




## Ionic balance of water and physical-chemical properties of soil from marine shrimp farms of the Jaguaruna interior county, Ceará, Brazil

### Balanço iônico da água e características físico-químicas do solo de fazendas de camarão marinho do município interiorano de Jaguaruana, Ceará, Brasil

Francisco Hiago Gadelha Moreira<sup>1</sup> , Francisco Roberto dos Santos Lima<sup>2</sup> , Davi de Holanda Cavalcante<sup>1</sup> , Marcelo Vinícius do Carmo e Sá<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE Brazil.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, IFCE Campus Acaraú, Acaraú, CE Brazil.

\*Correspondent - [marcelo.sa@ufc.br](mailto:marcelo.sa@ufc.br)

#### Resumo

O presente trabalho teve os seguintes objetivos: 1 – caracterizar a composição físico-química e as relações Na<sup>+</sup>: K<sup>+</sup> e Ca<sup>+2</sup>: Mg<sup>+2</sup> da água de poços profundos utilizados no abastecimento de viveiros de criação de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, pertencentes a fazendas do município interiorano de Jaguaruana, Ceará, Brasil; 2 – caracterizar a composição físico-químico do solo das fazendas de camarão de Jaguaruana. Amostras de água e solo foram coletadas em quatro fazendas, três localizadas em Jaguaruana (Pasta Branca, Sargento e Poró) e uma em Aracati, que serviu como controle experimental. As amostras de água foram analisadas para pH, condutividade elétrica, salinidade, clorinidade, alcalinidade total, dureza total e cálcica, potássio e sódio. As amostras de solo foram analisadas quanto ao pH, condutividade elétrica, salinidade, acidez potencial, fósforo, carbono orgânico, nitrogênio total, sódio e potássio. As águas das fazendas de Aracati, Pasta Branca/Sargento e Poró foram classificadas como eurihalina, oligohalinas e mesohalinas, respectivamente. Os resultados de pH da água (6,8 ± 0,2) indicaram a necessidade de calagem em todas as fazendas investigadas. A água de todos os poços demandava a fertilização potássica, tanto para suprir suas concentrações insuficientes, como para ajustar a relação Na: K. Concluiu-se que, no manejo produtivo de fazendas de carcinicultura interior, é importante monitorar não apenas as relações Na: K e Ca: Mg da água, mas também as concentrações absolutas de cada íon.

**Palavras-chave:** Águas subterrâneas, cálcio, carcinicultura interior, magnésio, potássio, sódio.

Seção: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Receido  
30 de janeiro de 2019.  
Aceito  
1 de novembro de 2019.  
Publicado  
16 de junho de 2020.

[www.revistas.ufg.br/vet](http://www.revistas.ufg.br/vet)  
Como citar - disponível no site, na página do artigo.

## Abstract

The present work aimed at describing and characterizing the physical-chemical composition and the Na<sup>+</sup>: K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup>: Mg<sup>2+</sup> ratios of well waters used to fill *L. vannamei* culture ponds, belonging to farms located in Jaguaruana, an interior municipality of the State of Ceará, Brazil. Besides that, the study also sought to describe and characterize the physical-chemical properties of soils from the same shrimp farms. Well water and soil samples were taken in four farms, three located in Jaguaruana (Pasta Branca, Sargento and Poró) and one in the municipality of Aracati, which served as a control. Water samples were analyzed for pH, specific conductance, salinity, total alkalinity, total and calcium hardness, potassium and sodium. Soil samples were analyzed for pH, specific conductance, salinity, potential acidity, phosphorus, organic carbon, total nitrogen, sodium and potassium. The well waters from Aracati, Pasta Branca/Sargento and Poró were classified as euhaline, oligohaline and mesohaline, respectively. The results of pH indicated that liming was necessary in all four farms. All well waters demanded potassium fertilization to compensate for K<sup>+</sup> deficiency and to adjust Na: K ratio. It has been concluded that, in the productive management of inland shrimp farms, it is important to monitor not only the Na: K and Ca: Mg ratios of the water, but also the absolute concentrations of each ion.

**Keywords:** Inland shrimp culture. Sodium. Potassium. Calcium. Magnesium. Low-salinity Waters.

---

## Introdução

Atualmente, diversos países do mundo, tais como China, Egito, Austrália, Índia, Brasil, Equador, Estados Unidos e México, fazem a criação comercial de camarão marinho em águas interiores. Em 2014, quase 30% dos 2,7 milhões de toneladas de camarões e pitus produzidos pela aquicultura foram provenientes de fazendas instaladas em áreas afastadas da costa<sup>(1)</sup>.

No Brasil, os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte são os maiores produtores de camarão marinho cultivado. No estado do Ceará, destacam-se os municípios de Aracati, no litoral, e de Jaguaruana, no interior. Em Jaguaruana, as fazendas de camarão despesaram cerca de 5 mil toneladas de *Litopenaeus vannamei*, em 2015<sup>(2)</sup>. Jaguaruana possui o maior número de fazendas ativas do estado, superando 200 propriedades<sup>(3)</sup>. Das 590 fazendas de camarão do estado do Ceará, mais de 250 estão localizadas em municípios afastados do litoral, tais como Alto Santo, Jaguaribara e Limoeiro do Norte.

