

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL**

Maik dos Santos Cividanes da Hora

**Influência da salinidade na mortalidade e
crescimento de juvenis de cavalo-marinho
*Hippocampus reidi***

**VITÓRIA
2011**

Maik dos Santos Cividanes da Hora

**Influência da salinidade na mortalidade e
crescimento de juvenis de cavalo-marinho
*Hippocampus reidi***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jean-Christophe Joyeux.

**VITÓRIA
2011**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha linda e maravilhosa mãe Yolanda que sempre me apoiou e me ensinou a sempre tentar e nunca desistir. Te Amo MÃE!!!!

Ao meu pai e meu avô que sempre me ensinaram a gostar e respeita a natureza.

Ao meu padrasto Lula pelas várias caronas caronas até a base e pelo divertimento.

A toda minha família e amigos que sempre me deram força e torceram por mim.

Ao meu orientador Jean pelo aprendizado, confiança e pelos ensinamentos além pesquisa.

Ao Pablo e ao Alejandro da Juan Pablo de Marco e Irmão Ltda que doaram grande parte do material para a montagem do laboratório. Valeu!!!

A minha namorada Marianna, por mais uma vez “entender” ser trocada pelos cavalinhos, pela grande paciência durante os meus estresses e pelo enorme apoio que me deu nesta jornada.

Ao Grande amigo Reginaldo, o Sr. disposição que me ajudou a transportar os materiais (olha que não eram poucos) até a base oceanográfica.

Aos amigos do laboratório de Ictiologia, Lucas, Eric, Thiony, Raphael, Caio, Luana, Elder e Paulinho pelo grande divertimento proporcionado e pela grande ajuda na montagem do laboratório.

Ao amigo Rossi pela disposição em pegar os cavalinhos para o laboratório.

Ao grande amigo Thiony pela breve e divertida companhia na base oceanográfica, pela grande contribuição na montagem do laboratório e pela imensa ajuda no tratamento e revisão dos meus dados.

A amiguinha Camila pelos bons momentos engraçados na base e pelo enorme auxílio no experimento. Saudades minininha.

Ao Hêndrio, a Mirela, e Lorena pela indispensável ajuda nos experimentos do laboratório.

A todos os funcionários da base oceanográficas, Eliana, Luciano, Cris, Danielson, Zosimo, Jair, Manhães, Seu Zé, Maçarico, Zóin, Dinei, Danielzin playboy e Gaguinho, pela grande companhia e pelas peladas no fim da tarde.

Ao Digo e Rodrigo pelo harmonioso convívio na base e também pelas ajudas nos experimentos.

A FAPES pela bolsa concedida.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mortalidade total acumulada de *H. reidi* e quantidade amostrada acumulada em diferentes salinidades até o 10º dia de vida. O número de indivíduos amostrados é indicado para efeito de comparação.....12

Figura 2 - **A**- Peso inicial e final (P_0 e P_{10}) (individual). **B**- Altura inicial e final (A_0 e A_{10}) de *H. reidi* em diferentes salinidades (+ erro padrão)14

Figura 3 - Altura de *H. reidi* aos 10 dias (A_{10}) em função da temperatura média no experimento.....15

Figura 4 - Taxa de crescimento médio de *H. reidi* até o segundo dia de vida (C_2) nas diferentes salinidades (+ erro padrão). Os grupos homogêneos são indicados pelas letras acima das barras de salinidade.....15

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Taxa de crescimento médio de altura (mm/dia) (\pm desvio padrão) de *H. reidi* para as salinidades de 15 a 35 entre nascimento e 10 dias de idade.....13

Resumo

O desempenho do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* em cultivo só começou a ser estudado recentemente. Existe ainda diversos problemas que levam a grandes mortandades que precisam ser solucionados afim de estabelecer um cultivo comercial estável para esta espécie. O efeito da salinidade na mortalidade e no crescimento de juvenis de *H. reidi* foi testado através de sete tratamentos (salinidades 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35) nos primeiros 10 dias de vida. Os experimentos, usando 60 filhotes cada, foram triplicados. Os indivíduos foram medidos (altura total) e pesados (peso úmido) no dia do nascimento e a cada dois dias. A alimentação constituiu de zooplâncton estuarino selvagem gradualmente substituído por *Artemia salina* recém-eclodida enriquecida. As salinidades 5 e 10 resultaram em altas mortalidades (156 e 49 de 180 indivíduos) aparentemente causadas por inanição ou má alimentação devido a morte do zooplâncton. A mortalidade não variou no intervalo 15-35 de salinidade. Neste mesmo intervalo, o peso final, a altura final e a taxa de crescimento não variaram significativamente entre salinidades. A melhor taxa de crescimento ($0,90 \pm 0,26$ mm/dia) e maior peso final (17,58 mg) foram registrados para a salinidade 15. Sugerimos que esta, próxima à salinidade do meio osmótico interno dos teleósteos (8 a 16), seja a salinidade mais adequada para o cultivo do cavalo-marinho *H. reidi* nos primeiros 10 dias. Por permitir redução de custo de operação e principalmente minimizar custos fisiológicos necessários para a osmorregulação.

