

QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES - PARTE I

Por Fernando Kubitza,
especialista em Nutrição e Produção de Peixes,
mestre em Engenharia Agrônoma pela ESALQ - USP e
Ph.D pela Auburn University - Alabama, USA.
Hoje ocupa o cargo de Coordenados do
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento do Projeto Pacu. A

1. Introdução:

Condições inadequadas de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso dos sistemas aquaculturais. Inúmeros são as variáveis e 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.

2. Aspectos Fisiológicos dos Peixes Importantes à Produção

2.1. 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, a pecilotermia confere uma vantagem aos peixes comparados aos animais homeotérmicos que gastam boa parte da energia dos alimentos para a 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.

2.2 Respiração. Com o auxílio das brânquias (ou guelras), os peixes realizam as trocas gasosas por difusão direta entre o 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. Partículas de silte e argila, bem como a presença de parasitos e patógenos sobre as brânquias prejudicam a respiração e podem causar asfixia nos peixes.

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

2.4 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 a 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 o 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 das 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.

3. O Uso da Água nos Sistemas Aquaculturais

Quanto a intensidade de utilização ou renovação de água, os sistemas de produção intensiva de peixes podem ser classificados como: sistemas de água parada; sistemas com renovação de água; sistemas de recirculação de água.

3.1 Sistemas de água parada ou estáticos Os sistemas de água parada se caracterizam pela somente reposição das perdas devido à infiltração e à evaporação da água dos tanques e viveiros, os quais podem ser utilizados em dois ou mais ciclos de cultivo sem serem esvaziados. Este sistema é bastante usado onde o suprimento de água é limitado ou em situações em que o abastecimento dos tanques depende de bombeamento, o que pode onerar demasiadamente os custos de produção. A capacidade de produção dos sistemas de água parada gira ao redor de 4.000 a 12.000 kg de peixes/há, em função da espécie cultivada e da estratégia de produção adotada.

3.2 Sistemas com renovação de água Onde há adequada disponibilidade de água e o abastecimento pode ser feito por gravidade, muitos produtores optam pela utilização de sistemas com renovação de água. Nestes sistemas pode haver entrada e saída contínua de água (sistema contínuo) ou a renovação periódica de um certo volume de água dos tanques e viveiros (sistema intermitente). A renovação de água permite uma diluição na concentração de resíduos orgânicos e metabólicos, evitando uma excessiva eutrofização dos tanques e viveiros. De 10.000 a 30.000 kg de peixe/há de viveiro pode ser produzido, em função da espécie e da estratégia de produção adotada. **Sistemas de alto fluxo.** Salmonídeos (como exemplos a truta arco-íris, o salmão do Atlântico, o salmão Coho e o salmão rosa) são bastante exigentes em relação à qualidade da água. O mais tradicional dos sistemas de cultivo de salmonídeos utiliza tanques supridos com grande fluxo de água (os chamados "raceways"). Tilápias, carpas e bagre-do-canal, entre outras espécies, também são bastante cultivados em sistemas de alto fluxo. Cerca de 30 a 150kg de peixe/m³ de volume de raceways podem ser produzidos, em função do fluxo de água e uso de aeração contínua. Considerando-se uma profundidade de 1m, cerca de 300 a 1.500 toneladas de peixe podem ser produzidos por hectare de raceway.

3.3 Sistemas de recirculação de água Os sistemas de recirculação de água são adequados quando o objetivo é produzir um grande volume de peixes sob limitações quanto ao uso ou disponibilidade da água e área. Como o sistema é praticamente fechado, embora periodicamente possa haver uma troca parcial ou mesmo total da água do sistema, é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos. Unidades de filtração mecânica e biológica e aeradores são instalados em série para remover os sólidos da água, promover a transformação microbiológica da amônia e do nitrito (substâncias tóxicas aos peixes) em nitratos, e repor o oxigênio consumido e eliminar o excesso de gás carbônico acumulado na água do sistema. A capacidade de produção destes sistemas gira ao redor de 20 a 70 kg/m³, em função da espécie, da capacidade de renovação de água e do nível tecnológico adotado pelo produtor. Sistemas de recirculação de água também são usados para garantir a sobrevivência de espécies de peixes tropicais em regiões onde o inverno é rigoroso. Neste caso, faz-se uso de um sistema fechado de recirculação de água em estufas plásticas aproveitando a energia solar para aquecimento. Aquecimento elétrico e o uso de fontes geotérmicas de água, quando existentes, são alternativas para assegurar uma adequada temperatura na água durante o inverno. A função principal da recirculação de água, neste caso, é minimizar as perdas de calor do sistema, mantendo a temperatura em níveis satisfatórios com menor gasto de energia. As discussões que se seguem enfocarão, basicamente, o manejo da qualidade da água em tanques e viveiros em sistemas de água parada ou sistemas de renovação intermitente de água. Alguns aspectos relacionados aos sistemas de alto fluxo serão discutidos oportunamente.

