

Fundação Universidade Federal do Rio Grande  
Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura

EFEITOS DA ALCALINIDADE E DA DUREZA DA ÁGUA NA  
SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E IONORREGULAÇÃO DO  
CAMARÃO-ROSA *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967),  
CULTIVADO EM BAIXAS SALINIDADES.

Jaqueline Said Said

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aqüicultura da Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador: Prof. Dr. Adalto Bianchini

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Rio Grande - RS – Brasil

Março, 2005

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
1- Introdução.....	1
1.1 - Composição iônica da água .....	2
1.2 - O camarão-rosa <i>Farfantepenaeus paulensis</i> .....	3
2 - Objetivos.....	6
2.1 - Objetivo Geral .....	6
2.2 - Objetivos Específicos.....	6
3 - Material e Métodos .....	7
3.1 - Local dos Experimentos.....	7
3.2 - Obtenção e Aclimação dos Juvenis.....	7
3.3 – Meios Experimentais.....	7
3.4 - Delineamento Experimental.....	8
3.4.1 - Experimento 1.....	8
3.4.2 - Experimento 2.....	11
4 - Resultados.....	15
4.1 - Experimento 1.....	15
4.2 - Experimento 2.....	21
5 - Discussão.....	28
6- Conclusão.....	35
7- Considerações Finais.....	36
8- Bibliografia.....	37

*" São fúteis e cheias de erros  
as ciências que não nasceram da  
experimentação, mãe de todo conhecimento "  
(Leonardo da Vinci)*

Meus sinceros agradecimentos...

Ao Dr. Adalto Bianchini pela orientação, os valiosos ensinamentos, a amizade e a imensa paciência. Muito obrigada por acreditar neste trabalho.

Ao Dr. Wilson “Mano” Wasielesky pelas valiosas dicas e ensinamentos.

Ao Dr. Bernardo Baldisserotto por aceitar fazer parte da banca deste trabalho e pelas sugestões.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Ciências Fisiológicas.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-graduação em Aqüicultura.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

Ao Seu Hermes e ao Sandro pela ajuda sem fim durante os experimentos.

À Ângela Milach e ao Gustavo “Baila” pela sincera amizade e a imprescindível ajuda durante os experimentos.

Aos amigos Robaldo, Carlinha, Loraine e Marcelo muito obrigada por me entenderem até mesmo quando eu não me entendo, e por estarem sempre presentes e dispostos a ajudar.

Ao Juliano, à Paulinha e à Luiza pelos CD’s, o auxílio e a companhia nas incansáveis horas de laboratório.

Aos meus amigos Tremembé, Wilson, Polvo, Baxinha, Diana, Marcos e Rejane. Valeu a força galera, adoro muito todos vocês !!!

Às amigas de todos os momentos, que adoro de coração e nunca vou esquecer: Bianca, Joyce e Jerusa.

E à minha família, inclusive à Salem.

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos da alcalinidade e da dureza da água na ionorregulação, sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em baixas salinidades, dois experimentos foram realizados na Estação Marinha e Aquacultura (EMA) – FURG. No Experimento 1, a curto prazo (96h), foram testadas a sobrevivência e ionorregulação hemolinfática ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ ) em juvenis de *F. paulensis* em diferentes salinidades (10, 5, 2, 1 e 0,5) e em 5 tratamentos: sem adição de sais reagentes no meio de cultivo (controle), adição de  $\text{CaSO}_4$  para manter a dureza de cálcio em níveis similares àquele observado na salinidade 10 (dureza de cálcio), adição de  $\text{MgSO}_4$  para manter a dureza de magnésio em níveis similares àquele observado na salinidade 10 (dureza de magnésio), adição de  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  para manter as durezas de cálcio e magnésio similares àquelas observadas na salinidade 10 e adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  para manter a alcalinidade e as durezas de cálcio e magnésio em níveis similares àqueles observados na salinidade 10. No Experimento 2, foram testados em longo prazo (30 dias) a sobrevivência, o crescimento e a ionorregulação de juvenis de *F. paulensis* utilizando-se os mesmos tratamentos mencionados acima e em diferentes salinidades (10, 5, 2 e 1). As variáveis da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia total, alcalinidade e composição iônica) foram monitoradas nos dois experimentos. Os resultados obtidos demonstraram que a adição dos sais minerais ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) na água de cultivo aumentou significativamente a tolerância de juvenis de *F.* expostos a baixas salinidades por um curto período de tempo (96 h). Observou-se também que os juvenis de *F. paulensis* não toleram longos períodos de exposição à salinidades inferiores a 2, sugerindo que esta espécie não mantém suas funções fisiológicas de ionorregulação em perfeitas condições em salinidades tão baixas, mesmo com o aporte de sais minerais aos meios de cultivo. Apesar disso, os resultados obtidos indicaram claramente que a alcalinidade e a dureza da água têm importante influência no crescimento de *F. paulensis* até salinidade 2, uma vez que a manutenção em níveis elevados destes parâmetros possibilita aos camarões uma melhor capacidade de manutenção da ionorregulação hemolinfática. De acordo com as condições do presente estudo e levando-se em consideração a fisiologia de *F. paulensis*, é possível melhorar as taxas de sobrevivência e crescimento desta espécie em cultivos com salinidades baixas, desde que sejam adotadas algumas técnicas de adição de sais minerais à água dos viveiros de cultivo.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to analyze the effects of water alkalinity and hardness on hemolymph ion-regulation, survival and growth of juveniles of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in low salinities. Two experiments were performed at the Aquaculture Marine Station (EMA-FURG) to accomplish this goal. In a short-time experiment (96 h), hemolymph ion-regulation ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) and survival of juveniles were analyzed at different salinities and in 5 different treatments: without addition of reagent salts to the experimental media; with addition of  $\text{CaSO}_4$  to maintain calcium hardness at a similar level to that observed at salinity 10; with addition of  $\text{MgSO}_4$  to maintain magnesium hardness at a similar level to that observed at salinity 10; with addition of both  $\text{CaSO}_4$  and  $\text{MgSO}_4$  to maintain calcium and magnesium hardness at a similar level to that observed at salinity 10; and with addition of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  and  $\text{MgSO}_4$  to maintain alkalinity and calcium and magnesium hardness at similar levels observed at salinity 10. In a long-term experiment (30 days), hemolymph ion-regulation ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), survival, and growth of juvenile *F. paulensis* were tested, employing the same treatments described above at different salinities (10, 5, 2, 1). Water quality (temperature, dissolved oxygen content, pH, total ammonia, alkalinity, and water ion composition) was monitored in both experiments. Results obtained showed that addition of reagent salts ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) to the experimental media significantly increased the tolerance of juveniles shrimps exposed to low salinities for a short period of time (96 h). They also showed that juveniles of *F. paulensis* did not tolerate salinities lower than 2 for a long period of time (30 days), suggesting that this species is not able to maintain its ion-regulatory balance in such low salinities, even when reagent salts are added to the experimental media. Despite that, results obtained clearly indicated that both alkalinity and hardness have an important effect on growth of juvenile *F. paulensis* in salinities as low as 2, since these water parameters are playing an important role on the maintenance of hemolymph ion balance in low salinities. Considering the conditions employed in the present study and the *F. paulensis* physiology, data obtained in the present study indicate that it is possible to improve survival and growth rates of this species in low salinities, once some techniques of reagent salts addition to the cultivation media are adopted.

## 1. INTRODUÇÃO

A aqüicultura e a pesca foram responsáveis pela produção de 120 milhões de toneladas de organismos aquáticos por ano no final da década de 90, constituindo-se assim em importantes fontes de alimento e renda em todo o mundo. Estima-se que 36 milhões de empregos foram gerados por estas atividades em 1998, sendo 15 milhões em tempo integral, 13 milhões em meio turno e mais 8 milhões como trabalhadores ocasionais. Destes valores totais, 25% foram gerados pela aqüicultura. Entre todos os organismos aquáticos cultivados, o camarão é um dos que possui um valor econômico elevado no mercado mundial. A aqüicultura cresceu, na década de 90, cerca de 10% ao ano, atingindo uma produção de 45,7 milhões de toneladas em 2000, sendo esse crescimento maior do que em qualquer outra atividade de produção animal (FAO, 2002).

Os principais produtores mundiais de camarão, os quais estão situados no sudeste da Ásia, Tailândia, China, Vietnã, Índia, Indonésia, Taiwan, Filipinas e Bangladesh, juntamente com alguns países do continente americano como o Brasil, Equador, Panamá, México, Peru e Colômbia, vêm apresentando um célere crescimento desta atividade nas últimas décadas, colocando cada vez mais a carcinicultura como atividade de destaque em âmbito internacional (Rodrigues, 2001).

O Brasil merece um maior destaque entre os países que cultivam camarão marinho, ostentando em 2002 o primeiro lugar em produtividade média (kg/ha/ano) entre todos os países do mundo (Rocha & Rodrigues, 2003), sendo considerado em 2003 o sexto maior produtor mundial de camarão marinho (Rocha *et al.*, 2004), revelando um elevado grau de dispersão tecnológica entre todos os produtores, visto que a preocupação em manter a qualidade da água e do solo dos viveiros de cultivo aumentou em 95% a utilização de técnicas de correção das variáveis da água e solo (ABCC, 2004).

Os cultivos convencionais de camarões marinhos são normalmente realizados em tanques ou viveiros cavados na terra e próximos a fontes de água salgada, onde os investimentos com este tipo de empreendimento são muito elevados, transformando-se em uma atividade limitada apenas a grandes produtores, restringindo esta prática a uma minoria mais favorecida da população (Wasielesky, 2000; Barbieri & Ostrensky, 2002).

Considerada ainda uma atividade nova em alguns países, o cultivo de camarões marinhos em águas interiores sem a utilização de água marinha vem se intensificando

pelo mundo, sendo que em países como Equador, México, Panamá, Tailândia e Estados Unidos esta atividade já foi implantada com considerável sucesso. As principais espécies de camarão marinho cultivadas em baixas salinidades pelo mundo são *Litopenaeus vannamei* e *Penaeus monodon*. No Brasil, o cultivo do camarão marinho *L. vannamei* em águas interiores é praticado na região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Paraíba e Piauí (Figueiredo *et al.*, 2004).

No Brasil, o cultivo do camarão marinho *L. vannamei* em águas interiores no Brasil vem apresentando um rápido crescimento, pois dependendo da região escolhida para a instalação deste cultivo, o valor do hectare de terra nas imediações de uma fonte de água doce, como um poço, ou salobra pode chegar a custar 20 vezes menos do que o mesmo hectare de terra em áreas próximas à costa. É importante salientar também que pesquisas sobre o sabor deste camarão cultivado em ambientes de água com salinidade baixa concluíram que o sabor da carne não diferiu daquele dos demais camarões criados de forma convencional (Valença & Mendes, 2003).

A carcinicultura praticada longe de regiões costeiras apresenta uma série de vantagens, sobretudo o melhor controle de doenças e sua possível disseminação, quando comparado ao difícil controle em regiões litorâneas. Outro aspecto positivo da carcinicultura em águas interiores é a conseqüente retirada das fazendas de camarão da costa e das proximidades de ecossistemas altamente visados, como estuários, evitando assim, os conflitos pelo uso da terra e da água com comunidades costeiras, órgãos ambientais e a especulação imobiliária (Valença & Mendes, 2004).

### **1.1. Composição Iônica da Água**

Ao contrário da água do mar, a composição iônica de águas interiores varia muito de um local para outro, e apenas a salinidade de uma fonte de água interior como um poço, não pode determinar o sucesso de um cultivo de camarões marinhos. Além da salinidade, a alcalinidade e a dureza da água são variáveis químicas extremamente importantes para o sucesso de um cultivo em águas interiores.

A dureza total da água é definida pela concentração total de cátions divalentes presentes na água, expressa em mg/L de carbonato de cálcio. Por sua vez, a alcalinidade total é descrita como sendo a concentração total de bases na água, expressa em mg/L de equivalente de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) (Valença & Mendes, 2003).



Assim como a dureza e a alcalinidade da água, a composição iônica da água utilizada em viveiros de cultivo também é considerada uma variável de fundamental importância para o sucesso de cultivos da maioria dos crustáceos, isto porque se manejada de maneira ideal parece suprir os íons necessários para o equilíbrio osmótico e iônico destes organismos. Alguns íons vêm sendo apontados como os principais fatores de sucesso em cultivos do camarão branco *L. vannamei* em baixas salinidades, sendo que dentre eles se destacam sete: sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), que são praticamente os íons responsáveis pela salinidade da água. O sódio, o cálcio, o potássio e o magnésio são os quatro cátions mais importantes envolvidos nos processos de osmorregulação dos crustáceos. E os três principais ânions que participam com uma fração substancial na regulação osmótica destes organismos são os cloretos, os bicarbonatos e os sulfatos (Chavez, 1989; Valença & Mendes, 2004).

A adição de compostos químicos tanto à água de cultivo quanto ao sedimento de fundo dos viveiros já se tornou uma prática regular entre os carcinicultores, visando a correção dos valores de pH e um incremento da alcalinidade e da dureza da água destes ambientes. Este procedimento recebe o nome de calagem, que consiste na adição de cal, virgem ou hidratada, e também calcário calcítico e/ou dolomítico (Vinatea Arana, 1997). A adição de sais minerais, tais como sulfato de cálcio, de potássio e de magnésio, e muriato de potássio sob a forma de fertilizantes químicos ou orgânicos, à água e/ou ao solo dos viveiros também é utilizada para a correção da composição iônica da água de cultivo de camarões marinhos (Valença & Mendes, 2004). Estas práticas disponibilizam sais à água de cultivo, e conseqüentemente aos organismos cultivados, principalmente sais de cálcio e de magnésio, essenciais aos processos de íono e osmorregulação dos crustáceos.