Abstract

The performance of seahorse *Hippocampus reidi* in cultivation began to be studied recently. Several problems leading to high mortality need to be solved before building a solid commercial cultivation for this species. The effect of salinity on growth and mortality of *H. reidi* juveniles during the first ten days of life was tested with seven salinity treatments (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35). The experiments, each one using 60 newborns, were triplicated. Individuals were measured (total height) and weighed (wet weight) on the day of birth and every two days. They were fed with wild estuarine zooplankton gradually substituted by *Artemia* naupli. Salinity 5 and 10 resulted in high mortality (156 and 49 of 180 individuals) apparently caused by zooplankton death. Mortality did not vary between remaining salinity treatments. Final weight, final height and growth rate did not vary among salinity treatments 15-35. The highest growth rate (0.90 ± 0.26 mm/day) and final weight (17.58 mg) were recorded for the salinity 15. We suggest this salinity to be the most appropriate to grow *H. reidi* during the first 10 days of life. This would lower physiological costs for osmoregulation and also reduce operational costs of aquaculture facilities.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. METODOLOGIA	8
2.1 <i>Desenho experimental</i>	8
2.2 <i>Alimentação</i>	10
2.3 <i>Coleta de dados</i>	10
2.4 <i>Análises estatísticas</i>	11
3. RESULTADOS.....	11
3.1 <i>Mortalidade</i>	11
3.2 <i>Crescimento</i>	12
4. DISCUSSÃO	16
4.1 <i>Mortalidade</i>	16
4.2 <i>Crescimento</i>	18
4.3 <i>Efeito da Temperatura</i>	19
5. CONCLUSÃO	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. Introdução

Os teleósteos crescem indefinidamente mesmo em condições ambientais não ótimas. A alteração da salinidade em um nível distinto da concentração corporal em peixes marinhos e estuarinos pode fazer com que estes gastem mais energia para o balanço osmótico. Este gasto para a osmorregulação pode prejudicar o crescimento, visto que pode variar de menos de 10 até 50% do metabolismo padrão (Boeuf & Payan, 2001). Desta forma, estudos avaliando o gasto energético para a osmorregulação são importantes para o entendimento do comportamento fisiológico de cada espécie para um melhor crescimento em cultivo.

A salinidade influencia o desenvolvimento dos peixes em diferentes estágios de vida. Ela apresenta distintos graus de interferência na fertilização e na incubação de ovos (Griffin *et al.*, 1998), no crescimento larval (Tsuzuki *et al.*, 2000) e no desenvolvimento de juvenis e adultos (Resley *et al.*, 2006; Lin *et al.*, 2009a). Ela também influencia no consumo de oxigênio (Peterson-Curtis, 1997; Swanson, 1998; Tsuzuki *et al.*, 2008), na conversão alimentar (Imsland *et al.*, 2008) e no comportamento (Peterson-Curtis, 1997; Swanson, 1998). De fato, espécies de peixes marinhas não influenciadas pela variação de salinidade durante o seu desenvolvimento e crescimento são raras. Assim, muitos juvenis preferem salinidades intermediárias, como as encontradas em áreas costeiras e estuarinas (Boeuf & Payan, 2001). Este é o caso de alguns cavalos-marinhos e peixes da família Syngnathidae.

Os cavalos-marinhos da espécie *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 habitam principalmente regiões estuarinas e têm sua distribuição dos EUA até o Rio Grande do Sul no Brasil (Rosa, 2004). São animais exclusivamente marinhos, porém toleram grandes flutuações de salinidade (Foster & Vincent, 2004). Assim como todas as espécies de cavalos-marinhos, *H. reidi*, desde 2004, consta no Apêndice II da CITES (acrônimo em inglês significando em português: Convenção Internacional Sobre o Comércio das Espécies Ameaçadas da Fauna e Flora Silvestre). Este documento regulamenta o comércio desses animais (CITES, 2008). Os cavalos-marinhos são comercializados vivos, para atender o mercado de aquarofilia ou mortos (secos), que constituem a maior parte dos cavalos-marinhos comercializados no mundo. Estes têm

como destino a medicina tradicional, principalmente chinesa, ou, em menor grau, são usados como souvenirs e artesanatos. Para sustentar este comércio, mais de 25 milhões de indivíduos são retirados anualmente da natureza. Isso tem contribuído para o declínio das populações selvagens observado em todo mundo (Vincent, 1996b), inclusive no Brasil (Rosa *et al.*, 2007), onde *Hippocampus* é um dos gêneros de peixes ornamentais marinhos mais exportados (Monteiro-Neto *et al.*, 2003). Essas exportações são sustentadas principalmente por *H. reidi* que é uma das espécies mais procuradas para o mercado de aquarofilia mundial e aquários públicos (Bull, 2002).

Um das alternativas para diminuir a pressão sobre as populações de *H. reidi* no Brasil seria o desenvolvimento da aqüicultura comercial. Essa indústria de produção de cavalos-marinhos existe, porém pela carência de estudos apresenta ainda muitos problemas que levam a grandes mortandades (Koldewey & Martin-Smith, 2010). O gênero *Hippocampus* é reconhecido como de difícil cultivo (Forteath, 1996; Vincent, 1996a; 1996b; Lourie *et al.*, 1999; Woods, 2000a, 2000b; Giwojna, 2002; Foster & Vincent, 2004; Wittenrich, 2007; Olivoto *et al.*, 2008). Trabalhos sobre o cultivo de *H. reidi* só foram publicados recentemente (Olivotto *et al.*, 2008; Hora & Joyeux 2009). O fechamento do ciclo já foi obtido (Hora & Joyeux, 2009). Porém o efeito da salinidade não é conhecido e muito pouco se sabe sobre a sua influência em outras espécies de cavalos-marinhos. Um estudo sobre a tolerância de *Hippocampus kuda* as salinidades variando de 0 até 85, no qual os melhores resultados de crescimento e sobrevivência foram encontrados para as salinidades 15 e 20 (Hilomen-Garcia *et al.*, 2003). E outro a respeito do efeito das salinidades 27 a 35 no crescimento de sub-adultos de *Hippocampus erectus*, onde as melhores foram observadas entre 31 a 33 (Lin *et al.*, 2009a). Assim, mais estudos são necessários para aperfeiçoar e estabilizar o cultivo afim de atender a indústria de criação de *H. reidi*, e garantir uma melhor produção com peixes de qualidade e melhor custo benefício. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi examinar o efeito da salinidade sobre a mortalidade e crescimento dos juvenis de *H. reidi* durante os seus primeiros dias de vida.