As águas interiores são muitas vezes deficientes e, frequentemente, desbalanceadas em alguns íons biologicamente importantes para os camarões marinhos. Além disso, a composição iônica das águas interiores pode variar muito entre diferentes locais

e até entre áreas distintas de uma mesma fazenda<sup>(4)</sup>. As águas interiores, em geral, apresentam concentrações inapropriadas de íons  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$  e  $Ca^{+2}$ , tendo em vista a obtenção de bons índices de desempenho produtivo na criação do *L. vannamei*. Embora as exigências ambientais do camarão marinho para os principais íons ainda não tenham sido determinadas, a experiência prática indica que concentrações iônicas próximas a da água do mar, que tenha sido diluída para a mesma salinidade, são favoráveis ao cultivo<sup>(5)</sup>. Os produtores podem corrigir as deficiências e os desbalanços iônicos existentes pela aplicação de fertilizantes apropriados na água. Roy et al.<sup>(5)</sup> e Boyd<sup>(6)</sup> relataram que a aplicação de muriato de potássio (KCl) na água ( $100\text{ g m}^{-3}$ ) aumentou, de modo significativo, a sobrevivência e o crescimento do camarão marinho, cultivado em águas de baixa salinidade.

Apesar da crescente importância econômica e social do cultivo de camarões marinhos, em águas interiores brasileiras, ainda há considerável escassez de informação sobre as características limnológicas dessas águas. O presente trabalho teve por objetivo descrever e caracterizar a composição físico-química e as relações  $Na^+ : K^+$  e  $Ca^{+2} : Mg^{+2}$  da água de poços profundos utilizados no abastecimento de viveiros de camarão marinho, pertencentes a fazendas do município cearense de Jaguaruana, Ceará, Brasil. A qualidade da água de poços do município litorâneo de Aracati, Ceará, foi utilizada como referência. Além disso, objetivou-se descrever e caracterizar a composição físico-química do solo das fazendas de camarão de Jaguaruana, tendo a qualidade do solo de fazenda de camarão de Aracati como referência. Medidas corretivas foram propostas, em cada caso, tendo em vista a obtenção dos melhores resultados zootécnicos possíveis.

## Material e métodos

As amostras de água e de solo foram coletadas em quatro fazendas de camarão marinho, *L. vannamei*, sendo três localizadas no município interiorano de Jaguaruana, Ceará, nos distritos de Pasta Branca (PB), Sargento (SAR) e Poró (POR), e uma localizada no município litorâneo de Aracati, Ceará (ARAC). As características de ARAC foram utilizadas como referência (controle experimental). Todas as fazendas investigadas utilizavam água de poços profundos no abastecimento dos viveiros de camarão.

Em cada fazenda, três diferentes poços profundos foram utilizados na coleta das amostras de água. Além disso, realizou-se a coleta de três amostras de solo subsuperficial (5 cm de profundidade), em áreas preservadas de cada fazenda. Os solos dessa região de Jaguaruana-CE são classificados como solos aluviais. A água dos poços foi coletada em duplicata, diretamente da fonte, sem que houvesse contato com o solo superficial. As amostras de água foram envasadas em garrafas plásticas de 1 L, devidamente identificadas, e acondicionadas em caixa térmica de isopor com gelo. As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de pás, em locais próximos aos poços, onde não havia nenhum tipo de construção ou revestimento do solo natural. Três pontos aleatórios foram perfurados no solo para obtenção de cada amostra. As amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados, para o transporte ao laboratório. Todas as amostras de solo e de água foram coletadas

em um único dia. As análises físico-químicas das amostras de água se iniciaram em até 48 horas, após as coletas. As amostras de solo foram mantidas em temperatura ambiente, até o início do processamento para análise laboratorial, que aconteceu três dias após as coletas.

As amostras de água foram conduzidas ao Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA), unidade de pesquisa do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, para realização das seguintes determinações: 1 – condutividade elétrica (CE; condutivímetro Instrutherm CD-850); 2 – pH (medidor MS Tecnocon mPA210); 3 – clorinidade (titulação com solução de nitrato de prata); 4 – alcalinidade total (titulação com solução-padrão de ácido sulfúrico); 5, 6 e 7 – dureza total, cálcica e magnésiana (titulação com solução-padrão de EDTA). Determinou-se a salinidade da água através da seguinte expressão matemática: salinidade ( $\text{g L}^{-1}$ ) =  $[34,5 * \text{CE} (\delta\text{S cm}^{-1})]/50000$ . Essas determinações foram realizadas segundo as metodologias apresentadas por Clesceri et al.<sup>(7)</sup>.

As concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , das amostras de água e solo, foram determinadas no Laboratório de Manejo de Solo (LMS), do Departamento de Ciências do Solo da UFC, por meio de fotometria de chama (Fotômetro de chama Micronal B-462).

Após prensagem com rolo para desfazer os torrões e secagem ao ar, as amostras de solo foram submetidas às seguintes determinações, todas realizadas de acordo com as metodologias descritas pela EMBRAPA<sup>(8)</sup>: 1 – pH (medidor Tecnal, em solução solo: líquido KCl 1M); 2 – condutividade elétrica (condutivímetro Tecnal Tec-4MP de leitura direta, em extrato de saturação); 3 – acidez potencial (extração com solução de acetato de cálcio); 4 – fósforo total (método do extrato sulfúrico); 5 – carbono orgânico (método do dicromato de potássio); 6 – nitrogênio total (método de Kjeldahl).

Os resultados de qualidade de água e solo foram submetidos à estatística descritiva para obtenção de média, desvio-padrão e valores de mínimo e máximo. Os resultados de solo foram agrupados em duas classes distintas, em função salinidade, e submetidos ao teste *t* de Student para detectar possíveis diferenças significativas entre as médias, ao nível de significância de 5%. Utilizou-se o software SigmaPlot 12.0 nas análises estatísticas.