## **1.2. O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis***

O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) apresenta uma distribuição ao longo da plataforma continental brasileira, desde Ilhéus (Bahia) até o Rio Grande do Sul, estendendo-se pela plataforma do Uruguai, chegando até o litoral nordeste da Argentina (D’Incao, 1995). Por sua vez, o Estuário da Lagoa dos Patos (RS) é caracterizado como o maior criadouro natural desta espécie no Brasil (Valentini *et al.*, 1991).

De um modo geral, o ciclo de vida dos peneídeos ocorre entre os meios marinho e estuarino. Os animais adultos vivem no mar, onde se reproduzem. Até a eclosão, as larvas permanecem no mar, onde a salinidade é mais estável, até atingirem o estágio de pós-larva, quando migram para os estuários levadas pelas correntes (Andrade *et al.*, 1999).

A abundância de *F. paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos (RS) possui uma estreita relação com o regime de ventos e pluviosidade local, indispensáveis para que haja a penetração destas pós-larvas neste estuário. Estes fatores acabam por influenciar a captura deste crustáceo pelos pescadores. A pesca artesanal do camarão-rosa *F. paulensis* no estuário da Lagoa dos Patos representa um recurso de alto valor econômico para a região. Porém, sua captura vem decrescendo intensamente nos últimos anos, devido a vários fatores, dentre eles a pesca predatória sobre juvenis e adultos no estuário e na plataforma continental, respectivamente. O impacto da pesca sobre este recurso acaba prejudicando significativamente centenas de famílias de pescadores artesanais que dependem da captura deste crustáceo para sua subsistência.

Apesar de *F. paulensis* estar bem adaptado ao ambiente estuarino da Lagoa dos Patos, ele ainda sofre importante influência da variação local da salinidade, resultante das variações de maré e ação dos ventos locais. Estas variações ambientais acabam levando estes organismos a alterações em suas funções fisiológicas e comportamentais, prejudicando seu crescimento e desenvolvimento, podendo mesmo levá-los à morte (Tsuzuki, 1995).

Uma boa capacidade iônica e osmorregulatória dos crustáceos pode definir o sucesso final de um cultivo, pois a propriedade que determinado organismo tem de manter o volume adequado de suas células, em ambientes aquáticos, através de um equilíbrio entre a água e os íons presentes nos fluídos corporais, é o pré-requisito principal para o estabelecimento destas comunidades em meios de cultivo que apresentam grandes flutuações de salinidade (Chavez, 1989).

A maioria dos invertebrados marinhos possui uma concentração osmótica em seu fluído corpóreo similar à concentração da água do mar, ou seja, são isosmóticos em relação ao meio, sendo chamados de osmoconformadores, podendo ser osmoconformadores estenoalinos ou eurialinos. Esta característica não significa que seus fluídos corpóreos apresentam a mesma composição de solutos que a água do mar, pelo contrário, mantém uma concentração iônica diferente do meio circundante, necessitando de constante regulação (Schmidt-Nielsen, 1996).

*F. paulensis* tolera bem amplas faixas de salinidade (5 a 44), sendo, portanto, considerada uma espécie eurialina (Wasielesky, 2000). Em baixas salinidades, *F. paulensis* é hiper-osmótico em relação ao meio, ou seja, sua concentração hemolinfática de sais é maior que a concentração destes sais na água ambiente. A manutenção deste gradiente de concentração entre o animal e o meio faz com que este organismo venha a perder solutos (íons) e conseqüentemente ganhar água do meio. A fim de compensar estes processos de troca de íons e água, estes crustáceos marinhos cultivados em baixas salinidades devem compensar a perda de íons para o meio ambiente através da absorção destes íons pelo trato digestivo, via alimento, e principalmente, pela captação ativa destes íons do meio através das brânquias (Péqueux, 1995).

Além de serem essenciais aos processos de íono e osmorregulação em crustáceos, alguns íons como sódio, cálcio, potássio, magnésio, cloretos, bicarbonatos e sulfatos são comprovadamente os íons mais importantes para a maioria destes organismos. De fato, estudos já têm demonstrado que tanto o excesso quanto a carência destes íons disponíveis em águas de cultivo podem afetar seriamente algumas funções fisiológicas essenciais de camarões marinhos, tais como a produção de enzimas digestivas e a frequência cardíaca, acarretando estados de extrema fadiga ao animal, retardando seu crescimento e prejudicando o cultivo em geral (Chavez, 1989).

No Brasil, ainda não é praticado o cultivo comercial intensivo de *F. paulensis*, mesmo porque o desempenho de crescimento da espécie exótica *L. vannamei* vem aumentando o interesse no cultivo desta espécie a cada ano no país. O desenvolvimento de tecnologias de cultivo para o camarão branco *L. vannamei* desacelerou no passado as pesquisas em relação ao cultivo de *F. paulensis*, já que a produção de *L. vannamei* gerou maiores lucros aos produtores.

Tendo em vista estas informações, a idéia do desenvolvimento de tecnologias com o objetivo de viabilizar o cultivo de *Farfantepenaeus paulensis* vêm gerando, ao longo de mais de 10 anos de pesquisa pela FURG, uma série de estudos relacionados à produção desta espécie nativa do estuário da Lagoa dos Patos (RS).

## **OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar a importância da alcalinidade e da dureza da água de cultivo na fisiologia de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* cultivado em baixas salinidades.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Para atender ao objetivo geral citado acima, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Avaliar a sobrevivência de juvenis de *F. paulensis* submetidos a baixas salinidades e diferentes valores de alcalinidade e de dureza da água;
- Avaliar o crescimento de juvenis de *F. paulensis* submetidos a baixas salinidades e diferentes valores de alcalinidade e de dureza da água;
- Avaliar a capacidade ionorregulatória dos juvenis de *F. paulensis* submetidos a baixas salinidades e diferentes valores de alcalinidade e de dureza da água.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local dos Experimentos**

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Maricultura da Estação Marinha de Aquacultura (EMA) do Departamento de Oceanografia, em conjunto com o Laboratório de Zoofisiologia do Departamento de Ciências Fisiológicas, ambos da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

#### **3.2. Obtenção e Aclimação dos Juvenis**

Os juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* utilizadas neste estudo foram obtidos a partir de uma mesma larvicultura realizada no Laboratório de Maricultura da EMA, gerada através de reprodutores capturados no litoral de Santa Catarina e devidamente transportados para Rio Grande. As metodologias utilizadas para a reprodução e larvicultura desta espécie nativa na EMA estão baseadas nos trabalhos de Marchiori (1996), Cavalli *et al.* (1997), Wasielesky (2000) e Santos (2003).

Após os estágios de berçário e larvicultura, os juvenis de *F. paulensis* foram aclimatados em tanques de 8.000 L com redução lenta e gradual da salinidade original da água da larvicultura, (água da praia do Cassino, Rio Grande, RS) até a salinidade 10, a qual representa uma proporção aproximada de 1/3 da água do mar. Esta salinidade foi adotada no presente estudo porque a concentração osmótica da água nestas condições é semelhante àquela da maioria dos organismos marinhos osmorreguladores, como o *F. paulensis*. Os camarões foram aclimatados a esta salinidade por no mínimo 15 dias. Para a redução da salinidade da água destes tanques foram realizadas misturas de água do mar (salinidade 35) com água tratada para consumo humano, aerada por no mínimo 72 h, para a eliminação do excesso de cloro. O fotoperíodo se manteve natural e a temperatura em torno de 20°C. Durante todo o período da aclimação (mínimo 15 dias) dos juvenis de *F. paulensis* à nova salinidade os camarões foram alimentados, *ad libitum*, com ração comercial Nutri-Premium<sup>®</sup>, com 40% de proteína bruta (PB).

#### **3.3. Meios Experimentais**

Para a obtenção dos meios controles de diferentes salinidades (10; 5; 2; 1 e 0,5) foi adicionada água de torneira previamente aerada, por no mínimo 72 h, para eliminação do excesso de cloro. Para a obtenção dos demais meios experimentais de diferentes salinidades (10; 5; 2; 1 e 0,5,) foram realizadas as mesmas diluições descritas para os meios controle, sendo que para estes grupos foram adicionados sais reagentes (p.a.) Synth<sup>®</sup> à água. Para a manutenção da dureza de cálcio semelhante àquela observada na salinidade 10, foram adicionadas diferentes quantidades de sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>) de acordo com a salinidade final da água de cultivo. Para a manutenção da dureza de magnésio semelhante àquela observada na salinidade 10, foram adicionadas diferentes quantidades de sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>) de acordo com a salinidade final da água de cultivo. Nos tratamentos em que foi testada a influência das durezas de cálcio e de magnésio juntas, foram adicionadas diferentes quantidades de sulfato de cálcio e de magnésio (CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) de acordo com a salinidade final da água de cultivo. E finalmente, para a obtenção dos meios experimentais com diferentes valores de alcalinidade e durezas de cálcio e magnésio, foram adicionadas a estes meios experimentais diferentes quantidades de uma mistura de carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>) e sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>), respectivamente, de acordo com a salinidade final da água de cultivo.

### **3.4. Delineamento Experimental**

3.4.1. Experimento 1: *Efeito a curto prazo (96h) da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência de juvenis do camarão-rosa, Farfantepenaeus paulensis, em baixas salinidades.*

As unidades experimentais foram constituídas de tanques com capacidade total de 200 L cada, instalados em uma sala com temperatura (20°C) e fotoperíodo (12C:12E) controlados. Cada unidade foi preenchida com 100 L do meio experimental e 10 camarões, os quais foram colocados individualmente em garrafas plásticas de 2L, devidamente furadas para permitir a renovação do meio, o qual foi constantemente aerado. Para a obtenção destes meios experimentais foram utilizadas misturas de água do mar (salinidade 35) com água de torneira, aerada por no mínimo 72 h, para a eliminação do excesso de cloro.

Ao total, foram utilizados 21 tanques, um para cada tratamento, subdivididos em 5 grupos, sendo que foram testados 10 camarões em cada tratamento. Os tratamentos utilizados foram (Figura 1):

### **Grupo 1**

G1-10: água na salinidade 10, sem adição de reagentes (controle);

G1-5: água na salinidade 5, sem adição de reagentes;

G1-2: água na salinidade 2, sem adição de reagentes;

G1-1: água na salinidade 1, sem adição de reagentes;

G1-0,5: água na salinidade 0,5, sem adição de reagentes.

### **Grupo 2**

G2-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4$ ;

G2-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4$ ;

G2-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4$ ;

G2-0,5: água na salinidade 0,5, com adição de  $\text{CaSO}_4$ .

### **Grupo 3**

G3-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{MgSO}_4$ ;

G3-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{MgSO}_4$ ;

G3-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{MgSO}_4$ ;

G3-0,5: água na salinidade 0,5, com adição de  $\text{MgSO}_4$ .

### **Grupo 4**

G4-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ ;

G4-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ ;

G4-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ ;

G4-0,5: água na salinidade 0,5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ .

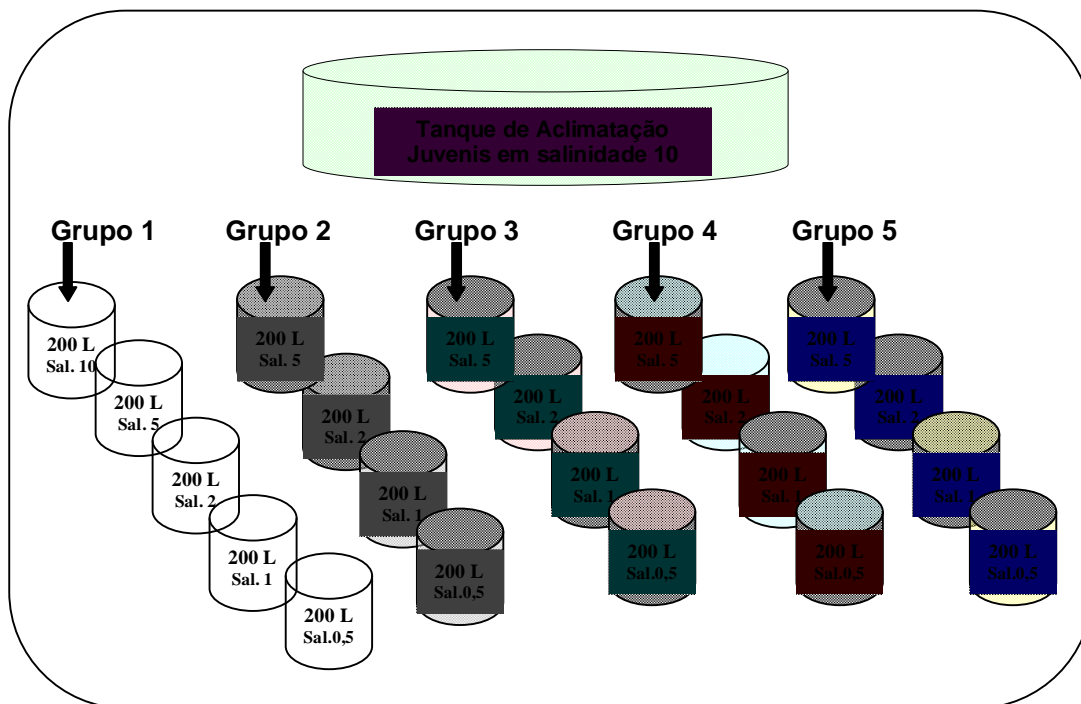
### **Grupo 5**

G5-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$  ;

G5-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

G5-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

G5-0,5: água na salinidade 0,5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ .



**Figura 1.** Delineamento experimental utilizado para testar o efeito em curto prazo (96h) da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência e ionorregulação hemolinfática de juvenis do camarão-rosa, *Farfantepenaeus paulensis*, em baixas salinidades.

Imediatamente antes da introdução dos camarões nos meios experimentais, eles foram pesados individualmente (média  $\pm$  EP;  $2,68 \pm 0,12$  g). Durante todo o teste, os juvenis de *F. paulensis* permaneceram em jejum até o término do experimento (96 h). A cada 24 h e até o término do teste (96 h), foi observada a sobrevivência dos camarões, sendo retirados dos tanques os animais mortos. Ao final do experimento, foi coletada uma amostra da hemolinfa de cada um dos camarões sobreviventes. A coleta de hemolinfa foi feita por punção do seio cardíaco, com o auxílio de seringas e agulhas descartáveis. A hemolinfa coletada foi acondicionada em tubos plásticos tipo Eppendorf e congelada em freezer comum a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para posterior determinação da concentração iônica ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ ).

As concentrações hemolinfáticas de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  foram determinadas por fotometria de chama (MicroNal, Campo Grande MS, Brasil). A concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  foi determinada por colorimetria, utilizando-se kits de reagentes comerciais (Doles Reagentes Ltda, Goiânia, GO, Brasil) e as leituras realizadas em leitora de Microplacas (Bio-Tek EL<sub>x</sub>-800, Vermont, EUA) a 490 nm. A concentração de  $\text{Cl}^-$  foi determinada pelo método titrimétrico, utilizando-se um cloridrômetro (JENWAY PLM3, Inglaterra).



No início e ao final deste experimento, foram coletadas amostras de água (15 ml) de cada um dos meios experimentais. Estas amostras foram congeladas para posterior análise da composição iônica ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ ) da água, a qual foi realizada conforme descrito acima para as análises das amostras de hemolinfa. Também foram medidas a concentração de amônia (UNESCO, 1983) e a alcalinidade (Baumgarten *et al.*, 1996) da água.

Diariamente, foi realizado o monitoramento da qualidade dos meios experimentais, sendo registrados os valores de temperatura (termômetro de mercúrio;  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  de precisão), salinidade (refratômetro óptico), pH (pHmetro; precisão de 0,01) e oxigênio dissolvido (oxímetro portátil).

A partir dos dados de mortalidade acumulada ao longo das 96 h de experimento, foi calculado, através do método dos Probitos (Finney, 1971), o valor da salinidade letal para 50% dos camarões testados ( $\text{SL}_{50}$ ) para cada um dos diferentes tratamentos. Os valores de  $\text{SL}_{50}$  nos diferentes tratamentos foram comparados através do intervalo de confiança de 95%.

Os dados das concentrações iônicas da água e da hemolinfa para cada tratamento foram submetidos à Análise de Variância seguida pelo teste *a posteriori* de Duncan para evidenciar possíveis diferenças entre as salinidades experimentais. O nível de significância adotado foi de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

#### 3.4.2. Experimento 2: Efeitos a longo prazo (30 dias) da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência e crescimento de juvenis do camarão-rosa, *Farfantepenaeus paulensis*, em baixas salinidades.

Após o experimento de curto prazo (96 h), novos juvenis de *F. paulensis* foram aclimatados à salinidade 10, conforme descrito anteriormente. Após a aclimação, todos os camarões foram transferidos aleatoriamente para seus respectivos meios experimentais. Foram utilizados 16 tanques com 200 L cada, um para cada tratamento, sendo testados 20 camarões por tanque. Tendo em vista a alta mortalidade apresentada pelos juvenis de *F. paulensis* mantidos em salinidade 0,5 no Experimento 1 (vide a seção Resultados), optou-se por não testar este tratamento no experimento de 30 dias. Os diferentes tratamentos testados neste experimento de longa duração foram reunidos em grupos, em função da adição de diferentes reagentes à água de cultivo (Figura 2):

### **Grupo 1**

G1-10: água na salinidade 10, sem adição de reagentes (controle);

G1-5: água na salinidade 5, sem adição de reagentes;

G1-2: água na salinidade 2, sem adição de reagentes;

G1-1: água na salinidade 1, sem adição de reagentes.

### **Grupo 2**

G2-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4$ ;

G2-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4$ ;

G2-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4$ .

### **Grupo 3**

G3-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{MgSO}_4$ ;

G3-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{MgSO}_4$ ;

G3-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{MgSO}_4$ .

### **Grupo 4**

G4-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ ;

G4-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ ;

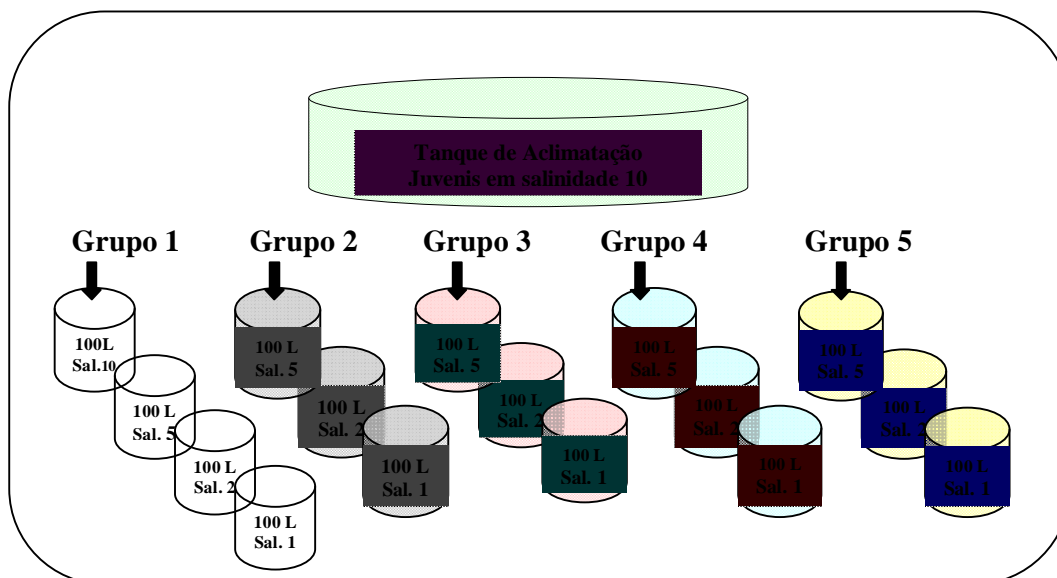
G4-1: água na salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4$ .

### **Grupo 5**

G5-5: água na salinidade 5, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$  ;

G5-2: água na salinidade 2, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

G5-1: água à salinidade 1, com adição de  $\text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ .



**Figura 2.** Delineamento experimental utilizado para testar o efeito em longo prazo (30 dias) da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência, crescimento e ionorregulação hemolinfática de juvenis do camarão-rosa, *Farfantepenaeus paulensis*, em baixas salinidades.

Imediatamente antes da introdução dos camarões nos diferentes tratamentos descritos acima, os camarões foram pesados (média  $\pm$  EP;  $0,88 \pm 0,03$  g) para se determinar o peso médio inicial dos camarões em cada tratamento. Ao final do experimento, todos os camarões que sobreviveram em cada tratamento foram novamente pesados, visando a determinação do peso médio final para se avaliar o possível efeito da alcalinidade e da dureza da água no crescimento dos camarões cultivados em baixas salinidades.

Este teste foi realizado em uma estrutura fechada conhecida como green-house. Por possuir teto de material translúcido, a radiação solar foi aproveitada e o fotoperíodo utilizado foi o natural. A temperatura da água dos tanques foi mantida através do aquecimento natural durante o dia, sendo que em dias mais frios lançou-se mão de aquecedores elétricos. Durante todo o experimento os juvenis de *F. paulensis* foram alimentados, *ad libitum*, com ração comercial Nutri-Premium<sup>®</sup>, com 40% de proteína bruta (PB).

A quantidade de ração a ser administrada foi dividida em duas porções, sendo que parte foi dada durante o período do dia e a outra parte durante a noite, quando *F. paulensis* se torna mais ativo e sai em busca de alimento.

Diariamente, todos os tanques foram sifonados para a retirada de restos de ração e excretas sólidos. A verificação da mortalidade nos tanques foi realizada duas vezes ao dia, sendo que os camarões mortos foram imediatamente retirados do meio e descartados. Este experimento teve a duração de 30 dias, sendo que os meios experimentais foram 100% renovados a cada 7 dias. No primeiro e último dia de experimento, bem como antes e depois das renovações semanais dos meios, amostras de água dos diferentes tratamentos foram coletadas para posterior análise das concentrações de amônia total, alcalinidade e íons ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ ). Diariamente, foram monitorados o pH, a temperatura, a salinidade, e a concentração de oxigênio dissolvido nos diferentes meios experimentais. A análise destes parâmetros foi realizada conforme descrito para o Experimento 1.

Ao término dos 30 dias de experimento, todos os camarões sobreviventes em cada tratamento foram pesados individualmente e os valores registrados para posterior análise do crescimento ao longo do período experimental. A partir dos dados de mortalidade acumulada ao longo dos 30 dias de experimento, foi calculada a  $SL_{50}$  através do método dos Probitos. A comparação entre os valores obtidos para os diferentes tratamentos foi feita através do intervalo de confiança de 95%.

Os dados de crescimento foram testados comparando-se os pesos médios inicial e final em cada tratamento, através do teste  $t$  para dados pareados. As análises da composição iônica da água e da ionorregulação hemolinfática foram realizadas através de Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste *a posteriori* de Duncan para evidenciar possíveis diferenças entre os tratamentos experimentais. Em todas análises estatísticas, o nível de significância adotado foi de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Experimento 1

Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e amônia total do Experimento 1 estão apresentados na Tabela 1. Os valores de temperatura e oxigênio dissolvido mantiveram-se praticamente constantes ao longo das 96 h do teste. Houve algumas diferenças significativas entre os valores médios de temperatura entre alguns tratamentos. Porém, estas diferenças nunca excederam em média 2°C. Os valores de pH indicaram um aumento no tratamento em que foi adicionado o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Grupo 5) para manutenção da alcalinidade da água, principalmente nas salinidades mais baixas. Os valores médios de alcalinidade reduziram em função da diminuição de salinidade da água em todos os tratamentos, exceto naquele onde houve adição de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Grupo 5). Neste caso, os valores de alcalinidade foram maiores do que o controle (Grupo 1) nas salinidades igual ou abaixo de 2. Não houve diferença significativa nos valores médios de amônia total nos diferentes tratamentos.

A composição iônica dos meios de cultivo utilizados no Experimento 1 estão apresentados na Tabela 2. As concentrações de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> diminuíram significativamente com a redução de salinidade nos diferentes tratamentos. A concentração de Ca<sup>2+</sup> também seguiu este mesmo padrão nos Grupos 1 (controle) e 3 (adição de MgSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo). No entanto, nos Grupos 2 (adição de CaSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo) e 5 (adições de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub> e MgSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo), não houve diferença significativa na concentração de Ca<sup>2+</sup> entre as diferentes salinidades no mesmo tratamento. Já no Grupo 4, onde também foi adicionado CaSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo, observou-se ainda uma redução significativa da concentração deste íon nas salinidades mais baixas (1 e 0,5), porém esta redução não tão marcante quanto àquela observada no tratamento controle (sem adição de CaSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo). Quanto ao Mg<sup>2+</sup>, a concentração deste íon também reduziu significativamente em função da salinidade da água no grupo controle (sem adição de sais reagentes ao meio de cultivo). Já no tratamento onde houve adição somente de MgSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo (Grupos 3), não foi observada variação significativa da concentração de Mg<sup>2+</sup> entre as diferentes salinidades. Nos grupos 4 e 5, onde também foi adicionado MgSO<sub>4</sub> ao meio de cultivo, houve redução significativa da concentração de Mg<sup>2+</sup> somente nas salinidades mais baixas (1 e 0,5).