2. Metodologia

2.1 Desenho experimental

O experimento foi conduzido no laboratório de Ictiologia e Maricultura Ornamental, localizado na Base Oceanográfica da UFES, Aracruz-ES. O laboratório possui um sistema de recirculação de aproximadamente 3500L equipado com skimmer, filtro de biológico de areia e de algas calcáreas com o intuito de retirar a amônia e o nitrito do sistema e garantir uma melhor qualidade da água. A temperatura do sistema variou de 23,0 a 26,5°C, o pH variou de 8,3 a 8,4 e a salinidade foi mantida em 30.

Onze machos de *H. reidi* em adiantado estado de gravidez (matrizes) foram capturados na Baía do Espírito Santo (Vitória-ES, Brazil, 20°19' S, 40°20' W) (autorização ICMBio SISBIO n° 23924-1) em diferentes períodos. Os animais foram mantidos no sistema em aquários de 140L e alimentados com camarões carideos vivos e *Mysidium gracile* Dana, 1852 (CRUSTACEA: MYSIDACEA) até liberarem os filhotes. Processo que levou entre 3 e 6 dias.

Foi avaliado o crescimento e a mortalidade de *H. reidi* em diferentes salinidades durante os primeiros 10 dias de vida. Foram utilizados sete tratamentos (salinidades 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35) cada um com 3 réplicas que foram realizadas em tempos distintos em aquários de 40L e isolados do sistema principal durante o experimento. Os aquários possuíam aeração e diariamente 30% da água era renovada. O fotoperíodo em todo o experimento foi de 12L x 12D e a luz foi proveniente de lâmpadas fluorescentes de 15W localizadas a 60 cm acima dos aquários. A temperatura e a salinidade dos aquários foram aferidas com auxílio do aparelho medidor multiparâmetro ysi ec300 com precisão de 0,1. A temperatura foi aferida a cada 2 dias e a salinidade diariamente na renovação da água de cada aquário. Durante o experimento a temperatura média nos aquários foi $25,3 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ (\pm desvio padrão), o pH medido com o aparelho pHmetro variou entre 8,3 e 8,4 e o nitrito, conferido a cada 2 dias com auxílio do teste de aquário labcontest[®], permaneceu abaixo de 0,25ppm. Os aquários foram sifonados 3 vezes ao dia para remover os detritos do fundo.

Para garantir uma variabilidade genética adequada, cada matriz foi utilizada uma única vez para dois tratamentos de salinidades distintas de um único teste (conjunto dos sete

tratamentos realizados na mesma época). De cada uma das ninhadas foram separados dois grupos de 60 filhotes. Cada grupo foi destinado para uma salinidade e alocado em um aquário (1,5 ind./L). Apenas em uma ninhada foram escolhidos somente 60 animais para uma única salinidade. Os juvenis separados foram aclimatados por aproximadamente 1 hora da salinidade 30, a qual nasceram, até a salinidade desejada. Para diminuir a salinidade foi acrescentada lentamente água doce de um filtro deionizador. Para aumentar foi preparada uma água com sal marinho. A salinidade zero não foi testada visto que em experimento preliminar os animais aclimatados devidamente para esta salinidade morreram em aproximadamente 2 horas.

2.2 Alimentação

Do 0 ao 7^o dia de idade os juvenis foram alimentados com zooplâncton selvagem coletado no estuário do rio Piraquê-Açu (Aracruz – ES, Brasil 40° 07' W, 19° 58' S) com auxílio de uma rede de plâncton cônica de malha 100µm. Posteriormente, o zooplâncton foi triado (300µm) para a retirada dos organismos maiores. A comunidade zooplânctônica estuarina no Piraquê-Açu é largamente dominada por copepodes *Acartia lilljeborgi*, *Temora turbinata*, *Parvocalanus crassirostris*, *Oithona oswaldocruzi*, *Oithona oculata*, *Euterpina acutifrons* e *Paracalanus pavus* (Nunes, 2010). O zooplâncton coletado foi aclimatado para cada uma das salinidades, de maneira idêntica que os juvenis de cavalos-marinhos. A alimentação foi ofertada até a satisfação dos animais. A partir do 5^o dia até o fim do experimento foi ofertada *Artemia salina* recém eclodida enriquecida com Super Selco[®]. A troca de alimentação ocorreu de maneira gradual. No primeiro dia de transição (5^o dia) foi ofertado 75% da alimentação atual (zooplâncton) e 25% da nova (*A. salina*), no segundo dia 50% de cada alimentação, no terceiro dia de transição foi oferecido 25% da alimentação antiga e 75% da nova e no quarto dia (8^o dia de vida) 100% da nova alimentação.

2.3 Coleta de dados

A verificação da mortalidade ocorreu diariamente quando os aquários eram sifonados. Os animais remanescentes no término de cada experimento foram contados ao fim. Quando existia uma diferença entre as duas estimativas, foi considerado que os juvenis

desaparecidos morreram no 1º dia, pois até esta idade os cavalos-marinhos mortos se degradam facilmente em poucas horas, tornando difícil a sua visualização no aquário (observação pessoal, M. Hora).