## Resultados e discussão

A salinidade da água em SAR ( $0,64 \pm 0,18 \text{ g L}^{-1}$ ) e PB ( $0,71 \pm 0,25 \text{ g L}^{-1}$ ) foi classificada como oligohalina; a salinidade em POR ( $6,14 \pm 2,14 \text{ g L}^{-1}$ ) foi classificada como mesohalina. O pH dos poços oligohalinos (SAR, PB) e mesohalinos (POR) se encontrava ácido, abaixo do limite mínimo de pH considerado ideal para carcinicultura marinha (pH = 7,0 – 9,0<sup>(9)</sup>; Tabela 1). Exceto por alguns poços, a alcalinidade total (AT) e a dureza total (DT) dos poços oligohalinos estavam adequadas para a criação do camarão ( $125,2 \pm 36,7 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $204 \pm 61 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). De igual modo, tanto a AT como a DT dos poços mesohalinos estavam satisfatórias para a criação do *L. vannamei* ( $185,8 \pm 7,2 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $1956 \pm 499 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente). Todos os poços oligohalinos e mesohalinos apresentavam concentrações de  $\text{Ca}^{+2}$  propícias para carcinicultura marinha. Por outro

lado, embora as concentrações médias de  $Mg^{+2}$  tenham sido satisfatórias, alguns poços oligohalinos e mesohalinos possuíam concentrações de  $Mg^{+2}$  inadequadas para criação do camarão ( $< 20 \text{ mg L}^{-1}$ , água oligohalina;  $< 250 \text{ mg L}^{-1}$ , água mesohalina). As inadequações das águas de poços, quanto ao pH e concentração de magnésio, poderão ser suprimidas pela aplicação de calcário agrícola dolomítico aos tanques de criação. Maia et al.<sup>(10)</sup> aplicaram  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário agrícola dolomítico, na preparação de viveiros oligohalinos de camarão marinho, com o objetivo de corrigir o pH do solo. Entretanto, a calagem de águas salinas, que apresentam AT acima de  $80 \text{ mg L}^{-1}$ , poderá não surtir nenhum efeito prático, pois o calcário agrícola, nessas condições, não se dissolve bem<sup>(11)</sup>. Nesse caso, a aplicação da cal hidratada dolomítica,  $Ca(OH)_2 \cdot Mg(OH)_2$ , em menores dosagens, seria uma melhor opção ao produtor.

Todos os poços oligohalinos e mesohalinos apresentavam concentrações muito reduzidas de  $K^+$ , insuficientes para criação de camarões marinhos em baixa salinidade. Além disso, alguns poços oligohalinos possuíam concentrações muito baixas de  $Na^+$  e  $Cl^-$ , inadequadas para o bom desenvolvimento do *L. vannamei*. Recomendou-se a avaliação de potabilidade da água de alguns dos poços de SAR e PB. Caso a água seja potável, seria mais racional o uso dos respectivos aquíferos para consumo humano, ao invés da criação animal.

Os poços mesohalinos apresentavam concentrações desbalanceadas de  $Na^+$ , inferiores ao valor mínimo exigido para criação de camarão marinho em águas de baixa salinidade. De igual modo, alguns poços mesohalinos possuíam concentrações inadequadas de íons  $Cl^-$ , que desatendem ao balanceamento iônico ideal para o crescimento do camarão *L. vannamei*. Embora as concentrações de  $Na^+$  e  $Cl^-$ , nos poços mesohalinos, estivessem afastadas do perfil ideal, tendo as respectivas concentrações iônicas da água do mar diluída, como referência, a grande capacidade osmorregulatória do *L. vannamei* provavelmente dispensaria o produtor de fazer qualquer tipo de correção, nesses casos, em particular. O ponto isosmótico do *L. vannamei* ocorre na salinidade de  $24,7 \text{ g L}^{-1}$ . Apesar disso, sabe-se que essa espécie de camarão marinho apresenta excelente capacidade de regulação hiperosmótica<sup>(12)</sup>, podendo adaptar-se bem mesmo em águas de baixa salinidade.

Como a água de SAR<sub>1</sub> foi classificada como doce, recomendou-se o seu uso para consumo humano e animal, após avaliação de potabilidade (Tabela 2). As concentrações de  $K^+$  em SAR variaram entre  $3,6 - 7,2 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo que o poço de maior salinidade (SAR<sub>3</sub>;  $0,80 \text{ g L}^{-1}$ ) apresentou a menor concentração de  $K^+$  na água ( $3,6 \text{ mg L}^{-1}$ ). A relação  $Na^+ : K^+$  das águas de poços em SAR variaram de 20: 1 (SAR<sub>1</sub>) a 50: 1 (SAR<sub>3</sub>). Tendo em vista que a relação  $Na^+ : K^+$  ideal da água, destinada à carcinicultura marinha, é de 28: 1 e que a concentração mínima desejável de  $K^+$  na água é de  $50 \text{ mg L}^{-1(5)}$ , recomendou-se a aplicação de fertilizantes potássicos, nas águas provenientes de SAR<sub>2</sub> e SAR<sub>3</sub> (Tabela 2).

Não foi observada correlação entre a salinidade da água de poço e a concentração de  $K^+$ . Logo, não seria possível se estimar a concentração de  $K^+$  da água, conhecendo-se apenas a salinidade do poço. Nesse caso, o produtor de camarão deveria encaminhar uma amostra de água de poço para determinação laboratorial da concentração de  $K^+$ . A elevação da concentração de potássio na água pode trazer claros benefícios ao crescimento e sobrevivência do *L. vannamei* cultivado em águas de baixa salinidade<sup>(5,14)</sup>.