**Tabela 1. Variáveis físico-químicas dos meios de cultivo utilizados para testar o efeito agudo da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 96 h. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Os dados estão expressos como média ± EP (n = 4). Temperatura (°C); oxigênio dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L); alcalinidade (mg CaCO<sub>3</sub>/L); amônia total (mg/L). Letras diferentes indicam médias significativamente (P<0,05) diferentes entre si para o mesmo tratamento.**

GRUPO	SALINIDADE	Temperatura	O.D.	pH	Alcalinidade	Amônia
G1	10	22,6 ± 0,16 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,04 <sup>a</sup>	54,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,10 <sup>a</sup>
G1	5	22,1 ± 0,26 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,01 <sup>a</sup>	37,6 ± 2,2 <sup>b</sup>	0,49 ± 0,23 <sup>a</sup>
G1	2	21,8 ± 0,24 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,05 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,08 <sup>a</sup>	29,2 ± 2,7 <sup>c</sup>	0,54 ± 0,23 <sup>a</sup>
G1	1	22,0 ± 0,18 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,07 <sup>a</sup>	7,7 ± 0,06 <sup>a</sup>	18,6 ± 1,4 <sup>d</sup>	0,21 ± 0,08 <sup>a</sup>
G1	0,5	22,0 ± 0,18 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,6 ± 0,14 <sup>a</sup>	15,0 ± 1,5 <sup>d</sup>	0,26 ± 0,09 <sup>a</sup>
G2	10	22,6 ± 0,16 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,04 <sup>a</sup>	54,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,10 <sup>a</sup>
G2	5	22,1 ± 0,50 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,06 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,22 <sup>a</sup>	36,8 ± 6,2 <sup>b</sup>	0,65 ± 0,41 <sup>a</sup>
G2	2	22,8 ± 0,46 <sup>a</sup>	8,5 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,07 <sup>a</sup>	22,3 ± 1,1 <sup>c</sup>	0,24 ± 0,18 <sup>a</sup>
G2	1	22,9 ± 0,49 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,05 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,08 <sup>a</sup>	19,3 ± 1,0 <sup>c</sup>	0,29 ± 0,22 <sup>a</sup>
G2	0,5	22,7 ± 0,64 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,6 ± 0,14 <sup>a</sup>	14,5 ± 1,5 <sup>d</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>a</sup>
G3	10	22,6 ± 0,16 <sup>ac</sup>	8,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,04 <sup>a</sup>	54,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,10 <sup>a</sup>
G3	5	21,4 ± 0,37 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,05 <sup>a</sup>	32,5 ± 0,5 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,15 <sup>a</sup>
G3	2	21,5 ± 0,36 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,06 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,14 <sup>a</sup>	22,6 ± 3,0 <sup>c</sup>	0,30 ± 0,15 <sup>a</sup>
G3	1	22,7 ± 0,12 <sup>c</sup>	8,7 ± 0,05 <sup>a</sup>	7,7 ± 0,01 <sup>a</sup>	13,8 ± 1,2 <sup>d</sup>	0,31 ± 0,27 <sup>a</sup>
G3	0,5	22,8 ± 0,23 <sup>c</sup>	8,7 ± 0,07 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,06 <sup>a</sup>	13,5 ± 1,0 <sup>d</sup>	0,28 ± 0,22 <sup>a</sup>
G4	10	22,6 ± 0,16 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,04 <sup>a</sup>	54,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,10 <sup>a</sup>
G4	5	22,5 ± 0,31 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,08 <sup>a</sup>	7,5 ± 0,01 <sup>b</sup>	39,3 ± 1,7 <sup>b</sup>	0,55 ± 0,43 <sup>a</sup>
G4	2	22,5 ± 0,31 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,5 ± 0,04 <sup>b</sup>	27,0 ± 1,5 <sup>c</sup>	0,44 ± 0,36 <sup>a</sup>
G4	1	22,4 ± 0,32 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,08 <sup>a</sup>	7,5 ± 0,06 <sup>b</sup>	22,8 ± 0,7 <sup>c</sup>	0,44 ± 0,36 <sup>a</sup>
G4	0,5	22,3 ± 0,32 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,5 ± 0,07 <sup>b</sup>	21,8 ± 0,7 <sup>c</sup>	0,21 ± 0,13 <sup>a</sup>
G5	10	22,6 ± 0,16 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,04 <sup>a</sup>	54,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,10 <sup>a</sup>
G5	5	20,8 ± 0,34 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,08 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,06 <sup>a</sup>	49,4 ± 2,1 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,26 <sup>a</sup>
G5	2	20,8 ± 0,34 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,09 <sup>a</sup>	9,0 ± 0,14 <sup>b</sup>	76,8 ± 12,6 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,26 <sup>a</sup>
G5	1	21,0 ± 0,35 <sup>b</sup>	8,6 ± 0,10 <sup>a</sup>	9,5 ± 0,41 <sup>c</sup>	89,3 ± 3,7 <sup>bc</sup>	0,04 <sup>a</sup>
G5	0,5	20,5 ± 0,28 <sup>b</sup>	8,7 ± 0,08 <sup>a</sup>	9,4 ± 0,02 <sup>c</sup>	99,3 ± 9,2 <sup>c</sup>	-

**Tabela 2. Composição iônica dos meios de cultivo utilizados para testar o efeito agudo da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 96 h. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). As concentrações dos íons estão expressas em mEq/L. Os dados estão expressos como média ± EP (n = 1-7). Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes entre si para o mesmo tratamento (P<0,05).**

GRUPO	SALINIDADE	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Cloro
G1	10	140,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,25 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	26,9 ± 3,4 <sup>a</sup>	141,3 ± 8,1 <sup>a</sup>
G1	5	71.4 ± 14.6 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.24 <sup>b</sup>	6.6 ± 1.4 <sup>b</sup>	6.8 ± 1.0 <sup>b</sup>	59.5 ± 9.1 <sup>b</sup>
G1	2	35.4 ± 2.5 <sup>c</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>c</sup>	4.4 ± 0.2 <sup>c</sup>	6.1 ± 0.6 <sup>b</sup>	31.3 ± 1.7 <sup>c</sup>
G1	1	13.5 ± 2.0 <sup>d</sup>	0.32 ± 0.06 <sup>d</sup>	2.2 ± 0.3 <sup>d</sup>	3.6 ± 1.1 <sup>bc</sup>	2.5 ± 0.5 <sup>d</sup>
G1	0,5	6.3 ± 0.6 <sup>e</sup>	0.25 ± 0 <sup>e</sup>	1.6 ± 0.2 <sup>e</sup>	2.8 ± 1.1 <sup>c</sup>	2.5 ± 0.3 <sup>d</sup>
G2	10	140,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,25 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	26,9 ± 3,4 <sup>a</sup>	141,3 ± 8,1 <sup>a</sup>
G2	5	95.7 ± 5.3 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.16 <sup>b</sup>	11.4 ± 1.2 <sup>a</sup>	13.9 ± 2.1 <sup>ab</sup>	84.5 ± 10.5 <sup>b</sup>
G2	2	30.3 ± 2.4 <sup>c</sup>	0.52 ± 0.01 <sup>c</sup>	10.1 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.8 ± 1.9 <sup>b</sup>	32.5 ± 5.5 <sup>c</sup>
G2	1	14.9 ± 1.4 <sup>d</sup>	0.26 ± 0.01 <sup>d</sup>	9.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	3 ± 0 <sup>d</sup>
G2	0,5	9,6 <sup>d</sup>	0,25 <sup>d</sup>	11,1 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	2,0 <sup>e</sup>
G3	10	140,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,25 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	26,9 ± 3,4 <sup>a</sup>	141,3 ± 8,1 <sup>a</sup>
G3	5	87.5 ± 3.8 <sup>b</sup>	1.43 ± 0.16 <sup>b</sup>	9.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	31.9 ± 18.6 <sup>a</sup>	71 ± 4 <sup>b</sup>
G3	2	28.9 ± 3.8 <sup>c</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.7 ± 0.8 <sup>c</sup>	14.5 ± 4.8 <sup>a</sup>	25.5 ± 2.5 <sup>c</sup>
G3	1	16.4 <sup>d</sup>	0.26 <sup>d</sup>	2.3 <sup>c</sup>	7.6 <sup>a</sup>	3 <sup>d</sup>
G3	0,5	6,7 <sup>e</sup>	-	2,1 <sup>c</sup>	10,6 <sup>a</sup>	2 <sup>e</sup>
G4	10	140,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,25 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	26,9 ± 3,4 <sup>a</sup>	141,3 ± 8,1 <sup>a</sup>
G4	5	94.3 ± 9.6 <sup>b</sup>	1.52 ± 0.25 <sup>b</sup>	11.8 ± 0.4 <sup>ab</sup>	21.6 ± 1.3 <sup>a</sup>	76 ± 4 <sup>b</sup>
G4	2	31.3 ± 2.4 <sup>c</sup>	0.51 ± 0 <sup>c</sup>	10.1 ± 0.1 <sup>ab</sup>	13.9 ± 1.4 <sup>ab</sup>	37.5 ± 4.5 <sup>c</sup>
G4	1	13.0 ± 3.4 <sup>d</sup>	0.25 ± 0 <sup>d</sup>	8.6 ± 1.0 <sup>b</sup>	10.8 ± 2.5 <sup>b</sup>	2 ± 0 <sup>d</sup>
G4	0,5	6,7 ± 0 <sup>d</sup>	0,25 ± 0 <sup>d</sup>	9,2 ± 0,2 <sup>b</sup>	8,0 ± 1,5 <sup>b</sup>	3 ± 1 <sup>d</sup>
G5	10	140,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,25 <sup>a</sup>	13,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	26,9 ± 3,4 <sup>a</sup>	141,3 ± 8,1 <sup>a</sup>
G5	5	89,0 ± 0,5 <sup>b</sup>	1,26 ± 0 <sup>b</sup>	13,0 ± 0,6 <sup>a</sup>	38,6 ± 22,6 <sup>a</sup>	67 ± 5 <sup>b</sup>
G5	2	26,5 ± 3,4 <sup>c</sup>	0,38 ± 0,12 <sup>c</sup>	15,8 ± 4,2 <sup>a</sup>	18,0 ± 2,9 <sup>a</sup>	31 ± 1 <sup>c</sup>
G5	1	15,9 ± 0,5 <sup>d</sup>	0,26 ± 0 <sup>c</sup>	14,3 ± 2,7 <sup>a</sup>	20,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>d</sup>
G5	0,5	5,3 ± 0,5 <sup>e</sup>	0,26 ± 0 <sup>c</sup>	10,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	6,5 ± 0,6 <sup>b</sup>	1,5 ± 0,5 <sup>d</sup>

A sobrevivência dos camarões foi monitorada duas vezes ao dia, sendo que as porcentagens de sobrevivência apresentadas referem-se àquelas observadas após 96 h de teste (Tabela 3). No grupo controle (Grupo G1), foi registrada sobrevivência apenas em salinidades iguais ou superiores a 2. No entanto, quando a dureza de cálcio (Grupo G2) ou as durezas de cálcio e magnésio (Grupo G4) foram aumentadas em relação ao controle, foi observada sobrevivência de camarões até na salinidade 1, sendo que, de forma geral, a sobrevivência em salinidades superiores a 1 foram maiores que àquelas observadas no grupo controle. Quando a dureza de magnésio (Grupo 3) ou a alcalinidade e as durezas de cálcio e magnésio (Grupo 5) foram aumentadas em relação ao controle, observou-se sobrevivência dos camarões até na salinidade 0,5. Além disso, de forma geral, a sobrevivência dos camarões foi maior nestes tratamentos do que nos demais tratamentos. A partir dos resultados de mortalidade acumulada após 96 h, foram estimadas as salinidades letais para 50% dos camarões testados ( $SL_{50}$ ). A adição de sais reagentes visando corrigir a dureza de magnésio ou a alcalinidade e as durezas de cálcio e magnésio reduziu significativamente a  $SL_{50}$  após 96 h de experimento, quando comparada ao controle (Figura 3).

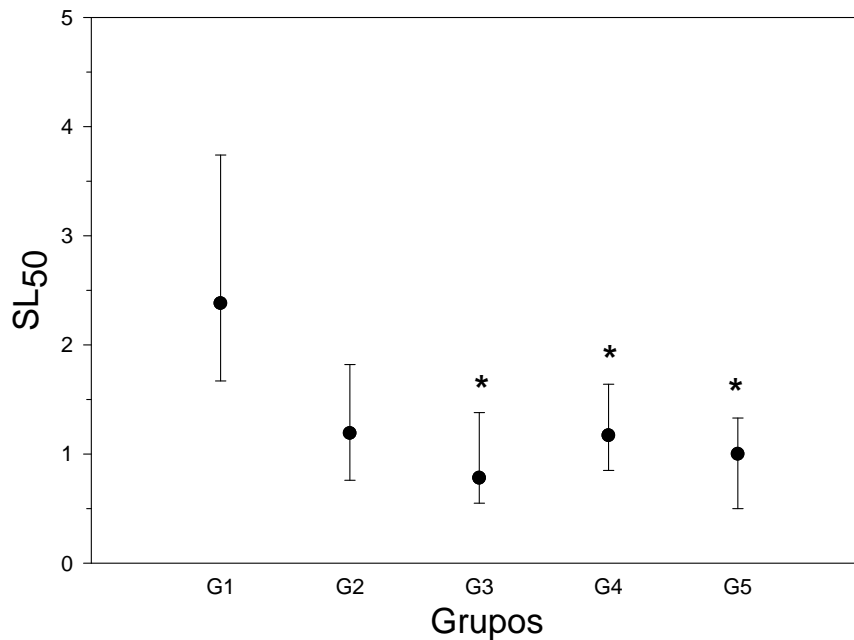
Devido à alta mortalidade dos juvenis em alguns tratamentos, a dificuldade de coleta de hemolinfa em função do tamanho dos camarões, bem como a reduzida quantidade de amostra disponível para as análises, não foi possível obter dados da composição iônica hemolinfática para algumas salinidades e/ou tratamentos (Tabela 4).

De forma geral, não houve diferença significativa na composição iônica dos camarões expostos às diferentes salinidades nos diversos tratamentos testados e que sobreviveram até o final do experimento. Observou-se apenas uma redução significativa da concentração hemolinfática do  $Na^+$  nos camarões expostos à salinidades mais baixas nos Grupos 4 e 5 (Tabela 4).



