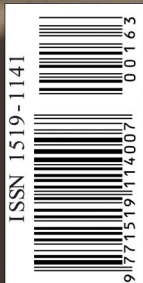




Panorama da **AQUICULTURA**



CRESCIMENTO DE PÓS-LARVAS
Índice inovador cria curva de crescimento e avalia
desempenho na pré-engorda do *L. Vannamei*

A água na aquicultura | Parte 2

A relação entre pH, gás carbônico, alcalinidade e dureza e sua influência no desempenho e saúde dos peixes e camarões.



Por:
Fernando Kubitza, Ph.D.
Acqua Imagem Serviços em Aquicultura
fernando@acquaimagem.com.br

Na segunda parte da série “A água nos cultivos aquícolas” abordaremos a relação entre quatro parâmetros importantes de qualidade de água: o pH, o gás carbônico, a alcalinidade e a dureza. A dureza e a alcalinidade são os principais componentes do sistema tampão da água, responsável por impedir variações bruscas no pH e de assimilar o excesso de gás carbônico. O pH regula a toxidez de diversos compostos

tóxicos, especialmente a amônia. O gás carbônico é o principal combustível para a fotossíntese e desenvolvimento das microalgas que produzem oxigênio, removem amônia e formam a base de uma cadeia alimentar aproveitada por diversas espécies de peixes e camarões. Apesar de serem de monitoramento simples, esses parâmetros recebem pouca atenção dos produtores, visto que não impõem risco direto à sobrevivência dos animais, ao contrário do que acontece, por exemplo, quando ocorre um déficit de oxigênio. No entanto, condições marginais destes parâmetros podem prejudicar o bem estar geral, a saúde e o desempenho dos peixes e camarões.

Definições de pH, alcalinidade, dureza e gás carbônico

O pH é o parâmetro que indica se a água possui uma reação ácida ou alcalina, condições que dependem da relação entre os íons H^+ e OH^- (**Figura 1**). Água neutra tem pH 7,0. Abaixo de 7,0 a água é considerada ácida, e pode ser ligeiramente ácida, por exemplo, pH 6,5, ou muito ácida, com pH 4,0. Águas com pH acima de 7,0 são consideradas águas alcalinas, e pode ser ligeiramente alcalina, por exemplo, pH 7,5, ou muito alcalina com pH acima de 11,0.

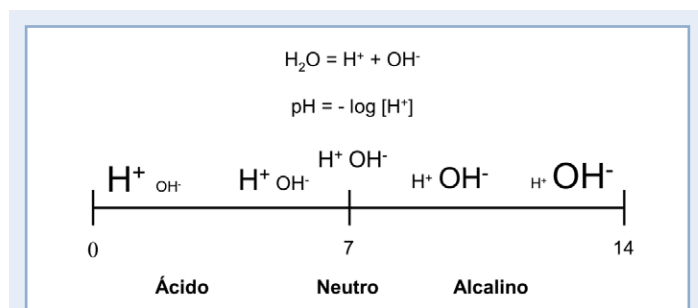


Figura 1. pH da água – A água se decompõe em íons H^+ (ácido) e OH^- (base). O pH depende da relação entre esses íons na água. Quanto mais íons H^+ em relação aos íons OH^- , mais ácida é a água. Ou o inverso, quanto mais íons OH^- em relação aos íons H^+ , mais alcalina é a água. O pH de uma água pode variar desde 0 a 14. Água neutra possui pH 7,0. Águas ácidas são aquelas com pH abaixo de 7,0 e águas alcalinas possuem pH acima de 7,0

O pH da água dos viveiros pode ser determinado com testes colorimétricos, que são simples de usar, de boa precisão e baixo custo. Algumas gotas de um indicador misto são adicionadas a uma amostra de água. A cor resultante na amostra é comparada a uma escala de cores que indica o valor de pH que mais se aproxima à cor da amostra com o indicador (**Figura 2**). Importante usar um teste que possibilite mensurar valores de pH até próximo de 10 a 12, comuns de ocorrer em viveiros com grande quantidade de fitoplâncton. E com valores mínimos de 5. Os registros de pH devem ser feitos em cada viveiro nas primeiras horas do dia (valores mínimos) e no meio da tarde (valores máximos) em cada viveiro. Leituras com intervalos semanais são suficientes. Peagômetros digitais portáteis (chamados de “canetas de pH”) também podem ser usados. Esses medidores, no entanto, precisam ser constantemente calibrados com soluções de pH conhecido, para que não ocorram erros nas leituras.

Valores de pH próximos da neutralidade (entre 6,0 e 8,0) são considerados mais adequados para a maioria dos peixes cultivados. No cultivo de camarões marinhos os valores de pH devem ser mantidos entre 7,5 e 8,5. Invariavelmente peixes e camarões não sobrevivem por muito tempo em águas com pH abaixo de 4 ou acima de 11. Águas ácidas podem ser corrigidas com a aplicação de calcário ou de cal hidratada (calagem).