Oito indivíduos de cada réplica foram sacrificados aleatoriamente e preservados em álcool 70% com periodicidade de dois dias (2º, 4º, 6º, 8º e 10º dia) ($n = 40$ por experimento). No dia 0 (dia do nascimento), 8 dos animais não utilizados foram coletados (i.e., $n_{\text{total}} = 40 + 8$).

A altura total (A ; em mm), definida como a soma da altura da coroa, do comprimento do tronco e do comprimento da cauda (Lourie *et al.*, 1999) (Figura 1), foi estimada nas 6 idades ($A_0, A_2, A_4, A_6, A_8, A_{10}$) através de fotos graduadas utilizando o programa SigmaScan Pro 5. Para evitar que o efeito da distorção nas bordas das fotos (paralaxe) influenciasse nas medidas dos animais, as fotos foram realizadas com os cavalos-marinhos no centro das mesmas. Os indivíduos foram pesados em conjunto (8 indivíduos por idade, $P_0, P_2, P_4, P_6, P_8, P_{10}$) (peso úmido, em mg) com o auxílio de uma balança analítica de precisão 0,1 mg. A taxa de crescimento até 2º (C_2) e 10º dia (C_{10}) (em mm/dia) foi calculada como sendo a declividade da regressão linear (A vs. idade) ao longo do intervalo de tempo considerado. Posteriormente todos os animais coletados serão depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Espírito Santo (CIUFES).

2.4 Análises estatísticas

Diferenças na altura e peso iniciais (A_0 e P_0 ; $n = 168$) e finais (A_{10} e P_{10} ; $n = 120$) e na temperatura média ($n = 15$) entre testes foram testadas através de análise de variância (ANOVA) com teste Post Hoc de Tukey. Diferenças na A_{10} , P_{10} e nas taxas de crescimento C_2 ($n = 21$) e C_{10} ($n = 15$) entre tratamentos foram testadas por análise de covariância (ANCOVA), utilizando como covariáveis a temperatura média registrada durante cada um dos tratamentos e a altura inicial ou peso inicial médio (A_0 e P_0). Diferenças na A_0 , P_0 e C_2 entre tratamentos foram testadas através de ANOVA e com teste Post Hoc de Tukey. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa SPSS versão 16.0, assumindo um nível de significância de $\alpha = 0,05$.

3. Resultados

3.1 Mortalidade

A maior mortalidade foi observada na salinidade 5 (156 indivíduos de um total de 180, os 24 restantes foram amostrados no 2º dia) (Figura 1), na qual os animais não sobreviveram mais que 2 dias. O zooplâncton selvagem não sobreviveu nesta salinidade (observação pessoal, M. Hora). A salinidade 10 também mostrou uma grande mortalidade (49 animais). Em uma das três réplicas a maior parte dos animais alcançou o 10º dia (18 indivíduos de um total de 20 [60 iniciais – 40 amostrados = 20]). Nas outras duas os animais começaram a morrer a partir do 7º dia (Figura 1) e apenas um indivíduo sobreviveu até o último dia do experimento. Grande parte do zooplâncton também não sobreviveu nesta salinidade.

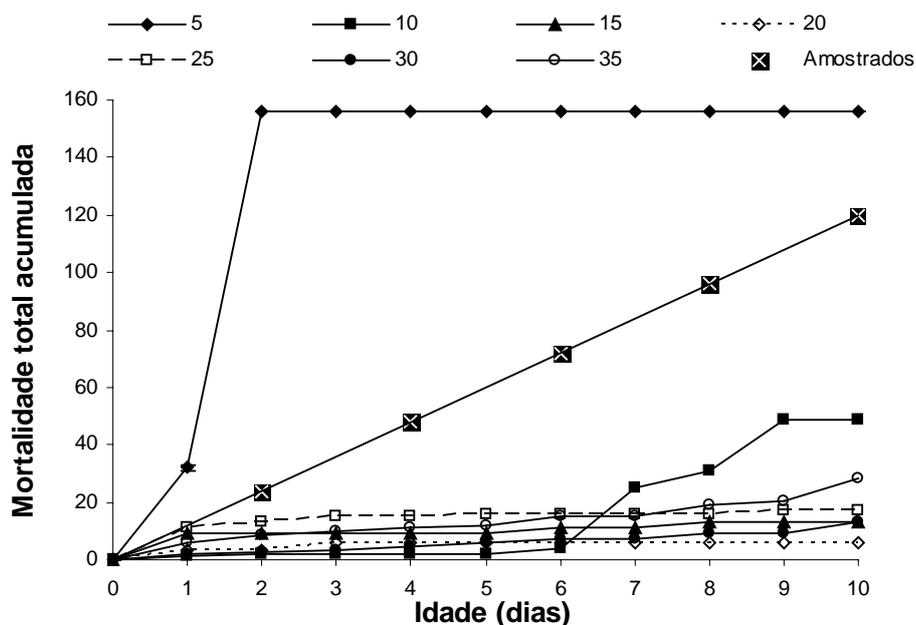


Figura 1 – Mortalidade total acumulada de *H. reidi* e quantidade amostrada acumulada em diferentes salinidades até o 10º dia de vida. O número de indivíduos amostrados é indicado para efeito de comparação.

