de calcário para aplicação em tanques e viveiros de piscicultura estão descritos ao final deste tópico.

A dose inicial deve ser aplicada a lanço sobre o fundo do viveiro ainda seco. Uma a duas semanas após os tanques e viveiros terem sido enchidos confere-se a alcalinidade total da água. Se este valor ainda for menor que 30 mg CaCO_3/L , aplica-se uma nova dose de calcário agrícola ao redor de 50 a 100 kg/1.000 m^2 , uniformemente sobre a superfície do viveiro. No uso da cal hidratada e cal virgem é prudente aguardar 1 a 2 semanas após o enchimento dos tanques para a estocagem dos peixes. Em tanques e viveiros já estocados, as doses de cal hidratada e cal virgem a serem aplicadas não devem exceder 10 kg/1.000 m^2/dia .

Origem e reciclagem dos resíduos orgânicos e metabólitos

Durante o processo de produção é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólitos nos tanques e viveiros em sistemas de água parada ou sistemas de renovação de água intermitente. Sob condições de cultivo intensivo (alta densidade de estocagem e alto nível de arraçoamento) o volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca de rações de qualidade para peixes gira em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entra nos sistemas aquaculturais como

material fecal. O aumento na proporção de ingredientes de baixa digestibilidade (i.e. materiais com alto teor de fibra bruta ou com granulometria grosseira) em rações para peixes pode elevar ainda mais o montante de fezes excretadas.

A decomposição e reciclagem do material orgânico fecal nos tanques e viveiros é feita principalmente por ação microbiológica, às custas de um significativo consumo de oxigênio, resultando no acúmulo paralelo de metabólitos tóxicos aos peixes, como a amônia, o nitrito e o próprio gás carbônico. A produção de amônia não é fruto exclusivo da decomposição e reciclagem de resíduos orgânicos. o próprio metabolismo protéico dos peixes tem como resíduo final a amônia. A amônia e o nitrito (um produto intermediário no processo bacteriano de oxidação da amônia à nitrato), são as principais substâncias icthiotóxicas nos sistema aquaculturais.

A excreção de gás carbônico no processo respiratório dos peixes pode ser crítica em certos sistemas de produção. No entanto, em sistemas de água parada ou de renovação intermitente de água, a excreção de CO₂ é, na maioria das vezes, pequena comparada à excreção de CO₂ pelo plâncton. Altas concentrações de gás carbônico associadas a reduzidos níveis de oxigênio dissolvido na água podem causar asfíxia e, até mesmo, massiva mortalidade de peixes.

Qualidade do alimento e qualidade da água

Em piscicultura intensiva grande parte dos problemas de qualidade da água está relacionada com o uso de alimentos de má qualidade e estratégias de alimentação inadequadas. A incidência de doenças e parasitoses aumenta proporcionalmente à redução na qualidade nutricional dos alimentos e na qualidade da água e podem causar significativas perdas durante o cultivo. Boa qualidade da água e manejo nutricional garantem a saúde e o desempenho produtivo dos peixes.

O conceito de que um alimento barato sempre reduz o custo de produção e faz aumentar a receita líquida por área de cultivo é altamente equivocado. Alimentos de alta qualidade apresentam menor potencial poluente, possibilitando um acréscimo de produção por unidade de área muito superior ao aumento no custo de produção, o que resulta em incremento da receita líquida obtida por área de cultivo.

Os alimentos apresentam um potencial poluente considerável. Cabe aqui uma comparação entre o potencial produtivo e poluente dos diferentes tipos de alimentos usados em piscicultura (Tabela 1). Quanto pior a qualidade nutricional e estabilidade do alimento na água, maior a carga poluente e menor a produção de peixes. Isto explica o aumento na capacidade de suporte (máxima biomassa de peixes sustentada em um sistema) com a troca da cama de frango por alimentos mais completos. O baixo custo do alimento não é garantia de maior lucratividade no cultivo. A obtenção de uma maior receita líquida por área depende do aumento da produtividade e da redução dos índices de conversão alimentar. Cerca de 10,6 kg de cama de frango foi aplicado comparado a apenas 1,3 kg de ração extrusada para produzir 1 kg de peixe. A obtenção de melhores índices de conversão alimentar explica a redução no custo de produção por quilo de peixe com o uso de uma ração de melhor qualidade, mesmo sendo esta a mais cara.

Tabela 1 – Expectativa de desempenho na criação de tilápia do Nilo utilizando diferentes tipos de alimentos.

| Alimento utilizado ¹ | Produção (kg/ha) | Alimento (kg MS/ha) | kg alimento/ 1.000 kg peixe | Carga poluente kg MS/ha ² | R\$/kg peixe ³ | Receita líquida R\$/ha ⁴ |
|---------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Cama de frango | 1.800 | 17.190 | 10.610 | 16.686 | 0,91 | 1.962 |
| Ração farelada | 3.400 | 12.852 | 4.200 | 11.900 | 1,08 | 3.128 |
| Peletizada | 4.600 | 9.522 | 2.300 | 8.234 | 0,92 | 4.968 |
| Extrusada | 6.800 | 7.956 | 1.300 | 6.052 | 0,74 | 8.568 |

¹Custo (R\$/kg): cama de frango: 0,06; ração farelada: 0,18; peletizada: 0,28; extrusada: 0,40.

²Diferença entre a quantidade de matéria seca (MS) aplicada e a MS removida no peixe (1.000 kg de peixe contém 280 kg de MS).

³Considerando o alimento como responsável por 70% do custo de produção.

⁴Preço de venda de R\$ 2,00/kg.

Níveis de arraçamento e qualidade da água

Cole e Boyd (1986) determinaram o impacto dos níveis de arraçamento diário sobre a qualidade da água em viveiros estáticos de produção do bagre-do-canal (Tabela 2). O aumento nos valores de clorofila *a* indicam o aumento da população fitoplanctônica proporcionado pelo acúmulo de nutrientes, notadamente o N e o P, devido ao aumento nos níveis de arraçamento. Excessivo crescimento do fitoplâncton aumenta a ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido igual ou menor que 1 mg/L foram observados quando os níveis de arraçamento diário eram iguais ou superiores a 84 kg/ha, exigindo aplicação frequente de aeração de emergência.

Tabela 2 – Impacto do nível de arraçamento sobre a concentração mínima de oxigênio dissolvido (OD) e as concentrações máximas de clorofila *a* (*Chl a*), amônia total (N-NH₃) e gás carbônico (CO₂).

| Arraçamento máximo (kg/ha/dia) | OD mínimo (mg/L) | <i>Chl a</i> máximo (µg/L) | N-NH ₃ máximo (mg/L) |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 0 | 5,1 | 50 | 0,9 |
| 28 | 4,2 | 95 | 1,0 |
| 56 | 1,9 | 105 | 2,6 |
| 84 | 1,0 | 192 | 4,2 |
| 112 | 0,5 | 310 | 4,1 |
| 168 | 0,0 | 205 | 4,5 |
| 224 | 0,0 | 405 | 4,7 |

Adaptado de: Cole, B. A. and C. E. Boyd. 1986. Feeding rate, water quality, and channel catfish production in ponds. *Progressive Fish Culturist* 81: 25-29.

Em viveiros onde foram aplicadas quantidades igual ou superior a 84 kg de ração/ha/dia, é provável a inibição do apetite e redução no crescimento devido aos níveis críticos de amônia não ionizada durante os períodos da tarde, quando os valores de pH se elevam para 8,5 a 9,5 em resposta à intensa atividade fotossintética. Portanto, mesmo aplicando aeração suficiente para manter adequada a concentração de oxigênio dissolvido, a toxicidade por amônia pode limitar a capacidade de suporte de sistemas com elevadas taxas de arraçamento a níveis inferiores àqueles obtidos quando há possibilidade de renovação de água.

Método de Boyd para Cálculo de Corretivo para Calagem de Tanques de Piscicultura

O Método de Boyd para cálculo da dose de corretivo está descrito *in*

Boyd, C. E. 1976. Lime requirement and application in fish ponds. FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan. FIR:AQ/Conf./76/E.13.ii+6p.

O critério usado para decisão a respeito de se fazer ou não a calagem de um tanque é:

- quando a dureza e/ou alcalinidade da água forem menores que 20 mg eq. CaCO₃/L, ou
- o pH da água de um tanque for menor que 6,0

deve-se fazer a calagem do tanque. É importante notar que em solos com V% maior que 80, a dureza da água armazenada ou nascente neste solo é, em geral, maior que 20 mg eq. CaCO₃/L. O cálculo da dose de corretivo a ser aplicado é feito em função do pH do solo do fundo do tanque.

Amostragem do solo para análise do pH.

- em tanques com área menor ou igual a 1,0 ha, colhe-se 12 sub-amostras para fazer uma amostra composta;
- em tanques com área entre 2,0 e 10,0 ha, colhe-se 25 sub-amostras para fazer uma amostra composta;
- com tanque cheio, usar preferencialmente a draga de Eckman; com tanque drenado usar pás; em qualquer caso colher a amostra dos primeiros 15 cm de solo (lodo) do fundo do tanque.

Procedimento para o cálculo do corretivo:

1. Tomar 100 g de cada sub-amostra e fazer uma amostra composta
2. Secar até obtenção de TFSA
3. Pulverizar a amostra seca em um gral
4. Passar a amostra por tamis 0,85 mm
5. Tomar 20 g da amostra e adicionar 20 ml de água destilada
6. Agitar por uma hora e ler o pH em potenciômetro
7. Tomar 20 ml de solução tampão de nitrofenol concentrado e adicionar à mistura
8. Agitar por 20 minutos e ler o pH em potenciômetro calibrado para pH = 8,0 em solução 1:1 tampão nitrofenol : água destilada
9. Calcular a quantidade de calcáreo a ser adicionada ao tanque pela tabela em anexo

Obs.: se o pH lido em solução tampão for menor que 7,0 deve-se repetir a análise usando-se apenas 10 g de amostra. A quantidade de corretivo a ser aplicada será então o dobro daquela da tabela.

Tabela 3 – Necessidade de calagem em kg/ha de CaCO₃ (valor de neutralização igual a 100) para elevar a dureza total e a alcalinidade total da água de tanques de piscicultura acima de 20 mg eq. CaCO₃/L.

| pH do solo em água destilada | pH do solo em solução tamponizada de p-nitrofenol, pH = 8 | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 7,9 | 7,8 | 7,7 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,1 | 7,0 |
| 5,7 | 121 | 242 | 363 | 484 | 605 | 726 | 847 | 968 | 1089 | 1210 |
| 5,6 | 168 | 336 | 504 | 672 | 840 | 1008 | 1176 | 1344 | 1512 | 1680 |
| 5,5 | 269 | 538 | 806 | 1075 | 1344 | 1613 | 1881 | 2150 | 2419 | 2688 |
| 5,4 | 386 | 773 | 1159 | 1546 | 1932 | 2318 | 2705 | 3091 | 3478 | 3864 |
| 5,3 | 454 | 907 | 1361 | 1814 | 2064 | 2722 | 3175 | 3629 | 4082 | 4536 |
| 5,2 | 521 | 1042 | 1562 | 2083 | 2268 | 3125 | 3646 | 4166 | 4687 | 5208 |
| 5,1 | 588 | 1176 | 1764 | 2353 | 2940 | 3528 | 4116 | 4704 | 5292 | 5880 |
| 5,0 | 672 | 1344 | 2016 | 2688 | 3360 | 4032 | 4704 | 5376 | 6048 | 6720 |
| 4,9 | 874 | 1747 | 2621 | 3494 | 4368 | 5242 | 6115 | 6989 | 7974 | 8736 |
| 4,8 | 896 | 1792 | 2688 | 3584 | 4480 | 5376 | 6272 | 7186 | 8064 | 8960 |
| 4,7 | 941 | 1882 | 2822 | 3763 | 4704 | 5645 | 6586 | 7526 | 8467 | 9403 |

Fórmula da solução tampão de p-nitrofenol concentrada:

20,0 g de p-nitrofenol

15,0 g de ácido bórico

74,0 g de cloreto de potássio

10,5 g de hidróxido de potássio

2,0 L de água destilada

Procedimento alternativo simplificado:

1. Procede-se à amostragem do solo do fundo do tanque;
2. Toma-se uma sub-amostra e homogeneiza-se com água destilada na proporção 1:1 (100g de solo em 100g de água destilada);
3. Lê-se o pH da mistura solo:água;
4. Calcula-se a dose inicial de calcário a ser aplicada segundo a tabela abaixo

| pH da mistura solo:água | Dose inicial de calcário (kg/1000 m ²) | | |
|----------------------------|--|---------------|------------|
| | Calcário agrícola | Cal hidratada | Cal virgem |
| < 5,0 | 300 | 200 | 170 |
| 5 a 6 | 200 | 150 | 110 |
| 6 a 7 | 100 | 75 | 55 |

Glossário de termos utilizados em trabalhos e atividades de manejo da qualidade da água

Aeração – ato de aerar; incorporação de ar na água por meios mecânicos ou físicos.

Alcalinidade – A concentração total de substâncias alcalinas na água expressa em equivalente mg/L de carbonato de cálcio [CaCO₃].

Alcalinidade da fenolftaleína – A quantidade de ácido necessária para abaixar o pH de uma amostra de água para menos que 8,3 (o ponto de viragem da fenolftaleína), expresso em equivalente mg/L de carbonato de cálcio.

Alcalinidade total – O total de bases tituláveis (OH⁻; HCO₃⁻; CO₃⁼) na água (representa a capacidade da água em neutralizar ácidos)

Alcalino – relativo à presença ou à ação da hidroxila [OH⁻] ou dos radicais carbonatos [CO₃⁼], um grupo de radicais metálicos altamente reativos; ter pH maior que 7,0.

Amônia não-ionizada [NH₃] – gás incolor utilizado na fabricação de fertilizantes; forma de nitrogênio encontrada em água doce que pode ou não ser tóxica aos peixes em função das condições do meio.

Amônio – íon (cátion) de amônia – NH₄⁺, resultante da reação de amônia com a água; composto de toxicidade muito baixa para peixes.

Bicarbonato – composto que tem um grupo HCO₃⁻ (e.g. bicarbonato de sódio – NaHCO₃)

Cálcario agrícola – Carbonato de cálcio [CaCO₃] ou dolomita [CaMg(CO₃)₂] (cálcario calcítico ou dolomítico), finamente moído, utilizado como material para calagem de solos, lodos e água.

Cal virgem – Óxido de cálcio [CaO]; material cáustico ocasionalmente utilizado como corretivo; material altamente empregado na assepsia de tanques e viveiros.

Cal hidratada – Hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂]; amplamente utilizado como corretivo para viveiros de piscicultura.

Carbonato – Substâncias que têm o grupo CO₃⁼ (e.g. CaCO₃ – carbonato de cálcio).

Coagulação – A transformação de partículas dispersas em um líquido em uma massa sólida ou semi-sólida.

Condutividade – Medida da capacidade da água conduzir eletricidade; a condutividade da água aumenta em função do aumento da concentração de íons no meio.

Difusão – O movimento de moléculas de uma dada substância de uma área de grande concentração para outra área de baixa concentração (a ação de difusão cessa somente quando o equilíbrio é atingido entre as duas áreas).

“Die-off” do fitoplâncton – mortandade massiva e repentina da população fitoplanctônica (resultante de causas naturais do meio ou pela ação do homem).

Dureza (total) – Concentração total de íons metálicos divalentes (primariamente Ca e Mg) na água, expressa em equivalente mg/L de carbonato de cálcio.

Efeito residual – O período de tempo em que persiste o efeito de um tratamento químico aplicado a um dado sistema ecológico.

Equivalente de Carbonato de Cálcio – A quantidade de carbonato de cálcio necessária para ser quimicamente equivalente a uma certa quantidade de uma outra substância química.

Gás sulfídrico – Gás de enxofre [H₂S] liberado durante a decomposição microbiana anaeróbica da matéria orgânica. Age como um ácido fraco a água e apresenta alta capacidade de dissociação em (HS⁻ + S⁼) a valores de pH acima de 7,0, formando o “gás sulfídrico não ionizado”, forma altamente tóxica para peixes.

Geosmina – metabolito nitrogenado das algas cianofíceas (algas verde-azuis); ocorre em função da explosão populacional destas algas em ambientes onde o processo de poluição orgânica tenha sido iniciado.

Gesso agrícola – Sulfato de cálcio $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$. Produto que deve ser utilizado como fonte de Ca ou S para a água, mas não como material para calagem.

Hidróxido de amônia – Amônia em solução na água; assume a fórmula NH_4OH .

Ionizado – qualquer substância ou composto dissociado ou convertido total ou parcialmente em íons.

Matéria orgânica particulada – Partículas de matéria orgânica, viva ou inanimada, em suspensão na água (o plancton é uma forma de matéria orgânica particulada)

Metabolito – Sub produto do metabolismo dos organismos aquáticos excretado na água (também metabólito).

Nitrato – O íon nitrato tem a fórmula NO_3^- ; substâncias contendo o grupo NO_3 são denominadas nitratos.

Nitrito – O íon nitrito tem a fórmula NO_2^- ; substâncias contendo o grupo NO_2 são denominadas nitritos.

Nitrificar – Oxidação de formas reduzidas de nitrogênio a nitrato (e.g a ação de certas bactérias converte o amônio – NH_4^+ em nitrato; o processo é chamado nitrificação do amônio).

“*Off-flavor*” – gosto ruim, de lodo ou lama (pútrida), na água ou no pescado, originado da presença de geosmina na água.

Oxigênio dissolvido – Oxigênio na forma gasosa dissolvido na água e disponível para a respiração dos organismos aquáticos.

Oxidar – Reagir, combinar com oxigênio; formar um óxido.

Parte por milhão (ppm) – Modo de expressar concentração de uma substância, geralmente em função do peso, na forma de uma parte de uma dada substância para 999.999 partes de outra; o mesmo que mg/L.

Precipitar – separar uma substância sólida de uma solução através de métodos químicos (precipitado).

Peixe de água fria – Espécies de peixe que vivem apenas em águas de temperatura máxima inferior a 20 °C.

Rotenona – Composto orgânico icotóxico e inseticida, extraído das raízes do timbó ou da *Derris elliptica* (Leguminosae).

Sólidos dissolvidos totais – A concentração total de todas as substâncias em solução na água.

Sulfato de cobre – Sal de cobre $[\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$, na forma de cristais azuis, utilizado em aquicultura como algicida ou no controle de alguns parasitas e doenças de peixes; produto tóxico, impróprio para uso em peixes destinados ao consumo humano.

Sulfato de alumínio – Substância de poder coagulante, utilizada para remover turbidez causada pela matéria orgânica na água $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}]$.

Toxicidade residual – A persistência de um efeito tóxico de uma substância aplicada a um dado sistema ecológico num determinado período de tempo.

Turbidez – O total de partículas sedimentares ou alóctones em suspensão na água.

Princípios do Manejo Alimentar dos Peixes

José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.