A alcalinidade total representa a concentração de bases tituláveis presentes na água, em especial os íons bicarbonato



Figura 2. Teste colorimétrico com cartela de cores de pH

(HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidroxila (OH^-). Por outro lado, a **dureza** total se refere à concentração de íons metálicos presentes na água, em particular o cálcio- Ca^{2+} e o magnésio- Mg^{2+} , íons mais abundantes. Esses dois parâmetros compõem o sistema tampão da água, que tem como principal função impedir que ocorram variações bruscas no pH da água de um viveiro ao longo do dia. A alcalinidade e a dureza total são expressas em miligramas de carbonato de cálcio por litro ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$). Os valores de alcalinidade e dureza total das águas naturais são bastante variáveis. Em águas doces, os valores de alcalinidade e dureza, invariavelmente, ficam abaixo de $100 \text{ mg de CaCO}_3/\text{l}$. No entanto, em algumas áreas do semiárido Nordeste há fontes de água com alcalinidade e dureza acima de $100 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$. Águas de poços em regiões com aquíferos confinados em rochas calcárias também podem ter alcalinidade e dureza elevadas. Ainda pode ocorrer água com elevada alcalinidade, porém de baixa dureza, quando os íons bicarbonatos e carbonatos estão associados a outros minerais, como o sódio e o potássio, ao invés do cálcio e magnésio. Na região amazônica, grande parte das águas superficiais (rios e lagos) e subterrâneas apresenta alcalinidade praticamente zero. Em viveiros de cultivo de peixes com baixa renovação de água (viveiros com águas verdes, indicando grande quantidade de microalgas) é importante manter níveis de alcalinidade e dureza total acima de $30 \text{ mg de CaCO}_3/\text{l}$ (40 a 60 mg/l seria ainda melhor). Isso é importante para manter um bom poder tampão químico da água. Se a alcalinidade total está abaixo de 30 mg/l , deve ser feita a aplicação de calcário agrícola ou cal hidratada. Essa prática é chamada de calagem. A calagem com calcário agrícola ou cal hidratada eleva a alcalinidade e a dureza da água em proporções similares. A aplicação de gesso agrícola (sulfato de cálcio) eleva somente a dureza da água, pois o gesso não contribui com bases tituláveis.



Figura 3. Viveiro que recebeu aplicação de cal hidratada no fundo. Aplicação de calcário com o uso de uma balsa em um viveiro em produção

A calagem é feita com os viveiros vazios, antes de iniciar um novo ciclo de produção, aplicando-se o calcário ou cal sobre o fundo do viveiro. Também podem ser feitas calagens corretivas ao longo de um cultivo, em viveiros já estocados com peixes e camarões (Figura 3). Nesse caso o calcário ou a cal devem ser aplicados a lanço diretamente sobre a água. Pode ser necessário usar balsas para distribuir bem o calcário em grandes viveiros. Quando se usa cal hidratada, as aplicações devem ser parceladas e não devem exceder a 150 kg de cal/ha por dia. Viveiros com baixa renovação de água e com alcalinidade total abaixo de 30 mg/l devem ser calcareados.

Os produtores devem conhecer a alcalinidade e dureza total de sua água de abastecimento para saber se necessitarão ou não realizar a calagem. A determinação da alcalinidade e da dureza total da água é bastante simples e de baixo custo e pode ser feita pelo próprio produtor com o uso de kits de análises (Figura 4). Mais informações sobre alcalinidade e dureza total, métodos de análises e correção através da calagem (doses de calcário a ser aplicadas) podem ser encontradas em matérias publicadas nessa revista (*Panorama da AQUICULTURA* Vol 8 no. 45 e no. 46 1998; *Panorama da AQUICULTURA* Vol 18 no. 110, 2008).

Não devemos confundir alcalinidade total com água de pH alcalino. Uma água pode ter alcalinidade total ao redor de 15 ou 20 mg/l e, ao mesmo tempo, ter um pH de $6,0$ ou $6,5$ (ser ácida). Mas, de um modo geral, quanto maior for a alcalinidade de uma água, mais elevado podemos esperar que seja o seu pH original.

Na larvicultura de diversas espécies de peixes de água doce o cálcio é um elemento importante para uma adequada formação de zooplâncton (microcrustáceos). Portanto, os produtores de alevinos devem ficar atentos aos níveis de dureza total na água e mantê-los acima de $40 \text{ mg de CaCO}_3/\text{l}$ através da aplicação de calcário, cal hidratada ou gesso agrícola (ou de construção).