Variáveis	Represa Piracicaba, SP	Açude Auburn, AL, USA	Córrego Campos do Jordão, SP	Represa Rio das Pedras, SP
pH	6,6	6,8	6,6	6,9
CO ₂ (mg/l)	5,4	4,0	5,0	26,3
Oxigênio (mg/l)	7,6	8,4	8,8	6,1
Alcalinidade (mg/l)	8,0	13,7	13,0	121,1
Dureza (mg/l)	16,0	17,1	7,0	52,8
N-NH ₃ (mg/l)	0,09	0	0	2,7
Ferro (mg/l)	< 0,05	-	0,2	0
SO ₄ ⁻ (mg/l)	0,09	-	-	29,5
PO ₄ ⁻ (mg/l)	0,07	-	0	314

Tabela 1- Composição química de águas superficiais em diferentes localidades

4. Fontes de Água para Piscicultura

O adequado suprimento de água de boa qualidade é fundamental para o sucesso de explorações aquaculturais. A seguir é apresentada uma discussão sobre a qualidade e limitações quanto ao uso das diversas fontes de água utilizadas em aquicultura.

4.1. Águas superficiais Rio, lagos naturais, açudes e córregos são exemplos de fontes superficiais de água usadas em piscicultura. Tais águas geralmente apresentam concentrações de oxigênio e gás carbônico próximas à saturação, sendo adequadas à vida dos peixes,

excetuando-se os casos em que haja contaminação com resíduos agrícolas (pesticidas, herbicidas, e argila e silte em suspensão devido aos processos erosivos), industriais e urbanos (domésticos e hospitalares). A composição química de algumas fontes de águas superficiais são apresentadas na tabela 1. A temperatura das águas superficiais flutua de acordo com a hora do dia e época do ano, podendo restringir o cultivo de alguns peixes. Águas superficiais também podem trazer peixes e outros organismos indesejáveis ao ambiente de cultivo, sendo necessária a proteção das linhas de abastecimento com filtros e telas.

4.2. Águas subterrâneas As águas provenientes de minas e poços (originária de lençóis freáticos) têm sido usadas no abastecimento de sistemas aquaculturais. Água subterrâneas. Geralmente estas águas apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido e altos níveis de gás carbônico, necessitando de aeração ou exposição ao ar através de repesamento ou percorrendo canais abertos antes de abastecer os sistemas de criação. Águas subterrâneas apresentam temperatura praticamente constante durante o ano. Águas de poços e minas podem conter elevados teores de íons reduzidos de ferro que rapidamente se oxidam quando em contato com o ar, formando precipitados de hidróxido de ferro. Tais precipitados são prejudiciais em incubatórios, pois podem recobrir a superfície dos ovos e impedir as trocas de gases e metabólitos, causando a morte do embrião em desenvolvimento. Uma aeração vigorosa, seguida por um período de decantação, auxiliam na precipitação do hidróxido de ferro, melhorando a qualidade destas águas para uso em incubatórios.

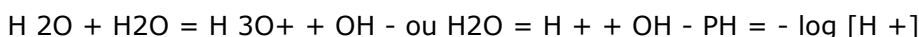
Variáveis	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4
pH	6,3	8,4	7,4	5,7
CO ₂ (mg/l)	9,7	0	0	26,4
Oxigênio (mg/l)	1,2	0,4	0	2,2
Alcalinidade (mg/l)	71,4	260,1	106,6	11
Ca ⁺² (mg/l)	5,2	1,6	185,3	2,2
Mg ⁺² (mg/l)	3,4	0,2	41,3	1,1
Na ⁺ (mg/l)	46,8	105,7	1412,5	1
Cl ⁻ (mg/l)	86,1	3,9	3110,7	3,4
Fe ⁺² (mg/l)	0,64	0,04	10	0,3

5. Indicadores de Qualidade da Fonte de Água

5.1 Presença de vida A exigência de peixes e outras formas de vida é um forte indicativo da qualidade de uma fonte de água para piscicultura. Técnicos e piscicultores devem desconfiar da qualidade de águas superficiais desprovidas de organismos vivos. Os fatores limitantes devem ser identificados e corrigidos com práticas economicamente viáveis para adequação desta água à piscicultura.

5.2 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 temperaturas de 28 a 32 °C. Temperaturas mínimas e máximas da água devem ser conhecidas de modo a determinar a viabilidade do cultivo de uma espécie em particular.