A produção e uso do alimento natural

Imediatamente após esgotar as reservas do saco vitelínico, o peixe passa a consumir alimento exógeno. Inicialmente o peixe alimenta-se e se nutre de fito e zooplâncton. A produção orgânica está correlacionada com a produtividade dos peixes, e ambas flutuam sazonal e regionalmente. A produtividade dos tanques costuma ser 70% maior no verão que no inverno; a produtividade de tanques localizados em regiões de solo mais rico em nutrientes é maior que aquela de tanques localizados em solos pobres, que demandam práticas de calagem e adubação para estimular a produção de alimento. Um programa de adubação criterioso pode resultar em um aumento de 3 a 10 vezes na produção de peixes, em comparação à produtividade natural do sistema.

Águas levemente alcalinas são mais produtivas. Assim, uma das principais práticas culturais em piscicultura é a calagem. A calagem é a adição de corretivos como o óxido de cálcio ou cal virgem [CaO], a cal hidratada [Ca(OH)₂] ou o calcáreo agrícola [CaCO₃] aos tanques, e visa não só tornar o pH da água e do solo do fundo levemente alcalino, bem como elevar a alcalinidade da água acima de 20 mg/L de equivalente CaCO₃. Quando o pH da água ou do solo do fundo do tanque for inferior a 6,0, a calagem é absolutamente necessária. A calagem pode ser feita com o tanque vazio ou cheio, diluindo o corretivo na água, ou homogeneizando-o no solo do fundo e dos taludes cerca de 7 a 10 dias antes do enchimento do tanque.

As doses de corretivo a serem empregadas dependem da natureza do solo do fundo do tanque e do corretivo utilizado. Pela sua grande disponibilidade e facilidade de aplicação, o calcáreo agrícola é o corretivo mais utilizado em piscicultura. A cal hidratada, e principalmente a cal virgem, que são materiais bastante cáusticos, devem ser usadas com cautela. Estes materiais causam uma rápida elevação do pH da água, e dependendo da dose aplicada, deve-se esperar de uma a duas semanas após a calagem para a estocagem dos peixes.

Como recomendação geral, deve-se aplicar uma dose inicial de 2 toneladas de calcáreo agrícola por ha de espelho d'água dos tanques ou viveiros. Um mês após a aplicação inicial determina-se a alcalinidade total da água. Se os valores determinados estiverem acima de 20 mg/L de equivalente CaCO₃, a calagem foi suficiente. Se não, repete-se a aplicação com mais duas toneladas por ha.

A calagem com função profilática deve ser feita com CaO ou CaOH nas doses de 1.000 a 1.500 kg/ha, aplicado sobre todo o substrato dos tanques ou viveiros. Se houver a necessidade de se realizar a calagem com o tanque povoado, recomenda-se o uso do calcáreo agrícola, dividindo-se a dose total em 2 a 3 aplicações por semana. Se a cal hidratada ou a cal virgem forem empregadas, não aplicar mais que 60 a 100 kg do material por dia. A calagem por si só não aumenta tanto a produção de peixes, mas cria condições para que os programas de adubação sejam mais eficazes.

Adubações orgânicas e fertilizações minerais são as práticas utilizadas para assegurar altos índices de produtividade natural dos tanques de piscicultura. As adubações e fertilizações são feitas com o objetivo de adicionar os elementos limitantes à produção orgânica aos ecossistemas aquaculturais: nitrogênio (N), fósforo (P), e carbono (C). O carbono é adicionado aos tanques na forma de esterco, e os demais na forma de fertilizantes.

Os estercos secos de ou de suínos são os que conferem melhores resultados. O uso de esterco como não deve ultrapassar doses de até 50 kg de matéria seca/ha/dia. Fertilizantes inorgânicos solúveis contendo N e P podem ser empregados em tanques. Os programas de adubação geralmente empregam doses de 4 a 9 kg de N e 9 kg de P₂O₅/ha. Estas doses devem ser aplicadas a cada duas semanas de forma a manter uma transparência do disco de Secchi entre 30 a 50 cm. Quando a transparência for menor que 30 cm os

fertilizantes não devem ser aplicados. Quando a transparência for acima de 50 cm, a adubação e fertilização dos tanques, é prática obrigatória.

Princípios de alimentação e nutrição dos peixes

Ao chegar à idade adulta cada espécie de peixe define seu hábito alimentar passando a exigir alimentos em quantidade e qualidade que satisfaçam suas exigências alimentares e nutricionais. Algumas espécies, como a tilápia do Nilo, se mantêm planctófagas toda a vida. Outras, como a carpa cabeça-grande, são zooplantófagas. Existem ainda peixes ictiófagos ou predadores, como o dourado, o tucunaré, e a traíra, que se alimentam de peixes menores; ou ainda herbívoros como a tilápia rendali ou a piapara, etc.

A piscicultura limita o meio onde o peixe pode buscar alimento. Assim, uma vez esgotado o potencial de aumento da produção através das práticas de incremento da produção orgânica dos tanques, faz-se o arraçamento dos peixes, a fim de garantir a otimização da produção.

Os hábitos alimentares dos peixes definem exigências nutricionais qualitativas diferenciadas entre as espécies. Assim, peixes ictiófagos terão melhor desempenho quando a proteína e a energia de sua dieta forem de origem animal. Já os peixes herbívoros crescem e produzem bem com dietas formuladas com produtos de origem vegetal. Independentemente do hábito alimentar, para que cresçam e produzam bem, os peixes exigem quantidades mínimas dos diferentes nutrientes - energia, proteína, vitaminas e minerais - em proporções adequadas.

O manejo alimentar pode ser feito com rações suplementares ou completas. A ração suplementar visa suprir as deficiências da alimentação natural. A ração completa visa fornecer aos peixes todas as suas exigências alimentares e nutricionais, independentemente da contribuição do alimento natural. Em geral a alimentação suplementar é feita em cultivos semi-intensivos e a alimentação completa é feita em cultivos intensivos, onde os peixes não têm acesso ao alimento natural.

A alimentação pode representar de 60 a 80% do custo de produção em piscicultura. O piscicultor pode ser capaz de produzir alimentos a custo mais baixo em sua propriedade para baratear os custos de produção. Entretanto, o uso de rações comerciais apresentam a vantagem desta já vir balanceada, prontamente disponível e processada de forma a garantir melhor estabilidade na água. As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, um resumo das exigências em proteína e energia e do valor energético e digestibilidade média dos nutrientes para as principais espécies utilizadas em piscicultura comercial.

Tabela 4 – Exigências nutricionais das principais espécies utilizadas em piscicultuta.

| Espécie | PB (% da dieta) | EM (kcal/ kg alimento) | PD/ED (mg/kcal) |
|-----------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| Carpa | 31 - 38 | 2.300 - 4.100 | 108 |
| Tilápias | | | |
| • do Nilo | 30 | | |
| • azul | 34 | 2.500 - 3.100 | 103 |
| • moçambica | 40 | | |
| • zilli | 35 | | |
| Truta arco-iris | 35 - 50 | 3.500 - 5.400 | 92 - 105 |
| Bagre do canal | 32 - 36 | 2.500 - 3.200 | 95 |
| Tambaqui | 22 - 26 | 3.200 - 3.600 | |
| Pacu | 22 - 26 | 3.200 - 3.600 | |
| Matrinxã | 35 | 3.500 | |

PB = proteína bruta; EM = energia metabolizável; PD = proteína digestível; ED = energia digestível

Tabela 5 – Valor energético e digestibilidade média dos nutrientes para os peixes.

| Nutriente | Valor Energético (kcal/g) | Digestibilidade (%) | Energia Digestível (kcal/g) |
|--------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Proteína | 5,65 | 70 - 80 | 4,00 - 4,52 |
| Lipídeos | 9,00 | 90 | 8,10 |
| Carboidratos | 4,00 | 40 - 80 | 1,60 - 3,20 |

Ácidos Graxos Essenciais na alimentação e nutrição de peixes

Os sinais de deficiência encontrados em peixes alimentados com dietas deficientes em ácidos linolêico e linolênico são diminuição do apetite, crescimento lento, nervosismo (síndrome de choque) e fígado gordo. Salmonídeos requerem aproximadamente 1% de ácido linolênico para máximo crescimento, enquanto bagre do canal, apesar de necessitar do ácido linolênico, parece ser menos sensível à deficiência do que as espécies de água fria. Uma possível razão para as espécies de água fria exigirem ácido linolênico ao invés do linolêico, é que a estrutura do primeiro permite um melhor grau de insaturação, conferindo melhor flexibilidade e permeabilidade das membranas celulares mesmo em baixas temperaturas.

Vitaminas na alimentação e nutrição de peixes

Em ambiente natural, os peixes raramente mostram sinais de deficiências nutricionais, principalmente vitamínicas, porque o alimento natural contém teores razoáveis destes nutrientes. Os peixes exigem 15 vitaminas essenciais, sendo quatro lipossolúveis e 11 hidrossolúveis: vitaminas A, D, E (alfa-tocoferol), K, colina, niacina, riboflavina, piridoxina, tiamina, ácido pantotênico, ácido fólico, vitamina C (ácido ascórbico), biotina, cobalamina e inositol. As quantidades mínimas necessárias estão mostradas na Tabela 6. Entretanto, nem todas as vitaminas são exigidas por todos os peixes. Por exemplo, trutas exigem todas as vitaminas, mas o bagre do canal não exige inositol. Em adição, algumas vitaminas do complexo B são sintetizadas por bactérias intestinais em peixes de água quente, como em carpa e tilápia.

Rações comerciais para criações intensivas são suplementadas com todas as vitaminas exceto inositol e biotina, as quais são usualmente encontrados em quantidades suficientes nos ingredientes da ração. As bactérias intestinais de bagre do canal alimentados com dietas que contenham cobalto podem sintetizar quantidades significantes de vitamina B₁₂. A exigência da tilápia do Nilo é diferente porque o trato digestivo é mais longo que o do bagre do canal, e assim há uma taxa maior de síntese intestinal. Com isso, a suplementação desta vitamina se torna desnecessária, pois é sintetizada em quantidades suficientes para crescimento, hematopoiese e manutenção de uma concentração constante no fígado.

Minerais na alimentação e nutrição de peixes

Minerais são exigidos pelos peixes para várias funções de osmorregulação e metabolismo. As necessidades minerais dos peixes são difíceis de serem estudadas, porque muitos são exigidos em quantidades reduzidas e, além disso, os peixes podem absorver os minerais tanto do alimento como da água, através das brânquias. Na maioria das dietas para salmonídeos, os minerais são fornecidos pela farinha de peixe, a qual é também a maior fonte de proteína. Entretanto, dietas que contêm proteína de origem vegetal devem ser suplementadas cuidadosamente com uma mistura balanceada de macro e microminerais. Os

minerais exigidos são cálcio, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês, cobalto, selênio, iodo e flúor, nas quantidades indicadas na Tabela 7.

Tabela 6 – Exigências de vitaminas para o crescimento de peixes (por kg de ração).

| Vitaminas | Unidades | Truta | Carpa comum | Bagre do canal | Tilápia |
|-------------------|----------|-------------------|-------------|----------------|---------|
| Tiamina | mg | 1,0 | 0,5 | 1 | - |
| Riboflavina | mg | 4 | 7 | 9 | 6 |
| Piridoxina | mg | 3 | - | 3 | - |
| B ₁₂ | mg | 0,01 ^E | - | - | - |
| Ácido pantotênico | mg | 20 | 30 | 15 | 10 |
| Niacina | mg | 10 | 28 | 14 | - |
| Colina | mg | 1000 | 500 | 400 | - |
| Biotina | mg | 0,15 | 1 | - | - |
| Ácido fólico | mg | 1,0 | - | 1,5 | - |
| Inositol | mg | 300 | 440 | - | - |
| Ácido ascórbico | mg | 5050 | - | 25-50 | 50 |
| A | U.I. | 2500 | 400 | 1000-2000 | - |
| D | U.I. | 2400 | - | 500 | - |
| E | U.I. | 50 | 100 | 50 | 50 |
| K | mg | - | - | - | - |

E = estimado; fonte: N.R.C. (1993).

Tabela 7 – Exigências de minerais para o crescimento de peixes (por kg de ração).

| Minerais | Unidades | Truta | Carpa comum | Bagre do canal | Tilápia |
|----------|----------|-------|-------------|----------------|---------|
| P disp. | (%) | 0,6 | 0,6 | 0,45 | 0,5 |
| Ca | (%) | - | - | - | - |
| Mg | (%) | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,06 |
| Cu | mg | 3 | 3 | 5 | - |
| Fe | mg | 60 | 150 | 30 | - |
| I | mg | 1,1 | - | 1,1 | - |
| Mn | mg | 13 | 13 | 2,4 | - |
| Se | mg | 0,3 | 0,25 | - | - |
| Zn | mg | 30 | 30 | 20 | 20 |

Fonte: N.R.C. (1993).

Tipos de rações para peixes

As rações fareladas são o tipo de alimento mais econômico pois não demandam processamento além da mistura. Exceto para formas jovens, o uso de rações fareladas é totalmente desaconselhável, devido às perdas que ocorrem.

Rações granuladas úmidas são aquelas que utilizam resíduos ou descartes da indústria de processamento de pescado impróprios para o consumo humano, moídos e misturados a farelos secos em iguais proporções e posteriormente granulados. Estas rações devem ser suplementadas com vitaminas em

doses elevadas, já que algumas enzimas presentes no resíduo cru de pescado podem degradar algumas vitaminas presentes nos alimentos. Uma outra limitação no uso de rações granuladas úmidas é o seu armazenamento, que deve ser feito em câmaras frias, e o seu reduzido tempo de conservação.

As rações granuladas secas, obtidas pela granulação (peletização) das dietas fareladas, ainda são o tipo de alimentação mais utilizado devido a sua facilidade de preparação, transporte, armazenamento e administração aos peixes. Os grânulos devem ser preparados com ingredientes finamente moídos, ter boa estabilidade na água, e não podem ser extremamente duros a fim de não causar recusa pelos peixes.

Os grânulos expandidos ou extrusados são flutuantes e têm grande estabilidade. Assim, vêm sendo utilizados em escala cada vez maior. São obtidos por processo de extrusão - injeção do alimento sob grande pressão e temperatura elevada contra moldes perfurados. O custo de produção desse tipo de alimento é 8 a 15% mais elevado que o de grânulos secos, e como são menos densos que os grânulos comuns demandam mais espaço para armazenamento e aumentam o custo de transporte. Entretanto, são mais estáveis e permitem controlar facilmente a quantidade fornecida de acordo com o apetite dos peixes até o ponto de saciedade. Em adição, favorecem o aproveitamento dos nutrientes pelos peixes pela gelatinização do amido dos ingredientes. Estas vantagens encorajam a adoção das rações extrusadas, particularmente na piscicultura intensiva.

Cuidados no manejo alimentar dos peixes em criação

Deve-se procurar trabalhar com alimentos granulados, que evitam a perda de partículas alimentares e a lixiviação de nutrientes. Como os peixes são comedores intermitentes, é aconselhável que se forneça a ração em duas refeições diárias, em locais e horas constantes. Peixes jovens podem ingerir até 10% do seu peso vivo por dia. A ingestão voluntária se reduz à medida que o peixe cresce, e pode chegar a níveis de 1% do peso vivo/dia ao final da fase acabamento. No inverno a ingestão voluntária pode cair para 0,5 - 1% do peso vivo/dia ou até menos, dependendo da espécie.

O controle do consumo dos alimentos em piscicultura é muito difícil, e varia com a espécie, a idade e a estação do ano. Deve-se pesar o lote inicial de peixes por ocasião da estocagem e, a partir de amostragens semanais ou quinzenais, corrigir a quantidade de alimento a fornecer com base no novo peso vivo do lote. Com o tempo faz-se uma tabela de correção da quantidade de alimento a ser fornecido diariamente com base na conversão alimentar (conversão alimentar é a relação unitária consumo de alimento : ganho de peso).

A construção de benfeitorias para aquicultura

José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.

Generalidades

A aquicultura pode ser praticada em tanques, viveiros, gaiolas ou tanques-rede, balsas, *raceways*, canais, aquírios, etc. As modalidades de aquicultura mais dependentes da construção de tanques ou viveiros são a carcinicultura e a piscicultura interior. A construção adequada de tanques e viveiros é de fundamental importância para o manejo dos peixes, e conseqüentemente para o aumento da produtividade. Vários fatores devem ser levados em consideração na seleção do local para construção das benfeitorias para piscicultura, como:

- proximidade de mercado consumidor com capacidade de absorver a produção;
- facilidade de acesso ao local;
- existência de infra-estrutura (e.g. rede elétrica, fornecedores de insumos, etc);
- condições climáticas ideais para as espécies a serem criadas.

Embora as técnicas de engenharia permitam a utilização de quase todo tipo de terreno, deve-se dar preferência a terrenos planos ou com declividade suave, que permitem a construção de tanques e represas com movimentação mínima de terra, bem como o estabelecimento de uma rede de abastecimento e escoamento dos tanques por gravidade, barateando os custos de construção e facilitando o controle de enchentes e enxurradas.

O suprimento local de água deve ser constante ao longo do ano, permitindo a reposição das perdas por evaporação, infiltração e drenagens dos tanques ou viveiros para manejo ou despesca. Antes da implantação de uma piscigranja é aconselhável fazer um levantamento hidrológico completo do local, localizando as fontes de água e determinando o potencial hídrico na estação mais seca.

Poços são considerados a melhor fonte de abastecimento para piscicultura, porque suas águas geralmente apresentam pouca variação no fluxo sazonal, e são isentas de organismos patogênicos, parasitas, predadores, peixes invasores, pesticidas, silte, e outros contaminantes e poluidores. Entretanto, águas profundas geralmente possuem teores de oxigênio muito baixos, e teores de gás carbônico e gases de nitrogênio muito elevados.

O uso de poços está então condicionado à eliminação destes gases e à incorporação de oxigênio na água, problemas que podem ser facilmente contornados através de sistemas de aspersão da água nos tanques, ou de descanso em um reservatório protegido e bem aerado. Entretanto, pela facilidade de obtenção e manejo, águas de fontes, riachos ou rios são geralmente preferidas, e uma vez garantida sua pureza, são as fontes d'água mais utilizadas.

Outros fatores levados em consideração são o pH e a alcalinidade da água. As exigências em pH e alcalinidade são espécie-específicas, e o piscicultor deve adotar as práticas de manejo da qualidade da água que garantam a melhor produtividade das espécies localmente criadas (Tabela 8).

Com relação à temperatura da água, o mais sensato é procurar criar uma espécie adaptada ao regime local de temperatura, e não tentar adequar a temperatura local à espécie que se pretende criar. Resfriamento ou aquecimento artificial da água geralmente inviabilizam a operação de uma piscicultura. Devemos ainda estar atentos para o fato de os limites críticos de temperatura das várias espécies estarem geralmente muito mais próximos das altas que das baixas temperaturas.