A salinidade mostrou ter um efeito significativo na mortalidade nos primeiros 10 dias de vida (ANOVA; $p = 0,010$). O teste de Tukey revelou a existência de dois grupos homogêneos: o primeiro com as salinidades 10, 15, 20, 25, 30, 35 que apresentaram as menores mortalidades e o segundo com 5 e 10 onde foram observadas as maiores taxas de mortalidade.

3.2 Crescimento

As salinidades 5 e 10 não foram incluídas nas análises a seguir devido a alta mortalidade.

Não houve diferença significativa de A_0 entre testes e entre tratamentos (ANOVAS, $p =$ não *significante*). O mesmo ocorreu para P_0 (ANOVAS, $p = ns$). Também não houve diferença significativa de A_0 entre as ninhadas (ANOVA, $p = ns$). Não foi possível testar P_0 já que possuía somente uma medida por ninhada.

A_{10} variou significativamente entre testes (ANOVA, $p = 0,040$) assim como P_{10} (ANOVA, $p = 0,018$). Em ambos os casos o terceiro teste foi diferente dos outros dois. A temperatura média nos 10 dias de experimento variou significativamente entre os testes (ANOVA, $p < 0,001$). Com o teste de Tukey apresentando valores menores para o terceiro teste. Portanto a temperatura foi inserida como covariável em modelos ANCOVA juntamente com A_0 ou o P_0 para testar as diferenças de A_{10} e P_{10} entre tratamentos. O modelo ANCOVA não foi *significante* devido à A_{10} não variar entre salinidades (Figura 2); porém a temperatura teve um efeito *significante* sobre A_{10} ($p = 0,007$; Figura 3). Resultados similares foram encontrados para P_{10} (ANCOVA, $p = ns$; Figura 2) com efeito *significativo* da temperatura ($p = 0,013$).

C_{10} não variou significativamente entre as salinidades (ANCOVA, *ns*; Tabela 1), mas a temperatura teve um efeito *significante* ($p = 0,003$).

Tabela 1 – Taxa de crescimento médio de altura (mm/dia) (\pm desvio padrão) de *H reidi* para as salinidades de 15 a 35 entre nascimento e 10 dias de idade.

Salinidade	C_{10}	Erro padrão
15	0,90	0,26
20	0,87	0,04
25	0,75	0,10
30	0,86	0,14
35	0,75	0,13

Para esclarecer as causas das altas mortalidades em baixas salinidades, foi realizado uma ANCOVA testando C_2 em função da salinidade (5 a 35) e utilizando a temperatura média como covariável. C_2 foi utilizado para enfatizar as diferenças entre tamanho inicial e o o tamanho até o segundo dia bastante próximos. O teste mostrou uma diferença significativa entre salinidades (ANCOVA, $p = 0,028$) porém não foi significativa em relação a temperatura ($p = ns$). Assim o teste ANOVA mostrou significância entre os tratamentos (ANOVA, $p = 0,020$) e o teste de Tukey revelou a existência de dois grupos homogêneos: Grupo a: salinidades 5, 10, 15, 20, 25 e 35 e Grupo b: salinidades 15, 20, 25, 30 e 35 (Figura 4).