O gás carbônico (CO_2) tem origem na respiração das microalgas (fitoplâncton), peixes, camarões e do zooplâncton (organismos animais de pequeno porte presentes no plâncton), bem como os processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica. O CO_2 é a forma livre de gás carbônico na água. O gás carbônico também pode ser gerado pela dissociação dos íons bicarbonato (HCO_3^-), que constituem uma importante reserva inorgânica de gás

carbônico para a fotossíntese. A reação do gás carbônico na água resulta na formação de íons H^+ e íons bicarbonato HCO_3^- (Figura 5). Como o íon H^+ é um ácido forte, e o íon HCO_3^- é uma base fraca, essa reação abaixa o pH da água. Por isso dizemos que o gás carbônico apresenta uma reação ácida na água. Quanto maior for a concentração de gás carbônico livre, menor será o pH de uma determinada água.

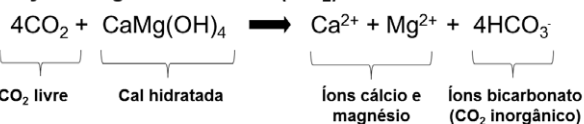
Os produtores podem monitorar com análises rápidas, simples e precisas a concentração de gás carbônico na água, usando testes de campo (Figura 4).



Figura 4. Kits de análises de água permitem aos produtores mensurar, de maneira rápida e de baixo custo, a alcalinidade total, a dureza total e as concentrações de gás carbônico na água

Concentrações de gás carbônico livre abaixo de 10 mg/l são adequadas para o cultivo de peixes e camarões. Quando esse limite é superado, os produtores devem empregar práticas corretivas para reduzir a concentração de gás carbônico livre na água. A aeração noturna ajuda a dissipar parte do excesso de gás carbônico na água. No entanto, a aplicação de cal hidratada ($\text{CaMg}(\text{OH})_4$) é uma prática mais eficaz para uma redução rápida na concentração de gás carbônico, resultando na liberação de íons cálcio e magnésio e na formação de bicarbonato, elevando tanto a dureza como a alcalinidade total da água, como representado na equação a seguir:

Reação do gás carbônico (CO_2) com a cal hidratada



Assim, a aplicação de cal hidratada deve ser feita parceladamente, em doses de 100 a 150 kg/ha/dia. Essas aplicações elevam o pH da água. Quando o pH da água chega a 8,3 não há mais gás carbônico livre na água. Quando os níveis de gás carbônico retornam a valores aceitáveis (<10 mg/l) a aplicação de cal pode ser diminuída, ou mesmo interrompida. Deve se evitar elevar o pH a valores acima de 8,0, em especial quando a água dos viveiros possui níveis de amônia total superior a 3 mg/litro. A calagem com calcário agrícola não eleva o pH como as aplicações de cal hidratada, mas também ajuda a abaixar a concentração de gás carbônico livre na água de uma maneira mais lenta. Isso ocorre por que o calcário agrícola possui menor solubilidade na água e, também, menor poder de neutralização, comparado à cal hidratada. Aos poucos a calagem acaba elevando a alcalinidade e a dureza total, reforçando o sistema tampão da água. Um sistema tampão eficiente assimila o excesso de gás carbônico.

Reação ácida do gás carbônico na água



Gás carbônico (mg/l)

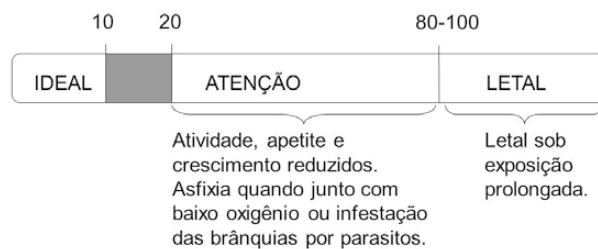


Figura 5. O gás carbônico (CO_2) possui uma reação ácida na água, e o aumento de sua concentração na água leva a uma redução nos valores de pH. Níveis considerados ideais de gás carbônico na água dos viveiros de criação de peixes e camarão são aqueles inferiores a 10 mg/l. Valores acima de 20 mg/l demandam atenção. Os animais podem ter dificuldade para respirar em águas com altas concentrações de gás carbônico e baixos níveis de oxigênio. O gás carbônico tem efeito asfíxiante sobre os peixes e camarões. Animais com alta infestação de parasitos ou infecções bacterianas, ou irritação por sólidos em suspensão nas brânquias apresentam dificuldade respiratória ainda maior em águas com elevada concentração de gás carbônico

A dinâmica do pH e do gás carbônico na água dos viveiros

Os valores de pH e de gás carbônico na água dos viveiros variam de acordo com o horário do dia, em função do balanço entre a fotossíntese e a respiração. Do amanhecer ao meio da tarde a concentração de gás carbônico se reduz e o pH na água dos viveiros tende a se elevar em função da atividade fotossintética das algas. Durante a noite ocorre o inverso. Na ausência de fotossíntese, a concentração de gás carbônico aumenta e o pH da água reduz.