**Tabela 3. Efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 96 h. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Sobrevivência em salinidade 10 (controle) = 100 %.**

Grupo	Salinidade 5	Salinidade 2	Salinidade 1	Salinidade 0,5
G1	80 %	60 %	0 %	0 %
G2	90 %	80 %	60 %	0 %
G3	70 %	80 %	70 %	10 %
G4	100 %	80 %	50 %	0 %
G5	90 %	100 %	40 %	10 %



**Figura 3. SL<sub>50</sub> (96 h) para juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* em diferentes condições de cultivo. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%. \* indica valores significativamente diferentes do controle (Grupo G1).**

**Tabela 4. Efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na composição iônica hemolinfática de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 96 h. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Os dados estão expressos como média ± EP (n = 1-10). As concentrações dos íons estão expressas em mEq/L. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes entre si para o mesmo tratamento (P<0,05).**

GRUPO	SALINIDADE	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Cloro
G1	10	458,4 ± 9,1 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	45,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	313,9 ± 13,4 <sup>a</sup>
G1	5	429,2 ± 16,2 <sup>a</sup>	9,4 ± 0,5 <sup>a</sup>	41,9 ± 1,9 <sup>a</sup>	15,2 ± 2,0 <sup>a</sup>	317,9 ± 26,0 <sup>a</sup>
G1	2	423,6 ± 12,7 <sup>a</sup>	8,1 ± 0,5 <sup>a</sup>	39,3 ± 2,4 <sup>a</sup>	16,1 ± 1,6 <sup>a</sup>	330,9 ± 28,3 <sup>a</sup>
G1	1	429,4 ± 57,3 <sup>a</sup>	9,0 ± 0,6 <sup>a</sup>	42,1 ± 1,9 <sup>a</sup>	10,2 ± 2,2 <sup>a</sup>	355,3 <sup>a</sup>
G1	0,5	-	-	-	-	-
G2	10	458,4 ± 9,1 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	45,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	313,9 ± 13,4 <sup>a</sup>
G2	5	436,9 ± 41,1 <sup>a</sup>	10,3 ± 0,9 <sup>a</sup>	43,7 ± 1,2 <sup>a</sup>	29,3 ± 3,1 <sup>a</sup>	275,0 ± 19,7 <sup>a</sup>
G2	2	481,9 ± 48,5 <sup>a</sup>	9,2 ± 0,9 <sup>a</sup>	52,6 ± 4,7 <sup>a</sup>	18,6 ± 4,3 <sup>a</sup>	299,1 ± 46,4 <sup>a</sup>
G2	1	420,7 ± 22,8 <sup>a</sup>	9,2 ± 0,7 <sup>a</sup>	51,7 ± 4,0 <sup>a</sup>	20,7 ± 5,3 <sup>a</sup>	291,5 ± 49,3 <sup>a</sup>
G2	0,5	-	-	-	-	-
G3	10	458,4 ± 9,1 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	45,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	313,9 ± 13,4 <sup>a</sup>
G3	5	444,4 ± 26,7 <sup>a</sup>	9,5 ± 0,5 <sup>a</sup>	44,7 ± 2,5 <sup>a</sup>	22,8 ± 5,6 <sup>a</sup>	255,5 ± 12,4 <sup>a</sup>
G3	2	464,6 ± 32,6 <sup>a</sup>	10,3 ± 0,6 <sup>a</sup>	41,1 ± 2,6 <sup>a</sup>	24,3 ± 3,6 <sup>a</sup>	298,7 ± 32,8 <sup>a</sup>
G3	1	419,9 ± 25,2 <sup>a</sup>	10,2 ± 1,3 <sup>a</sup>	46,7 ± 3,2 <sup>a</sup>	25,0 ± 3,1 <sup>a</sup>	288,9 ± 44,4 <sup>a</sup>
G3	0,5	-	-	-	-	-
G4	10	458,4 ± 9,1 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	45,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	313,9 ± 13,4 <sup>a</sup>
G4	5	472,9 ± 13,1 <sup>a</sup>	9,9 ± 0,5 <sup>a</sup>	43,5 ± 1,2 <sup>a</sup>	37,0 ± 4,7 <sup>b</sup>	282,8 ± 22,8 <sup>a</sup>
G4	2	388,6 ± 14,0 <sup>b</sup>	8,8 ± 0,5 <sup>a</sup>	42,2 ± 1,6 <sup>a</sup>	21,9 ± 6,5 <sup>ab</sup>	222,3 ± 25,2 <sup>a</sup>
G4	1	380,5 ± 38,7 <sup>b</sup>	8,7 ± 1,2 <sup>a</sup>	43,7 ± 1,3 <sup>a</sup>	19,2 ± 2,6 <sup>a</sup>	282,8 <sup>a</sup>
G4	0,5	-	-	-	-	-
G5	10	458,4 ± 9,1 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	45,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,4 <sup>a</sup>	313,9 ± 13,4 <sup>a</sup>
G5	5	395,7 ± 23,3 <sup>b</sup>	9,5 ± 0,6 <sup>a</sup>	41,1 ± 1,0 <sup>b</sup>	23,7 ± 5,5 <sup>a</sup>	257,1 ± 12,2 <sup>a</sup>
G5	2	243,3 <sup>b</sup>	8,4 <sup>a</sup>	-	23,6 ± 5,2 <sup>a</sup>	290 <sup>a</sup>
G5	1	-	-	-	-	-
G5	0,5	-	-	-	-	-

## 4.2. Experimento 2

Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e amônia total do Experimento 1 estão apresentados na Tabela 5. Os valores de temperatura e oxigênio dissolvido mantiveram-se constantes ao longo do teste. Houve apenas algumas diferenças significativas entre os valores médios de pH entre alguns tratamentos. Porém, estas diferenças nunca excederam em média 0,2 unidades de pH. Por outro lado, os valores médios de alcalinidade reduziram em função da diminuição de salinidade da água em todos os tratamentos, exceto naquele onde houve adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Grupo 5). Neste caso, não foram observadas diferenças significativas para os valores de alcalinidade mesmo nas menores salinidades.

A composição iônica dos meios de cultivo utilizados no Experimento 2 estão apresentados na Tabela 6. As concentrações de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$  diminuíram significativamente com a redução de salinidade nos diferentes tratamentos. Porém, a redução da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  em baixas salinidades nos grupos 2, 4 e 5, onde houve adição de  $\text{CaSO}_4$  ao meio de cultivo, esta diminuição foi menor do que aquela observada no Grupo 1 (controle), onde não houve adição do sal reagente. Quanto ao  $\text{Mg}^{2+}$ , a concentração deste íon também reduziu significativamente em função da salinidade da água, porém esta redução foi observada apenas nos grupos onde não houve adição de  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo, ou seja, nos Grupos 1 (controle) e 2 (adição de  $\text{CaSO}_4$ ).

A sobrevivência dos camarões foi monitorada duas vezes ao dia, sendo que as porcentagens de sobrevivência apresentadas referem-se àquelas observadas após 30 dias de teste (Tabela 7). Em todos os tratamentos foram registradas sobrevivências apenas em salinidades iguais ou superiores a 2, exceto no grupo 4 onde foi observada sobrevivência de 5% na salinidade 1. No entanto, nos grupos 4 (adições de  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo) e 5 (adições de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo) as sobrevivências foram, de forma geral, aumentadas em relação aos demais grupos. A partir dos resultados de mortalidade acumulada após 30 dias, foram estimadas as salinidades letais para 50% dos camarões testados ( $\text{SL}_{50}$ ). Não foi observada diferença significativa entre os diferentes tratamentos (Figura 4).

**Tabela 5. Variáveis físico-químicas da água utilizada para testar o efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência e crescimento de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 30 dias. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Os valores indicam a média ± EP. Temperatura (°C; n = 20-28); oxigênio dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L; n = 20-28); pH (n = 20-28); alcalinidade (mg CaCO<sub>3</sub>/L; n = 4-6). Letras diferentes representam médias significativamente diferentes entre si para cada tratamento (P<0,05).**

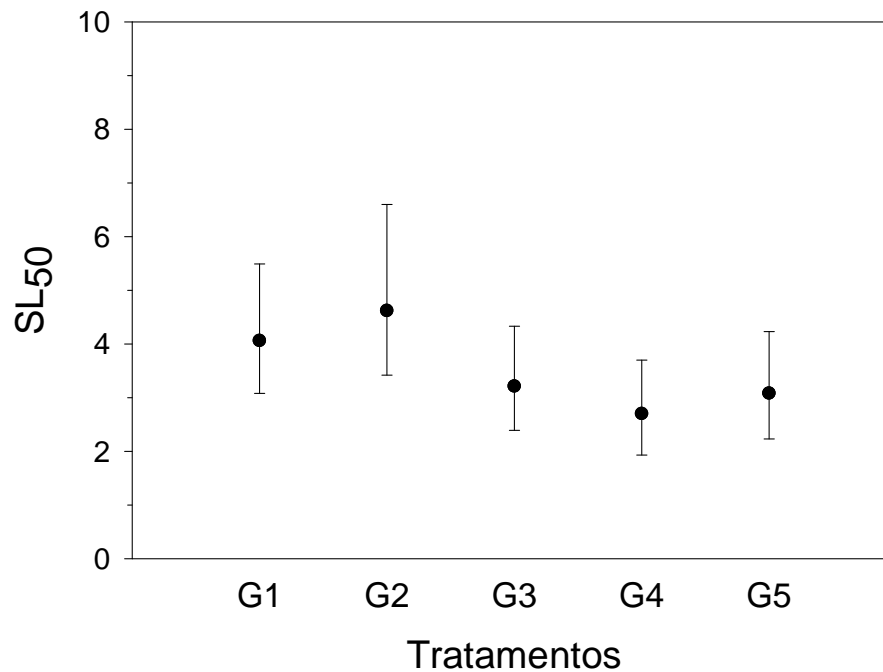
GRUPO	SALINIDADE	Temperatura	Oxigênio Dissolvido	pH	Alcalinidade
G1	10	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	43,37 ± 1,75 <sup>a</sup>
G1	5	21,9 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,37 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	32,75 ± 1,72 <sup>b</sup>
G1	2	21,7 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,42 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,1 ± 0,04 <sup>a</sup>	20,81 ± 1,04 <sup>c</sup>
G1	1	21,7 ± 0,44 <sup>a</sup>	9,21 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,02 <sup>b</sup>	15,43 ± 0,96 <sup>d</sup>
G2	10	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	43,37 ± 1,75 <sup>a</sup>
G2	5	21,7 ± 0,36 <sup>a</sup>	9,37 ± 0,08 <sup>a</sup>	8,1 ± 0,03 <sup>b</sup>	31,1 ± 1,13 <sup>a</sup>
G2	2	21,8 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,37 ± 0,08 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,03 <sup>b</sup>	20,25 ± 1,36 <sup>b</sup>
G2	1	21,9 ± 0,47 <sup>a</sup>	9,27 ± 0,11 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,03 <sup>c</sup>	17,6 ± 1,46 <sup>b</sup>
G3	10	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	43,37 ± 1,75 <sup>a</sup>
G3	5	21,8 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,42 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,1 ± 0,04 <sup>a</sup>	28,56 ± 1,90 <sup>b</sup>
G3	2	21,8 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,24 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,03 <sup>b</sup>	20,81 ± 1,47 <sup>c</sup>
G3	1	21,9 ± 0,41 <sup>a</sup>	9,31 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,02 <sup>b</sup>	17,71 ± 1,65 <sup>c</sup>
G4	10	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	43,37 ± 1,75 <sup>a</sup>
G4	5	21,8 ± 0,39 <sup>a</sup>	9,33 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,03 <sup>b</sup>	29,1 ± 1,54 <sup>b</sup>
G4	2	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,31 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,02 <sup>bc</sup>	21,94 ± 1,12 <sup>c</sup>
G4	1	21,9 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,33 ± 0,08 <sup>a</sup>	7,9 ± 0,03 <sup>c</sup>	18,69 ± 0,85 <sup>c</sup>
G5	10	21,8 ± 0,38 <sup>a</sup>	9,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,03 <sup>a</sup>	43,37 ± 1,75 <sup>a</sup>
G5	5	21,6 ± 0,39 <sup>a</sup>	9,46 ± 0,1 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,04 <sup>a</sup>	46,63 ± 3,08 <sup>a</sup>
G5	2	21,4 ± 0,40 <sup>a</sup>	9,38 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,3 ± 0,05 <sup>ab</sup>	48,87 ± 2,08 <sup>a</sup>
G5	1	21,6 ± 0,39 <sup>a</sup>	10,15 ± 0,65 <sup>a</sup>	8,4 ± 0,08 <sup>b</sup>	49,25 ± 2,32 <sup>a</sup>

**Tabela 6. Composição iônica dos meios de cultivo utilizados para testar o efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência e crescimento de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 30 dias. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). As concentrações dos íons estão expressas em mEq/L. Os dados estão expressos como média ± EP (n = 4-8). Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes entre si para o mesmo tratamento (P<0,05).**