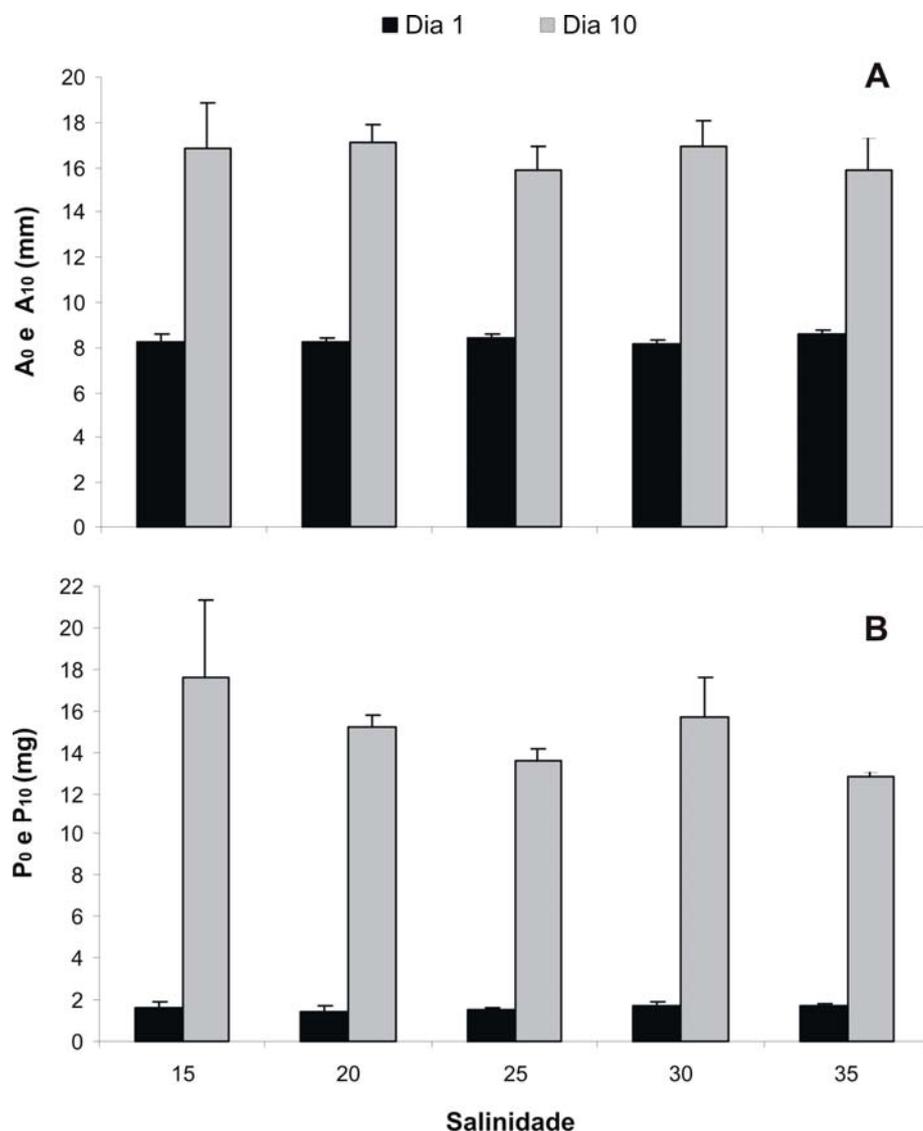


Figura 2 – **A**- Peso inicial e final (P_0 e P_{10}) (individual). **B**- Altura inicial e final (A_0 e A_{10}) de *H. reidi* em diferentes salinidades (+ erro padrão).

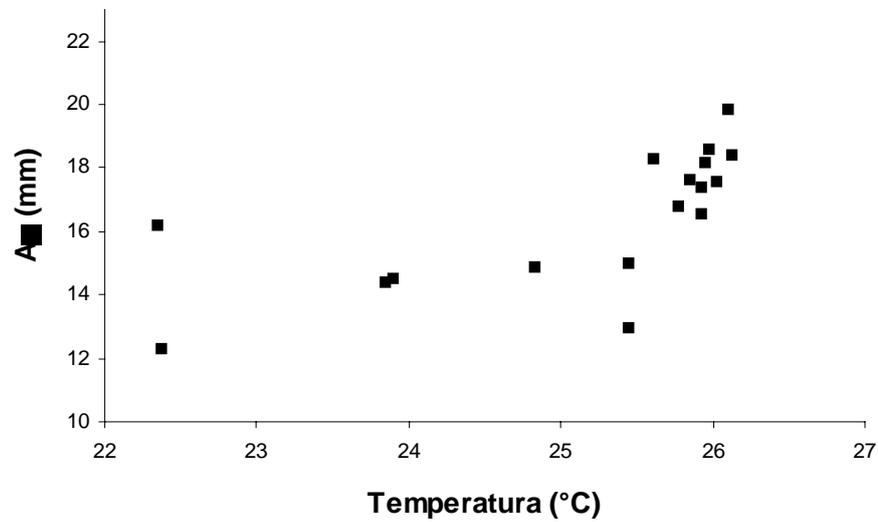


Figura 3 – Altura de *H. reidi* aos 10 dias (A_{10}) em função da temperatura média no experimento.

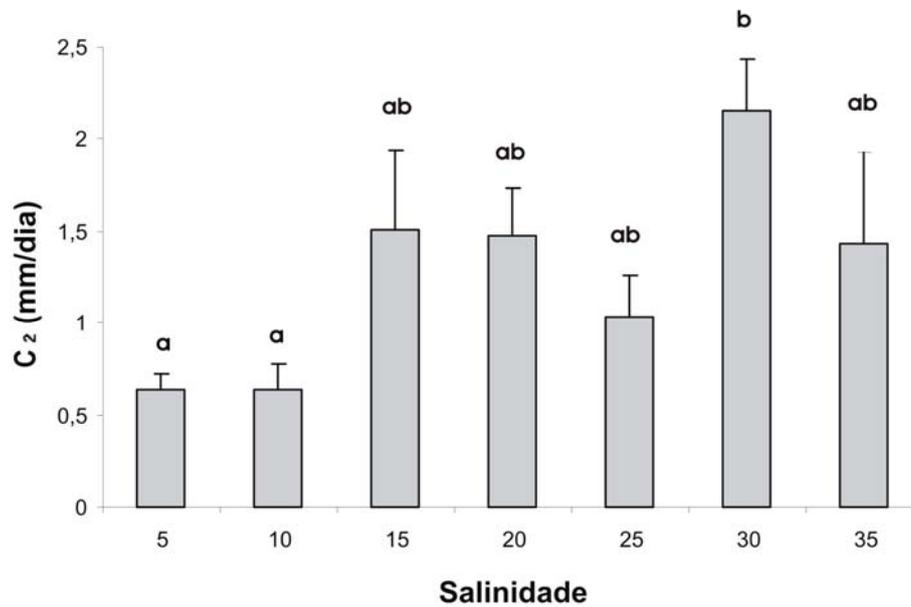


Figura 4 – Taxa de crescimento médio de *H. reidi* até o segundo dia de vida (C_2) nas diferentes salinidades (+ erro padrão). Os grupos homogêneos são indicados pelas letras acima das barras de salinidade.

4. Discussão

4.1 Mortalidade

Na natureza ou em cativeiro, a maior taxa de mortalidade em teleósteos é observada nos primeiros dias de vida. Neste período, ainda como larva, eles são frágeis, a maioria não recebe cuidado parental e fica a deriva no plâncton. A maior parte deles é dependente somente das suas reservas vitelínicas para a nutrição. Ao contrário da maioria dos teleósteos, os cavalos-marinhos já nascem no formato do adulto e são capazes de capturarem presas (Sheng *et al.*, 2006; Hora & Joyeux, 2009). Mesmo assim *H. reidi* (Olivoto *et al.*, 2008; Hora & Joyeux, 2009) e outras espécies de cavalos-marinhos (Woods, 2000a, 2000b; Wittenrich, 2007), apresentam também a maior taxa de mortalidade nos primeiros dias de vida. Nesta fase estes peixes são pelágicos e, em cultivo ficam suscetíveis a doenças oportunistas e infecções (Wilson & Vincent, 1998).