Há um equilíbrio químico que precisa ser mantido entre o gás carbônico (CO_2), o íon bicarbonato (HCO_3^-) e o íon carbonato ($\text{CO}_3^{=}$). Com base nesse equilíbrio, quando a concentração de gás carbônico aumenta na água, o excesso de gás carbônico reage para formar o bicarbonato (HCO_3^-), aumentando a concentração desse íon na água. O bicarbonato formado, por sua vez, tem que se dissociar para formar carbonato ($\text{CO}_3^{=}$). No sentido inverso, um aumento na concentração de íon carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) desencadeia a formação de bicarbonato (HCO_3^-) e, na sequência, de CO_2 , de forma a tentar manter o equilíbrio entre esses compostos. Esse equilíbrio químico é responsável pela capacidade de tamponamento químico da água, que tenta impedir que ocorram variações bruscas no pH. Na **Figura 6** são ilustrados os componentes e o funcionamento do sistema tampão da água.

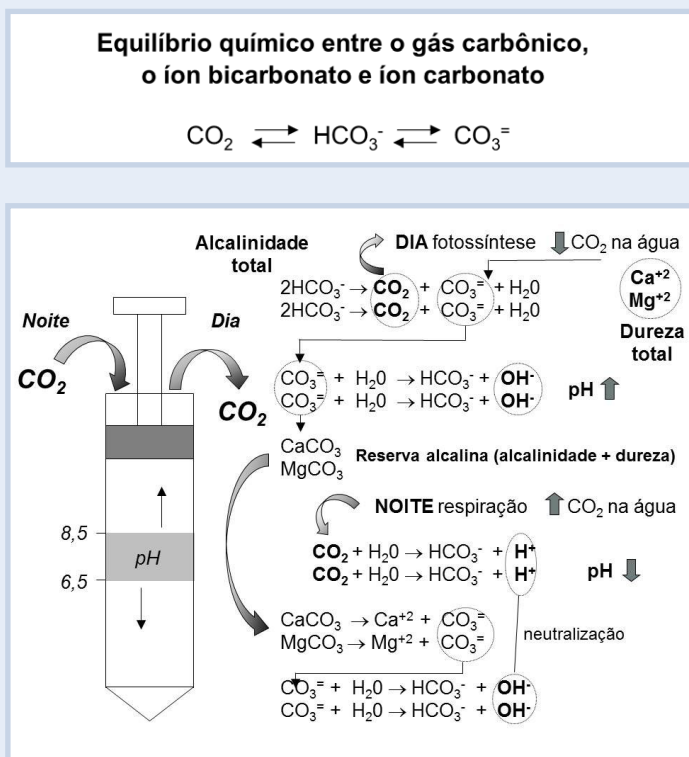


Figura 6. Ilustração do funcionamento do sistema tampão. Observe a interação entre gás carbônico (CO_2), alcalinidade total (HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$ e OH^-) e dureza total (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e seus impactos sobre o pH da água. Considere que a variação de pH na água seja representada pela seringa. Durante o dia, com a fotossíntese, as microalgas removem gás carbônico (CO_2) da água e o pH se eleva (como se alguém puxasse o êmbolo da seringa). Essa elevação do pH ocorre devido ao aumento na concentração de íons OH^- (hidroxila), ocasionado pela reação do excesso de íons carbonatos que se forma na água. Se houver suficiente Ca^{2+} e Mg^{2+} (dureza total), boa parte dos íons carbonatos será precipitada na forma de uma reserva alcalina de carbonatos de cálcio (CaCO_3) e de magnésio (MgCO_3). Durante a noite, sem a fotossíntese, a respiração (das microalgas, peixes, camarões e outros organismos) adiciona grandes quantidades de gás carbônico à água (como uma pressão sobre o êmbolo da seringa). A reação do gás carbônico resulta na formação de íons H^+ que abaixam o pH da água. Em contato com os íons ácidos, a reserva alcalina vai aos poucos se dissolvendo, liberando íons Ca^{2+} e Mg^{2+} e, mais importante, os íons carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), que reagem para formar hidroxila (OH^-). A hidroxila neutraliza parte dos íons H^+ gerados com a reação do gás carbônico na água.