GRUPO	SALINIDADE	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Cloro
G1	10	142,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,13 <sup>a</sup>	15,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	30,1 ± 2,9 <sup>a</sup>	159,3 ± 4,5 <sup>a</sup>
G1	5	102,4 ± 3,2 <sup>b</sup>	1,70 ± 0,09 <sup>b</sup>	8,6 ± 0,3 <sup>b</sup>	15,9 ± 1,7 <sup>b</sup>	80,4 ± 3,9 <sup>b</sup>
G1	2	35,4 ± 1,7 <sup>c</sup>	0,61 ± 0,04 <sup>c</sup>	4,1 ± 0,2 <sup>c</sup>	12,5 ± 2,0 <sup>b</sup>	34,9 ± 2,3 <sup>c</sup>
G1	1	17,9 ± 0,7 <sup>d</sup>	0,37 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,3 ± 0,04 <sup>d</sup>	10,8 ± 1,7 <sup>b</sup>	7,6 ± 4,3 <sup>d</sup>
G2	10	142,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,13 <sup>a</sup>	15,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	30,1 ± 2,9 <sup>a</sup>	159,3 ± 4,5 <sup>a</sup>
G2	5	93,7 ± 4,3 <sup>b</sup>	1,58 ± 0,1 <sup>b</sup>	11,5 ± 0,5 <sup>b</sup>	14,2 ± 2,6 <sup>b</sup>	78,6 ± 3,7 <sup>b</sup>
G2	2	36,4 ± 3,3 <sup>c</sup>	0,65 ± 0,09 <sup>c</sup>	10,1 ± 0,5 <sup>bc</sup>	10,8 ± 1,7 <sup>b</sup>	37,1 ± 4,1 <sup>c</sup>
G2	1	17,8 ± 1,0 <sup>d</sup>	0,47 ± 0,05 <sup>c</sup>	9,0 ± 0,18 <sup>c</sup>	5,4 ± 0,8 <sup>c</sup>	4,6 ± 2,6 <sup>d</sup>
G3	10	142,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,13 <sup>a</sup>	15,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	30,1 ± 2,9 <sup>a</sup>	159,3 ± 4,5 <sup>a</sup>
G3	5	91,1 ± 5,7 <sup>b</sup>	1,41 ± 0,12 <sup>b</sup>	8,1 ± 0,5 <sup>b</sup>	28,6 ± 4,8 <sup>a</sup>	79,9 ± 6,4 <sup>b</sup>
G3	2	39,6 ± 1,8 <sup>c</sup>	0,71 ± 0,09 <sup>c</sup>	4,5 ± 0,2 <sup>c</sup>	31,5 ± 4,3 <sup>a</sup>	39,9 ± 4,5 <sup>c</sup>
G3	1	22,0 ± 2,2 <sup>d</sup>	0,41 ± 0,05 <sup>c</sup>	3,1 ± 0,2 <sup>d</sup>	37,5 ± 3,4 <sup>a</sup>	2,43 ± 0,3 <sup>d</sup>
G4	10	142,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,13 <sup>a</sup>	15,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	30,1 ± 2,9 <sup>a</sup>	159,3 ± 4,5 <sup>a</sup>
G4	5	96,3 ± 2,9 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,07 <sup>b</sup>	12,5 ± 0,2 <sup>b</sup>	25,9 ± 3,5 <sup>a</sup>	79,1 ± 6,4 <sup>b</sup>
G4	2	38,8 ± 1,3 <sup>c</sup>	0,61 ± 0,04 <sup>c</sup>	11,3 ± 0,3 <sup>c</sup>	32,1 ± 1,7 <sup>a</sup>	39,9 ± 4,4 <sup>c</sup>
G4	1	20,3 ± 1,6 <sup>d</sup>	0,38 ± 0,05 <sup>c</sup>	10,9 ± 0,3 <sup>c</sup>	32,5 ± 4,5 <sup>a</sup>	3,6 ± 0,8 <sup>d</sup>
G5	10	142,1 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,13 <sup>a</sup>	15,4 ± 0,6 <sup>a</sup>	30,1 ± 2,9 <sup>a</sup>	159,3 ± 4,5 <sup>a</sup>
G5	5	90,7 ± 5,8 <sup>b</sup>	1,41 ± 0,15 <sup>b</sup>	11,5 ± 0,7 <sup>b</sup>	30,5 ± 3,6 <sup>a</sup>	70,0 ± 8,8 <sup>b</sup>
G5	2	42,1 ± 2,0 <sup>c</sup>	0,75 ± 0,10 <sup>c</sup>	11,8 ± 0,4 <sup>b</sup>	28,8 ± 2,4 <sup>a</sup>	39,5 ± 3,6 <sup>c</sup>
G5	1	21,7 ± 1,1 <sup>d</sup>	0,43 ± 0,05 <sup>c</sup>	10,8 ± 0,4 <sup>b</sup>	32,6 ± 3,5 <sup>a</sup>	2,0 ± 0 <sup>d</sup>

**Tabela 7. Efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na sobrevivência de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 30 dias. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Sobrevivência em salinidade 10 (controle) = 90 %.**

Grupo	Salinidade 5	Salinidade 2	Salinidade 1
G1	50 %	30 %	0 %
G2	30 %	35 %	0 %
G3	65 %	45 %	0 %
G4	70 %	55 %	0 %
G5	60 %	55 %	0 %



**Figura 4. SL<sub>50</sub> (30 dias) para juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* em diferentes condições de cultivo. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.**

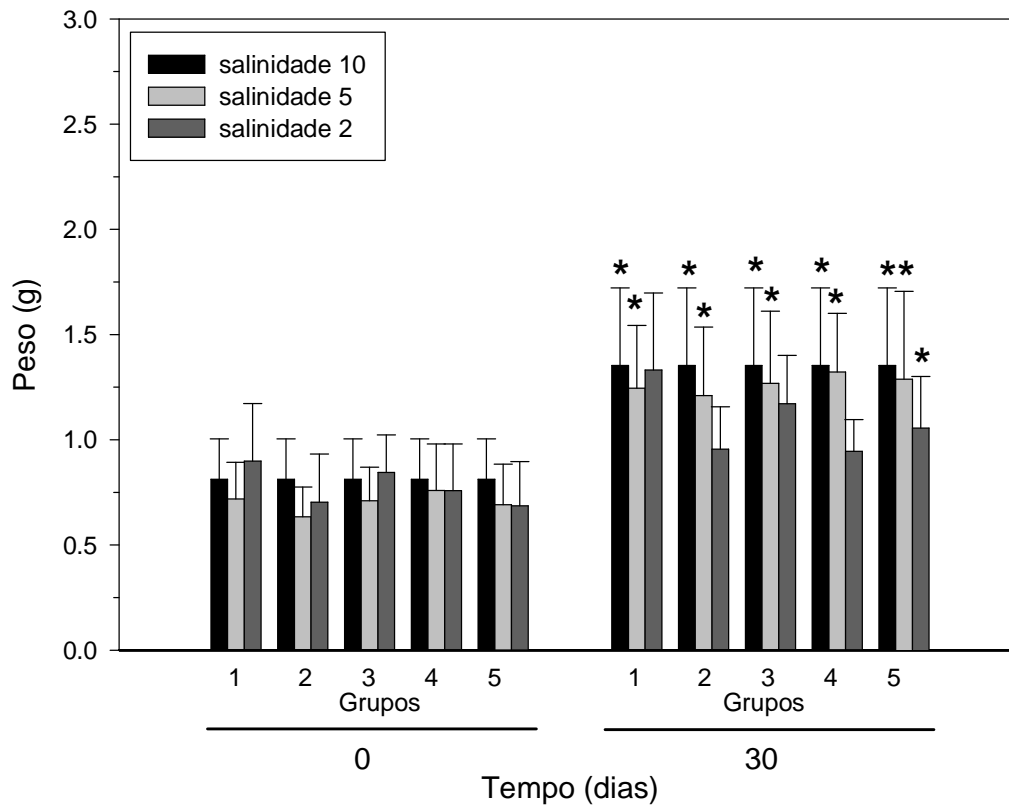
**Tabela 8. Efeito da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio na composição iônica hemolinfática de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* cultivados em baixas salinidades por 30 dias. G1 (sem adição de sais), G2 (adição de CaSO<sub>4</sub>), G3 (adição de MgSO<sub>4</sub>), G4 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub>) e G5 (adição de CaSO<sub>4</sub> + MgSO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Os dados estão expressos como média ± EP (n = 1-18). As concentrações dos íons estão expressas em mEq/L. Letras diferentes indicam médias significativamente diferentes entre si para o mesmo tratamento (P<0,05).**

Grupo	Salinidade	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Cloro
G1	10	463,3 ± 12,9 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,6 ± 3,7 <sup>a</sup>	17,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	248,0 ± 41,9 <sup>a</sup>
G1	5	423,1 ± 53,9 <sup>a</sup>	8,4 ± 0,7 <sup>a</sup>	60,4 ± 5,5 <sup>a</sup>	18,4 ± 5,3 <sup>a</sup>	299,1 <sup>a</sup>
G1	2	264,0 ± 70,4 <sup>b</sup>	5,2 ± 1,7 <sup>b</sup>	36,1 ± 0,9 <sup>b</sup>	9,5 ± 1,0 <sup>ab</sup>	157,2 ± 42,2 <sup>a</sup>
G1	1	-	-	-	4,0 ± 2,2 <sup>b</sup>	-
G2	10	463,3 ± 12,9 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,6 ± 3,7	17,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	248,0 ± 41,9
G2	5	372,2 <sup>a</sup>	-	-	-	-
G2	2	219,5 ± 9,5 <sup>b</sup>	6,6 ± 0,6 <sup>a</sup>	-	7,3 ± 1,4 <sup>a</sup>	-
G2	1	-	-	-	5,8 ± 1,5 <sup>a</sup>	-
G3	10	463,3 ± 12,9 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,6 ± 3,7 <sup>a</sup>	17,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	248,0 ± 41,9 <sup>a</sup>
G3	5	415,1 ± 26,0 <sup>b</sup>	14,1 ± 1,6 <sup>b</sup>	56,5 <sup>ab</sup>	8,2 ± 3,3 <sup>a</sup>	383,5 <sup>a</sup>
G3	2	343,5 ± 10,7 <sup>b</sup>	12,1 ± 1,4 <sup>b</sup>	44,3 ± 1,6 <sup>b</sup>	-	241,6 ± 11,5 <sup>a</sup>
G3	1	-	-	-	-	-
G4	10	463,3 ± 12,9 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,6 ± 3,7 <sup>a</sup>	17,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	248,0 ± 41,9 <sup>a</sup>
G4	5	426,8 ± 22,7 <sup>a</sup>	9,4 ± 0,9 <sup>a</sup>	58,2 ± 3,9 <sup>a</sup>	35,2 ± 9,1 <sup>a</sup>	245,4 ± 15,2 <sup>a</sup>
G4	2	405,6 ± 17,9 <sup>a</sup>	8,2 ± 0,5 <sup>a</sup>	60,1 ± 2,1 <sup>a</sup>	15,6 ± 0,9 <sup>a</sup>	306,8 ± 39,8 <sup>a</sup>
G4	1	-	-	-	-	-
G5	10	463,3 ± 12,9 <sup>a</sup>	8,0 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,6 ± 3,7 <sup>a</sup>	17,5 ± 5,1 <sup>a</sup>	248,0 ± 41,9 <sup>a</sup>
G5	5	422,9 ± 18,8 <sup>a</sup>	10,9 ± 0,7 <sup>b</sup>	62,0 ± 1,9 <sup>a</sup>	15,0 ± 2,0 <sup>a</sup>	272,3 ± 42,2 <sup>a</sup>
G5	2	469,6 ± 21,0 <sup>a</sup>	10,0 ± 0,4 <sup>b</sup>	70,6 ± 7,8 <sup>a</sup>	22,7 ± 6,2 <sup>a</sup>	287,6 ± 22,7 <sup>a</sup>
G5	1	-	-	-	34,8 ± 7,7 <sup>a</sup>	-

A composição iônica hemolinfática dos juvenis testados e que sobreviveram ao final de 30 dias de experimento está apresentada na Tabela 8. A concentração de  $\text{Na}^+$  reduziu significativamente na salinidade 2 em relação ao controle (salinidade 10) em todos os tratamentos, exceto nos Grupos 4 e 5 onde houve adição de  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  (Grupo 4) ou de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  (Grupo 5) ao meio de cultivo. No que se refere à concentração de  $\text{K}^+$  hemolinfática, assim como para o  $\text{Na}^+$  houve uma redução na salinidade 2, porém esta diminuição foi observada apenas no Grupo 1 (controle). No entanto, para o Grupo 3 (adição de  $\text{MgSO}_4$ ) houve um aumento significativo da concentração hemolinfática de  $\text{K}^+$  nas salinidades 5 e 2, em relação à salinidade controle. Nos tratamentos onde houve adição de  $\text{CaSO}_4$  (Grupos 2 e 4) não houve variação significativa da concentração hemolinfática de  $\text{K}^+$ . Onde houve a adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo (Grupo 5), a concentração deste íon aumentou significativamente nas salinidades 5 e 2. Quanto ao  $\text{Ca}^{2+}$ , a concentração hemolinfática deste íon diminuiu significativamente na salinidade 2 em relação ao controle (salinidade 10) nos camarões dos Grupos 1 (controle) e 3 (adição de  $\text{MgSO}_4$ ). Nos camarões dos Grupos 4 e 5 onde houve adição de  $\text{CaSO}_4$  ao meio de cultivo, a concentração hemolinfática de  $\text{Ca}^{2+}$  não variou significativamente. No grupo 2, onde também foi adicionado  $\text{CaSO}_4$  ao meio de cultivo, foi possível obter dados apenas para camarões na salinidade 10. Quanto à concentração hemolinfática de  $\text{Mg}^{2+}$ , como para os demais íons, houve uma redução na salinidade 1 nos camarões do Grupo 1 (controle). Nos demais grupos, não foram observadas variação significativa da concentração hemolinfática de  $\text{Mg}^{2+}$  até a salinidade 2. No que se refere à concentração hemolinfática de  $\text{Cl}^-$ , não foi observada variação significativa na concentração deste íon em todos os tratamentos e salinidades testadas (Tabela 8).

Quanto ao crescimento de juvenis de *F. paulensis* após 30 dias de cultivo, observou-se que houve crescimento significativo em todos os tratamentos nas salinidades 10 e 5. Na salinidade 2, não houve crescimento significativo em todos os tratamentos, exceto no Grupo 5, onde houve adição de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo (Figura 5).





**Figura 5. Valores médios ( $\pm$  EP; n = 6-18) dos pesos inicial e final de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* nos diferentes tratamentos (Grupos), em diferentes salinidades. \* Indica média significativamente diferente entre os valores de peso final e inicial para cada tratamento (P<0,05).**

## 5. DISCUSSÃO

O crescente interesse no desenvolvimento de novas técnicas cada vez mais eficientes para o cultivo de camarão marinho vem gerando novas e importantes informações sobre a produção destes organismos em regiões distantes de áreas costeiras, sem a utilização de água salgada. No entanto, para que esta atividade obtenha sucesso com a utilização de águas com salinidades muito baixas e algumas vezes até bem próximas de zero é primordial o cuidado com alguns detalhes importantes. A qualidade das águas de cultivo, dentre outros fatores, certamente determinará o sucesso desta atividade.