Jahan et al.<sup>(15)</sup> observaram que a sobrevivência e o ganho de peso de camarões marinhos foram maiores nos tanques fertilizados com fonte de K<sup>+</sup>.

**Tabela 1.** pH, alcalinidade total (AT), dureza total (DT) e concentrações de cálcio, magnésio, potássio, sódio e cloreto da água de poços profundos utilizados no abastecimento de viveiros de criação de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, pertencentes a fazendas localizadas nos distritos de Sargento (SAR), Pasta Branca (PB) e Poró (POR), do município interiorano de Jaguaruana, Ceará, Brasil. Salinidade dos poços oligohalinos (SAR, PB) = 0,68 ± 0,20 g L<sup>-1</sup> (0,45 - 0,99 g L<sup>-1</sup>); salinidade dos poços mesohalinos (POR) = 6,14 ± 2,14 g L<sup>-1</sup> (3,75 - 7,87 g L<sup>-1</sup>). Média ± d.p. Dentro dos parênteses são apresentados os valores de mínimo e máximo (n = 3)

Variável <sup>1</sup>	Água de poço		Valor desejável <sup>2</sup>	
	Oligohalina	Mesohalina	Oligohalina	Mesohalina
pH	6,88 ± 0,28 (6,53 - 7,22)	6,73 ± 0,23 (6,53 - 6,99)	7,5 - 8,5	7,5 - 8,5
AT	125,2 ± 36,7 (82,2 - 179,2)	185,8 ± 7,2 (181,2 - 194,0)	≥ 100	≥ 100
DT	204 ± 61 (122 - 272)	1956 ± 499 (1384 - 2307)	≥ 200	≥ 1200
Ca <sup>2+</sup>	22,2 ± 5,2 (15,2 - 30,7)	308,4 ± 102,8 (190,5 - 379,0)	≥ 15	≥ 100
Mg <sup>2+</sup>	36,0 ± 14,2 (16,3 - 53,8)	287,8 ± 28,9 (220,5 - 330,2)	≥ 20	≥ 250
K <sup>+</sup>	6,3 ± 1,7 (3,6 - 8,6)	5,1 ± 1,3 (3,6 - 6,0)	≥ 30	≥ 70
Na <sup>+</sup>	167,0 ± 47,6 (125,4 - 256,0)	1232,3 ± 292,0 (915,0 - 1489,6)	≥ 215 <sup>3</sup>	≥ 1900
Cl <sup>-</sup>	279 ± 108 (170 - 440)	3950 ± 832 (3000 - 4550)	≥ 385 <sup>3</sup>	≥ 3400

<sup>1</sup> AT e DT em mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>; concentrações de cálcio, magnésio, potássio, sódio e cloreto, em mg L<sup>-1</sup>;

<sup>2</sup> Os valores desejáveis de pH, AT, DT e as concentrações iônicas para carcinicultura interior foram obtidos em Boyd, Thunjai e Boonyaratpalin <sup>(6)</sup>, tendo-se em conta as salinidades médias dos poços oligohalinos (≈ 0,7 g L<sup>-1</sup>) e mesohalinos (≈ 6,1 g L<sup>-1</sup>);

<sup>3</sup> Considerou-se 0,7 g L<sup>-1</sup> como a salinidade mínima da água para cultivo do *L. vannamei*, de acordo com Sá <sup>(13)</sup>.

As relações  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  dos poços costeiros (ARAC) estavam desbalanceadas para criação de camarão marinho, em águas de baixa salinidade, pela deficiência de  $\text{K}^+$ . Portanto, sugere-se que as águas subterrâneas, em geral, tanto interiores como costeiras, demandam aplicações de  $\text{K}^+$  para obtenção de melhores resultados na carcinicultura. Embora se faça referência, geralmente, à relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  ideal para carcinicultura marinha em águas de baixa salinidade, isto é, 28: 1, dever-se-ia considerar, em termos práticos, não um valor único, mas uma faixa de relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  aceitável para criação do camarão. Se aplicarmos um fator de 15%, para mais e para menos, sobre a relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  de 28: 1 teríamos 24 – 32:1 como sendo a faixa aceitável de relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  para carcinicultura marinha. Essa sugestão vai ao encontro do trabalho de Liu et al.<sup>(14)</sup> que, ao avaliarem diferentes relações  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  da água, sugeriram que a faixa entre 23 – 33:1 poderia melhorar a sobrevivência e crescimento de camarões marinhos, cultivados em baixas salinidades.

Em PB, poços com relações  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  menores que 24:1 demandariam a aplicação de composto com sódio para adequação à faixa aceitável de relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  para carcinicultura marinha em águas de baixa salinidade (24 – 32:1). O produto mais indicado, nesse caso, por sua grande disponibilidade no mercado, seria o sal de salina. A salinização da água, entretanto, somente seria admissível para fontes consideradas impróprias para o consumo humano, pecuária e agricultura. Além disso, faz-se necessário verificar se a concentração de potássio na água é igual ou maior que 50 mg L<sup>-1</sup>. Na Tailândia, utilizava-se, com sucesso, salmoura, ou sal de salina, para elevar a salinidade da água doce de tanques de camarão até 2 - 5 g L<sup>-1</sup><sup>(5)</sup>. Como a aplicação de sal comum também pode levar a salinização do solo de fazendas de camarão, essa prática somente é indicada para áreas afetadas pela salinidade, ou seja, que já sejam impróprias para outros usos.