O sistema tampão da água pode ser comparado ao amortecedor de um carro, que impede solavancos grosseiros em uma estrada esburacada. Observe na **Figura 3** onde atuam os principais componentes do sistema tampão, ou seja, a alcalinidade total (HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$ e OH^-) e a dureza total (Ca^{2+} e Mg^{2+}). Durante o dia, a fotossíntese eleva o pH da água. Isso ocorre por que as microalgas removem o gás carbônico da água mais rapidamente do que esse gás é aportado através da respiração (dos peixes, camarões, microalgas, microrganismos e outros organismos presentes nos viveiros). Com a redução na concentração de gás carbônico, os íons bicarbonatos tentam repor o CO_2 removido pelas microalgas. Nesse processo ocorre a formação e o acúmulo de íons carbonato ($\text{CO}_3^{=}$). O excesso de íons $\text{CO}_3^{=}$ tem que seguir dois caminhos. No primeiro caminho, quando a alcalinidade e a dureza total da água são elevadas, grande parte dos íons $\text{CO}_3^{=}$ se associa aos íons cálcio Ca^{2+} e magnésio Mg^{2+} e acabam se precipitando, formando uma “reserva alcalina” de carbonatos de cálcio e magnésio. Durante a noite essa reserva alcalina terá papel importante em impedir uma queda brusca no pH da água. O outro caminho para os íons $\text{CO}_3^{=}$ é reagir com a água para formar e repor os íons bicarbonatos que foram dissociados para gerar CO_2 e $\text{CO}_3^{=}$. Esse segundo caminho ocorre quando a alcalinidade total é muito baixa (ou seja, há pouco bicarbonato na água) e/ou quando a dureza total é baixa (há pouco cálcio e magnésio na água). Cada íon carbonato somente consegue repor um íon bicarbonato. E nesse processo de reposição há formação de hidroxila (OH^-). Quanto mais íons carbonatos reagirem com a água para tentar repor os íons bicarbonatos, mais alta vai ficando a concentração de hidroxila (OH^-), elevando o pH da água. Ao longo do dia, a concentração de gás carbônico livre na água diminui e chega a zero quando o pH da água ultrapassa 8,3. Isso invariavelmente ocorre em viveiros com águas verdes nos horários de pico de radiação solar (geralmente a partir das 11:00 ou 12:00 horas). As microalgas continuam a ser supridas por gás carbônico oriundo da dissociação dos íons bicarbonatos (fonte inorgânica de gás carbônico). A reação dos íons carbonatos recuperando parte dos íons bicarbonatos ajuda a manter o abastecimento das microalgas com gás carbônico nos momentos de pico de fotossíntese.

À noite, sem a fotossíntese, o pH da água cai, em função do aumento na concentração de CO_2 na água, pois a respiração dos peixes, camarões, plâncton e demais organismos nos viveiros não para. O gás carbônico então reage com a água, na tentativa de manter o equilíbrio CO_2 - HCO_3^- - $\text{CO}_3^{=}$. A reação do gás carbônico forma íons bicarbonato (HCO_3^-) e íons ácidos H^+ . Como o bicarbonato é uma base fraca e o íon H^+ é um ácido forte, o ácido prevalece, fazendo o pH da água diminuir. Na presença de ácidos, a reserva alcalina (CaCO_3 e MgCO_3) formada ao longo do dia começa a ser solubilizada, liberando tanto os íons cálcio- Ca^{2+} e magnésio- Mg^{2+} , como os íons carbonato- $\text{CO}_3^{=}$. Os íons carbonatos reagem com a água, formando bicarbonato (HCO_3^-) e hidroxila (OH^-). A hidroxila é uma base forte e consegue, portanto, neutralizar o ácido forte H^+ , impedindo uma queda acentuada do pH da água ao longo da noite.

Efeito do pH no desempenho dos peixes

O pH exerce efeito direto sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. Além disso, pode potencializar a toxicidade de compostos como a amônia, o nitrito e o gás sulfídrico. Valores adequados de pH podem variar em função da espécie cultivada e composição química da água. Para a maioria dos peixes cultivados, invariavelmente o melhor desempenho é observado em águas com pH entre 6,0 e 8,0. Em um estudo com alevinos de pacu com peso inicial de 2,5 g crescidos em águas com pH 5,0, 6,0, 7,0, 8,0 ou 9,0, os peixes mantidos a pH 6,0 e 7,0 tiveram menos dificuldades em manter os níveis normais de minerais no sangue e apresentaram melhor crescimento (Nascimento et al, 2007).

Na **Tabela 1** são reunidos os resultados de dois estudos do efeito do pH no desempenho da tilápia do Nilo. Um deles foi realizado no Egito (El-Sherif e El-Feky, 2009) e constatou melhores resultados de ganho de peso em peixes mantidos em água de pH 7,0 ou 8,0, comparados a peixes mantidos em água de pH 6,0 ou 9,0. O outro estudo foi conduzido no Brasil (Rebouças et al, 2015) e constatou que, embora a tilápia seja uma espécie natural de lagos de águas alcalinas na África, ela pode se adaptar bem em águas ácidas (pH 4,0 a 6,0) e, até mesmo apresentar ganho de peso e conversão alimentar superior ao observado em peixes mantidos em água de pH 8,0.

As principais práticas corretivas que os produtores podem adotar para evitar grandes oscilações diurnas nos

valores de pH são: a) sempre que necessário, e com base nos valores de alcalinidade e dureza total, devem reforçar o sistema tampão da água através da calagem com calcário agrícola ou com cal hidratada; b) impedir o desenvolvimento excessivo do fitoplâncton na água dos viveiros (controle do fitoplâncton, através de renovação de água, uso de algicidas como o sulfato de cobre e o diuron, entre outras estratégias que podem ser revistas em matéria publicada nessa revista (*Panorama da AQUICULTURA*, Março/Abril 2016 Vol 26, no. 154); c) promover melhor circulação da água nos viveiros, especialmente nos horários de pico de fotossíntese, geralmente entre 11:00 e 14:00 h.