A salinidade teve influencia indireta sobre a mortalidade de *H. reidi* em cativeiro, principalmente nas salinidades mais baixas. A maior parte do zooplâncton selvagem ofertado aos animais também não suportou essas salinidades e morreu. Embora não seja possível diferenciar se a causa exata desta mortalidade foi de fato a falta de alimentação ou uma “falha” no processo de osmorregulação, alguns indícios levam a crer que o principal fator esteja na alimentação. O alimento é uma importante fonte na reposição de íons. Em meio hipotônico os teleósteos tendem a perder íons. Para a manutenção homeostásica eles possuem um eficiente sistema de reabsorção renal que evita uma grande perda destes íons. Ao mesmo tempo em que as brânquias trabalham no sentido de captar íons da água, grande parte dos sais são ingeridos em formato de alimento (Karnaky, 1998; Hwang & Lee, 2007). Assim, com pouca oferta de alimento nas salinidades 5 e 10, os juvenis de *H. reidi* não teriam como repor parte dos íons e da energia perdida para se manterem em um meio hipotônico, o que poderia afetar negativamente na sobrevivência e no crescimento. Isso pode ser corroborado pelo menor crescimento até o segundo dia registrado para as salinidades 5 e 10. O processo de inanição por falta de alimento leva a morte em aproximadamente este período de tempo (Payne & Rippingale, 2000; Sheng *et al.*, 2007; Lin *et al.*, 2008; Hora & Joyeux, 2009), como observado principalmente na salinidade 5. Já os juvenis da salinidade 10, mesmo com uma reduzida quantidade de zooplâncton selvagem, a maior parte dos indivíduos morreu a partir do 7^o dia de experimento. Uma explicação para isso pode estar na troca de alimentação. O náuplio de *Artemia* ofertado a partir do 5^o dia pode ter

sido grande demais para os animais, que cresceram pouco (como discutido anteriormente). O náuplio de *Artemia* também é reconhecido por apresentar baixa digestibilidade para os cavalos-marinhos (Payne & Rippingale, 2000) e como um potencial vetor para doenças bacterianas. Assim, indivíduos mal alimentados ficariam mais propensos a morrerem devido a estes fatores. De fato, uma das principais causas de mortalidade em cultivos de cavalos-marinhos está relacionado à alimentação (ver Olivoto *et al.*, 2008; Hora & Joyeux, 2009).

No ambiente natural, uma grande descarga de água doce decorrente do rio para o estuário poderia ocasionar uma grande diminuição de salinidade do ambiente. Juvenis de cavalos-marinhos presentes no local poderiam migrar para áreas mais profundas acompanhando a massa de água salina. Ou alternativamente se alimentarem de plâncton dulcícola proveniente do rio até que a salinidade eleve-se novamente. Porém, segundo Russell, (1994) e Bell *et al.*, (2003), apesar de tolerarem flutuações de salinidade, um grande aporte de água doce no ambiente poderia ocasionar altas taxas de mortalidade. A capacidade de regular os íons do plasma diante de uma troca de salinidade é uma óbvia necessidade de peixes estuarinos (McCormick, 1995). Assim, *H. reidi* e várias outras espécies de cavalos-marinhos, como *Hippocampus abdominalis*, *Hippocampus capensis* e *Hippocampus kuda* (Foster & Vincent, 2004), possuem uma grande adaptabilidade a variação de salinidade. Eles podem inclusive viver por um determinado tempo em um meio hiposalino sem que este afete sua população no ambiente selvagem. Essa hipótese também é corroborada por Hilomen-Garcia *et al.* (2003) que ao transferir juvenis de *H. kuda* de 9 semanas de idade da salinidade 33 bruscamente para 5 e 10, encontrou uma sobrevivência de $64,3 \pm 9,2\%$ e $85,7 \pm 8,2\%$ no final de 18 dias de experimento. Tsuzuki *et al.* (2007), ao manter juvenis de 73 dias do robalo *Centropomus parallelus* em salinidades 5 e 0 durante 3 dias, também encontrou sobrevivências de 100% e $95,6\% \pm 2,2\%$. Assim, é bem provável que com uma oferta suficientemente boa de alimento para os juvenis de *H. reidi* das salinidades mais baixas, não ocasionasse uma mortalidade tão elevada.

Aparentemente, ambientes com baixa salinidade, até 10, e altas, acima de 35, são toleráveis por *H. reidi* desde que haja alimento disponível, uma vez que já foi encontrado indivíduos em salinidade 45 (Rosa *et al.*, 2002). Entretanto, as melhores salinidades para a sobrevivência em cultivo deste peixe mostradas neste estudo estão entre 15 e 35.