Recomendou-se a aplicação de muriato de potássio (KCl), em todas as águas provenientes de POR, para obtenção da concentração mínima aceitável de  $\text{K}^+$  para criação de camarões marinhos em águas de baixa salinidade, bem como ajuste da relação  $\text{Na}^+ : \text{K}^+$  da água. Os ecossistemas marinhos são naturalmente ricos em potássio. Potássio é o sexto íon em maior concentração na água do mar, com concentração média próxima a 400 mg L<sup>-1</sup><sup>(16)</sup>. O contato e a interação entre os solos costeiros e os ecossistemas marinhos promove enriquecimento dos solos com potássio. Essa é a explicação mais plausível para as maiores concentrações de  $\text{K}^+$  nos poços costeiros (ARAC), em relação aos poços interiores (SAR, PB). Parte dos íons  $\text{K}^+$  permanece em solução, parte é adsorvida às partículas do solo. A intensa adsorção de potássio aos sedimentos tem como consequência a necessidade de se reaplicar, periodicamente, os fertilizantes potássicos na água de criação, com o objetivo de manter as concentrações de  $\text{K}^+$  na água dos tanques sempre acima de 50 mg L<sup>-1</sup>. Em viveiros de camarão de baixa salinidade nos EUA, a fertilização potássica é aplicada várias vezes por ano, mesmo em unidades que já receberam potássio por mais de 10 anos<sup>(17)</sup>. Roy et al.<sup>(5)</sup> afirmaram que os solos adsorvem íons  $\text{K}^+$  por diferentes processos de trocas iônicas e que parte do potássio adsorvido ao solo se torna indisponível aos camarões.

**Tabela 2.** Salinidade ( $\text{g L}^{-1}$ ), concentrações de sódio, potássio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  da água de poços profundos utilizados no abastecimento de viveiros oligohalinos e mesohalinos de criação de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, pertencentes a fazendas localizadas nos distritos de Sargento (SAR), Pasta Branca (PB) e Poró (POR), do município interiorano de Jaguaruana, Ceará, Brasil. Água de poço de fazenda de camarão localizada no município litorâneo de Aracati (ARAC) foi utilizada como referência.

Distrito	Poço	Sal	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+/\text{K}^+$ <sup>1</sup>	Recomendação
SAR	1	0,45	125	6,2	20	Possível uso para consumo humano e animal.
	2	0,68	158	7,2	22	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $30 \text{ mg L}^{-1}$
	3	0,80	180	3,6	50	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $30 \text{ mg L}^{-1}$
PB	1	0,99	256	6,4	40	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $30 \text{ mg L}^{-1}$
	2	0,53	145	5,6	26	Possível uso para consumo humano e animal.
	3	0,60	136	8,6	16	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $30 \text{ mg L}^{-1}$
POR	1	7,87	1490	6,0	248	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $53 \text{ mg L}^{-1}$
	2	6,80	1292	5,8	223	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $46 \text{ mg L}^{-1}$
	3	3,75	915	3,6	254	Aplicar KCl para elevar $[\text{K}^+]$ até $33 \text{ mg L}^{-1}$
ARAC	1	35,71	12563	311	40	-
	2	30,98	9519	250	38	-
	3	29,66	8020	205	39	-

<sup>1</sup> Relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ideal = 28: 1<sup>(5)</sup>



Tendo em vista que a concentração mínima de  $Mg^{+2}$ , na água para criação de camarão marinho, em águas de baixa salinidade, é de  $100 \text{ mg L}^{-1(5)}$ , recomendou-se a aplicação de  $MgSO_4$ , nas águas provenientes de SAR<sub>2</sub> e SAR<sub>3</sub> (Tabela 3). Nehru et al.<sup>(18)</sup> obtiveram melhor desempenho zootécnico do *L. vannamei* quando a concentração de  $Mg^{+2}$  da água foi elevada de 40 para  $80 \text{ mg L}^{-1}$ . Embora a aplicação de fertilizantes magnesianos possa surtir efeitos positivos no crescimento do *L. vannamei*, geralmente não há viabilidade econômica para essa prática porque o ganho adicional em peso animal não supera os custos com a aquisição desses produtos.

Recomendou-se a aplicação de  $MgSO_4$  nas águas provenientes de PB<sub>1</sub> e PB<sub>3</sub>. Diferentemente do observado em SAR, as águas de PB apresentavam relações Ca:Mg elevadas, mais afastadas da faixa aceitável para criação de camarão marinho em águas de baixa salinidade. Essa condição talvez justificasse a aplicação de fertilizantes magnesianos nas águas de PB. Não se sabe ainda a partir de qual relação Ca: Mg haveria viabilidade econômica para aplicação de fertilizantes magnesianos, em tanques oligohalinos de carcinicultura. Esse é um problema de pesquisa que mereceria a realização de trabalhos futuros. Tanto em SAR como em PB, as concentrações de  $Ca^{+2}$  foram de moderadas a baixas, tendo em vista a criação do camarão marinho. Assim, sugere-se a aplicação do calcário agrícola ou da cal hidratada, ambas dolomíticas, para elevação simultânea da dureza cálcica e magnésiana da água.

Em dois dos poços mesohalinos de POR, havia riqueza tanto de íons  $Ca^{+2}$  como  $Mg^{+2}$ . Nessas águas, entretanto, a relação Ca:Mg estava bem acima do limite superior da faixa considerada ideal (0,251 – 0,340), ou seja, havia muito cálcio para pouco magnésio dissolvido nas águas dos poços 1 e 2, em POR. Entretanto, como as concentrações de magnésio nesses poços já eram elevadas, acima de  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , não haveria justificativa para a aplicação de fertilizante magnésiano nessas águas. Esse resultado demonstra a importância de se observar conjuntamente a relação Ca: Mg e as concentrações absolutas de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  dissolvidos na água.