Um fator preponderante para o sucesso de cultivos de camarão marinho em baixas salinidades é a capacidade do organismo cultivado em tolerar as baixas salinidades. Entre as diferentes espécies de camarões peneídeos, a tolerância a baixas salinidades pode variar significativamente de uma espécie para outra. Várias espécies de peneídeos apresentam diferentes capacidades de regulação osmótica que estão diretamente ligadas a características morfológicas e fisiológicas destes camarões (Andrade *et al.*, 1999), sendo que as diferenças de sensibilidade para osmo/ionorregular encontradas entre as diferentes espécies podem estar associadas ao grau de variação da salinidade em regiões que serviram de berçário para estes crustáceos (Péqueux 1995). Algumas espécies de peneídeos desenvolvem capacidades regulatórias ao longo de seu ciclo de vida, alterando totalmente seu comportamento osmorregulatório. O camarão-branco *Litopenaeus vannamei* tolera bem salinidades entre 5 e 35 (Decamp *et al.*, 2003), sendo que, após um processo gradual de aclimação a baixas salinidades, as pós-larvas (PL) de *L. vannamei* apresentaram taxas de sobrevivência de 89% (PL12) e 99% (PL18) em salinidade 0 (Andrade *et al.*, 1999). O camarão *Penaeus chinensis* em sua fase juvenil tolera amplas variações de salinidade entre 10 e 40 (Chen & Lin, 1998). Adultos de *Penaeus semisulcatus* quando expostos em salinidades variando entre 10 e 80 demonstraram melhor tolerância à variação desta salinidade no intervalo de 30 e 40, apresentando maiores taxas de sobrevivência na salinidade de 40 (Clark, 1992).

O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* tolera bem uma ampla variação da salinidade da água de cultivo, a qual pode oscilar entre 5 e 44 (Wasielesky, 2000). Este autor relatou uma baixa tolerância de juvenis de *F. paulensis* a salinidades menores que 3. Sendo que para a salinidade 0,5, a mortalidade destes camarões foi de 100% da

população testada. De fato, pós-larvas de *F. paulensis* submetidas a testes de tolerância a baixas salinidades, demonstraram dificuldades em osmorregular e sobreviver nos estágios de PL 10 e PL 40, principalmente quando submetidas também a baixas temperaturas. Sendo que para salinidades abaixo de 5, as taxas de mortalidade da PL 10 ultrapassaram 70%. Apesar disso, as pós-larvas de *F. paulensis* de até 10 dias apresentaram melhores taxas de sobrevivência em salinidades próximas de 10 quando foram previamente aclimatadas a salinidades menores (Tsuzuki *et al.*, 2000). Neste caso, é importante ressaltar então o papel da aclimação prévia na tolerância de crustáceos às variações de salinidade (Kumlu & Jones, 1995; Tsuzuki, 1995; Carneiro *et al.*, 1999; Mendes *et al.*, 1999; Wasielesky, 2000; Lemos *et al.*, 2001). No presente estudo, tanto no experimento em curto prazo (96 h) quanto naquele em longo prazo (30 dias), os camarões foram previamente aclimatados à salinidade 10. Portanto, possíveis diferenças entre os diversos tratamentos não devem ser atribuídos à diferentes processos de aclimação.

No presente estudo, no teste de curto prazo (96 h), os juvenis de *F. paulensis* previamente aclimatados à salinidade 10, apresentaram taxas de sobrevivência superiores a 60% em salinidades maiores que 2 em todos os tratamentos testados. No entanto, observou-se que as melhores taxas de sobrevivência foram obtidas nos tratamentos onde houve adição de sais reagentes para correção da alcalinidade e/ou das durezas de cálcio e/ou magnésio. Na salinidade 1, somente foram observadas taxas de sobrevivências nos tratamentos onde a alcalinidade e/ou as durezas de cálcio e/ou magnésio foram ajustadas com a adição de sais reagentes ao meio de cultivo. Na salinidade 0,5, apesar de se ter observada alguma sobrevivência em alguns tratamentos, esta foi de apenas 10%. Tsuzuki *et al.* (2000) também registrou apenas 30% de sobrevivência para pós-larvas de *F. paulensis* expostas a salinidade 5 por 96 h. Quando comparados os valores de  $SL_{50}$ , denota-se que as correções das durezas de cálcio e/ou magnésio e/ou alcalinidade aumentaram de maneira importante a tolerância dos juvenis de *F. paulensis* às salinidades baixas, indicando a importância destes parâmetros neste processo.

No teste em longo prazo (30 dias), os juvenis de *F. paulensis* aclimatados à salinidade 10 não sobreviveram à salinidade 1 sem adição de sais reagentes aos meios de cultivo (controle) durante todo o período experimental e aqueles submetidos à salinidade 2 apresentaram apenas 30% de sobrevivência ao final do experimento. Já na salinidade 5, a taxa de sobrevivência foi de 50%. Por sua vez, Wasielesky (2000)

relatou uma sobrevivência de ~70% de juvenis de *F. paulensis* mantidos em salinidade 5 por 30 dias. Em relação aos demais tratamentos, observou-se no presente estudo que, apesar de não terem sido evidenciadas diferenças significativas nos valores de  $SL_{50}$  entre os diferentes tratamentos, a correção das durezas de cálcio e magnésio em conjunto e das durezas de cálcio e magnésio com a correção da alcalinidade resultou em taxas de sobrevivência de 55% para os camarões expostos à salinidade 2, indicando a importância destes parâmetros da água para a tolerância de *F. paulensis* à exposição em longo prazo a baixas salinidades. Outros autores também observaram resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo. Por exemplo, Saoud *et al.* (2003) correlaciona as melhores sobrevivências de juvenis de *L. vannamei* em salinidade 2 à adição de sais minerais, tais como os sais de magnésio, aos meios de cultivo. Valença & Mendes (2003) relataram que a adição de sais de magnésio em águas de cultivo de baixas salinidades aumentou a sobrevivência das pós-larvas de *L. vannamei* de 75% para 89%. Estes autores, assim como Davis *et al.* (2004), relataram também a importância da adição de sais de cálcio aos viveiros de cultivo, enquanto outros autores analisaram e confirmaram a importância da adição dos sais de sódio para o cultivo de peneídeos (Atwood *et al.*, 2003; Boyd & Thunjai, 2003; Valença & Mendes, 2004).

No que se refere ao crescimento dos juvenis de *F. paulensis* em baixas salinidades, o presente estudo demonstrou que, apesar de ter havido crescimento dos camarões nos diferentes tratamentos ao final dos 30 dias de experimento nas salinidades 10, 5 e 2, este crescimento foi significativo na salinidade 2 apenas quando as correções da dureza e da alcalinidade da água foram realizadas. Portanto, os resultados obtidos no presente estudo e aqueles relatados na literatura, indicam que a alcalinidade e a dureza da água podem vir a influenciar a sobrevivência e o crescimento dos camarões cultivados, inclusive de *F. paulensis*. Melhores taxas de sobrevivência e crescimento de *L. vannamei* com adição de sais reagentes aos meios de cultivo também foram observadas por Atwood *et al.* (2003).

Já é bem conhecida a importância da adição de sais minerais nas águas de cultivo em viveiros como importante fonte de íons à disposição dos camarões marinhos cultivados em baixas salinidades. Sabe-se que os íons de maior importância na água do mar são o íon cloreto ( $Cl^-$ ) e o íon sódio ( $Na^+$ ), e apesar disso, meios de cultivo com salinidades baixas contendo apenas o  $NaCl$ , não se mostraram muito eficientes para o cultivo de camarão marinho em diferentes salinidades testadas (Atwood *et al.*, 2003; Valença & Mendes, 2004). A carência do íon sódio nas águas de cultivo com baixas

salinidades pode gerar em alguns crustáceos uma redução da frequência cardíaca levando estes animais à morte. No entanto, um excesso deste íon no meio de cultivo pode ser tão prejudicial quanto a sua falta, podendo em muitos casos causar um aumento da atividade cardíaca do crustáceo, com conseqüente fadiga e retardo de seu crescimento (Chavez, 1989). Estes resultados confirmam, portanto, que a salinidade não é o único fator importante para o sucesso de um cultivo de camarão marinho em águas interiores. Quanto ao íon potássio, este possui papéis específicos em muitos processos fisiológicos dos crustáceos, assim não é uma surpresa a resposta positiva observada na sobrevivência e no crescimento de camarões marinhos cultivados em viveiros após a adição de sais contendo potássio à água de cultivo (Boyd *et al.*, 2002; Boyd & Thunjai, 2003). A adição de sais contendo o íon potássio em águas de cultivo de baixas salinidades aumentou de 75% a 89% a sobrevivência de pós-larvas e juvenis de *L. vannamei*, (Valença & Mendes, 2003; Saoud *et al.*, 2003). De fato, alguns crustáceos ao tolerarem mudanças de salinidade do meio, passam por alguns ajustes fisiológicos de seus volumes celulares, o que provoca reações de transporte ativo e transporte passivo de sódio e potássio através das membranas celulares. No entanto, o magnésio, cálcio e cloro também atuam efetivamente nas atividades de regulação iônica dos camarões (Chavez, 1989).

O requerimento de energia que os camarões marinhos criados em baixas salinidades necessitam para manter as concentrações de seus fluídos internos em níveis adequados é bastante alto. No entanto, o estresse iônico do animal em baixas salinidades associado ao estresse a que o animal é submetido durante o período da muda pode ser amenizado através do equilíbrio de cálcio e de magnésio nesta água de cultivo. A síndrome do “músculo grampeado”, freqüente em fazendas camaroneiras do Arizona (EUA), que compromete grandes investimentos em carcinicultura nesta região, também pode ser evitada através de um equilíbrio na relação cálcio : magnésio da água, que deve apresentar preferencialmente uma proporção de cálcio para magnésio de 1 : 3,4 (Nunes *et al.*, 2004). Outros íons, como o cloreto e os sulfatos, além de contribuírem também para a manutenção da salinidade da água, são essenciais aos processos de regulação iônica dos camarões marinhos cultivados em baixas salinidades (Boyd & Thunjai, 2003).

No experimento de curto prazo (96 h), as concentrações hemolinfáticas de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$  dos juvenis de *F. paulensis* que sobreviveram ao final do experimento, não variaram significativamente em função da salinidade nos diferentes

tratamentos, indicando que esta espécie tolera bem amplas variações de salinidade em curto prazo, mantendo a ionorregulação hemolinfática em perfeitas condições. Portanto, as melhores taxas de sobrevivência observadas nas salinidades baixas quando foram adicionados sais reagentes ao meio, não parecem estar associadas à ionorregulação hemolinfática. A composição iônica da hemolinfa dos camarões indicou uma hiperionorregulação hemolinfática de todos os íons analisados. Este resultado confirma, portanto, o comportamento hiper-osmorregulatório característico de *F. paulensis* quando exposto a salinidades inferiores àquele em que se observa o seu ponto isosmótico (salinidade 22,9) (Wasielesky, 2000). Chen & Lin (1994) trabalhando com juvenis de *Penaeus chinensis* relataram que esta espécie hiper-osmorregula e hiperionoregula a concentração de cloreto em salinidades abaixo do seu ponto isosmótico (salinidade 25). Este mesmo comportamento foi descrito para juvenis de *P. setiferus* e *P. stylirostris*, sendo que o ponto isosmótico destas espécies é de 9,8 e 10,8, respectivamente (Castille & Lawrence, 1980).

No teste em longo prazo (30 dias), as concentrações hemolinfáticas de todos os íons analisados exceto a do cloreto, para os juvenis de *F. paulensis* que sobreviveram ao final dos 30 dias do experimento, diminuíram significativamente com a redução de salinidade quando estes animais foram mantidos no tratamento controle, ou seja, sem adição de sais reagentes aos meios de cultivo. Por outro lado, as correções da alcalinidade e/ou das durezas de cálcio e magnésio proporcionaram, de forma geral, uma manutenção da hiper-ionorregulação de todos os íons analisados em nível semelhante àquele observado na salinidade 10, apesar da redução da salinidade até 2. Estes resultados demonstram que para manutenção do perfeito balanço ionorregulatório em longo prazo, juvenis de *F. paulensis* necessitam de concentrações de cálcio e magnésio, bem como de valores de alcalinidade da água, em níveis semelhantes àqueles observados na salinidade 10. Estes resultados demonstram a importância da adição de sais reagentes, tais como  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , para melhor manutenção do balanço iônico hemolinfático. Melhores capacidades de manutenção da ionorregulação hemolinfática com a adição de sais reagentes aos meios de cultivo também estão relatados na literatura para *L. vannamei* (Atwood *et al.*, 2003; Boyd & Thunjai, 2003; Saoud *et al* 2003; Valença & Mendes, 2004). Neste caso, os melhores resultados de crescimento de juvenis de *F. paulensis*, observados na salinidade 2 no tratamento onde todos os sais reagentes foram adicionados ao meio de cultivo, poderiam ser explicados

pela importância da alcalinidade e da dureza da água na manutenção da capacidade ionorregulatória destes camarões, nestas condições experimentais.