Efeito da dureza e da alcalinidade total sobre o desempenho da tilápia do Nilo

Há poucos estudos sobre os efeitos diretos da dureza e da alcalinidade total sobre o desempenho dos peixes. Cavalcante et al (2014) observaram ganho de peso 30% maior e conversão alimentar 17% menor em alevinos de tilápia crescidos em água com relação entre dureza por cálcio (DC) e alcalinidade total (AT) próxima de 1:1, comparados a alevinos crescidos em águas com excesso de cálcio (relação DC/AT acima de 4:1; **Tabela 2**). Nesse estudo não houve diferenças no ganho de peso, nem na conversão alimentar entre peixes mantidos em água com alcalinidade total de 50 ou 100mg CaCO₃/l. No entanto, em viveiros com águas verdes, com uma alcalinidade total mais elevada confere maior estabilidade química à água, em particular uma menor oscilação no pH e na concentração de gás carbônico, o que pode favorecer o desempenho dos peixes.

Efeito do pH e da alcalinidade no desempenho produtivo dos camarões

Valores de pH entre 7,5 e 8,5 são considerados mais adequados no cultivo de camarões marinhos. Para a alcalinidade a recomendação é de que pelos menos 75 mg CaCO₃/l seja mantido na água no cultivo em viveiros convencionais. Mas, em sistemas intensivos com bioflocos, onde os níveis de gás carbônico e a geração de acidez tendem a ser muito mais elevados (em função das elevadas taxas de estocagem e alimentação, da alta população bacteriana e da aplicação de fonte adicional de carbono) a alcalinidade deve ser mantida em pelo menos 100mg CaCO₃/l.

A água do mar geralmente apresenta valores de alcalinidade acima de 200 mg/l e dureza total de pelo menos 2.000 mg/litro. O cálcio é

Tabela 1. Ganho de peso e conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo sob diferentes pH da água (valores marcados em azul representam os melhores resultados)

El-Sherif e El-Feky, 2009	pH da água nos tanques experimentais			
	6,00	7,00	8,00	9,00
(Egito - 60 dias)				
Peso inicial g	19	19	19	19
Peso final g	23,3	36,1	35,1	30,8
Ganho de peso (g/peixe)	4,3	17,1	16,1	11,8
GDP relativo	100%	398%	374%	274%
Conv. Alimentar	8,8	3,0	3,1	3,9

Rebouças et al, 2015	pH da água nos tanques experimentais			
	4,00	5,00	6,00	8,00
(Brasil - 56 dias)				
Peso inicial	1,61	1,61	1,61	1,61
Peso final	22,78	23,22	21,08	18,25
Ganho de peso (g/peixe)	21,17	21,61	19,47	16,64
GDP relativo	127,2%	129,9%	117,0%	100,0%
Conv. Alim.	0,79	0,80	0,83	0,97

Nota: Os menores valores de crescimento e a pior conversão alimentar dos alevinos de tilápia no experimento realizado no Egito comparado ao experimento realizado no Brasil, podem estar relacionados com a linhagem de tilápia utilizada, temperatura, outros parâmetros de qualidade da água, a qualidade do alimento usado, entre outras particularidades experimentais combinadas.

Alcal. total (AT)	53	56	55	105	105	104
Dur. total (DT)	58	97	277	94	147	529
Dur. cálcio (DC)	28	48	231	50	99	482
Relação DC/AT	0,5	0,9	4,2	0,5	0,9	4,6
Peso inicial (g)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Peso final (g)	11,02	12,62	9,95	11,15	12,88	9,81
GDP (g)	10,55	12,15	9,48	10,68	12,41	9,34
GDP relativo	113%	130%	101%	114%	133%	100%
Conv. Alim.	1,49	1,27	1,51	1,48	1,26	1,55

Tabela 2. Efeito da relação entre a dureza por cálcio (Dur. Cálcio - DC) e alcalinidade total (Alcal. total - AT) da água sobre o crescimento e conversão alimentar de alevinos de tilápia-do-Nilo (adaptado de Cavalcante et al 2014)

um mineral muito demandado pelos camarões em função das constantes ecdises (trocas de carapaças), que são realizadas ao longo de um ciclo de cultivo e necessárias para o crescimento. No cultivo de camarões marinhos em água salgada, geralmente não é necessário fazer calagem para elevar a alcalinidade ou a dureza da água, visto que a água do mar já tem alcalinidade e durezas adequadas. No entanto, a calagem pode ser necessária em viveiros de camarões que foram construídos em solos ácidos. Os produtores de camarão, como prática, costumam aplicar cal hidratada ou cal virgem no fundo dos viveiros entre os ciclos de cultivo, com a finalidade de assepsia e, também, para neutralizar

a acidez do solo e, assim, melhorar a decomposição de matéria orgânica e as condições ambientais para os camarões.