Reconhece-se que a fertilização potássica de viveiros de baixa salinidade de camarão marinho é bem mais importante que a fertilização magnésiana. A fertilização magnésiana somente se justificaria em casos mais extremos, nos quais as concentrações de  $Mg^{+2}$  estivessem abaixo de  $20 \text{ mg L}^{-1}$ . Davis et al.<sup>(19)</sup> afirmaram que aplicações de potássio e magnésio na água aumentam a sobrevivência dos camarões, mas que a fertilização potássica parece ter efeitos mais evidentes no crescimento do *L. vannamei* cultivados em água de baixa salinidade.

A salinidade dos solos de PB e POR, por apresentar  $CE < 4 \text{ mS cm}^{-1}$ , foi classificada como normal ou baixa; já os solos de SAR e ARAC, por apresentarem  $CE > 4 \text{ mS cm}^{-1}$ , foram classificados como salinos ou de alta salinidade<sup>(20)</sup>. Não houve diferença significativa entre o pH dos solos de alta (SAR, ARAC) e baixa salinidade (PB, POR; Tabela 4). O pH médio dos solos foi igual a  $6,29 \pm 1,26$ . A CE e a concentração de  $Na^+$  dos solos de alta salinidade foram bem superiores ao observado nos solos de baixa

salinidade ( $P < 0,05$ ). A CE dos solos de alta salinidade foi quase oito vezes maior que a CE dos solos de salinidade baixa. Já a concentração de  $\text{Na}^+$  dos solos mais salinos foi mais de cinco vezes superior que a concentração de  $\text{Na}^+$  dos solos com salinidade menor. As fazendas de camarão marinho deveriam ser instaladas em áreas de solos já salinos, tais como apicuns e salgados. A salinização do solo e do lençol freático é um dos possíveis impactos ambientais da carcinicultura marinha, devendo ser combatida com medidas apropriadas. É comum a utilização de águas captadas em estuários, lagunas ou mesmo no oceano para abastecimento de viveiros de camarão. Com a evaporação da água, ocorre o acúmulo de sais durante o ciclo de produção. Com isso, os efluentes dos viveiros de camarão podem salinizar e degradar os ecossistemas naturais adjacentes à fazenda<sup>(21)</sup>. O revestimento dos viveiros com geomembranas impermeáveis e o reuso da água são medidas importantes para prevenir a salinização de corpos receptores. A fertilização da água também pode elevar a salinidade do meio. Mcnevin et al.<sup>(22)</sup> relataram que, após as aplicações de muriato de potássio e sulfato de potássio e magnésio na água, a salinidade se elevou de  $2,6 \text{ g L}^{-1}$  para cerca de  $4,0 \text{ g L}^{-1}$ , no fim do cultivo. Portanto, seria importante a realização de estudos sobre os efeitos da suplementação iônica da água na salinidade dos solos de fazendas de camarão marinho.

Não se verificou diferenças significativas entre as concentrações de  $\text{K}^+$  dos solos de alta e baixa salinidade. A concentração de  $\text{K}^+$  nos solos foi igual a  $151,5 \pm 72,1 \text{ mg kg}^{-1}$ . As concentrações de carbono orgânico (CO) e de nitrogênio (N) nos solos de menor salinidade foram significativamente maiores que os respectivos valores observados nos solos de maior salinidade ( $P < 0,05$ ). A concentração de CO nos solos de baixa salinidade foi quase 50% maior que nos solos mais salinos; já a concentração de N nos solos de menor salinidade foi mais de 30% superior ao observado nos solos de alta salinidade. Com a salinização do solo, a atividade biológica bentônica, tanto de macro como de microrganismos, diminui, ou seja, ocorre queda na biodiversidade bentônica. Essa é uma das explicações possíveis para menor fertilidade de solos degradados pela salinização.

Ao contrário do N, a concentração de P dos solos mais salinos foi superior a dos solos de baixa salinidade ( $P < 0,05$ ). A concentração de P dos solos mais salinos foi quase três vezes maior que a concentração de P dos solos de menor salinidade. A acidez potencial dos solos de alta e baixa salinidade não diferiu de modo significativo entre si ( $P > 0,05$ ). Em média, a acidez potencial dos solos amostrados foi de  $1,75 \pm 0,25 \text{ cmolc dm}^{-3}$ . Os solos mais salinos apresentam maior capacidade para adsorver fosfatos que solos de menor salinidade<sup>(16)</sup>. Com isso, a fertilização fosfatada de viveiros de camarão, com solos mais salinos, se tornaria mais dispendiosa pelas maiores perdas de fósforo adsorvido aos sedimentos.

**Tabela 3.** Salinidade ( $\text{g L}^{-1}$ ), concentrações de cálcio, magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  da água de poços profundos utilizados no abastecimento de viveiros oligo e mesohalinos de criação de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, pertencentes a fazendas localizadas nos distritos de Sargento (SAR), Pasta Branca (PB) e Poró (POR), do município interiorano de Jaguaruana, Ceará, Brasil. Água de poço de fazenda de camarão localizada no município litorâneo de Aracati (ARAC) foi utilizada como referência