Tabela 8 - Valores críticos de qualidade da água para sistemas de aquicultura (Colt, 1991).

| Parâmetro | Águas frias | Águas quentes |
|---|-------------------|---------------|
| Amonia - N ($\mu\text{g/L}$ como NH_3) | 10 a 15 | 20 a 30 |
| Nitrito - N (mg/L) | 0,1 | 1,0 |
| Nitrato - N (mg/L) | > 100 | > 1.000 |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 6 a 7 | 3 a 4 |
| Oxigênio dissolvido (mm Hg) | 300 | 300 |
| Supersaturação em gases (mm Hg) | 10 a 20 | 30 a 40 |
| Ácido sulfídrico - H_2S ($\mu\text{g/l}$) | 1 | 2 |
| Gás carbônico - CO_2 (mg/L) | 10 a 20 | 20 a 40 |
| Cloro residual ($\mu\text{g/L}$) | 2 | 10 |
| pH | 6,5 a 8,5 | 6,0 a 10,0 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | * | * |
| Ferro - Fe (mg/L) | < 1 ^{1/} | - |
| Manganês - Mn (mg/L) | < 1 ^{1/} | - |

* depende da espécie e da idade

^{1/} para incubação apenas

Os melhores solos para construção de tanques são os semi-permeáveis, de pH neutro e fertilidade moderada, com teores adequados de nitrogênio (N) e fósforo (P), que são os nutrientes limitantes da produção primária. Na implantação de pisciculturas baseadas em sistemas de arraçoamento artificial, ou que não vão explorar reprodução ou alevinagem, este detalhe é geralmente desconsiderado. É recomendável fazer uma sondagem do sub-solo, a fim de evitar a construção de tanques ou viveiros em solos arenosos, pedregosos ou turfosos, que além de muito permeáveis são pouco produtivos.

O tamanho dos tanques ou viveiros depende de vários fatores: topografia do terreno, finalidade da benfeitoria, biologia da espécie criada e economicidade da construção. Tanques e viveiros pequenos são fáceis de manejar: podem ser drenados e cheios rapidamente; o tratamento de doenças e a eliminação de parasitas e predadores é fácil; têm manutenção mais fácil e são menos sujeitos aos processos de erosão; a coleta dos peixes é fácil; e finalmente, a perda dos animais estocados no tanque poderia não representar uma grande perda financeira.

Viveiros grandes apresentam menor custo de construção por unidade de área, permitem uma ocupação mais eficiente da área, são menos sujeitos a problemas de falta de oxigênio na água porque permitem melhor aeração por ação dos ventos, e finalmente, em alguns casos, permitem uso múltiplo da água e conferem maior flexibilidade na estocagem e coleta parcial dos peixes. Antes de iniciar a construção das benfeitorias, o piscicultor deve considerar cuidadosamente estas variáveis e consultar um técnico que possa projetar o uso racional da área.

Em regiões onde possa ocorrer geadas fortes ou congelamento da camada superficial da água, tanques ou viveiros devem ter uma região mais funda, cerca de 2,0 a 3,5 m, que vai funcionar como refúgio e prevenir a mortalidade dos peixes por congelamento. Nas condições de clima ameno, a profundidade ideal dos tanques e viveiros está entre 0,8 a 1,2 m. Isto garante a penetração de luz até o fundo, aumentando a produção primária, e também reduzindo o volume necessário e as práticas de manejo da água.

Com relação à forma dos tanques, é sabido que desenhos quadrados oferecem um melhor aproveitamento da área, requerendo menor movimentação de terra para a construção de diques ou a

escavação, em comparação com tanques retangulares, ovais, redondos ou de forma irregular. Por razões estéticas, biológicas e ecológicas, parece haver certo benefício em localizar os tanques ao longo do perfil do terreno. Outra vez, a decisão quanto à forma de um tanque ou viveiro deve partir do empreendedor, observadas as considerações técnicas.

Tipos de benfeitorias

Distingue-se dois tipos básicos de benfeitorias em piscicultura: os tanques e os viveiros. A classificação das benfeitorias em tanques ou viveiros leva em conta o material de construção empregado e o uso que vai ter a benfeitoria após sua implantação.

Os tanques são reservatórios de pequenas dimensões, construídos em alvenaria de tijolos ou concreto, em termo-plástico, em fibra de vidro, ou de qualquer outro material disponível no mercado. A Figura 9 apresenta um esquema de um tanque com suas principais características.

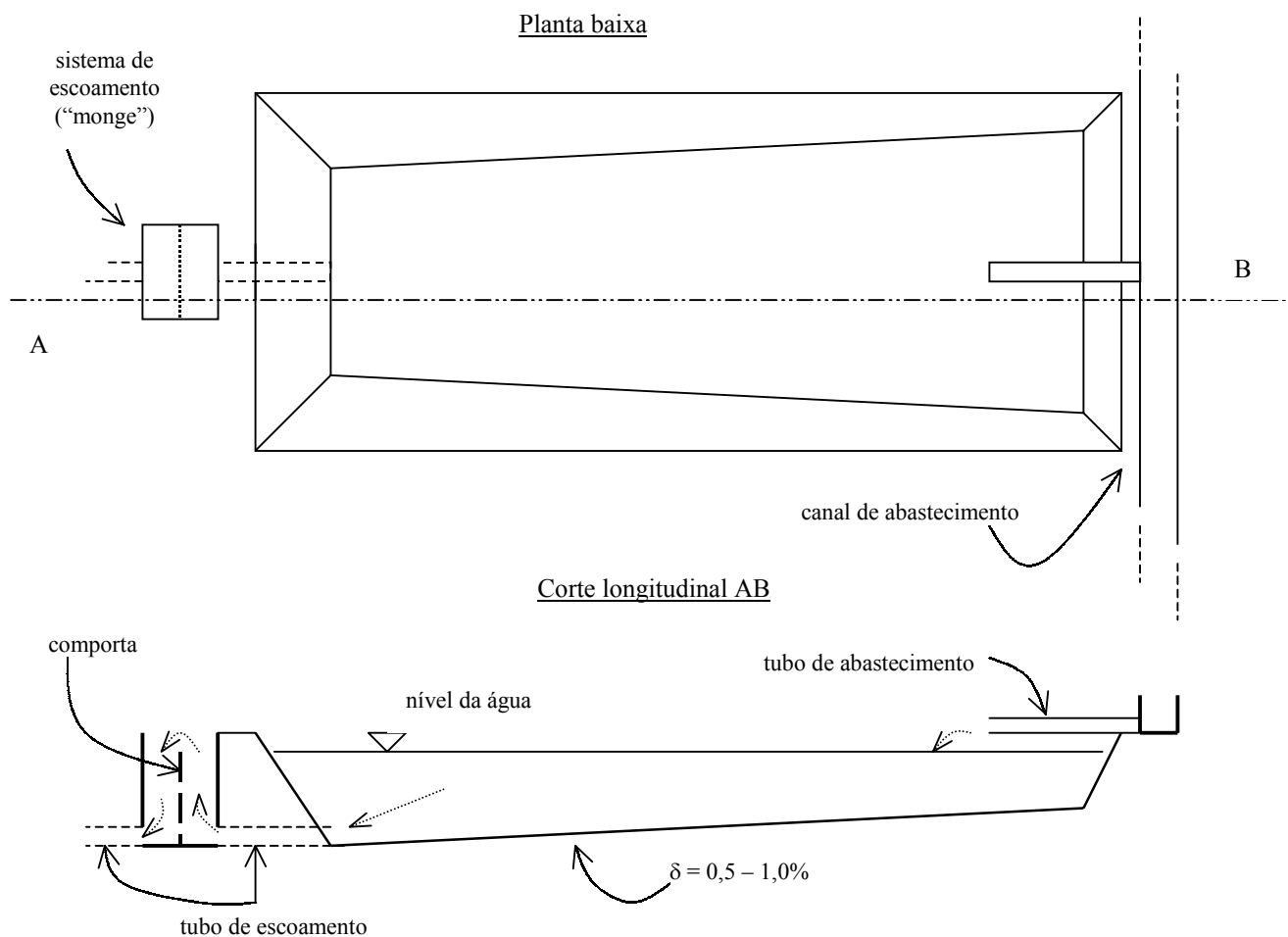


Figura 9 - Representação esquemática de um tanque de piscicultura.

O fundo pode ser de terra, e as paredes podem ser verticais ou podem apresentar uma inclinação entre 30° e 40° . Exigem menos cuidados para sua manutenção, tendo maior durabilidade. Os tanques menores são geralmente construídos em concreto, cimento-amianto, fibra de vidro, termo-plásticos, etc. São

geralmente destinados a larvicultura, incluindo o cultivo de microorganismos-alimento, tanto ao ar livre como em laboratório.

Os viveiros são reservatórios naturais que geralmente omitem alguns elementos de construção em relação aos tanques. Viveiros exibem condições mais próximas daquelas em que os peixes vivem em seu ambiente natural. São construções menos onerosas mas necessitam de maiores cuidados com sua manutenção, exigindo reparos periódicos. Para evitar desmoronamentos, os viveiros geralmente apresentam as paredes inclinadas em um ângulo de 45° , com as bordas gramadas.

A prática da piscicultura intensiva geralmente exige a adoção de tanques tipo *raceway*, que são tanques retangulares, consideravelmente mais longos que largos e rasos, pelos quais passa alto fluxo d'água. Por causa deste alto fluxo d'água, *raceways* suportam altas densidades de estocagem por unidade de área ou volume, e permitem completo controle da produção, fácil eliminação de resíduos alimentares e metabólicos, e fácil coleta da produção.

O abastecimento e a drenagem dos tanques

O sistema de abastecimento mais comumente usado é o de canais a céu aberto (Figura 10). É um sistema de fácil manutenção, e permite a oxigenação da água desde sua tomada no reservatório até sua chegada no tanque. Estes canais podem ser em terra, alvenaria, concreto ou madeira. Quanto mais regular e lisa for a superfície do fundo e das paredes dos canais, maior será o fluxo d'água em função de seu perímetro.

Os canais de abastecimento devem ter uma declividade suave, garantindo menor velocidade da água, uma distribuição mais uniforme, e uma menor erosão das paredes. O aporte de água aos tanques ou viveiros deve ser feito através de um tubo alimentador ou uma calha, que leva o fluxo d'água diretamente sobre a superfície do tanque, evitando a erosão das paredes.

O abastecimento dos tanques por meio de tubulações não deve ser descartado. Embora de dimensionamento mais difícil que as canaletas, tubulações são geralmente mais duráveis, e não raro mais econômicas. Os inconvenientes do uso de tubulações são: não permitem inspeção fácil da linha de abastecimento, e não permitem a aeração e liberação de gases da água no seu trajeto até os tanques. Por outro lado, tubulações permitem a distribuição de água em terrenos mais acidentados, bem como apresentam menores perdas de água por infiltração e evaporação.

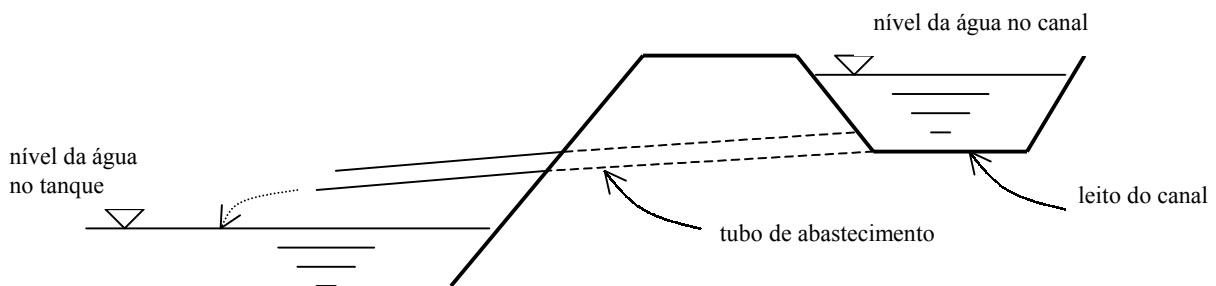


Figura 10 – Representação esquemática de uma canaleta de abastecimento de seção trapezoidal a céu aberto.

A tomada d'água nos reservatórios deve ser feita pouco abaixo da superfície, procurando a água mais limpa e oxigenada. Deve-se sempre proteger a tomada d'água nos reservatórios e a entrada d'água nos tanques contra invasores. É também aconselhável localizar a entrada d'água na margem oposta ao sistema de

escoamento, possibilitando a formação de uma pequena corrente, que auxilia na limpeza e melhora a distribuição de oxigênio nos tanques.

O sistema de drenagem ou escoamento mais comum é o sistema em vasos comunicantes - sistema "monge". É o sistema mais indicado para tanques de piscicultura. É de construção muito simples e barata, e de manejo fácil (Figura 11). Outra opção é fazer o sistema de escoamento na forma de sifão, usando tubos de qualquer material disponível. Qualquer que seja o caso, deve-se proteger a saída d'água para evitar o escape de peixes e entupimentos dos drenos.

O material a ser usado na construção do monge é deixado a critério dos proprietários, consideradas as limitações orçamentárias e de disponibilidade regional de material e mão-de-obra. Em geral, os monges são construídos em madeira, alvenaria de tijolos ou concreto armado.

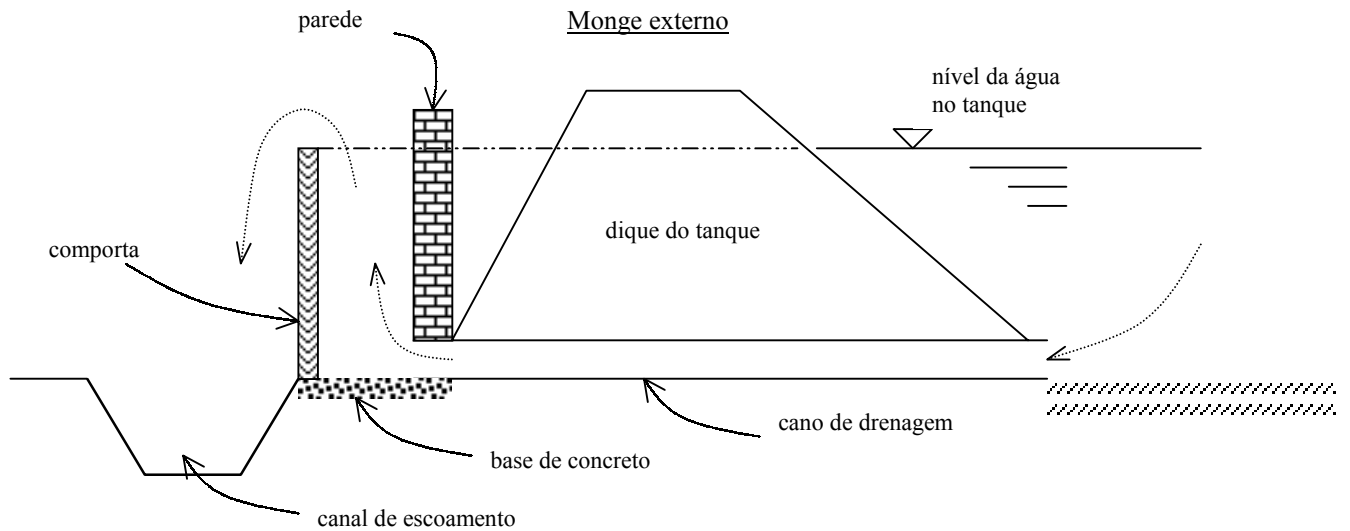


Figura 11 - Representação esquemática de um sistema de drenagem tipo monge externo.

Os Sistemas de Manejo em Aquicultura

José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.

A seleção de espécies de peixe para criação

Comparado com o número de espécies existentes, o número de espécies de peixes utilizadas ou potencialmente utilizáveis é muito pequeno. Embora exista um pacote tecnológico bem definido para as espécies cosmopolitas, os estudos que vêm sendo feitos para definir um pacote tecnológico (alimentação e nutrição, manejo reprodutivo, despesca e processamento) para as espécies nacionais são bem recentes. Teoricamente seria possível criar qualquer espécie de peixe, uma vez definido um pacote tecnológico para a mesma.

As espécies utilizadas ou potencialmente utilizáveis em aquicultura devem adaptar-se ao clima local e ser precoces em crescimento e maturação sexual; podem ser reproduzidos em confinamento; devem aceitar e converter bem alimentos processados (rações); devem ter boa aceitação e alto valor comercial, quer como peixes de mesa ou como espécies para pesca esportiva ou ornamento; devem suportar altas densidades de estocagem e ser resistentes a parasitas e doenças; devem apresentar conformação corporal adequada ao processamento; e finalmente devem ser rústicos e resistir bem a condições adversas de manejo ou baixa qualidade de água.

Os animais em geral apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas ao ambiente em que vivem. Estas adaptações são mais restritas em peixes, porém compensadas por sua grande valência ecológica ou valor adaptativo, permitindo que suportem mudanças radicais no seu ambiente, e se adaptem facilmente às condições de cultivo.

A adaptação das espécies aos fatores ecológicos do seu local de origem é chamada de "Lei de Tolerância" de Shelford (Dajoz, 1983), ou seja os fatores ambientais locais impõem limites ao desempenho produtivo ou reprodutivo de uma espécie. Assim, para se obter um máximo de produtividade de uma espécie em cativeiro, as variações dos fatores ambientais locais devem estar dentro dos limites toleráveis pela espécie, e o mais próximo possível do seu "ótimo" (Figura 12).

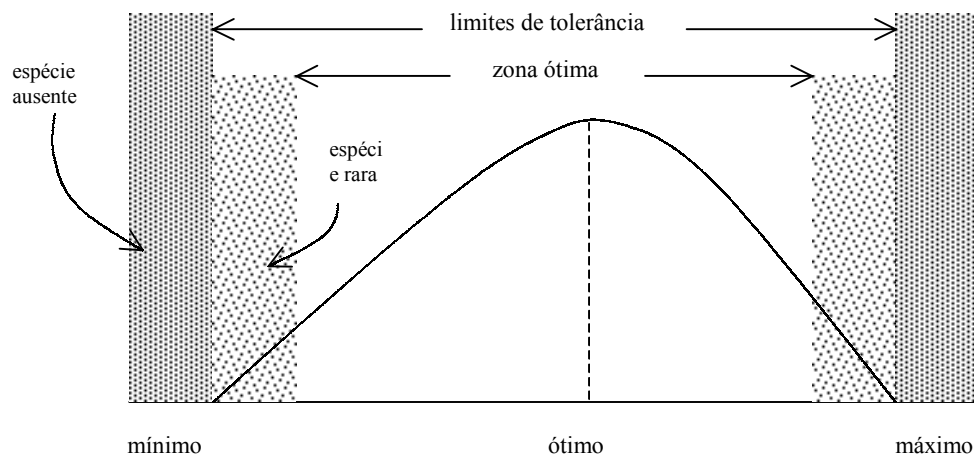


Figura 12. Expressão gráfica da "Lei de Tolerância" de Shelford (Dajoz, 1983).

A distribuição espacial e a produtividade de uma espécie de peixe são relativas ao seu ótimo de crescimento, e condicionadas principalmente pela disponibilidade de alimento e oxigênio na água. A intensificação das práticas criatórias busca aumentar essa disponibilidade de alimentos e o teor de oxigênio

na água, o que leva a um aumento considerável na densidade de estocagem de peixes sem prejuízo ao seu ritmo de crescimento, ensejando o desempenho ótimo de uma espécie.