O pH tem efeito direto sobre o crescimento (ganho de peso) dos camarões. Vijayan e Diwan (1995) verificaram que pós-larvas do camarão branco indiano cresceram melhor a pH 8,0 do que a pH 7,0 ou 9,0 (**Tabela 3**). Observe na **Tabela 3** que as pós-larvas que foram criadas em água de pH 9,0, apresentaram ganho de peso de apenas 25% do ganho observado em PL criadas a pH 8,0.

O pH da água também afeta a resposta imunológica e resistência dos camarões a agentes patogênicos. Lin e Chen (2008) observaram redução significativa na atividade das enzimas fenol

Indústria Brasileira

TREVISAN®

30 anos

AQUICULTURA

EFICIÊNCIA, GARANTIA E QUALIDADE COMPROVADA

Produtos:

- INCUBADORAS
- AERADOR DE PÁS
- AERADOR CHAFARIZ
- AERADOR PROPULSOR
- CAIXAS PARA TRANSPORTE
- MISTURADOR DE RAÇÃO PARA SUPLEMENTAÇÃO NUTRICIONAL E SANIDADE
- ALIMENTADORES

AGORA COM O OPCIONAL SISTEMA FEED PARA ALIMENTADORES DE PEIXE

Conheça outros produtos no site e também a linha para agricultura.

(44) 3649-1754 | trevisan@trevisan.ind.br | www.trevisan.ind.br

FREEAMERICA

NUTRIÇÃO E SAÚDE

Suplementos nutricionais

- Polivitamínico e mineral completo
- Vitamina C monofosfato (35% vitamina C)
- Vitamina C revestida (98% vitamina C)

AERAÇÃO

Difusores de ar

- Difusor circular (disco 20 cm de diâmetro)
- Difusor tubular (17 ou 25 cm)



Mangueiras microperfuradas a laser - para difusão de oxigênio em caixas de transporte de peixes e em tanques de depuração.

Mangueira cristal de 1/2 e 3/4 " - para sistemas de aeração por ar difuso ou incubadoras.

Registro com junção bilabial - em polietileno para encaixe direto em tubulação de ar ou água.

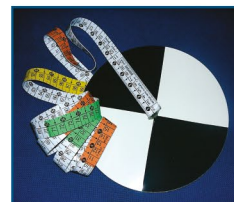
Bomba submersa 0,5 HP - para circulação e aeração da água em tanques de produção de peixes, hapas de reprodução de tilápia e em tanques de depuração, dentre diversas outras aplicações.

QUALIDADE DA ÁGUA

ACQUA ANÁLISES® kit portátil para análises de água - pH, amônia total, alcalinidade total, dureza total e gás carbônico.



Disco de Secchi



Testes individuais de análises de água

- pH (colorimétrico)
- Alcalinidade total (titulométrico)
- Dureza total (titulométrico)
- Amônia total (colorimétrico)
- Nitrito (colorimétrico)
- Oxigênio dissolvido (titulométrico)



CLASSIFICADOR DE PEIXES

ACQUA GRADE® classificador de peixes com barras ajustáveis para alevinos e juvenis de 0,3 a 30g. Flutuante e leve (5kg), feita em material não corrosível. Dimensões: 55 x 35 x 30cm



PUBLICAÇÕES TÉCNICAS



- Controle financeiro na aquicultura
- Fundamentos da piscicultura em sistemas de recirculação (apostila)
- Nutrição e alimentação dos peixes cultivados
- Planejamento da produção de peixes
- Principais parasitoses e doenças dos peixes cultivados
- Projetos Aquícolas: planejamento e avaliação econômica
- Saúde e manejo sanitário na criação de tilápias em tanques-rede
- Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões
- Reprodução, larvicultura e produção de alevinos de peixes nativos
- Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial
- Transporte de peixes vivos

Tabela 3. Efeito do pH da água sobre o crescimento de pós-larvas do camarão branco indiano *Penaeus indicus* com peso inicial de 0-80 mg (adaptado de Vijayan e Diwan, 1995)

pH da água	GDP (mg/PL)	GDP relativo	Consumo de ração
7,0	155,5	80%	Bom
8,0	194,9	100%	Bom
9,0	48,7	25%	Ruim