Distrito	Poço	Sal	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+1}$	Recomendação <sup>2</sup>
SAR	1	0,45	22,2	16,3	1,362	Possível uso para consumo humano e animal
	2	0,68	15,2	42,7	0,355	Aplicar $\text{MgSO}_4$ para elevar $[\text{Mg}^{2+}]$ até $100 \text{ mg L}^{-1}$
	3	0,80	20,2	53,8	0,376	Aplicar $\text{MgSO}_4$ para elevar $[\text{Mg}^{2+}]$ até $100 \text{ mg L}^{-1}$
PB	1	0,99	30,7	45,5	0,675	Aplicar $\text{MgSO}_4$ para elevar $[\text{Mg}^{2+}]$ até $103,7 \text{ mg L}^{-1}$
	2	0,53	20,2	22,9	0,883	Possível uso para consumo humano e animal
	3	0,60	24,9	34,9	0,713	Aplicar $\text{MgSO}_4$ para elevar $[\text{Mg}^{2+}]$ até $100 \text{ mg L}^{-1}$
POR	1	7,87	379,0	330,2	1,148	-
	2	6,80	355,7	312,5	1,138	-
	3	3,75	190,5	220,5	0,864	Aplicar $\text{MgSO}_4$ para elevar $[\text{Mg}^{2+}]$ até $250 \text{ mg L}^{-1}$
ARAC	1	35,71	229,3	1632,2	0,141	Aplicar $\text{CaSO}_4$ para elevar $[\text{Ca}^{2+}]$ até $483 \text{ mg L}^{-1}$
	2	30,98	124,4	1721,8	0,072	Aplicar $\text{CaSO}_4$ para elevar $[\text{Ca}^{2+}]$ até $510 \text{ mg L}^{-1}$
	3	29,66	73,9	1601,5	0,046	Aplicar $\text{CaSO}_4$ para elevar $[\text{Ca}^{2+}]$ até $474 \text{ mg L}^{-1}$

<sup>1</sup>Relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  ideal = 0,296: 1<sup>(5)</sup>; <sup>2</sup>Embora a fertilização magnésiana da água possa trazer ganhos zootécnicos, a viabilidade econômica dessa prática deverá ser avaliada pelo produtor de camarão antes de sua adoção.

**Tabela 4.** pH, condutividade elétrica (CE), acidez potencial (Ac P) e concentrações de sódio, potássio, carbono orgânico (CO), nitrogênio e fósforo do solo de fazendas de criação de camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, localizadas nos distritos de Sargento (SAR), Pasta Branca (PB) e Poró (POR), do município interiorano de Jaguaruana - CE, e do município litorâneo de Aracati (ARAC) - CE, Brasil. Média  $\pm$  d.p (n = 6). Dentro dos parênteses são apresentados os valores de mínimo e máximo

Variável <sup>2</sup>	Solo <sup>1</sup>		P-valor <sup>3</sup>
	Baixa salinidade	Alta salinidade	
pH	6,46 $\pm$ 0,68 (5,24 - 7,11)	6,69 $\pm$ 1,06 (5,18 - 7,62)	ns <sup>4</sup>
CE	1,57 $\pm$ 0,79 (0,61 - 2,52)	12,16 $\pm$ 7,15 (4,91 - 19,15)	0,005
Na <sup>+</sup>	463 $\pm$ 336 (156 - 910)	2489 $\pm$ 1476 (900 - 4074)	0,008
K <sup>+</sup>	155 $\pm$ 41 (118 - 228)	130 $\pm$ 45 (68 - 192)	ns
CO	91,2 $\pm$ 7,6 (79,4 - 100,2)	61,7 $\pm$ 17,0 (42,8 - 80,6)	0,003
N	570,9 $\pm$ 59,0 (501,7 - 653,3)	427,6 $\pm$ 139,6 (280,0 - 595,0)	0,043
P	25,4 $\pm$ 7,4 (15,9 - 34,1)	72,0 $\pm$ 44,0 (23,0 - 126,0)	0,028
Ac P	1,93 $\pm$ 1,11 (0,66 - 3,47)	1,57 $\pm$ 1,96 (0,00 - 4,62)	ns

<sup>1</sup> As amostras de solo coletadas nos distritos PB e POR, por apresentarem CE < 4 mS cm<sup>-1</sup>, foram classificadas como de baixa salinidade<sup>(20)</sup>. As amostras de solo do distrito SAR e do município ARAC, por apresentarem CE > 4 mS cm<sup>-1</sup>, foram classificadas como alta salinidade;

<sup>2</sup> CE: condutividade elétrica (mS cm<sup>-1</sup>), Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> (mg Kg<sup>-1</sup>), CO: carbono orgânico (g Kg<sup>-1</sup>), N e P (mg Kg<sup>-1</sup>), Ac P: acidez potencial (cmolc dm<sup>-3</sup>);

<sup>3</sup> Os resultados para cada variável foram agrupados (PB, POR x SAR, ARAC) e comparados entre si pelo teste t de Student ao nível de significância de 5%;

<sup>4</sup> Não significativo (P-valor > 0,05).

## Conclusões

Existe grande variabilidade na salinidade dos poços profundos de fazendas de camarão marinho de Sargento, Pasta Branca e Poró, distritos do município de Jaguaruana, Ceará, indo desde água doce ( $0,45 \text{ g L}^{-1}$ ) até mesohalina ( $7,87 \text{ g L}^{-1}$ ).

O pH dos poços profundos de fazendas de camarão marinho de Sargento, Pasta Branca e Poró é levemente ácido ( $\text{pH} = 6,8 \pm 0,2$ ). Por isso, recomenda-se a calagem dos viveiros abastecidos com a água proveniente daqueles poços, antes do povoamento com os animais.