5.3 Concentração hidrogeniônica da água (pH) O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração (em mols/L) dos íons H⁺ na água. Os valores de pH da água indicam se esta possui reação ácida ou básica.



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 à produção de peixes. Valores abaixo ou acima desta faixa podem prejudicar o crescimento e a reprodução e, em condições extremas, causar a morte dos peixes. 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).

Método de determinação : o pH pode ser medido usando-se papéis indicadores de pH ou kits colorimétricos com uso de indicadores em gotas ou, de forma mais precisa, com aparelhos eletrônicos de maior precisão ("pH meters").

5.4 Alcalinidade total Este parâmetro se refere à concentração total de bases tituláveis da água. Embora a amônia, os fosfatos, os silicatos e a hidroxila (OH^-) se comportem como bases contribuindo para a alcalinidade total, os íons bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}) são os mais abundantes e responsáveis por praticamente toda a alcalinidade nas águas dos sistemas aquaculturais. A alcalinidade total é expressa em equivalentes de CaCO_3 (mg de CaCO_3 / L). O ácido carbônico (H_2CO_3) é um produto da reação ácida do CO_2 na água. A ionização do ácido carbônico é o processo desencadeador da formação do íon bicarbonato, como ilustrado a seguir:

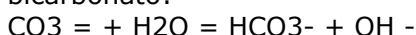


O íon bicarbonato age como base formando CO_2 e H_2O , ou como ácido, dissociando-se para formar o íon carbonato, como se segue:

$\text{HCO}_3^- = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; reação como base

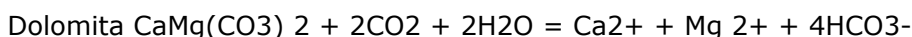
$\text{HCO}_3^- = \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$; reação como ácido

O íon carbonato (CO_3^{2-}) reage como uma base, dissociando-se para produzir hidroxila e íon bicarbonato:

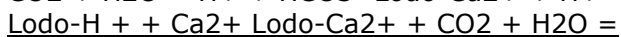


Menos de 1% de todo o CO_2 dissolvido na água forma ácido carbônico. No entanto, águas naturais contém muito mais íons bicarbonatos do que seria possível apenas com a ionização do ácido carbônico presente no sistema. Isto se explica pela direta reação do CO_2 com rochas e solo, formando íons bicarbonato:

Calcita



Íons bicarbonato também são formados num processo de troca iônica de íons Ca^{2+} por íons H^+ no lodo (substrato) dos viveiros, na presença de CO_2



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 mg CaCO_3/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.

Método de determinação A alcalinidade total é determinada através de um processo titulométrico, em laboratório ou no campo. Tal princípio de análise é utilizado em kits de análise de água e segue descrito a seguir:

1) coletar uma amostra de 100mL da água a ser analisada;

2) adicionar 4 gotas de um indicador a base de fenolftaleína; se a água ficou incolor ($\text{pH} < 8,3$), prossiga com o item 3; se a água ficou rosa ($\text{pH} > 8,3$) prossiga com o passo 4.

3) Adicionar 4 gotas do indicador alaranjado de metila (methyl orange) e titular a amostra com a solução de ácido clorídrico (HCl) 0,0163N até a água mudar de coloração do amarelo para o laranja ($\text{pH} = 4,3$). Multiplicar o volume de ácido utilizado por 10,1 para obter a alcalinidade total da água (em mg CaCO_3/L), neste caso devida exclusivamente à presença de íons bicarbonatos.

4) Titular a amostra com uma solução de HCl 0,0163N até a coloração da água mudar de rosa para incolor ($\text{pH} = 8,3$). Anotar o volume (P) de ácido utilizado. Prossiga com o passo 5

5) Adicione a mesma amostra 3 gotas do indicador alaranjado de metila e titule com HCl 0,0163N até a mudança de cor do amarelo para o laranja ($\text{pH} = 4,3$). Anotar o volume (B) de ácido utilizado.

6) Fazer os seguintes cálculos: a) se $B = 0$, então $P \times 22,5$ é o valor da alcalinidade total (em mg CaCO_3/L), neste caso devido, exclusivamente, a presença de íons hidroxila (OH^-). b) se $B \neq 0$

$P = 0$, então $P \times 10$ é o valor da alcalinidade total (em mg CaCO_3/L), neste caso devido, exclusivamente, a presença de íons carbonato (CO_3^{2-}). c) se $B - P = C$, então $P \times 10$ é o valor da alcalinidade (em mg CaCO_3/L) devido à presença de íons carbonato (CO_3^{2-}) e $C \times 10,1$ é o valor da alcalinidade (em mg CaCO_3/L), neste caso devido à presença de íons bicarbonato (HCO_3^-). A soma destes dois resultados indica o valor da alcalinidade total da água.