A Capacidade de Suporte dos sistemas aquaculturais

Os sistemas de produção animal têm uma capacidade limite de sustentação de biomassa. Esta capacidade é regulada pelos fatores limitantes, do ecossistema aquacultura, pela ordem: disponibilidade de alimentos, oxigênio dissolvido, e metabolitos tóxicos. Quando se contornam os limites de um destes fatores, a capacidade de produção de um sistema aumenta de imediato, até passar a ser limitada por outro fator. Cada novo fator limitante eliminado promove um aumento cada vez menor na produção, até o ponto em que a eliminação de um destes fatores não resulta em um aumento significativo da produção. Neste ponto, onde se atinge a biomassa máxima de um sistema de produção, considera-se que o sistema atingiu sua capacidade de suporte - *carrying capacity* (CC). A capacidade de suporte de um sistema pode ser expressa em peso por unidade de volume (kg/m^3), em peso por unidade de fluxo de água - lotação ($\text{kg}/\text{m}^3/\text{h}$), ou peso por unidade de área (kg/ha) (Hepher and Pruginin, 1981; Piper et al., 1986; Meade, 1989).

A eficiência de utilização dos recursos de um sistema depende da definição e conhecimento dos seus limites. Os limites de um sistema podem ser determinados cientificamente, por experimentação, através de cálculos baseados na variação dos parâmetros bióticos e abióticos locais, ou ainda através da experiência do piscicultor. Definidos os limites de produtividade, adota-se uma estratégia de produção. A adoção de uma estratégia de produção que trabalhe aquém dos limites que o sistema oferece é segura, mas torna o sistema ineficiente e, em geral, economicamente não atrativo. Se os limites de produtividade forem definidos com critério, a opção correta é trabalhar o sistema o mais próximo possível destes limites.

Alguns outros fatores também regulam a capacidade de suporte de um sistema aquacultural. A temperatura da água afeta diretamente a atividade metabólica dos organismos aquáticos e, portanto, o consumo de oxigênio e a excreção de metabolitos pelos peixes, plâncton e outros organismos. Desta forma, quanto maior a temperatura da água, menor a capacidade de suporte dos sistemas aquaculturais. Em uma mesma área de tanque é possível estocar uma biomassa maior de peixes durante o inverno que durante o verão.

O manejo da alimentação pode afetar a capacidade de suporte nos sistemas aquaculturais. Rações com excessivo teor de proteína ou com uma relação proteína:energia inadequada podem resultar em uma elevada taxa de excreção de amônia pelos peixes, reduzindo a capacidade de suporte pelo acúmulo deste metabolito tóxico no sistema. Rações com elevado teor de fibra bruta ou elevados níveis de amido não gelatinizado e granulometria grosseira, entre outros fatores, apresentam baixa digestibilidade, levando a uma excessiva produção de resíduos fecais, aumentando a demanda de oxigênio para degradação destes resíduos (demanda bioquímica de oxigênio – DBO), diminuindo a capacidade de suporte. Finalmente, a super-alimentação dos peixes pode causar um desperdício de ração. Esta ração não consumida vai se acumular no sistema, com efeitos semelhantes aos dos resíduos fecais.

Quando a disponibilidade de alimentos e oxigênio na água é adequada, e a presença de metabolitos não limita o crescimento, o potencial fisiológico de ganho de peso dos peixes será maximizado. Este potencial absoluto de crescimento não aumenta proporcionalmente ao aumento do peso do peixe, mas sim a uma taxa mais reduzida, ou seja, o incremento percentual por unidade de peso diminui com o aumento do peso dos peixes. Quanto maior for a biomassa de peixes num sistema, maior serão a demanda por alimento, a taxa de consumo de oxigênio e a excreção de metabolitos. Peixes mais jovens têm taxa metabólica mais elevada, apresentando maior ingestão voluntária de alimentos e maior consumo de oxigênio. Assim, considerando-se uma mesma biomassa, uma população de peixes pequenos demanda maior quantidade de alimento e oxigênio e produz maior quantidade de metabolitos, em comparação a uma população de peixes adultos ou em fase final de acabamento. Desta forma, a capacidade de suporte é menor para uma população de peixes pequenos em comparação a uma população de peixes adultos.

Como a produção de alimento natural é limitada, os peixes estocados em um certo sistema tendem a atingir um peso acima de um patamar em que a quantidade de alimento disponível não seja suficiente para máximo crescimento. Neste caso a taxa de crescimento será reduzida. Este momento de redução da taxa de crescimento define o ponto crítico de biomassa do sistema - *critical standing crop (CSC)*. Quando o crescimento for nulo, ou seja, a quantidade de alimento presente ou adicionada a um sistema estiver atendendo apenas às exigências de manutenção dos peixes, teremos atingido a capacidade de suporte do sistema.

Superestocagem ou superlotação de um sistema podem levar a duas situações extremamente antieconômicas: a capacidade de suporte pode ser alcançada precocemente, fazendo cessar o crescimento antes do peixe atingir peso comercial, ou o aumento da densidade de estocagem ou lotação além de um certo ponto vai ocasionar uma redução desproporcionalmente maior na taxa de crescimento.

Tabela 9 – Capacidade de suporte (kg/ha) de algumas espécies de peixes criados sob diferentes estratégias de produção (manejo alimentar).

| Espécie | Regime de Criação (manejo alimentar) | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------------|----------------|--------------------|-------------------------|
| | extensivo | somente adubação | adubação + ração suplementar | ração completa | ração mais aeração | ração mais troca d'água |
| bagre-do-canal | 50 | 310 - 350 | 2000 - 3000 | 4000 - 5000 | 5000 - 6000 | 7000 - 8000 |
| bagre africano | 30 | 130 - 300 | 3000 - 8000 | 8000 - 12000 | - | 64000 |
| tilápia nilótica | 330 - 390 | 1000 - 4000 | 4000 - 6000 | 6000 - 8000 | 10000 - 12000 | 20000 - 38000 |
| carpa comum | 250 - 300 | 1000 - 1500 | 2000 - 3000 | 4000 - 6000 | 8000 - 10000 | 12000 - 14000 |
| pacu | 336 | 800 | 3000 - 5000 | 5500 - 6000 | - | 6800 |
| tambaqui | 80 | 800 - 1600 | 2700 - 4700 | - | - | 8000 - 10500 |
| <i>Brycon</i> sp. | - | - | | 5200 | 10000 | 10000 |

A adequação das benfeitorias ao processo de produção

Na prática, tanques e viveiros são classificados quanto ao seu uso. Tanques de reprodutores são aqueles utilizados para a estocagem dos animais destinados à reprodução, onde os peixes são mantidos na densidade de 1 kg de peixes/m² de área superficial. Estes tanques devem apresentar dimensões entre 200 e 1000 m². Já os tanques de reprodução são destinados ao manejo reprodutivo dos peixes que se reproduzem em cativeiro. Devem ter o fundo de terra e sua área deve ser de 50 a 100 m².

Tanques de larvicultura e alevinagem são aqueles que destinam-se à criação de larvas de peixes e até a fase de alevinos. Podem ser internos, como pequenos tanques de fibro-cimento ou fibra de vidro, ou externos. Quando externos, apresentam uma área de 1000 a 5000 m². Estes tanques devem apresentar um sistema eficiente de proteção contra a predação por pássaros, principalmente. Os tanques de alevinagem são aqueles que recebem as pós-larvas que irão sofrer triagem e serão recriadas até a fase final de alevino, para posterior estocagem nos viveiros de crescimento. A área dos tanques de alevinagem é em geral 200 a 500 m².

Viveiros de crescimento, recria ou engorda, geralmente apresentam área entre 2.000 e 5.000 m². Represas já construídas podem ser transformadas em viveiros de recria ou engorda. Para tanto, devem poder ser totalmente drenadas, a fim de eliminar as espécies indesejáveis e permitir a coleta total dos peixes estocados. A densidade de estocagem nestes viveiros depende do manejo alimentar e do fluxo de abastecimento, podendo oscilar entre 2.000 (sem adubação e/ou alimentação suplementar) e 20.000

exemplares por ha de espelho d'água em sistemas de poli ou monocultivo em regime intensivo (com alimentação completa e aeração de emergência ou contínua).

Os sistemas de produção em aquicultura

Colt (1991) considera que classificar os sistemas de aquicultura de acordo com o fluxo ou uso de água pode facilitar a descrição dos processos que controlam a produção dos sistemas, com base na qualidade da água dos mesmos. Assim o autor classifica os sistemas de produção em aquicultura em seis níveis, baseado no regime de uso da água dos diferentes sistemas propostos.

Nível 1: *Viveiro estático* – a adição de água é feita normalmente para compensar as perdas por evaporação e infiltração, sendo um sistema tipicamente usado pelos produtores do bagre americano - *channel catfish*. Embora o regime de produção de *channel catfish* em viveiros tenha um caráter intensivo, em geral os viveiros são usados em sistemas extensivos de produção de peixes.

Nível 2: *Tanque de fluxo contínuo (raceway)* – a característica principal destes tanques é que alto fluxo de água passa pelo sistema, visando a remoção de metabolitos e restos de alimentos, bem como a oxigenação da água. Tipicamente usados em salmônica, estes tanques têm também sido adotados em tilapicultura, ensejando produtividades muito elevadas. Neste último caso, dada as características da espécie, e dependendo do tipo de solo, o revestimento das laterais dos tanques tem sido opcional.

Nível 3: *Tanque de fluxo contínuo com pré e pós-tratamento* – pré-tratamento (PrTr) é feito quando há necessidade da remoção de sólidos em suspensão, íons de ferro ou manganês, gases de nitrogênio e CO₂, ou para adição de oxigênio na água; o pós-tratamento (PoTr) é feito para atender regulamentações ambientais quando necessário. A intensificação dos sistemas de produção tem ocasionado um aumento nos níveis de resíduos nitrogenados (amônia) e fosfatos eliminados como efluentes nos tanques de piscicultura. Deste modo, é ecológicamente correto e socialmente muito desejável que práticas de pós-tratamento da água servida em piscicultura comecem a ser adotadas sistematicamente e criteriosamente

Nível 4: *Fluxo contínuo com reuso da água* – feito em condições de limitação da quantidade de água necessária ao funcionamento do sistema. São sistemas muito eficientes, mas demandam mão-de-obra altamente especializada, e em adição estão sujeitos a um risco muito grande, uma vez que uma falha operacional, mecânica ou elétrica pode comprometer totalmente o sistema, levando à perda total da produção em poucos minutos. Entretanto, em regiões industrializadas, onde a disponibilidade de água e o alto custo da terra começam a limitar a expansão da piscicultura, a adoção de sistemas de reuso da água começa ser uma necessidade. Uma característica que encoraja a adoção dos sistemas de reuso da água é o seu baixo impacto ambiental, uma vez que estes sistemas utilizam áreas reduzidas, e demandam o pós-tratamento da água servida, que pode ser legalmente considerada um efluente agroindustrial.

Nível 5: *Fluxo contínuo com reuso da água, filtrada por processo natural* – também feito em condições de limitação da quantidade de água necessária ao funcionamento do sistema. O processo natural de filtragem condiciona uma redução na densidade de estocagem, mas é mais econômico, e em adição enseja o estabelecimento de sistemas agrícolas paralelos de uso da água servida, como para fertirrigação ou hidroponia e produção de vegetais. Em situações onde o uso da água é extremamente limitado, esta opção é encarada como uma solução única para a agricultura local.

Nível 6: *Tanques-rede ou gaiolas* – considerado um sistema de fluxo contínuo, intensivo. Alguns autores consideram que, em certas condições, este sistema funciona como um sistema de reuso com tratamento mínimo. Quando se considera o potencial hídrico brasileiro, que encerra cerca de 5 milhões de hectares alagados para fins de geração de energia, pode-se aquilatar o potencial de expansão da piscicultura calcada na exploração dos sistemas intensivos de produção de peixes em tanques-rede ou gaiolas.

Tabela 10 – Características produtivas médias dos sistemas de produção descritos por Colt (1991).

| Sistema | Densidade (kg/m ³) | Lotação (kg/L/min) | Produção anual (kg/ha) | Espécies utilizadas |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>- Tanques -</i> | | | | |
| Nível 2* | 0,03 - 0,05 | - | 30 - 500 | catfish |
| Nível 3* | 0,5 - 0,7 | - | 5 - 7.000 | carpa chinesa |
| Nível 5* | 0,2 - 0,3 | - | 2 - 3.000 | catfish |
| Nível 6* | 0,3 - 1,0 | - | 3 - 10.000 | catfish |
| <i>- Gaiolas -</i> | | | | |
| Água doce | 100 - 200 | - | 2 - 3.000 | catfish |
| Marinhas | 50 - 100 | - | 2.000.000 | salmão |
| <i>- Raceways : águas frias -</i> | | | | |
| Sem aeração | 15 - 30 | 0,5 - 2 | - | salmonídeos |
| Aeração | 20 - 40 | 1 - 3 | - | salmonídeos |
| Oxigenação | 30 - 50 | 2 - 6 | - | salmonídeos |
| <i>- Raceways : águas quentes -</i> | | | | |
| Aeração | 30 - 50 | 2 - 4 | - | catfish |
| Oxigenação | 40 - 80 | 3 - 8 | - | bass-híbridos |
| <i>- Reuso -</i> | | | | |
| Mecânico | 20 - 50 | 2 - 4 | - | salmonídeos |
| Ecológico | 10 - 20 | 4 - 8 | - | tilápia |

* fazem referência aos sistemas de produção descritos pelo autor

Existem várias outras definições e descrições dos níveis tecnológicos adotados em aquicultura. A aquicultura como ciência tem experimentado um crescimento acentuado, tornando a tarefa dos autores cada vez mais difícil, uma vez que a cada ano, em cada país, surge uma nova modalidade de prática aquacultural, que parece não se enquadrar em qualquer definição anteriormente conhecida. A seguir apresentamos as classificações mais pragmáticas e recentes, dadas por autores em situações de estudo de casos, suprimindo um número suficientemente grande de opções para que possamos identificar qual o nível tecnológico praticamos, e tomar decisões sobre a intensificação dos nossos sistemas de produção.

Primeiramente, analisando o desenvolvimento da aquicultura sob a perspectiva dos ecossistemas, Shell (1993) considera que existem três níveis de intervenção ambiental em aquicultura: níveis limitado, intermediário e alto de intervenção no ambiente. O autor postula que com o avanço do nível de intervenção, melhora a certeza de retorno do investimento (reduzem-se os riscos), mas alerta para o fato de existirem muitos processos complexos atuando na produção de organismos aquáticos, e que, no atual estado de tecnologia na área, é possível controlar alguns, mas não todos os processos envolvidos nos sistemas de produção de organismos aquáticos. Quanto mais complexo o processo de produção, mais difícil o seu gerenciamento. Assim, os produtores devem procurar lançar mão de técnicas apropriadas para os sistemas e estratégias de produção adotados, e estar alertas e dispostos a trabalhar. Altos índices de produtividades são possíveis de serem conseguidos, mas demandam conhecimento das técnicas, habilidade, perseverança e investimentos.

Schmittou *et al.* (1985), estudando o desenvolvimento da aquicultura nas Filipinas, definem aquicultura como a criação controlada de plantas e animais em ambientes aquáticos, considerada uma modalidade da agricultura. Segundo estes autores, o controle que o aquicultor pode exercer sobre sua operação é relativo, uma vez que muitos fatores interagem para determinar as práticas de manejo adequadas

para um sistema aquacultural, como: o ambiente geofísico, as benfeitorias disponíveis, a disponibilidade regional de alimentos; a adaptabilidade das espécies selecionadas para o cultivo, e o nível de conhecimento (habilidade) do aqüicultor. Assim, com base no grau de modificação do ambiente natural, na intensidade do manejo do ambiente e na qualidade e quantidade dos insumos e nutrientes adicionados pelo aqüicultor ao local de cultivo, Schmittou *et al.* (1985) definem os seguintes níveis tecnológicos em aqüicultura:

Nível 1: Extensivo – aqüicultores promovem uma modificação mínima do ambiente natural. O fundo do viveiro é irregular, e praticamente inexistente controle sobre fluxo d'água, espécie cultivada, número de peixes ou biomassa colhidos. O abastecimento é feito por inundação e o nível d'água é fixo; não existem comportas, e o escoamento é feito por rompimento dos diques, tornando a coleta dos peixes difícil e incompleta. A estocagem dos peixes é feita por contenção/captura de peixes da natureza, e não existem tanques de alevinagem ou recria. A base da alimentação é exclusivamente natural, não se praticando qualquer fertilização ou alimentação.

Nível 2: Fertilização extensiva – promove-se uma modificação moderada do ambiente natural, com fundo do viveiro irregular e com controle moderado, mas geralmente incompleto, sobre fluxo d'água, espécie cultivada, número de peixes ou biomassa colhida. Quando existem canais de abastecimento, estes são irregulares. O sistema de escoamento é incompleto, sujeito a enchentes, com comportas de madeira, tornando a coleta completa muito difícil. A estocagem dos peixes é geralmente feita por contenção de peixes da natureza, ou quando existem tanques de alevinagem ou recria, estes são muito rudimentares. Praticam-se a adição de adubos ou fertilizantes de baixa qualidade para estimular a produção de alimento natural.

Nível 3: Fertilização intensiva – o ambiente natural é transformado em um ambiente totalmente distinto. Viveiros têm fundo regular, e geralmente a espécie cultivada, o número de peixes ou biomassa colhida são melhor controlados. Implantam-se canais de abastecimento e escoamento, e tanques de alevinagem e recria. Adota-se uso de comportas (às vezes em concreto); e faz-se a manipulação da densidade de estocagem e previne-se a entrada de peixes selvagens nos tanques. Praticam-se uma coleta completa de operação relativamente fácil. A qualidade e quantidade do adubo e fertilizantes empregados aproximam-se do ideal para a produtividade máxima deste sistema.

Nível 4: Alimentação extensiva – modificação e controle ambiental similares ao Nível 3, com melhor qualidade dos projetos de engenharia e construção. O fluxo e o nível d'água são bem controlados, e manipula-se completamente a densidade de estocagem e as espécies estocadas. A coleta é total e fácil. A qualidade e quantidade do adubo e fertilizantes empregados são similares ao Nível 3, e adicionam-se rações de baixa qualidade, geralmente ingredientes da indústria alimentícia ou subprodutos agrícolas, para suplementar o alimento natural.

Nível 5: Alimentação intensiva – modificações e controle ambientais ainda mais intensos e cuidadosos que no Nível 4. Podem ser usadas bombas para o controle do fluxo e nível d'água, e há um controle total sobre a população estocada. O alimento natural é suplementado com a adição de ração de boa qualidade, não necessariamente nutricionalmente completa, em quantidades adequadas para que não haja necessidade de aeração suplementar contínua, embora aeração de emergência seja disponível.

Nível 6: Alimentação hiperintensiva – modificação e controle ambientais similares ao Nível 5. A adição de ração nutricionalmente completa e em maiores quantidades que no Nível 5, visa substituir completamente o alimento natural. Geralmente o sistema demanda um controle mais intenso sobre a qualidade da água, com o uso de aeração suplementar e troca parcial da água.