Valença & Mendes (2004) sugerem que a adição de sais minerais às águas dos viveiros de cultivo devem ser feitas na forma de sulfato de cálcio, sulfato de magnésio, sulfato de potássio e muriato de potássio (Davis *et al.*, 2004), assim como sob a forma de cloreto de potássio e cloreto de sódio, para a correção da composição iônica de águas de viveiros de cultivo de *L. vannamei* em baixas salinidades. A aplicação destes sais na aquicultura continental é comercialmente viável através da aplicação do calcário, dolomítico e/ou calcítico, como importante fonte de bicarbonato, de cálcio e de magnésio. No entanto, em águas com valores de alcalinidade e dureza de cálcio superiores a 60 mg/L e 24 mg/L, respectivamente, o calcário apresentará baixa solubilidade ao ser adicionado à água de cultivo, reduzindo sua eficiência (Boyd & Thunjai, 2003). No presente estudo, foram adicionados aos meios experimentais os sulfatos de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ) e de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ) para a manutenção das durezas de cálcio e de magnésio, respectivamente. Para a manutenção dos valores de alcalinidade destes meios experimentais, foi adicionado o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). A partir dos resultados obtidos, observa-se que, de forma geral, este objetivo foi atingido, principalmente no experimento de longa duração. Segundo Boyd & Thunjai (2003), o valor de alcalinidade total em águas de cultivo de *L. vannamei* em baixas salinidades não deve ser inferior a 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , recomendando-se manter os valores da alcalinidade da água de cultivo sempre acima deste limite. Os valores de alcalinidade obtidos no experimento em curto prazo mantiveram-se bem abaixo de 50 mg/L, sobretudo nas baixas salinidades naqueles grupos em que não foi adicionado o  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Porém, no Grupo 5, onde houve adições de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo, os valores de alcalinidade total foram iguais ou superiores a 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  em todas as salinidades testadas. Já no experimento em longo prazo, os valores de alcalinidade total ficaram bem próximos de 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  no Grupo 5, onde houve adições de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  ao meio de cultivo.

Portanto, se as durezas de cálcio e magnésio e a alcalinidade tivessem alguma interferência nos processos ionorregulatórios hemolinfáticos de *F. paulensis*, esperaria-se que a ionorregulação e, portanto, a sobrevivência e o crescimento dos camarões testados em baixas salinidades fossem melhorados em relação àqueles observados nas salinidades baixas no tratamento controle, onde não houve nenhum ajuste dos parâmetros mencionados acima. Este fato pôde ser comprovado no presente estudo,

pois uma melhor tolerância às baixas salinidades em curto prazo foi observada com a manutenção da alcalinidade e das durezas de cálcio e magnésio. Também um maior crescimento dos juvenis de *F. paulensis* foi observado em longo prazo quando estes parâmetros foram mantidos constantes ou em níveis mais elevados, apesar da redução da salinidade. Além disso, os resultados positivos aqui obtidos devem, de fato, ser atribuídos aos efeitos das correções da alcalinidade e da dureza da água na ionorregulação hemolinfática de juvenis de *F. paulensis*, uma vez que os demais parâmetros físico-químicos da água, tais como salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia total, não variaram significativamente ao longo dos experimentos. Além disso, a temperatura, o pH, e o oxigênio dissolvido mantiveram-se dentro dos valores recomendados para cultivo de peneídeos, e os valores de amônia total se mostraram abaixo dos valores letais para estes camarões (Boyd, 1997; Wasielesky 2000).

Em resumo, os resultados obtidos no presente estudo confirmam, portanto, a importância da alcalinidade e da dureza da água na ionorregulação, sobrevivência e crescimento de juvenis de *F. paulensis* e estão de acordo com aqueles relatados para *L. vannamei* (Boyd & Thunjai, 2003).



## 6. CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a adição de sais minerais, tais como o  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , na água de cultivo aumenta significativamente a tolerância de juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* expostos a baixas salinidades por um curto período de tempo (96 h);
- juvenis de *F. paulensis* não tolera longos períodos de exposição à salinidades inferiores a 2, sugerindo que esta espécie não mantém suas funções fisiológicas de ionorregulação em perfeitas condições em salinidades tão baixas, mesmo com o aporte de sais minerais aos meios de cultivo;
- a alcalinidade e a dureza da água têm importante influência no crescimento de *F. paulensis* em baixas salinidades, uma vez que possibilita aos camarões uma melhor capacidade de manutenção da ionorregulação hemolinfática.
- De acordo com as condições do presente estudo e levando-se em consideração a fisiologia de *F. paulensis*, é possível melhorar as taxas de sobrevivência e crescimento desta espécie em cultivos com salinidades baixas, desde que sejam adotadas algumas técnicas de adição de sais minerais à água dos viveiros de cultivo.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez que cada espécie de crustáceo cultivado apresenta padrões de comportamento diferenciados, o conhecimento das características fisiológicas e comportamentais de *Farfantepenaeus paulensis* é um fator de extrema importância para o cultivo desta espécie. Sugere-se que mais estudos sobre a capacidade ionorregulatória e as necessidades iônicas de *F. paulensis* sejam realizados para a obtenção de melhores técnicas de cultivo desta espécie de peneídeo.

É importante ressaltar que além da qualidade da água de cultivo, a qualidade e quantidade do alimento oferecido em cultivos de camarões marinhos em baixas salinidades podem contribuir para os processos de íono e osmorregulação de *F. paulensis*. Recomenda-se também a realização de estudos que considerem a possível relação entre a aplicação de sais minerais na água de cultivo e o manejo alimentar, para um melhor desenvolvimento em cativeiro deste camarão.

O camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* pode se tornar uma espécie de alto valor comercial em cultivo. No entanto, é indispensável a adoção de técnicas de cultivo específicas para esta espécie.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ABCC, 2004. Carcinicultura brasileira: O Censo de 2003. *Panorama da Aqüicultura*. V. 14, n°82, p. 21-25.
- ANDRADE, T.P., GESTEIRA, T.C.V., CARVALHO, R.L. & GONÇALVES, J.N. 1999. Sobrevivência de pós-larvas do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), expostas à salinidade zero em condições de laboratório. Anais do XI CONBEP e do I CONLAEP – Recife – Pernambuco – Brasil. Volume 2, p. 594 – 597.
- ATWOOD, H.L., YOUNG, S.P., TOMASSO, J.R. & BROWDY, C.L. 2003. Survival and growth of *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. *J. World Aquac. Soc.* 34 (4): 518-523.
- BARBIERI, R.C.J., OSTRENSKY, A., 2002. Camarões Marinhos - Engorda. Viçosa, Minas Gerais. Editora Aprenda Fácil. 370 pp.
- BAUMGARTEN, M.G.Z., ROCHA, J.M.B. & NIENCHESKI, L.F. 1996. Manual de Análises em Oceanografia Química. Rio Grande, RS, FURG. 39-42 pp.
- BOYD, C.E. 1997. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura. Tradução Eduardo Ono Campinas: Departamento de Aqüicultura. Mogiana. 55 p.
- BOYD, C.E. & THUNJAI, T. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *J. World Aquac. Soc.* 34 (4): 524-532.
- BOYD, C.E. , THUNJAI, T. & BOONYARATPLIN, M. 2002. Dissolved salts in waters for inland, low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*. 5(3): 40-45.

- CARNEIRO, K.B., CÉSAR, J.R.O., ALMEIDA, S.A.A., BEZERRA, F.J.S. & IGARASHI. 1999. Estudo preliminar de um cultivo em água doce do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* BOONE, 1931, em tanques retangulares. Anais do XI CONBEP e do I CONLAEP – Recife – Pernambuco – Brasil. Volume 2, p. 662– 668.
- CASTILLE, F.L. & LAWRENCE, A.L. 1980. A comparison of the capabilities of juvenile and adult *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris* to regulate the osmotic, sodium, and chloride concentrations in the hemolymph. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 68A: 677-680.
- CAVALLI, R. O., SCARDUA, M. P. & WASIELESKY, W. J. 1997. Reproductive performance of different-sized wild and pond-reared *Penaeus paulensis* females. *J. World Aquac. Soc.* 28 (3): 260-267.
- CHAVEZ, L. 1989. El efeito de la salinidad sobre la osmolaridad hemolinfática de los penaeidos. Anais da III Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão – João Pessoa – Paraíba – Brasil. Volume I, p. 541-555.
- CHEN, JC. & LIN JN. 1994. Osmolality and chloride concentration in the hemolymph of subadult *Penaeus chinensis* subjected to different salinity levels. *Aquaculture*. 125: 167-174.
- CHEN, JC. & LIN JN. 1998. Osmotic concentration and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles reared at different salinity and temperature levels. *Aquaculture*. 164: 173-181.
- CLARK, J. V. 1992. Physiological responses of adult *Penaeus semisulcatus* (DE HAAN) to changes in salinity. *Comp. Biochem. Physiol.* 101A (1): 117-119.

- DAVIS, A., SAMOCHA, T.M. & BOYD, C.E. 2004. Acclimating Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to inland, low-salinity waters. Southern Regional Aquaculture Center – USDA. n. 2601.
- DECAMP, O., CODY, J., CONQUEST, L., DELANOY, G. & TACON, A.G.J. 2003. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-exchange culture systems. *Aquaculture Research*. 34: 345-355.
- D'INCAO, F. 1995. Taxonomia, padrões distribucionais e ecológicos dos dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental. Univ. Federal do Paraná: Tese de Doutorado
- FAO, 2002. Word review of fisheries and aquaculture. Disponível no site <http://www.fao.org>
- FIGUEIREDO, M.C.B., ARAÚJO, L.F.P., ROSA, M.F., GONDIN, R.S., SABÓIA, L.F., GOMES, R.B. & PAULINO, D.W. 2004. Avaliação da demanda hídrica da carcinicultura em águas interiores. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 13. Fortaleza. p. 64.
- FINNEY, DJ. 1971. Probit Analysis. Cambridge, England., Cambridge University Press. 333 pp.
- KUMLU, M. & JONES, D.A. 1995. Salinity tolerance of hatchery-reared postlarvae of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards originating for India. *Aquaculture*. 130: 287-296.
- LEMOS, D., PHAN, V.N., ALVAREZ, G. 2001. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in different salinities. *J. Exp. Mar. Biol. Eco.* 261: 55-74.

- MARCHIORI, M. A. 1996. Guia Ilustrado de Maturação e Larvicultura do Camarão Rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. Rio Grande. Ed. FURG. 79 p.
- MENDES, G.N., VALENÇA, A.R., BARBOSA, M.P. & ROCHA, I.P. 1999. Cultivo de *Litopenaeus vannamei* em água doce. Anais do XI CONBEP e do I CONLAEP – Recife – Pernambuco – Brasil. Volume 2, p. 745 – 749.
- NUNES, A.J.P., MARTINS, P.C.C & GESTEIRA, T.C.V. 2004. Carcinicultura ameaçada – produtores sofrem com as mortalidades decorrentes do Vírus da Mionecrose Infecciosa (IMNV). *Panorama da Aqüicultura*. Rio e Janeiro. 14 (83): 37-51.
- PÉQUEUX, A. 1995. Osmotic regulation in crustaceans. *J. Crust. Biol.* 15 (1): 1-60.
- ROCHA, I. P. & RODRIGUES, J. 2003. A Carcinicultura Brasileira em 2002. *Revista da ABCC*, Ano 5, nº1, p.30-45.
- ROCHA, I.P., RODRIGUES, J. & AMORIM, L., 2004. A Carcinicultura Brasileira em 2003. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, Ano 6, 1, 30 - 36.
- RODRIGUES, J. 2001. Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado. ABCC, CNPq e MAPA. Brasília, Brasil, 276 p.
- SANTOS, M. H. S. 2003. Alimentação do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda – Penaeidae) cultivado. Rio Grande, FURG. 229 p. Tese de Doutorado.
- SAOUD, I.P., DAVIS. D.A. & ROUSE, D.B. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*. 217: 373-383.

- SCHIMIDT-NIELSEN, K. 1996. Fisiologia Animal: Adaptação e Meio Ambiente. São Paulo. Editora Livraria Santos.
- TSUZUKY, M. Y. 1995. Efeitos da temperatura e da salinidade na sobrevivência e crescimento de pós-larvas do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (PÉREZ-FARFANTE, 1967) (Decapoda, Penaeidae). Rio Grande, FURG. 125 p. Dissertação de Mestrado.
- TSUZUKI, M. Y; CAVALLI, R. O. & BIANCHINI, A. 2000. The effects of temperature, age and acclimation to salinity on the survival of *Farfantepenaeus paulensis* Postlarvae. *J. World Aquac. Soc.* 31(3): 459-468.
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission Manual and Guides 12.
- VALENÇA, A. R. & MENDES, G. N. 2003. Cultivo de *Litopenaeus vannamei*: Água doce ou oligohalina? *Panorama da Aqüicultura*. 13 (78): 35-41.
- VALENÇA, A. R. & MENDES, G. N. 2004. Importância da composição iônica da água oligohalina e “doce” no cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da Aqüicultura*. V. 14, nº 86, p. 23-29.
- VALENTINI, H., D’INCAO, F., RODRIGUES, L.F., REBELO NETO, J.E. & RAHN, E. 1991. Análise da pesca do camarão rosa (*Penaeus paulensis* e *Penaeus brasiliensis*) nas regiões sudeste e sul do Brasil. *Atlântica*. 13 (1): 143-157.
- VINATEA ARANA, L. 1997. Princípios Químicos de Água em Aqüicultura. Uma revisão para peixes e camarões. Editora UFSC, Florianópolis. 166 p.
- WASIELESKY, W. J., 2000. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: efeitos de parâmetros ambientais e manejo de cultivo. Rio Grande, FURG. 199 p. Tese de Doutorado.