oxidase- PO e superóxido dismutase – SOD, enzimas importantes no desencadeamento de respostas imunológicas nos camarões. Também observaram redução na fagocitose e explosão respiratória (dois mecanismos de combate a patógenos) em camarões brancos que foram transferidos para água com pH 6,5 ou 10,1. A atividade dessas enzimas, a fagocitose e explosão respiratória se mantiveram mais elevadas em camarões que permaneceram na água de pH 8,2 (Tabela 4). Nesse mesmo estudo, camarões previamente mantidos em água de pH 8,2 foram desafiados com uma injeção de *Vibrio alginolyticus* e, em seguida, foram transferidos para água com pH de 6,5, 8,2 ou 10,1. A mortalidade acumulada após a infecção foi de 63% nos camarões mantidos em água de pH 8,2, contra 80% nos camarões transferidos para água de pH 6,5 ou 10,1 (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros imunológicos (PO – fenil oxidase; SOD – superóxido dismutase), fagocitose e explosão respiratória do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* em águas com pH 6,5, 8,2 ou 10,1. Mortalidade acumulada nos camarões desafiados com *Vibrio alginolyticus* (injeção de 8×10^5 ufc/camarão) e transferidos para águas com pH de 6,5, 8,2 ou 10,1 (adaptado de Li e Chen, 2008)

Parâmetros imunológicos	pH da água		
	6,5	8,2	10,1
Atividade da PO (% relativo)	67%	100%	57%
Atividade da SOD (% relativo)	80%	100%	69%
Fagocitose (% relativo)	33%	100%	22%
Explosão respiratória (% relativo)	80%	100%	69%
Mortalidade 7 dias após o desafio	80%	63%	80%

Wlasielesky Jr et al (sem data) verificaram ganho de peso e conversão alimentar piores em camarões criados em sistemas de bioflocos quando a alcalinidade total média foi 78 mg CaCO₃/l, comparado a camarões criados em água com valores médios de alcalinidade total de 100 a 160 mg/l (Tabela 5). Esse pior desempenho dos camarões pode ter sido indiretamente influenciado pelos valores mais baixos de pH e, muito provavelmente, pelas concentrações mais elevadas de gás carbônico que devem ser esperadas em águas com menor valor de alcalinidade total (78 mg/l), ou seja, águas de menor poder tampão químico.

Valores elevados de alcalinidade, no entanto, podem ser prejudiciais aos camarões. Gopalakrishnan et al (2011) avaliaram a produção do camarão tigre (*Penaeus monodon*) em dois viveiros estocados com 7 PL20/m². Um dos viveiros foi abastecido com a água do estuário, com alcalinidade < 50

Tabela 5. Ganho de peso GDP, conversão alimentar e sobrevivência do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) em águas com diferentes valores de pH e alcalinidade total (adaptado de Wasielesky Jr. et al, sem data)

Faixa de pH	7,4 - 8,3	7,3 - 8,6	6,6 - 8,2	5,6 - 8,2
Faixa de alcalinidade	55-160	80 - 230	80 - 200	35 - 160
Alcalinidade média	100	162	145	78
Sobrevivência (%)	83,3	85,0	80,0	80,0
Peso inicial (g)	5,6	5,8	5,6	5,8
Peso final (g)	15,0	14,3	14,2	12,0
GDP (g/camarão)	9,4	8,5	8,6	6,2
GDP relativo	152%	137%	139%	100%
Conversão alimentar	1,4	1,4	1,5	3,0

https://www.was.org/documents/MeetingPresentations/APA2013/APA2013_0353.pdf

mg de CaCO₃/l e o outro abastecido com a água de um poço com alcalinidade total entre 200 a 320 mg CaCO₃/l. Após 185 dias de cultivo, foram registrados valores de sobrevivência, conversão alimentar e produção, respectivamente, de 95%, 2,82 e 1.635 kg/ha no viveiro com < 50 mg/l de alcalinidade e 70%, 3,19 e 1.020 kg/ha no viveiro com elevada alcalinidade. Depósitos de cálcio foram observados nas carapaças dos camarões a partir do 75º dia de cultivo no viveiro com água de alta alcalinidade. Ao final do cultivo, 43% dos camarões nesse viveiro apresentavam depósitos de cálcio. Nenhum camarão apresentou depósitos de cálcio na carapaça no viveiro com água de baixa alcalinidade.

Considerações finais

Embora não representem uma ameaça súbita aos peixes e camarões, as alterações no pH e na concentração de gás carbônico ocorrem diariamente nos viveiros e se amplificam nas etapas finais do cultivo com o excessivo desenvolvimento do fitoplâncton. Também pode ocorrer considerável queda na alcalinidade total da água do início ao final de um cultivo, em função da geração de acidez e consumo de alcalinidade com a respiração dos animais e os processos de decomposição da matéria orgânica. Oscilações e níveis marginais desses parâmetros de qualidade de água podem prejudicar o desempenho e a saúde dos peixes e camarões, como foi apresentado nesse artigo. Portanto, os produtores devem incluir esses parâmetros em uma rotina de análises e adotar medidas corretivas para garantir que suas variações se mantenham dentro dos limites aceitáveis pelos peixes ou camarões. ■

Nos próximos artigos dessa sequência

Parte 3 – O impacto da amônia e do nitrito sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões.

Parte 4 – Influência de outras substâncias e elementos presentes na água de cultivo sobre o desempenho e saúde dos peixes e camarões.