Nível 7: Alimentação super-hiperintensiva – ambiente natural totalmente modificado, manufaturado, usando-se tanques ou aquíários. Há controle relativamente completo sobre a temperatura, poluição, níveis de oxigênio dissolvido (OD) e gás carbônico (CO₂), e demais parâmetros físico-químicos e biológicos da água. A alimentação é similar à do Nível 6, mas em quantidades muito maiores por unidade de área povoada ou

por unidade de biomassa estocada (em alguns sistemas faz-se injeção de oxigênio puro - líquido ou gás - aliada a uma maior renovação de água para eliminação de metabólitos tóxicos).

Embora os níveis 6 e 7 aqui descritos não sejam praticados nas Filipinas, foram usados como termos de comparação para complementação do estudo e a elaboração de inferências. Assim, embora largamente baseada no desenvolvimento da aquicultura para um único país, a classificação dos níveis de intensidade da aquicultura proposta por Schmittou *et al.* (1985) é bastante abrangente. Entretanto, os autores não tecem comentários conclusivos sobre a economicidade dos diferentes sistemas, bem como não oferecem dados concretos sobre os níveis de produtividade dos mesmos.

Recentemente, Popma and Lovshin (1994) elaboraram uma monografia sobre as perspectivas mundiais da produção comercial de tilápias, onde propuseram uma classificação dos regimes de produção da espécie em 8 níveis, conjungando nesta definição dos regimes de produção, as práticas culturais e o tipo de benfeitoria utilizada, e a economicidade dos sistemas. Esta classificação dos sistemas aquaculturais quanto à intensidade das práticas criatórias, foi baseada no estudo dos vários sistemas de produção de tilápias adotados em todo mundo. Como o trabalho trata de uma espécie em particular, a discussão sobre os dados de produção apresentados deve ser entendida dentro de um caráter particular, espécie-específico, respeitando-se os limites de variações sazonais específicas para cada região.

Nível 1: Extensivo – a unidade cultural neste nível é um viveiro drenável, onde o controle do suprimento de água pode ser incompleto, com baixa densidade de estocagem, e a nutrição dos peixes deriva exclusivamente dos organismos-alimento naturais da água. Este nível de intensidade da produção é economicamente viável somente quando a terra é barata e os custos de produção são baixos, ou justificados pelo uso múltiplo dos viveiros, como para irrigação e suprimento de rebanhos. Este sistema é geralmente estocado com menos que 2.000 peixes/ha, e apresenta uma produtividade de 500 kg/ha/colheita.

Nível 2: Semi-intensivo – a unidade cultural é um viveiro que pode ser drenado e abastecido à vontade, sofre adubações e fertilizações algo intensas e recebe alimentos suplementares na forma de subprodutos agroindustriais. Os ciclos produtivos nestes viveiros são tipicamente de seis meses, e em locais onde existe grande quantidade de resíduos disponíveis, os custos de produção deste sistema podem ser bastante baixos. A densidade de estocagem está entre 5 e 20 mil peixes/ha, e o nível de produtividade é de 1.500 a 8.000 kg/ha/colheita.

Nível 3: Intensivo com aeração de emergência – a unidade cultural é um viveiro com fluxo controlado de água. Os peixes recebem alimentos de alta qualidade na forma de ração granulada na proporção de 2 a 4% da biomassa em estoque. Não se pratica troca d'água ou aeração como rotina, mas estas práticas estão disponíveis em casos de emergência durante quedas bruscas no nível de oxigênio da água. A densidade de estocagem é de 10 a 30 mil peixes/ha, e a produção varia de 5.000 a 10.000 kg/ha/colheita.

Nível 4: Intensivo com aeração contínua (rotina) – a unidade cultural é um viveiro com fluxo de água controlado com rigor. Os peixes recebem alimentos completos na forma de ração granulada na proporção de 2 a 4% da biomassa em estoque. Não se pratica troca d'água, mas a aeração dos tanques é rotineiramente praticada e/ou constante. O sistema utiliza 10 a 30 mil peixes/ha, e o nível de produtividade é de 8.000 a 15.000 kg/ha/colheita.

Nível 5: Intensivo com aeração contínua e troca parcial de água – a unidade cultural é um pequeno viveiro circular ou retangular de área menor que 1 ha, ou ainda um tanque circular de concreto com área entre 100 e 400 m², com fluxo controlado de água. Os tanques são providos com aeração para manter um nível adequado de oxigênio dissolvido na água e um padrão de circulação da água que possibilite remover os sólidos em suspensão. A fim de se remover resíduos nitrogenados são feitas duas ou três trocas diárias d'água. Sistema estocado com 5 a 10 peixes/m², produz de 20.000 a 100.000 kg/ha/colheita.

Nível 6: Fluxo contínuo (raceways) – a unidade cultural é um pequeno tanque circular ou retangular, geralmente em concreto, de área igual a 100 - 400 m², geralmente com escoamento central no caso de

tanques circulares. Nestes tanques não se pratica aeração, mas sim de uma a três trocas d'água completa por hora. Para que este regime de criação seja economicamente viável é necessário um suprimento d'água por gravidade ou que demande pequeno uso de energia. A densidade de estocagem é de 70 a 200 peixes/m³, e a produção varia de 70 a 200 kg/m³/colheita

Nível 7: Gaiolas – gaiolas são estruturas de tela de arame ou rede, seladas em todos os lados, que retêm os peixes mas permitem completa troca de água e remoção de resíduos. São usualmente colocadas em lagos, reservatórios, represas, oceanos e em rios não correntosos. Embora sejam bastante produtivas, e as gaiolas menores apresentem maior produtividade por unidade de volume por causa da troca d'água mais eficiente que permitem, as exigências em mão-de-obra para manutenção e alimentação, e os altos custos de implantação, restringem a popularização do uso das gaiolas. Utiliza-se 50 a 600 peixes/m³, com produtividade de 50 a 300 kg/m³/colheita.

Nível 8: Sistemas de reuso da água - geralmente são sistemas localizados em recintos fechados, e é feito um controle total do ambiente, mantendo-se os níveis de amônia, nitrito e oxigênio dissolvido dentro de patamares satisfatórios, usando-se tanques de 100 a 200m². Este regime de cultivo é indicado apenas em casos em que se tenta criar uma espécie não adaptada às condições de um determinado local, principalmente ao regime de temperatura, ou em casos de um suprimento muito limitado de água, e procura-se economizar no gasto de energia para aquecimento ou conservação da água. Há, entretanto, a necessidade de se repor 5 a 10% do volume dos tanques por dia. É um sistema muito sujeito a perdas totais do estoque se ocorrer uma falha mecânica. São estocados 25 a 50 peixes/m³, que produzem 50 a 100 kg/m³/colheita.

Alguns comentários a respeito desta classificação se fazem necessários. Há um salto muito grande na passagem do Nível 2: semi intensivo, para o Nível 3: intensivo com aeração de emergência. Um sistema que empregasse fertilização aliada ao arraçamento com uma ração suplementar poderia estar aí representado. Do mesmo modo, o Nível 6: *raceways*, parece muito similar ao Nível 5: intensivo com aeração contínua e troca parcial de água. Na realidade a produtividade do Nível 5 tenderia a ser superior àquela do Nível 6, já que ambos sofrem troca parcial de água, mas o Nível 5 trabalha sob aeração contínua, o que ensejaria maior produtividade.

Quando consideramos lotação, a produtividade do Nível 7: gaiolas, é muito alta. Entretanto, se considerarmos que gaiolas são instaladas dentro de corpos d'água que apresentam uma capacidade de suporte limitada em relação ao aporte de oxigênio e capacidade de absorver e metabolizar os resíduos do sistema de criação, a produtividade do Nível 7 é muito similar, ou mesmo inferior, àquela do Nível 3: intensivo com aeração de emergência (já que aeração de emergência não estaria disponível no Nível 7).

De qualquer maneira, é interessante notar que para introduzir o assunto, as primeiras considerações de Popma and Lovshin (1994) foram para que, antes de se adotar um determinado regime de criação, o criador faça cuidadosas pesquisas sobre a economicidade da tecnologia à disposição, e se esta se presta à região onde está instalado. Os autores também alertam para o fato de, com o aumento do controle sobre os parâmetros de qualidade da água e nutrição dos animais em criação, vai ocorrer um aumento na produção por unidade de área, mas vai ocorrer também um aumento do custo de implantação e operacional, assim como o risco do empreendimento, como observado na descrição do sistema de reuso da água – Nível 8.

Tabela 11 – Resumo dos índices de produtividade dos vários regimes de produção de tilápias descritos por Popma and Lovshin (1994).

| Nível | Densidade | Produção |
|-------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | < 2.000/ha | 500 kg/ha/colheita |
| 2 | 5 – 20.000/ha | 1,5 – 8.000 kg/ha/col |
| 3 | 10 – 30.000/ha | 5 – 10.000 kg/ha/col |
| 4 | 10 – 30.000/ha | 8 – 15.000 kg/ha/col |
| 5 | 5 – 10/m ² | 20 – 100.000 kg/ha/col |
| 6 | 70 – 200/m ³ | 70 – 200 kg/m ³ /col |
| 7 | 50 – 600 m ³ | 50 – 300 kg/m ³ /col |
| 8 | 25 – 50/m ³ | 50 – 100 kg/m ³ /col |

É interessante notar que para introduzir o assunto, as primeiras considerações de Popma and Lovshin (1994) foram para que, antes de se adotar um determinado regime de criação, o criador faça cuidadosas pesquisas sobre a economicidade da tecnologia à disposição, e se esta se presta à região onde está instalado. Os autores também alertam para o fato de, com o aumento do controle sobre os parâmetros de qualidade da água e nutrição dos animais em criação, vai ocorrer um aumento na produção por unidade de área, mas vai ocorrer também um aumento do custo de implantação e operacional, assim como o risco do empreendimento, como observado na descrição do sistema de reuso da água naquele trabalho.

Por causa da variedade de sistemas existentes em aquicultura, em comparação com as demais atividades agropecuárias, os sistemas aquaculturais são descritos e têm seu desempenho avaliado de formas distintas. Assim, deve-se usar de muito critério para se comparar sistemas de produção em piscicultura com base nos seus índices de produtividade. Quando se compara a produtividade de um sistema intensivo medida em densidade volumétrica de estocagem - DV (kg/m³) com aquela de um sistema medida em densidade superficial de estocagem DS (kg/m² ou kg/ha), e se extrapolam os resultados da primeira por unidade de área, verifica-se uma grande diferença na produtividade dos sistemas. Entretanto, lembramos as advertências de Shell (1992), de que com o avanço do nível de intervenção, pode-se reduzir os riscos, mas no atual estado de tecnologia na área, é possível controlar alguns, mas não todos os processos envolvidos nos sistemas de produção de organismos aquáticos. Assim, quanto mais complexo o processo de produção, mais difícil o seu gerenciamento.

Deste modo, outra vez alertamos que é aconselhável que se faça, antes de tudo, uma análise do risco do empreendimento e da economicidade da produção. Um sistema muito produtivo pode demandar a adição de tantos insumos, e o controle de tantas variáveis, que sua margem de lucro se torna muito estreita, e o risco muito grande, pois a possibilidade de ocorrência de falhas no monitoramento das condições ambientais ou no gerenciamento do sistema são maiores.

Principais Doenças em Criações de Peixes

*Andréa Belém Costa, Ph.D.
CPG Ciência Animal e Pastagens
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Av. Pádua Dias, 11; C. P. 09
13418-900; Piracicaba, SP*

As doenças em criações de peixes podem ser divididas em duas categorias: não-infecciosas e infecciosas. As doenças não-infecciosas incluem todas aquelas relacionadas com fatores ambientais, nutrição e neoplasias (câncer) e que não são transmissíveis. As doenças infecciosas são transmissíveis de peixe para peixe e causadas por organismos patogênicos como parasitas, bactérias, fungos e vírus que podem ocorrer naturalmente no ambiente de cultivo ou ser trazidos para o meio por fontes externas de contaminação.

Doenças não-infecciosas

Fatores ambientais

Temperatura: Aumentos rápidos ou quedas bruscas na temperatura da água de criação constitui-se em uma fonte direta de estresse para os peixes, uma vez que a sua capacidade de sobrevivência e a habilidade de combater as doenças são bem menores fora da faixa de temperatura considerada ótima para o desenvolvimento da espécie em questão. Mudanças súbitas na temperatura podem causar o aparecimento de doenças infecciosas, provavelmente devido a uma maior capacidade de adaptação do patógeno que do sistema imunológico dos peixes.

pH: Modificações bruscas no pH da água podem gerar danos nas brânquias causando dificuldades respiratórias e morte; lesões na pele, nadadeiras e córnea e efeitos negativos sobre a fisiologia e crescimento dos peixes sobreviventes.

Traumas por bolhas de gás: Ocorrem quando os peixes são expostos a corpos de água supersaturados com ar (nitrogênio ou oxigênio) devido a pressurização de ar na água (água subterrânea) ou quando os peixes são transportados em tanques com forte sistema de aeração sem possibilidade de fuga do gás em excesso. Essas bolhas formam-se em vários locais dentro de tecidos do corpo do peixe, podendo ser observadas na pele, nos olhos, nadadeiras e no sistema vascular, podendo causar embolia, a qual é particularmente grave quando ocorre nas brânquias. Em larvas, o acúmulo de gás no saco vitelínico pode causar a flutuação das mesmas.

Partículas em suspensão na água: A presença de material sólido particulado na água pode causar irritação nas brânquias, resultando em doenças e problemas respiratórios. Fortes chuvas e transbordamento de rios, alimentação em excesso e grande quantidade de material excretado (fezes) contribuem para o aumento dos sólidos em suspensão.

Problemas nas brânquias

As brânquias dos peixes são extremamente vulneráveis a ataques dos mais variados agentes e a doença das brânquias é uma das causas mais comuns de perdas em aquacultura. A maioria dos danos às brânquias são causados por fatores ambientais, parasitas e bactérias e geram patologias e sinais clínicos

muito semelhantes. Em casos agudos, a patologia é limitada a um aumento na produção de muco, que pode ser notado a olho nú. Esta patologia pode ser reversível em peixes sobreviventes se o fator gerador for eliminado. Se este elemento persistir, desenvolve-se o afinamento do tecido branquial e severa redução da capacidade respiratória com relação às trocas gasosas.

Toxinas

Estas podem ser geradas pela excreção dos peixes, como os resíduos nitrogenados (amônia e nitrito) que podem causar a morte ou doenças nas brânquias se não forem mantidos em níveis aceitáveis. Grande quantidade de dióxido de carbono na água pode gerar **nefrocalcínose**, uma condição em que sais insolúveis de cálcio são depositados nos rins causando graves danos. Compostos tóxicos introduzidos na água são tóxicos para os peixes e podem causar desde redução na quantidade de oxigênio dissolvido até morte súbita. As patologias mais freqüentes atingem as brânquias, a pele, fígado e rins. Os compostos considerados tóxicos para os peixes são:

- Efluentes Industriais, agrícolas e doméstico - causam diminuição do oxigênio dissolvido.
- Metais: podem causar graves danos nas brânquias e fígado.
- Toxinas orgânicas e resíduos industriais: crescimento em excesso de algas devem ser evitados.
- Gases: cloro, sulfeto de hidrogênio, etc. - causam doenças nas brânquias.
- Biocidas: pesticidas, algicidas, etc. são extremamente tóxicos para peixes.
- Agentes terapêuticos: alguns tratamentos aplicados podem ser tóxicos para os peixes.

Queimaduras pelo sol

A exposição direta ao sol implica em danos e ulcerações na pele dos peixes, deixando-os mais susceptíveis a infecções bacterianas secundárias ou fúngicas.

Predação

A predação dos cultivos ocorre devido a presença de pássaros ou outros animais e larvas de insetos (libélula), que acabam por estressar os peixes ou carrear para o meio de cultivo parasitas e doenças.

Danos físicos

Os danos físicos causados nos peixes durante o transporte, manuseio ou medições podem causar ferimentos e perdas de escamas permitindo o contato com organismos patogênicos, gerando infecções secundárias por bactérias e fungos, ou ainda ulcerações nas áreas afetadas e problemas osmorregulatórios.

Doenças nutricionais

São causadas pela deficiência de nutrientes ou pela presença de fatores antinutricionais ou toxinas que se desenvolvem devido ao armazenamento incorreto da ração. Ao selecionar uma ração deve-se levar em conta a espécie cultivada, a formulação, qualidade e consistência da mesma. O não fornecimento de uma alimentação corretamente balanceada aos peixes pode causar problemas irreversíveis como escoliose (curvatura lateral da coluna vertebral), lordose (curvatura da coluna vertebral no sentido antero-posterior) ou catarata (opacidade parcial ou completa do cristalino ou da sua cápsula), dentre outras.

Neoplasias

Peixes de idade mais avançada apresentam maior probabilidade de desenvolver tumores. O mais frequente tipo descrito para peixes são os Papilomas, que começam como uma hiperplasia (aumento do número de células de um tecido com um correspondente aumento no volume do tecido ou órgão) evoluindo para um carcinoma. Estes problemas podem ainda ser causados por variações climáticas (verão-inverno) ou poluição.

Doenças infecciosas

Doenças causadas por vírus

Vírus são agentes infecciosos extremamente pequenos (20-200 nanômetros), que se replicam dentro das células dos hospedeiros e cujo material genético é constituído por DNA ou RNA, sua classificação ainda é complexa e os conhecimentos relativos a alguns vírus são ainda insuficientes. Os vírus que causam doenças em peixes com especial significado econômico incluem-se nos grupos dos rabdovírus, herpesvírus e birnavírus.

Nos últimos vinte e cinco anos, dez diferentes vírus tiveram implicação em mortalidade de peixes. A identificação positiva de um vírus como um agente etiológico é difícil por uma série de razões. Primeiro, pela dificuldade de observação, sendo necessário o uso de microscópio eletrônico para estudos morfológicos. A maioria destes equipamentos são extremamente caros e só pode ser utilizado por pessoal altamente treinado. Segundo, os vírus só podem se replicar dentro de células vivas e o diagnóstico através do método de cultivo de células deve ser feito em um laboratório especializado e bem equipado.

Para a erradicação de doenças causadas por vírus tais como necrose hematopoiética infecciosa (IHN), necrose pancreática infecciosa (IPN), septicemia hemorrágica viral (VHS), dentre outras, é necessário o sacrifício de todos os animais da piscicultura e desinfecção das instalações. Um diagnóstico definitivo sobre doenças causadas por vírus em peixes frequentemente depende da possibilidade de se obter crescimento em um cultivo de células (tecido). Poucos laboratórios realizam este trabalho, o qual consome muito tempo e dinheiro.

Não existem tratamentos ou vacinas contra as doenças causadas por vírus. A redução dos níveis de mortalidade pode ser conseguida pelo emprego de ração medicada com antibióticos para controle de infecções secundárias pelas bactérias, no entanto, antes de ser efetuado deve-se determinar qual o antibiótico mais adequado através de um antibiograma. Os processos profiláticos envolvem a secagem e desinfecção dos tanques, evitar a introdução de portadores de vírus, desinfecção do equipamento, melhoramento das condições ambientais, destruição dos exemplares mortos, aquisição de exemplares comprovadamente isentos de vírus e não utilizar reprodutores sobreviventes de epizootias.