As concentrações de  $\text{K}^+$  da água dos poços profundos de fazendas de camarão marinho de Sargento, Pasta Branca e Poró são baixas ( $3,6 - 8,6 \text{ mg L}^{-1}$ ) e estão bem abaixo da concentração mínima recomendada para carcinicultura ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ). Por isso, recomenda-se a aplicação de fertilizantes potássicos na água dos viveiros de criação para obtenção de melhores resultados zootécnicos.

Na carcinicultura interior, dever-se-ia monitorar não apenas as relações  $\text{Na}^+ : \text{K}^+ \text{ e } \text{Ca}^{+2} : \text{Mg}^{+2}$  da água, mas também as concentrações absolutas de cada íon.

## Referências

1. Leon-Canedo JA, Alarcon-Silvas SG, Fierro-Sanudo JF, Mariscal-Lagarda MM, Diaz-Valdes T, Paez-Osuna F. Assessment of environmental loads of Cu and Zn from intensive inland shrimp aquaculture. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017 Feb;189(2):69. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-017-5783-z>.
2. Pesquisa Pecuária Municipal: Produção da aquicultura, por tipo de produto [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; [citado 2018 Mar 23]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>.
3. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. Censo da carcinicultura do litoral sul do Estado do Ceará e zonas interioranas adjacentes. Natal: ABCC; 2017 Nov. 54 p.
4. Valenzuela-Madriral IE, Valenzuela-Quinonez W, Esparza-Leal HM, Rodriguez-Quiroz G, Aragon-Noriega EA. Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 2017 Apr;52(1):103-112. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/479/47950143008.pdf>.
5. Roy LA, Davis DA, Saoud IP, Boyd CA, Pine HJ, Boyd CE. Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*. 2010 Nov;2(4):191-208. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>.
6. Boyd CE, Thunjai T, Boonyaratpalin M. Dissolved salts in waters for inland, low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*. 2002 Jan;5(3):40-45.
7. Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington, DC: American Public Health Association; 1998.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011. 230 p.

9. Furtado PS, Poersh LH, Wasielesky W Jr. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*. 2011 Nov;321(1-2):130-135. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>.
10. Paiva Maia E, Alves Modesto G, Otavio Brito L, Olivera Galvez A, Vasconcelos Gesteira TC. Intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 2016 Apr;51(1):61-67. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/479/47945599006.pdf>.
11. Sá MVC, Boyd CE. Dissolution rate of calcium carbonate and calcium hydroxide in saline waters and its relevance for aquaculture. *Aquaculture*. 2017 Feb;469(1):102-105. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.033>.
12. Castille FL, Lawrence AL. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. 1981 Jan;68(1):75-80. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(81\)90320-0](https://doi.org/10.1016/0300-9629(81)90320-0).
13. Sá, MVC. *Limnocultura: limnologia para aquicultura*. Fortaleza: Edições UFC, 2012. 218 p.
14. Liu H, Tan B, Yang J, Lin Y, Chi S, Dong X, Yang Q. Effect of various Na/K ratios in low-salinity well water on growth performance and physiological response of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 2014 Jul;32(5):991-999. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00343-014-3345-6>.
15. Jahan I, Reddy AK, Sudhagar SA, Harikrishna V, Singh S, Varghese T, Srivastava P.P. The Effect of Fortification of Potassium and Magnesium in the Diet and Culture Water on Growth, Survival and Osmoregulation of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* Reared in Inland Ground Saline Water. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018 Jan;18(10):1235-1243. Disponível em: <http://www.trjfas.org/abstract.php?lang=en&id=1267>.
16. Boyd CA, Boyd CE, Rouse DB. Potassium Adsorption by Bottom Soils in Ponds for Inland Culture of Marine Shrimp in Alabama. *Journal of The World Aquaculture Society*. 2007 Mar;38(1):85-91. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00076.x>.
17. Chumnanka N, Boyd CE, Viriyatum R, Tunkijjanukij S. Bottom soil characteristics, survival and production of shrimp in low-salinity, inland ponds in Alabama and Florida (USA). *Journal of Soils and Sediments*. 2014 Dec;15(3):671-682. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-014-1039-5>.
18. Nehru E, Chandrasekhara Rao A, Pamanna D, Ranjith P, Lokesh B. Effect of Aqueous Minerals Supplementation on Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* in Low Salinity Water. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018 Jan;7(1):1706-1713. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b930/0b2d229fea239ac2ad07e24951454da0793a.pdf>.
19. Davis DA, Boyd CE, Rouse DB, Saoud IP. Effects of Potassium, Magnesium and Age on Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* Post-Larvae Reared in Inland Low Salinity Well Waters in West Alabama. *Journal of The World Aquaculture Society*. 2005 Apr;36(3):416-419. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00346.x>.
20. Costa DMA, Holanda JS, Figueiredo Filho OA. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na Bacia do Rio Cabugí - Afonso Bezerra-RN. *Holos*. 2004 Oct;2(1):1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2004.36>.
21. Cardoso-Mohedano JG, Lima-Rego J, Sanchez-Cabeza JA, Ruiz-Fernandez AC, Canales-Delgadillo J, Sanchez-Flores EI, Paez-Osuna F. Sub-tropical coastal lagoon salinization associated to shrimp ponds effluents. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2018 Apr;203(1):72-79. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.02.011>.

Balanço iônico da água e características físico-químicas do solo de fazendas de camarão marinho...  
Moreira F.H.G. et al.

[org/10.1016/j.ecss.2018.01.022](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.01.022).

22. Mcnevin AA, Boyd CE, Silapajarn O, Silapajarn K. Ionic Supplementation of Pond Waters for Inland Culture of Marine Shrimp. Journal of The World Aquaculture Society. 2004 Dec;35(4):460-467. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00111.x>.