5.5. Dureza total: a dureza total representa a concentração de íons metálicos, principalmente os íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) presentes na água.

A dureza total da água é expressa em equivalentes de CaCO_3 (mg CaCO_3/L). Em águas naturais, os valores de dureza total geralmente se equiparam a alcalinidade total, ou seja, Ca^{2+} e Mg^{2+} praticamente se encontram associados aos íons bicarbonatos e carbonatos.

No entanto, existem águas de alta alcalinidade e baixa dureza, nas quais parte 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 a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos. Método de determinação: a dureza total da água é determinada através de método titulométrico, mesmo princípio utilizado pelos kits de análise de água, como descrito a seguir: 1) coletar 50 mL de amostra de água e transferir para um Erlenmeyer. Adicionar 1 mL de solução tampão e misturar. A solução tampão é preparada misturando-se 67,5 mL de cloreto de amônia e 570 mL de hidróxido de amônia em balão volumétrico, completando o volume da solução para 1L com água destilada. 2) Adicionar 4 gotas do indicador Eriocromo negro 'T' e titular com solução de EDTA sódico (solução contendo 4g do sal etilenodiamino tetracético dissódico e 0,1g de cloreto de magnésio hexahidratado e diluída a 1L com água destilada). A mudança de cor do vermelho-vinho para azul puro indica o final da titulação. Multiplicar por 20 o volume de EDTA usado para obter o valor da dureza total da água, expressa em mg de CaCO_3/L . 5.6. Gás carbônico (CO_2): comparativamente ao nitrogênio e argônio, o CO_2 está presente em baixa proporção na atmosfera (tabela 3). Portanto, mesmo sendo altamente solúvel, as concentrações de CO_2 na água são bastante baixas. A água pura saturada com CO_2 a 25°C (760 mmHg) tem uma concentração de CO_2 de 0.46 mg/L. 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. Método de determinação: a concentração de gás carbônico na água pode ser determinada por um processo titulométrico, em laboratório ou no campo. Este mesmo princípio de análise é utilizado nos kits práticos de análise de água. Tal processo é descrito a seguir:

1) coletar duas amostras de água de 20mL e adicionar 3 gotas de indicador base de alaranjado de metila (methyl orange) a uma delas e 3 gotas de indicador a base de fenolftaleína a outra. Se a CO_2 amostra (alaranjado de metila) ficou amarela e a segunda (fenolftaleína) incolor, então há CO_2 livre na água.

2) pipetar 200mL da mesma amostra e colocar em um Erlenmeyer. Adicionar 10 gotas de indicador a base de fenolftaleína.

3) titular a mostra com carbonato de sódio 0,0454N até obter uma coloração rosa claro ou pH de 8,3 na amostra. A concentração de CO_2 em mg/L, é calculada multiplicando por 5 o número de mL de carbonato de sódio utilizado na titulação.

5.7. 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 de 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.

Gases atmosféricos	Proporção do total dos gases (%)	Pressão dos gases no ar a 25 °C (mm Hg)
Nitrogênio	78,08	593,4
Oxigênio	20,95	159,2
Argônio	0,93	7,1
Gás carbônico	0,03	0,2
Solubilidade do CO ₂ (mg/l) em água doce e salgada sob condições de equilíbrio com a atmosfera (760 mm Hg)		
Temperatura (°C)	Água doce (0 ‰)	Água salgada (35 ‰)
10	0,75	0,63
15	0,63	0,53
20	0,54	0,46
25	0,46	0,4
30	0,4	0,35
35	0,35	0,31

Métodos de determinação: a concentração de amônia e nitrito na água pode ser determinada através de métodos colorimétricos, como os utilizados pelos kits de análises de água. Determinações sem o auxílio destes kits exigem equipamentos de alto custo, como os espectrofômetros, disponíveis apenas em laboratórios mais sofisticados.

5.8. Transparência da água e o uso do disco de Secchi: a transparência (capacidade de penetração da luz) da água pode ser usada como um indicativo da densidade planctônica e da possibilidade de ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido durante o período noturno.

Sob condições de transparência maiores que 40 cm, medida com o disco de Secchi ou com a imersão de qualquer objeto na coluna d'água, 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 oxigenômetro 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 arraçamento diário ou as dosagens de fertilizantes e esterco aplicados, bem como aumentar o intervalo entre aplicações. Promover a renovação da água, quando possível, auxilia no ajuste dos volumes de transparência.

Próximas Edições:

Parte II edição 46

Parte III edição 47