Doenças causadas por bactérias

A maioria das bactérias que causam problemas nas pisciculturas estão presentes na superfície ou no estômago dos peixes e no meio ambiente. Na maioria das vezes só causam doenças quando o animal está com seu sistema imunológico comprometido por estresse ou pela presença de outra doença. Altas taxas de densidade, mudanças de temperatura, condições inadequadas de manejo e presença de predadores são exemplos de condições estressantes que podem resultar na ocorrência de surtos de doenças. A maioria dos sinais clínicos apresentados pelos peixes durante uma infecção bacteriana são comuns a várias espécies de bactérias cuja identificação completa só pode ser feita após o isolamento em meios de cultura apropriados e caracterização bioquímica ou identificação genética. Dentre as diversas doenças que podem ser observadas em criações de peixes de água doce, duas das mais comuns são:

Septicemia hemorrágica bacteriana, causada por Aeromonas: É uma enfermidade das mais comuns e seus sinais clínicos são variáveis, ocorre erosão das nadadeiras, com hemorragia, ulcerações na pele, perda fácil de escamas e inflamação abdominal e em alguns animais, exoftalmia (aumento do volume do globo ocular). Internamente pode-se observar o fígado e, baço inflamados e rins friáveis (que se parte com facilidade) e hemorrágicos e líquido na cavidade abdominal. O agente patogênico responsável são as bactérias *Aeromonas* móveis, particularmente, *Aeromonas hydrophila*. Todas as espécies de peixes utilizadas em cultivos são suscetíveis a este tipo de infecção. A prevenção e o controle desta doença pode ser feito através de tratamento dos peixes doentes com antibióticos; desinfecção de toda a unidade de cultivo com formalina e melhoramento das condições de manutenção.

Columnariose ou doença da "coluna": Sua manifestação clínica mais comum é a erosão das nadadeiras, presença de ulcerações na pele e necrose dos filamentos branquiais onde pode-se observar crescimento secundário de fungos. Pode ser considerada uma infecção secundária devido condições adversas de nutrição ou ambiental. É causada por *Flexibacter columnaris* (*Cytophaga columnaris*) e atinge numerosas espécies de peixes de água doce. Boas condições de cultivo, dieta balanceada, tratamento com antibióticos e desinfecção dos tanques e viveiros podem ser utilizados na prevenção e controle desta doença.

Doenças causadas por fungos

Apenas um pequeno número de fungos são patogênicos para os peixes. Frequentemente são organismos oportunistas que se manifestam em más condições ambientais. A tabela 1 relaciona os principais fungos que causam problemas em piscicultura. A prevenção das doenças provocadas por fungos deve ser feita através de medidas de higiene, evitando-se o excesso de alimento e um alto teor de matéria orgânica nos cultivos e remoção de exemplares mortos.

Tabela 12 – Fungos mais comuns em piscicultura.

| Fungo | Espécies atingidas | Consequências |
|-----------------------------|---|--|
| Saprolegnia | Todas as espécies de peixes | Erosão e ulceração de tecidos e nadadeiras. Morte dos ovos por asfixia. |
| Branchiomyces | Maioria das espécies de água doce, particularmente carpas | Necrose das brânquias |
| <i>Ichthyophonus hoferi</i> | Várias espécies de peixes de água doce | Perda de apetite, letargia, falta de coordenação motora, lesões ulcerosas no tegumento. |
| Exophiala | Salmonídeos e não salmonídeos | Ataxia, natação errática, exoftalmia e ulcerações cranianas. |
| <i>Phoma herbarum</i> | Salmonídeos | Dificuldade de natação, região anal protuberante, com hemorragias e zona ventral comprimida. |

Doenças causadas por parasitas

Várias espécies animais são capazes de parasitismo em peixes, desde protozoários microscópicos até crustáceos e vermes facilmente visíveis. Na natureza há uma grande variedade de parasitas presentes, mas que normalmente ocorrem em pequena quantidade e raramente causam doenças devido haver uma relação estável entre o parasita e o peixe hospedeiro. No cultivo de peixes há um maior limite na variedade de parasitas que estão presentes normalmente em maior número do que na natureza. Existe sempre o risco de epizootias parasitárias em cultivos e isto aumenta com a intensificação dos mesmos. Muitos fatores podem contribuir para isto, como:

1. Altas taxas de densidade;
2. Traumas e danos físicos nos peixes;
3. Acúmulo de água de baixa qualidade devido a trocas mais lentas de água.
4. Seleção genética de peixes mais direcionada para reprodução que para resistência à doenças;
5. A introdução de espécies exóticas de peixes podem trazer novos parasitas para os estoques já presentes;
6. O cultivo de peixes atrai predadores como aves, as quais podem atuar como hospedeiros intermediários para alguns parasitas;
7. O estado de saúde dos peixes pode estar debilitado devido a presença de outra doença, nutrição deficiente, baixa qualidade de água, estresse, etc., deixando os animais suscetíveis à infestações parasitárias;
8. Mudanças ambientais bruscas como queda da temperatura podem estressar os peixes e favorecer à propagação de parasitas;
9. O sistema de cultivo pode favorecer ao ciclo de vida de alguns parasitas como esporozoários;
10. Os parasitas aos quais os peixes são expostos pode variar com a fonte de água. Rios e lagos carrearão maior número de parasitas que a água de poços artesianos.

Os parasitas de peixes podem ser divididos basicamente em ectoparasitas (aqueles que infestam tecidos superficiais como pele, nadadeiras e brânquias) e endoparasitas (que infestam órgãos internos, inclusive o trato gastrointestinal). Dentre os ectoparasitas podemos destacar:

Protozoários: São os flagelados, ciliados e amebas (Figura 13). Causam irritação na pele dos peixes aumentando a produção de muco e danificam as brânquias quando em número excessivo. O peixe começa a dar saltos ou a esfregar-se contra objetos. Isto pode ferir a pele, favorecendo a formação de ulcerações e estas áreas podem ser invadidas por bactérias e fungos secundários. Os peixes tornam-se letárgicos e inapetentes.

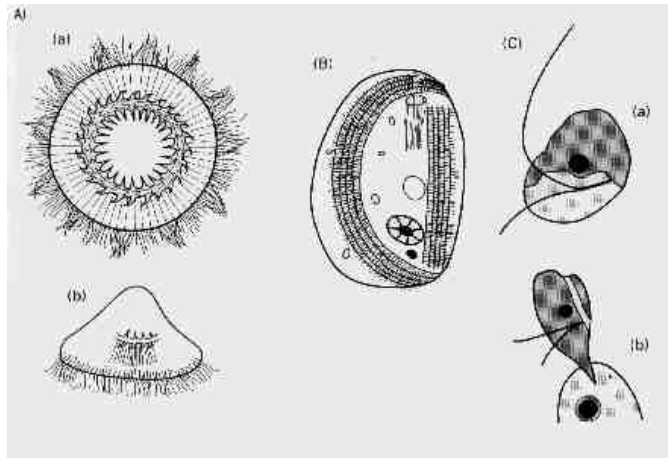


Figura 13 – Exemplos de protozoários ectoparasitas. (A) Tricodina (a) vista dorsal, (b) vista lateral; (B) *Chilodonella* e (C) *Ichthyobodo* (a) livre (b) fixo ao hospedeiro.

Metazoários: Neste grupo estão os trematódeos monogenéticos que são encontrados em água doce e marinha em todo o mundo, os crustáceos parasitas como lérnea e copépoda, os anelídeos e os moluscos cujas larvas são parasitas de peixes em algum estágio de vida.

Trematódeos monogenéticos: São encontrados fixos por ganchos na superfície do corpo do animal ou nas brânquias onde causam danos. Os peixes afetados são agitados e inapetentes a pele é sempre cinza devido ao excesso de muco e aos danos na epiderme (Figura 14).

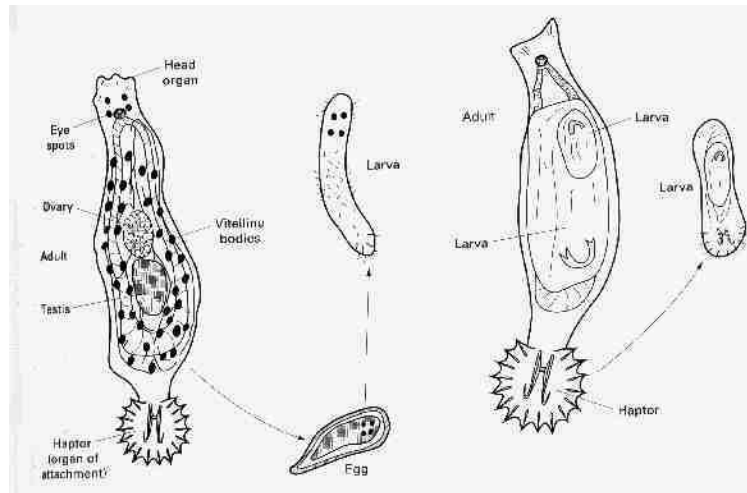


Figura 14 – Exemplos de trematódeos monogênicos.

Copepoda: Este grupo contém os mais importantes crustáceos ectoparasitas de peixes, cujos órgão de fixação no hospedeiro tomam a forma de "âncora", a qual penetra na pele do hospedeiro formando um forte e prejudicial anexo. No local de fixação os tecidos do hospedeiro são digeridos e pode haver a formação de granulomas, com inflamação e hemorragia. Ex. lérnea (Figura 15).



Figura 15 – Esquema de *Lerneia cyprinacea*.

Dentre os endoparasitas temos os mixosporídeos, os trematódeos digenéticos e os nematódeos.

Mixosporídeos: causam distúrbios na natação dos peixes, escurecimento da cauda e do pedúnculo caudal. Desenvolvem-se na cartilagem do hospedeiro destruindo-a, atingindo normalmente alevinos. Os sobreviventes passam a apresentar deformações esqueléticas (Figura 16).

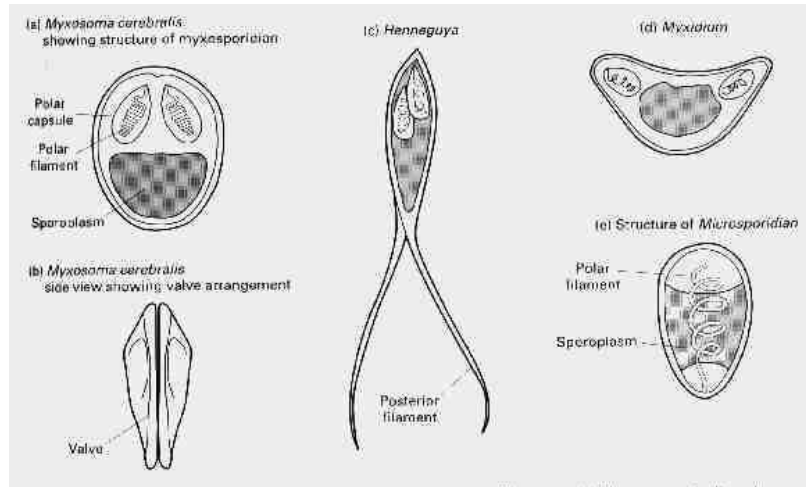


Figura 16 – Exemplos de esporos de mixosporídeos: (a) *Myxosoma cerebralis* - estrutura geral; (b) vista lateral; (c) *Henneguya*; (d) *Myxidium*; (e) estrutura do microsporídeo.

Trematódeos digenéticos: O estágio de vida mais comumente encontrado em peixes é o larval através de cistos ou não, dependendo da espécie. Os danos ocorrem quando a larva invade o peixe através da pele, o que pode causar lesões hemorrágicas, que em peixes menores leva a grandes perdas.

Nematóides: São parasitas comuns em peixes de água doce. Em grande quantidade podem obstruir o intestino do hospedeiro, levando-o à morte.

Diagnóstico Prático de Doenças em Peixes

Andréa Belém Costa, Ph.D.

A aplicação de técnicas de diagnóstico em peixes pode ser útil a uma série de atividades:

1. Aquacultura, onde o peixe é cultivado comercialmente para consumo humano.
2. Pesque-pague, onde o peixe permanece por um período curto de tempo, até ser comercializado.
3. Aquariofilia, com a criação ou importação/exportação de peixes ornamentais.
4. Repovoamento, onde peixes são criados para aumentar os estoques pesqueiros naturais.
5. Peixes da natureza, que apresentem sinais de doenças.

A mais importante condição para o sucesso de um diagnóstico é o rápido exame pós-morte. O exame deve preferencialmente ser feito de uma amostra representativa de peixes vivos. Porém, peixes doentes recém-sacrificados podem ser utilizados para alguns procedimentos de diagnóstico se forem mantidos entre 0 e 2°C, no gelo. Em nenhuma circunstância o peixe deve ser congelado antes dos exames serem realizados.

A abordagem para diagnóstico segue o formato similar àqueles aplicados a outras espécies animais, mas cujo ênfase será variável. Um bom histórico deve ser mantido através de observações pessoais antes do exame pós-morte. A rotina mais usual envolve exames parasitológicos, bacteriologia e histopatologia. Os procedimentos gerais para diagnóstico estão representados esquematicamente na figura 1.

Histórico

É importante obter um histórico completo e o maior número possível de informações das pisciculturas. Estas devem manter informações detalhadas sobre o estoque, mudanças, transporte, mortalidades e procedimentos de manejo. Alguns pontos que devem ser considerados são:

Histórico Prévio: Avaliar se problemas prévios foram sazonais ou relacionados a grupos de idade. Também é possível que o estoque de uma certa origem genética seja preferencialmente afetado, ou que estes problemas ocorram em estoques adquiridos recentemente.

Natureza do Problema: Peixes podem apresentar falta de apetite ou enfermidades e mortalidade. Um rápido aumento na mortalidade pode ser devido a agentes responsáveis por doenças infecciosas. Com mortalidade intermitente ou muito baixa pode ser mais difícil definir uma causa. Mortalidade em massa de peixes pode ser atribuída a déficit de oxigênio ou a um agente tóxico.

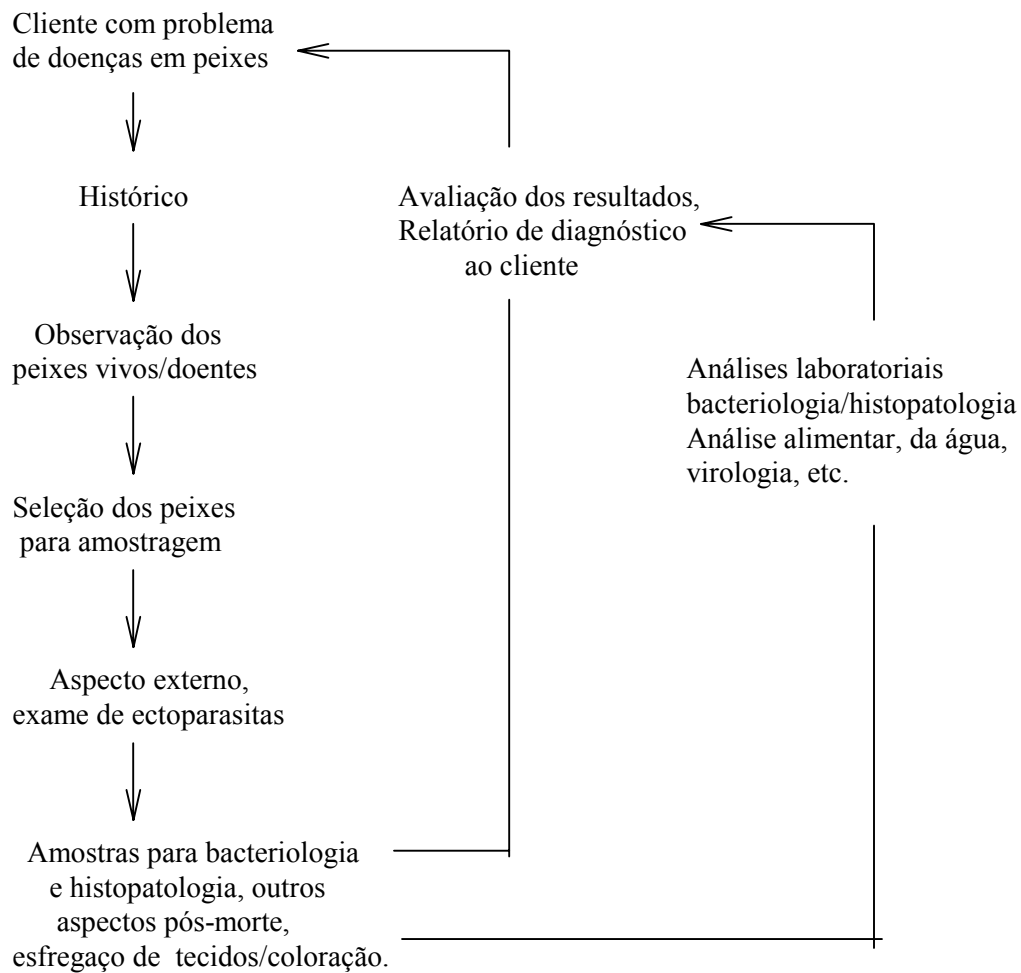


Figura 17 - Procedimentos de diagnóstico em peixes.

Manejo: Rotinas regulares tais como troca de tanques dentro da propriedade, seleção por tamanho, amostragem de peso e qualquer coisa capaz de impor estresse adicional aos peixes, pode predispor a problemas. Além de introdução de novos peixes cujo aspecto sanitário é incerto, a densidade do estoque é sempre um fator crítico quando agentes infecciosos estão presentes.

Higiene: A remoção inadequada de peixes mortos pode agravar os problemas de doenças infecciosas, assim como o uso de equipamentos e apetrechos entre diferentes grupos de peixes. Alimento em excesso e acúmulo de excreções pode gerar outros problemas não-infecciosos.

Observação do ambiente de criação

Alguns pontos a serem observados que podem ajudar a identificar rapidamente a ocorrência de doenças, permitindo que se controle a sua disseminação para outras áreas do cultivo são relatados a seguir. Quando observar o comportamento dos peixes ou outros aspectos, preste particular atenção nas áreas de

águas mais calmas, na região do fluxo de entrada e de saída da água e nos lados de pouca correnteza do viveiro.

Natação e cardumes: O comportamento normal vai variar de acordo com a espécie cultivada; qualquer desvio do comportamento normal deve ser registrado. Peixes doentes são geralmente letárgicos, permanecendo à parte do cardume.

Movimentos anormais: Ataxia (deficiência do controle muscular que resulta em movimentos irregulares e espasmódicos), natação em movimento espiral e explosões espasmódicas.

Natação lateral: Alguns peixes podem apresentar dificuldade em coordenar a natação. As causas possíveis são choque de temperatura ou traumas físicos. Condições que afetem a bexiga natatória podem apresentar sintomas semelhantes.

Saltos: Podem ser consequência de irritações causadas por ectoparasitas ou distúrbios no ambiente. As sequelas resultantes são traumas mecânicos e outros problemas relacionados ao estresse.

Atividade respiratória: Se o peixe estiver hiperventilando ou permanecer próximo a superfície ou a entrada do fluxo de água, suspeite de doenças nas brânquias (gill disease), anemia ou baixo nível de oxigênio.

Cor: Peixes doentes tem aparência mais escura que o normal e podem ser visto nas áreas de água parada ou, pelo contrário, podem tornar-se pálidos. A perda da cor pode significar más condições de saúde ou também estar associada ao ciclo reprodutivo.

Anormalidades na superfície do corpo: Excesso de muco e também lesões superficiais são mais fáceis de serem observadas quando o peixe está na água, portanto anote a sua distribuição sobre o corpo do peixe. Restos orgânicos e algas podem acumular-se sobre estas lesões, alterando sua aparência.

Resposta alimentar: Este é um importante indicio sobre a saúde do peixe. Uma diminuição na resposta alimentar é sempre a primeira indicação de um problema. Planeje para que os peixes não sejam alimentados antes da inspeção e ofereça a ração após concluí-la. Em grandes viveiros esta é uma oportunidade para observar estoques normais bem próximo, por outro lado, perturbações podem ser necessárias para visualizar e coletar amostras de peixes doentes, como é o caso em tanques-redes.

Manejo Sanitário em Criações de Peixes

Andréa Belém Costa, Ph.D.

Profilaxia

Os principais elementos de um programa para controle de doenças em piscicultura intensiva deve partir de cuidados básicos no manejo, que funcionam como elementos preventivos visando diminuir ou atenuar problemas de saúde nos peixes. Algumas destas medidas profiláticas são:

1. Assegurar e manter boas condições de cultivo e manejo, principalmente as que envolvem a qualidade da água tais como controle da poluição, aeração, densidade de estoque adequada, controle do pH, etc.
2. Prevenir a entrada de agentes externos como parasitas, seja utilizando-se telas na tomada de água ou assegurando-se da saúde e procedência de novos plantéis, que devem estar comprovadamente livres de patógenos primários e a ova deve ser desinfectada antes de chegar a fazenda, bem como realizando quarentena.
3. O suprimento de água deve ser mantido livre de peixes não pertencentes ao cultivo e outros animais, bem como de aves que podem introduzir doenças ou favorecer ao ciclo de vida de parasitas.
4. Os peixes de diferentes classes de idade devem ser mantidos separados e os equipamentos utilizados no cultivo devem ser desinfectados antes do uso em diferentes grupos de peixes.
5. Todos os viveiros devem ser completamente secos e desinfectados quando vazios, pelo menos uma vez por ano.
6. O manuseio dos peixes deve ser reduzido ao mínimo necessário e feito após um período em que os peixes não foram alimentados e em um horário em que a temperatura da água esteja baixa.
7. A ração utilizada deve ser corretamente formulada e estocada, além de mantida sempre seca e utilizada no período determinado pelo fabricante.
8. Dar maior ênfase à prevenção de doenças que ao tratamento destas.
9. Tratamento em peixes, somente após um diagnóstico definitivo sobre qual o medicamento apropriado a ser utilizado, sob orientação de um profissional capacitado.

Vacinação de Peixes

A imunização protetora por vacinação tem sido considerada a mais importante medida profilática contra as doenças em cultivos de peixes. Apesar do relativo sucesso alcançado com a vacinação, o controle de doenças por este método encontra-se ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento. Muitos dos esforços têm sido direcionados para Vibriose (*Vibrio anguillarum* e *V. ordalii*), Furunculose (*Aeromonas salmonicida*), Bacterial Kidney Disease (BKD) (*Renibacterium salmoninarum*), Enteric Redmouth (ERM) (*Yersinia ruckeri*) e columnariose (*Flexibacter columnaris*).

O controle de doenças pela vacinação tem grandes vantagens em relação aos métodos quimioterapêuticos. A vacinação é um método preventivo, enquanto a quimioterapia é curativo, além de existir um grande número de problemas que acompanham a quimioterapia, os quais são superados pelos métodos de vacinação.

O conceito de vacinação de peixes em escala comercial ainda é algo novo mas já realizado em países europeus com relativo sucesso em dois tipos de doenças bacterianas que ocorrem em trutas, Enteric Redmouth (ERM) e Vibriose. A tabela 2 apresenta algumas vacinas disponíveis comercialmente na Inglaterra, utilizadas para salmonídeos, carpas e lagostas. O percentual de proteção gerado por vacinas comerciais é geralmente maior que 60%. Na prática, um percentual bem maior pode ser alcançado.

Tabela 13 – Vacinas comerciais disponíveis na Inglaterra.

| Doença | Agente patogênico | Espécie | Tratamento |
|-----------------------|------------------------------|---------------------|------------------|
| Furunculose | <i>Aeromonas salmonicida</i> | Salmão do Atlântico | Injeção/ Imersão |
| Enteric Redmouth | <i>Yersinia ruckeri</i> | Truta arco-íris | Imersão/ Injeção |
| Vibriose | <i>Vibrio anguillarum</i> | Truta arco-íris | Imersão |
| Carpa eritrodermatite | <i>A. salmonicida</i> | Carpa | Imersão |
| Gaffkaemia | <i>A. viridans</i> | Lagosta | Imersão |
| Doença Hitra | <i>Vibrio</i> , spp. | Salmão do Atlântico | Imersão |

Vacinas são consideradas um tipo de imunização protetora de caráter profilático, que pode ser administrada de diversas maneiras: por via oral, *spray*, imersão direta, infiltração osmótica ou injeção intraperitoneal, de acordo com a doença relacionada e os objetivos do tratamento.

Situação Atual e Perspectivas da Piscicultura Como Agroindústria no Brasil

José Eurico Possebon Cyrino, Ph.D.

Entre 1992 e 1994, a contribuição da piscicultura para a produção mundial de pescado aumentou de 14 para cerca de 17%. No mesmo período, a produção de pescado em cativeiro no Brasil acusa um crescimento de cerca de 10% (27.000 para 30.000 ton.)

Tabela 14 – Estatística da produção pesqueira do Brasil na última década

| Pesca | Ano estatístico | |
|-------------|-----------------|---------|
| | 1984 | 1994 |
| marítima | 730.000 | 580.000 |
| continental | 210.000 | 200.000 |
| total | 940.000 | 780.000 |

Tabela 15 – Estimativa da produção da piscicultura brasileira (ton.)

| | |
|--|--------|
| Produção total estimada (1996) | 40.000 |
| Tilápia | 8.000 |
| Carpas (comum e chinesas) | 2.200 |
| Salmonídeos (salmão e truta arco-íris) | 1.900 |
| Catfish (principalmente <i>Clarias</i> sp) | 300 |
| <i>Prochilodus</i> sp | 1.600 |
| Outras espécies | 16.000 |
| % da produção da América Latina/Caribe | 6,16 % |
| % da produção mundial | 0,12 % |

Fonte: Tacon, A. J. 1994. Os números da aquicultura segundo a FAO. Panorama da Aquicultura 4(26): 11 – 14.

Tabela 16 – Produção anual de espécies aquaculturais no estágio juvenil no Brasil, por região (x 1000).

| Espécies ¹ | Norte | Nordeste | Central | Sudeste | Sul | Total |
|--------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Tilápia | 7040 | 200 | | 550 | 7000 | 14790 |
| Carpa comum | | | | 300 | 5000 | 5300 |
| Carpa chinesa | | | | 2150 | 1300 | 3450 |
| Truta arco-íris | | | | 5000 | 8000 | 13000 |
| Catfish ² | | | | 1200 | 2000 | 3200 |
| Tambaqui | 500 | 10000 | 2000 | 5000 | 1000 | 18500 |
| Pacu | | | 1500 | 6500 | 1000 | 9000 |
| <i>Prochilodus</i> | | 3500 | 200 | 4000 | 100 | 1800 |
| Outros peixes | | 2500 | 100 | 500 | 500 | 3600 |
| Rã-touro | 200 | | 120 | 500 | 220 | 1040 |
| Total³ | 7740 | 16200 | 3920 | 25700 | 26120 | 73680 |

(Adaptado de: Castagnolli, N. 1995. Status of aquaculture in Brazil. World Aquaculture 26(4) 35-39)

¹ Os números foram calculados de dados oficiais ou estimados pelo autor.

² A maioria dos “catfish” são do gênero *Clarias*.

³ Os dados representam dados de alevinos somente.

Tabela 17 – Produção anual da aquicultura brasileira por região (toneladas)

| Espécies ¹ | Norte | Nordeste | Central | Sudeste | Sul | Total |
|------------------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|
| Tilápia | | 5000 | | 200 | 2800 | 8000 |
| Carpa comum | | 100 | | 250 | 1400 | 1750 |
| Carpa chinesa | | | | 200 | 250 | 450 |
| Truta arco-íris | | | | 900 | 1000 | 1900 |
| Catfish | | | | 100 | 200 | 300 |
| <i>Prochilodus</i> | | 1200 | 100 | 250 | 50 | 1600 |
| Outros peixes | | | 1500 | 6500 | 1000 | 9000 |
| Camarão água-doce | | 6000 | 100 | 800 | 100 | 7000 |
| Rã-touro | 50 | | 30 | 120 | 50 | 250 |
| Total | 50 | 12300 | 1730 | 9320 | 6850 | 30250 |

(Adaptado de: Castagnolli, N. 1995. Status of aquaculture in Brazil. World Aquaculture 26(4) 35-39)

¹ Os números foram calculados de dados oficiais ou estimados pelo autor.

Para que a piscicultura brasileira possa se desenvolver como agroindústria, há necessidade imediata de uma política desenvolvimentista na área, na forma de:

- reconhecimento da atividade de aquicultura como uma atividade agropecuária, e não ambientalista
- projetos regionalizados de difusão de informação e transferência de tecnologia
- programas educacionais e mercadológicos que visem aumentar o consumo *per capita* de peixe no país
- demonstração da viabilidade econômica dos sistemas de piscicultura intensiva
- estabelecimento de um sistema de coleta, tabulação e interpretação de dados estatísticos de produção e processamento de peixes criados em cativeiro
- adequação de preços para produtores e consumidores
- adequação da legislação de uso da terra e da água às características únicas da piscicultura

Segundo a Associação Mundial de Aquicultura (World Aquaculture Society – WAS, Baton Rouge, LA, USA), os **desafios para a expansão sustentada da aquicultura no mundo** não são muito diferentes daqueles do Brasil (New, M. 1997. Aquaculture and the Capture Fisheries: Balancing the scale. World Aquaculture 28(2): 11-30)

1. Que seja confirmado o declínio da pesca exploratória/extrativa
2. Que sejam resolvidas as dúvidas relativas aos recursos pesqueiros
3. Que se contornem/minimizem os problemas ambientais
4. Assistência financeira para os investimentos e o desenvolvimento
5. Melhoria do nível tecnológico
6. Definição das políticas e regulamentações
7. Melhoria da imagem pública da aquicultura

Estudos sobre o **Estado da Arte da Agroindústria da Piscicultura no Brasil** apontam:

- análises técnico-econômicas sobre os empreendimentos em piscicultura mostram os índices econômico-financeiros da atividade encorajadores:
- taxas de retorno de capital ao redor de 30% ao ano
- período de recuperação de capital médio de 5 anos
- lucro simples (receita - custos) na casa dos 170%

Ainda segundo vários estudos o **principal gargalo** de nossa piscicultura é o desconhecimento de dados sobre a produção pesqueira do Brasil, englobada aqui aquela derivada da aquicultura, tanto em volume quanto em valor comercial, não sabemos quanto produzimos, logo não podemos saber qual o custo desta produção e qual é o seu valor.

Tabela 18 – Espécies tradicionalmente criadas que aparecem na lista de capturas nominais do Brasil (fonte: Anuário Estatístico Pesqueiro da FAO, 1992)

| Nome comum | Espécie ou grupo | Produção média anual estimada (toneladas métricas - MT) | |
|------------|-------------------------|--|---------------|
| | | confirmada 1987 | estimada 1992 |
| Carpas | Cyprinidae | 109 | 100 |
| Tilápias | <i>Oreochromis</i> sp | 12331 | 11115 |
| Trutas | <i>Salmo</i> sp (*, 1/) | 42504 | 38150 |
| Rãs | <i>Rana</i> sp | 10 | 10 |

* atualmente classificadas no gênero *Onchorhynchus* spp

1/ possivelmente inclui o salmão do Atlântico

Tabela 19 – Lista das espécies de peixes nacionais produzidas no Brasil, segundo a literatura científica e artigos de divulgação (não inclui espécies ornamentais).

| Nome vulgar | Nome científico |
|--------------------|--------------------------------------|
| Pacu | <i>Piaractus mesopotamicus</i> |
| Tambaqui | <i>Colossoma macropomum</i> |
| Pirapitinga | <i>Piaractus brachypomum</i> |
| Matrinxã | <i>Brycon cephalus</i> |
| Piraputanga | <i>Brycon hilarii</i> |
| Piracanjuba | <i>Brycon orbignyanus</i> |
| Lambari | <i>Astyanax bimaculatus</i> |
| Piaçu | <i>Leporinus obtusidens</i> |
| Piapara | <i>Leporinus elongatus</i> |
| Trairão | <i>Hoplias lacerdae</i> |
| Curimbatá | <i>Prochilodus sp.</i> |
| Tucunaré | <i>Cichla ocellaris</i> |
| Apaiari | <i>Astronotus ocellatus</i> |
| Cascudo | <i>Rinelepis sp.</i> |
| Pintado | <i>Pseudoplatystoma coruscans</i> |
| Sorubim | <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> |
| Pirarara | <i>Phractocephalus hemiliopterus</i> |
| Pirarucu | <i>Arapaima gigas</i> |

Tabela 20 – Lista das espécies de peixes exóticas produzidas no Brasil, segundo a literatura científica e artigos de divulgação (não inclui espécies ornamentais).

| Nome vulgar | Nome científico |
|----------------------------|------------------------------------|
| Carpa comum | <i>Cyprinus carpio</i> |
| Carpas chinesas | |
| • cabeça-grande | <i>Aristichthys nobilis</i> |
| • prateada | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> |
| • capim | <i>Ctenopharyngodon idella</i> |
| Tilápias | |
| • do Nilo | <i>Oreochromis niloticus</i> |
| • hornorum | <i>Oreochromis hornorum</i> |
| • rendali | <i>Tilapia rendalli</i> |
| • moçambicana | <i>Oreochromis mossambicus</i> |
| Truta arco-íris | <i>Onchorhynchus mykiss</i> |
| Salmão | <i>Salmo salar</i> |
| Bagre-do-canal | <i>Ictalurus punctatus</i> |
| Black bass | <i>Micropterus salmoides</i> |
| Bagre africano | <i>Clarias gariepinus</i> |
| Rã – touro | <i>Rana catesbeiana</i> |
| Camarão gigante da Malásia | <i>Macrobrachium rosenbergii</i> |

A **pesca esportiva no Estado de São Paulo** como exemplo de organização da agroindústria e da controvérsia sobre os dados de estatística da produção:

- dados extra-oficiais dão conta da existência de cerca de 1300 pesque-pagues somente no Estado de São Paulo
- volume comercializado/pesque-pague: 20 a 150 toneladas de peixe/ano
- preço médio de R\$ 2,50/kg
- volume total comercializado: cerca de 110.500 toneladas de peixes/ano
- faturamento bruto do setor produtivo: R\$ 276.250.000,00
- valor médio praticado para venda ao consumidor final: R\$ 4,40
- **conclusão:** o faturamento bruto da indústria da pesca esportiva somente no Estado de São Paulo é de R\$ 486.200.000,00

Proposta de uma Estratégia de Desenvolvimento do Setor Produtivo

Manuais, artigos e livros de desenvolvimento econômico sugerem que os projetos de piscicultura continental dos países em desenvolvimento (Ásia, África e Américas Central e do Sul), contemplem o desenvolvimento social, enfatizando a melhoria do nível nutricional das populações rurais pelo aumento da oferta e consumo de alimento protéico de alta qualidade. Os resultados dos projetos de piscicultura dentro deste enfoque terceiro-mundista, têm sido bastante negativos em razão de:

- má seleção de locais,
- má seleção de espécies
- falta de infra-estrutura de comercialização e armazenagem
- falta de programas de extensão rural e educação continuada
- falta de planejamento global.

A definição dos níveis de produtividade dos sistemas de criação levam em consideração não somente o fluxo d'água dos tanques e os níveis de intervenção ambiental, mas também a qualidade e quantidade do alimento utilizado em conjugação com o uso de aeração suplementar dos tanques e com a estocagem de peixes.

Com o aumento do controle sobre os parâmetros de qualidade da água e nutrição dos animais em criação (intensificação do regime de criação) vai ocorrer um aumento na produção por unidade de área, mas vai ocorrer também um aumento dos custos de implantação e operacionais, tornando maior o risco do empreendimento. Com o avanço do nível de intervenção, pode-se reduzir os riscos, mas no atual estado de tecnologia na área, é possível controlar alguns, mas não todos os processos envolvidos nos sistemas de produção de organismos aquáticos.

Inferência: quanto mais complexo o processo de produção, mais difícil o seu gerenciamento, mas maior sua produtividade e lucratividade.

O desenvolvimento da agroindústria do pescado cultivado no Brasil vai exigir, obrigatoriamente, a adoção de sistemas mais intensivos de produção. Estes sistemas têm maior produtividade e demandam maiores investimentos, mas, em contrapartida, são usualmente menos agressivos ao ambiente (*Insull, D., and C. E. Nash. 1990. Aquaculture projects formulation. FAO Fish. Tech. Pap. No. 316, FAO, Rome, Italy*). É recomendável que as tomadas de decisões no estabelecimento de projetos de piscicultura interior

sejam baseadas no trinômio: interações sócio-econômicas, tecnologia e interações ecológicas. Até recentemente, os critérios adotados na seleção de locais para a implantação de projetos de piscicultura continental incluíam:

1. disponibilidade de água de boa qualidade, com ênfase nos parâmetros de pH e contaminantes orgânicos e inorgânicos
2. as qualidades químicas - disponibilidade de nutrientes e pH - e físicas do solo - baixa permeabilidade e topografia de relevo suave
3. o regime climático regional - temperaturas máxima e mínima, precipitação pluviométrica, fotoperíodo, etc.

Tabela 21 – Expectativa da performance produtiva e econômica no cultivo de tilápia-do-Nilo utilizando diferentes tipos de alimentos (*apud* Kubitza, F. 1997. Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes. Págs.: 63-101 in Cyrino, J. E. P. e F. Kubitza, editores. Anais do Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Peixes. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Campinas, SP)

| Alimento utilizado ¹ | Produção (kg/ha) | Alimento (kg MS/ha) | kg alimento/ 1.000 kg de peixe | Carga poluente (kg MS/ha) ² | Custo/kg peixe (R\$) ³ | Receita líquida (R\$/ha) ⁴ |
|---------------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Cama de frango | 1.800 | 17.190 | 10.610 | 16.686 | 0,91 | 1.962 |
| Ração farelada | 3.400 | 12.852 | 4.200 | 11.900 | 1,08 | 3.128 |
| Ração Peletizada | 4.600 | 9.522 | 2.300 | 8.234 | 0,92 | 4.968 |
| Ração Extrusada | 6.800 | 7.956 | 1.300 | 6.052 | 0,74 | 8.568 |

¹ Custo (R\$/kg): cama de frango: 0,06; ração farelada: 0,18; peletizada: 0,28; extrusada: 0,40.

² Diferença entre a quantidade de matéria seca (MS) aplicada e a MS removida no peixe (1.000 kg de peixe contém 280 kg de MS).

³ Considerando o alimento como responsável por 70% do custo de produção.

⁴ Preço de venda de R\$ 2,00/kg.

Dentro desta ótica atualizada, a viabilidade econômica de projetos agropecuários deve passar a ser avaliada através de índices econômicos de alcance indireto:

- capacidade de geração de empregos diretos e indiretos
- melhoria da renda familiar
- crescimento econômico regional

Como resultado, os investimentos vão adquirir certa independência dos subsídios governamentais, dentro de uma perspectiva cada vez mais empresarial e cada vez menos sócio-política. Isto permitirá que a piscicultura continental passe a ser encarada como a agroindústria do pescado de água doce, com uma cadeia produtiva bem definida.

Desta maneira, os requisitos mínimos para se contornar de imediato as dificuldades e limitações à implantação da agroindústria do pescado no país podem ser estabelecidos como sendo:

1. existir uma vontade política que promova uma ampla revisão setorial e estabeleça um plano global de ação
2. os produtores abandonem os modelos utilizados atualmente (principalmente aqueles baseados na utilização de dejetos animais), ecologicamente incorretos e de grande impacto ambiental, em favor

de um modelo de piscicultura intensiva e que observe as limitações e cuidados das práticas anti-polução orgânica, de menor impacto ambiental e ecologicamente mais seguro

3. funcionar no sistema integrado através de centros regionais que garantam: a produção e distribuição de insumos; alevinos; treinamento de mão-de-obra; assistência técnica; e funcione como campo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico
4. a indústria da alimentação animal adaptar-se às exigências do novo mercado potencial de ração
5. as unidades processadoras garantirem ao produtor a despesa dos tanque e que a chegada do pescado ao abatedouro se dê em perfeitas condições
6. for garantido o funcionamento das ininterrupto das unidades de abate e beneficiamento do pescado, através de um sistema de manejo e escalonamento da produção
7. for garantido a sanidade no armazenamento dos produtos beneficiados ou processados e a regularidade na entrega das partidas ou da safra, permitindo fácil escoamento da produção, competitividade na obtenção de melhores preços, e segurança ao consumidor

Estes requisitos podem ser preenchidos com (1) uma revisão setorial que garanta um diagnóstico correto da situação, a definição clara das metas (fins) e das estratégias (meios); (2) a execução dos serviços técnicos, e o alinhamento de parceiros técnicos e comerciais, devem garantir a solidez dos projetos específicos e dos investimentos, bem como o barateamento dos custos de implantação da agroindústria; (3) realização de treinamento nas técnicas de piscicultura pelos interessados na implantação de uma agroindústria do pescado, com engajamento nos setores produtivos das diversas áreas do conhecimento, tendo como meta a preparação de um plano global de trabalho sob orientação de uma equipe técnica multidisciplinar.

Perspectivas do Mercado de Pescado

O mercado consumidor de peixes é pouco conhecido no Brasil. Salvo em relação ao mercado do pescado enlatado, já firmado como indústria competente, os dados que se dispõem são vagos. A captura inconstante e às vezes escassa e as ações apenas individuais das indústrias pesqueiras fazem com que o mercado consumidor seja pouco estimulado e conhecido.

- o consumo médio *per capita* anual de pescado

| | |
|-----------------------|--------|
| <i>Brasil</i> | 4,9 kg |
| <i>Estados Unidos</i> | 6,8 kg |
| <i>Portugal</i> | 36 kg |
| <i>Senegal</i> | 40 kg |
| <i>Japão</i> | 68 kg |

- população mundial no ano 2.000 6,1 bilhões de habitantes
- necessidade anual de pescado 114 milhões ton.
- máximo potencial mundial de desembarque de pescado marinho não deve ultrapassar 90 milhões de toneladas.
- diferencial terá que ser suprido pela pesca e piscicultura continental.

A **projeção da Associação Mundial de Aquicultura** (World Aquaculture Society – WAS, Baton Rouge, LA, USA) **para expansão da atividade no mundo** (New, M. 1997. Aquaculture and the Capture Fisheries: Balancing the scale. World Aquaculture 28(2): 11-30)

Produção em 1995 (excluindo a produção de algas) 21,3 milhões de ton.

Metas de Expansão até o ano 2025

1. para manter os níveis atuais de consumo anual de 13,5 kg *per capita* **52,0 milhões de ton.**
2. para elevar os níveis de consumo anual para 18,4 kg *per capita* **92,6 milhões de ton.**

Perspectivas do comércio internacional

- a carne de pescado apresenta maior digestibilidade por conter menos tecido conjuntivo (3%) em comparação aos mamíferos (17%). Apresenta ainda, em média, 5% de gordura (cerca de $\frac{1}{3}$ dos mamíferos), 26% de proteína, todos os aminoácidos (1 a 5 mg de aminoácidos livres/g de proteína), elevados teores de vitaminas do complexo B, e menos que 1,5% de matéria mineral (embora seja excelente fonte de cálcio e fósforo).
- todos os indicadores de qualidade, potencial de produtividade e expectativa de demanda apontam o pescado como o produto agrícola do futuro. A aquicultura mundial vem respondendo a esta pressão de produção, e crescendo em média 35% ao ano. Isto demonstra que a piscicultura como atividade do setor primário, pode tornar-se uma excelente opção de investimento no Brasil.
- enquanto as qualidades da carne de peixes são mundialmente reconhecidas, o que potencializa um mercado futuro, a produção e consumo deste produto ainda se encontra concentrada, naqueles povos onde consumir peixe é sobretudo uma atitude cultural, notadamente os asiáticos e os nórdicos. Essa característica se deve principalmente à intensa convivência desses povos com o mar aliada em alguns casos às próprias dificuldades de produzir alimento no continente.

Perspectivas brasileiras

A exemplo de outros povos latinos e de grande miscigenação, o Brasil não tem o hábito cultural de consumir quantidades significativas de pescado. Este produto ainda sofre a concorrência com outras carnes que muitas vezes são mais baratas do que a carne de peixe - bovina, suína e notadamente a de frango, cuja produção e industrialização se expandiu de forma extraordinária nos últimos 20 anos, e que também pode ser considerada bastante saudável à dieta de sociedade moderna, tornando-se a concorrente mais próxima da carne do peixe, com bom preço e ótima composição.

Embora o Brasil apresente mais de 8.000 km de costa marítima, a presença do pescado em nossas águas marinhas não é intensa, e sua captura é onerosa, enquanto a estrutura de industrialização e distribuição não contribuem de forma efetiva para estimular o consumo de pescado pelo brasileiro. A apresentação deste produto nas peixarias, supermercados e casas de carnes deixa muito a desejar. Os fatores inibidores de consumo são: (1) embalagens são inconvenientes; (2) má conservação; (3) reduzido processamento; (4) presença de espinhos na carne.

Tabela 22 – Perspectivas do mercado de pescado no Brasil.

| Positivas | Negativas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • há carência de proteína de qualidade para a população • a população está se expandindo, e automaticamente demanda de alimentos • a população busca alimentos mais saudáveis para atender às necessidades da vida moderna, aumentando a demanda por alimentos como a carne de peixes | <ul style="list-style-type: none"> • produto oferecido de forma inconsistente e com qualidade duvidosa • produtos pouco processados e portanto pouco práticos • prática de preços elevados em relação às fontes tradicionais de proteína • produção, industrialização e distribuição desconexas • falta o hábito de consumo de pescado na população |

A solução para o desenvolvimento da agroindústria do pescado cultivado no Brasil seria o estabelecimento de *um sistema integrado de produção*, industrialização e comercialização com *foco no mercado consumidor*. A agricultura brasileira sempre esperou do governo incentivos e políticas direcionadas, sendo uma das poucas atividades cujo valor de venda de seus produtos é desconhecido no início da “ação de produzir. A integração entre as várias etapas do processo é inevitável. Uma produção estruturada exige uma industrialização conveniente, que atenda aos anseios do mercado, o qual é constantemente pesquisado, orientado e estimulado por uma demanda estrategicamente arquitetada. Estruturas verticalizadas garantem volumes elevados, preços convenientes e produtos de qualidade. Estas estruturas se complementam entre si na busca de uma consolidação perante o mercado. Estas estruturas seriam originadas de associações, cooperativas e, principalmente, empresas voltadas à investigação das demandas do mercado, que pudessem, a partir de um sistema de levantamento de dados, interferir no processo de produção e industrialização.

A troca de produtos, técnicas e informações torna-se fundamental para a geração de uma produção homogênea e com elevado poder de barganha. Nestas condições estabelecer-se-ia um mercado, com características próprias, diversas e independente do mercado do pescado capturado, cujas características de obtenção e formação de preço são totalmente diversos da piscicultura. Para o estabelecimento do sistema integrado de produção devem ser identificados parceiros técnico-comerciais, que garantam a terceirização de serviços, a redução dos custos de implantação e custeio da produção, e a comercialização dos produtos. Um sistema de produção começa nos produtores do setor primário, e termina no consumidor

A produção e distribuição de rações

deve ficar a cargo de fábricas de ração adaptadas à produção de alimento para organismos aquáticos, através da instalação de equipamento específico, de alto custo e cuja aquisição em geral só é justificável quando não for utilizado com grande capacidade ociosa. A produção em larga escala e a capacidade de armazenamento de matérias primas de uma fábrica barateia os custos e garante o fornecimento ininterrupto de alimento de boa qualidade, com reduzido tempo de prateleira.

A produção e distribuição de alevinos

exige investimento substancial na instalação das benfeitorias, que terão capacidade ociosa considerável. Para que uma produtora e distribuidora de alevinos funcione com eficiência, exige que a mão-de-obra disponível seja altamente qualificada e treinada. A disponibilidade de profissionais treinados e capacitados a prestar assistência técnica em piscicultura é instrumental à implantação e bom andamento de

um projeto integrado de produção de pescado. Para tanto, um sistema integrado deve contar também com uma célula de demonstração, treinamento de mão-de-obra e assistência técnica especializada.

A entrega (capacidade de) de peixes vivos aos beneficiadores

não pode ser feita pelos produtores porque o investimento em um sistema de captura e transporte de peixes vivos até o abatedouro é muito alto: Trata-se de um equipamento caro e de grande capacidade ociosa. Este investimento deve ser feito pelos abatedouros, e amortizados parcialmente de modo cooperativo com a participação dos produtores integrados.

O funcionamento ininterrupto da unidade processadora

deve ser feito com pelo menos duas linhas de abate, beneficiamento e/ou processamento. Para tanto, recomenda-se que sejam abatidos e processados 100 ton. semanais de peso vivo de peixes

A assistência técnica

deve levar em conta que projetos de piscicultura dependem de estudos cartográficos e levantamentos planialtimétricos muito preciso e bem documentados, e preferivelmente devem ficar a cargo de empresas especializadas, mas deve ser reservado aos especialistas em piscicultura o direito de participar do processo de seleção e orientação destas empresas. Em adição, é altamente recomendável que seja feita uma completa caracterização físico-química dos recursos hídricos regionais. Para tanto, é recomendável que sejam adquiridos pelos potenciais investidores e postos a serviço imediato dos técnicos aparelhos de análise de água para aquicultura

Monitoramento e controle ambiental

Os produtores devem ainda ser obrigados a responsabilizar-se pela construção de um sistema de lagoas de decantação com fotossíntese acelerada, que garanta a recuperação da qualidade água utilizada nos tanques antes de sua devolução ao meio. Em adição, o beneficiamento de peixes exigirá a instalação de um sistema ecologicamente correto de processamento dos resíduos.

Comercialização

A colocação do produto originado de um projeto de piscicultura – pescado beneficiado ou processado – no mercado consumidor demandará o estabelecimento de um programa de propaganda e educação do consumidor, tanto local como aquele externo à região. Assim, é recomendável que antes do início da comercialização dos produtos, seja iniciada uma campanha educacional e promocional, inicialmente em nível regional, depois estadual, e posteriormente em nível nacional, se aplicável.

Considerações Finais

A piscicultura é, definitivamente, um investimento de e do futuro. Para que passe a ser uma prática agrocomercial do presente, muito há que se fazer em termos de regulamentação do uso da água e do solo, translocamento e introdução de espécies de peixes, desenvolvimento de uma tecnologia nacional e(ou) adaptação da tecnologia dos países mais evoluídos na área. Tudo isto é possível, como mostram experiências recentes de países centro e latino-americanos e asiáticos, que hoje dominam grande parte do mercado norte americano com sua produção de tilápias em regime intensivo, praticando preços muito atrativos. Para tanto, há que se acreditar na técnica, esquecer as paixões e usar a razão.

Projetos e estratégias desenvolvimentistas são sempre baseados em experiências e modelos de desenvolvimento agroindustriais bem sucedidos. Por causa da complexidade da piscicultura, em geral é bastante difícil se fazer uma imagem correta e entender de pronto a dimensão de uma proposta de desenvolvimento na área. Não há um modelo pronto para o Brasil, mas existem bons exemplos a serem

seguidos. As possibilidades de se alcançar sucesso a médio prazo são bastante animadoras. Depende apenas do trabalho, vontade e esforço de cada um.

O país atravessa uma crise de desemprego. A oferta de empregos diretos gerados pela indústria que era de 64% da população ativa em 1960, caiu para 12% em 1990 e deve chegar a apenas 2% no ano 2020. O estabelecimento de um novo parque industrial, agregando diversos níveis de produtores e serviços, tem um potencial apreciável de geração de empregos diretos e indiretos, e contribuirá para o desenvolvimento social e econômico do país de maneira significativa.

Referências bibliográficas e literatura recomendada

- Andrighetto, J. M. (editor). 1992. Normas e Padrões de Nutrição e Alimentação Animal. Livraria Nobel S.A., São Paulo.
- Anônimo. 1993. Peixe: o novo produto do campo. Pág: 112-129 "in" Guia Rural 1993, Editora Abril, SP.
- Anônimo. 1994. Peixe: o milagre possível. Revista Globo Rural, Edição Especial - Como Criar, Ano 10 (101): 8 - 22.
- Arrignon, J. 1979. Ecología y Piscicultura de Águas Dulces. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Bardach, J. E.; J. H. Ryther and W. O. McLarney. 1972. Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. 2 ed. Science Editions[®], John Wiley and Sons, New York, USA.
- Boyd, C. E. 1976. Lime requirement and application in fish ponds. FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan. FIR:AQ/Conf./76/E.13.ii+6p.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA.
- Boyd, C.E. and F. Lichtkoppler. 1979. Water quality management in pond fish culture. Research and Development Series No. 22. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA.
- Castagnolli, N. 1979. Fundamentos de Nutrição de Peixes. Livroceres, Piracicaba, SP.
- Castagnolli, N. 1992. Piscicultura de Água Doce. FUNEP/UNESP "campus" de Jaboticabal, SP.
- Castagnolli, N. e J. E. P. Cyrino. 1985. Piscicultura nos Tópicos. Editora Manole, São Paulo.
- Chabalin, E. e J.A. Ferraz de Lima. 1988. Análise econômica de um cultivo intensivo de pacu (*Colossoma mitrei*) no centro-oeste do Brasil. Bol. Téc. CEPTA 1(1): 61 - 68.
- Colt, J. 1991. Aquacultural production systems. J. Anim. Sci., 69: 4183-4192.
- Dajoz, R. 1983. Ecologia Geral. 4ed. Editora Vozes, Petrópolis, RJ.
- Daker, A. 1983. Hidraulica Aplicada à Agricultura. 6 ed. Livraria Freitas Bastos S/A, Rio de Janeiro, RJ.
- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência Ltda. / FINEP. Rio de Janeiro, RJ.
- Gerking, S. D. (editor) 1978. Ecology of Freshwater Fish Production. Halsted Press, New York, USA.
- Hepher, B. and Y. Pruginin. 1981. Commercial Fish Farming. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Hoffman, R., O. Serrano, E. M. Neves, A. C. M. Thame e J. J. C. Engler. 1987. A Administração da Empresa Agrícola. 7. ed. Livraria Pioneira Editora, São Paulo.
- Huet, M. 1978. Tratado de piscicultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Jolly, C. M. and H. A. Clonts. 1992. Economics of Aquaculture. Food Products Press - Harworth Press, Inc., New York, USA.
- Lowe-McConnel, R. H. 1975. Fish communities in tropical freshwaters. Longman, London
- Meade, J. W. 1989. Aquaculture Management. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Domestic Animals: Nutrient requirements of coldwater fishes. National Academy of Sciences of the United States of America. Washington, DC, USA.
- National Research Council. 1983. Nutrient Requirements of Domestic Animals: Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes (revised edition). National Academy of Sciences of the United States of America. Washington, DC, USA.
- Noronha, J. F. 1987. Projetos Agropecuários: Administração Financeira. 2. ed. Editora Atlas S.A., São Paulo.
- Piper, R.G.; I.B. McElwain, L.E. Orme, J.P. McCraren, L.G. Fowler, and J.R. Leonard. 1986. Fish Hatchery Management. 3 ed. United States Department of Interior, Fish and Wildlife zservice, Washington, DC, USA.
- Popma, T. J. and L. L. Lovshin. 1996. Worldwide prospects for commercial production of Tilapia. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL. Research and Development SeriesNo. 41.
- Russel-Hunter, W.D. 1970. Productividad Acuática. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

- Schmittou, H.R.; J.H. Grover, S.B. Peterson, A.R. Librero, H.B. Rabanal, A.A. Portugal and M. Adriano. 1985. Development of Aquaculture in the Philippines. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL. Research and Development Series no. 32.
- Ramos, M. M. 1980. Barragens de terra para açudes e viveiros. Informe Agropecuário 6(67): 3 - 10.
- Val, A.J. do. 1992. Nas águas do Brasil. Revista Globo Rural, Ano 7 (nº 83/set.): 48 -53.
- Val, A.J. do. 1993. O mar no sertão. Revista Globo Rural, Ano 8 (nº 92/jun.): 38 - 46.
- Welch, E.B. 1980. Ecological Effects of Waste Water. Cambridge University Press, London.
- Wheaton, F. W. 1987. Aquacultural Engineering. 2 ed. Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar, Florida, USA.
- Woyanovich, E. e L. Horváth. 1983. A Propagação Artificial de Peixes de Águas Tropicais: Manual de Extensão. CODEVASF/CNPq, Brasília, DF.
- Yoo, K H. and Boyd, C. E. 1994. Hydrology and Water Supply for Pond Aquaculture. Chapman & Hall, AVI Book, New York, USA.