4.2 Crescimento

Todas as C_{10} foram levemente superiores às observadas por Hora & Joyeux (2009) até o início da maturação sexual (0 a 60 dias) ($0,74 \pm 0,02$ mm/dia) para *H. reidi* cultivados em uma salinidade variando de 26,5 a 29,0. Após início da maturação sexual e até 100% dos animais estarem maduros (60 a 109 dias) o crescimento ($0,46 \pm 0,07$ mm/dia) foi bem inferior. Entretanto, o efeito da salinidade sobre o crescimento dos teleósteos é não é simples de ser comparado. Muitos experimentos com as mesmas espécies apontarem efeitos opostos, além de estudos desenvolvem desenhos experimentais diferentes. Ainda assim, a maioria das espécies marinhas apresenta um melhor crescimento em salinidades intermediárias, próximo da salinidade do seu meio osmótico interno, que varia entre 8 a 16 (Boeuf & Payan, 2001). Corroborando com esta hipótese, neste estudo a salinidade 15 apresentou uma maior média de crescimento ($C_{10} = 0,90 \pm 0,26$ mm/dia) e peso final médio por indivíduo ($P_{10} = 17,58$ mg). O motivo para esta diferença não ser significativa está no fato que as duas primeiras réplicas da salinidade 15 apresentaram as maiores taxas de crescimento do estudo (1,12 e 1,13 mm/dia) enquanto que a terceira apresentou o menor crescimento registrado (0,37 mm/dia). A ninhada usada nesta terceira réplica foi a mesma que da salinidade 20 que mostrou um crescimento bem superior ($C_{10} = 0,79$ mm/ dia). Pode ser que uma doença não percebida durante o experimento juntamente com a baixa temperatura seja a causa deste baixo crescimento na terceira réplica da salinidade 15. Hilomen-Garcia *et al.* (2003) também encontrou um melhor desenvolvimento para *H. kuda* na salinidade 15 e muitos outros estudos com peixes marinhos também observaram melhores resultados de crescimento e conversão alimentar em salinidades intermediárias de 12 a 19 (Lambert *et al.*, 1994; Gaumet *et al.*, 1995; Dutil *et al.*, 1997; Tsuzuki, 2000; Boeuf & Payan, 2001; Imsland *et al.*, 2001; entre outros). Aparentemente, teleósteos marinhos submetidos a estas salinidades gastam menos energia no processo de osmorregulação, direcionando-a assim para o seu crescimento (Boeuf & Payan, 2001; Tsuzuki *et al.* 2007). Porém, segundo Swanson (1998), alterações fisiológicas no crescimento de teleósteos marinhos em salinidades baixas parecem ser mais complexas que uma redução no custo metabólico para osmorregulação. O autor sugere que os peixes utilizam-se de estratégias flexíveis na distribuição de energia para manter a atividade e o crescimento em resposta as variações ambientais e seu status fisiológico. A utilização de uma salinidade intermediária para a produção em escala comercial de *H. reidi* seria vantajoso porque necessitaria de menor

captação de água salgada ou compra de sal, menos bombas para oxigenar a água, proporcionaria maior estabilidade ao sistema, e seria possível utilizar plâncton estuarino na alimentação sem prévia aclimatação.

4.3 Efeito da Temperatura

Os cavalos-marinhos são animais ectodérmicos, portanto a temperatura da água influencia na alimentação, no crescimento, na sobrevivência e na reprodução (Wong & Benzie, 2003; Foster & Vincent, 2004; Sheng *et al.*, 2006; Lin *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009b). De fato, o efeito da temperatura no crescimento de teleósteos parece ser muito maior que o da salinidade. Sendo assim, é importante levar em conta os efeitos destes dois fatores (Boeuf & Payan, 2001). Neste estudo, a temperatura apresentou uma variação entre testes, com uma relação positiva entre eles. Entretanto, temperaturas mais elevadas, podem ocasionar proliferação de patógenos no cultivo. Assim como observado em um estudo piloto, onde uma elevação de temperatura acima de 29,5°C provocou a proliferação de supostas bactérias patogênicas e a morte de 81% dos juvenis (Hora & Joyeux 2009). Assim, são necessários mais estudos específicos para analisar a melhor temperatura para o crescimento de *H. reidi* nas fases do seu desenvolvimento.

5. Conclusão

Mesmo mostrando uma grande mortalidade nas salinidades mais baixas, devido a falta de alimento, este estudo indica que *H. reidi* é uma espécie eurialina. As menores taxas de mortalidade foram registradas para as salinidades 15 a 30 e o melhor crescimento médio para a salinidade 15. De fato, a melhor salinidade para o cultivo de *H. reidi* nos primeiros dias de vida com o maior custo benefício é a salinidade 15. Aparentemente em temperaturas próximas aos 26°C.

Estudos mais detalhados sobre o desempenho de *H. reidi* em diferentes estágios de desenvolvimento em diversas salinidades ainda são necessários para o melhor entendimento do seu efeito nesta espécie.

6. Referências

Bell, E. M., Lockyear, J. F., McPherson, J. M., Marsden, A. D. & Vincent, A. C. J., 2003. The first field studies of an endangered South African seahorse, *Hippocampus capensis*. *Envir. Biol. Fishes* 67, 35–46.

Boeuf, G.; Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth?. *Comparative Biochem. Physiol. Part C* 130, 411-423.

Bull, C., Shedd, J.G., 2002. Seahorse husbandry in public aquaria. Discussion Group - Project Seahorse. Chicago. 56 pp.

CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna), 2008. Appendices I, II e III. www.cites.org.

Dutil, J.D., Lambert, Y., Boucher, E., 1997. Does higher growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low salinity result from lower standard metabolic rate or increased protein digestibility? *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 54, 99–103.

Forteath, N., 1996. Seahorses, *Hippocampus abdominalis* in culture. *Austrasia Aquaculture* 9, 83–84.

Foster, S.J., Vincent, A.C.J., 2004. Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *J. Fish Biol.* 65, 1–61.

Gaumet, F., Buf, G., Sévère, A., Le Roux, A., Mayer-Gostan, N., 1995. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *J. Fish Biol.* 47, 865–876.

Giwojna, P., 2002. Ocean Rider: a horse of a different color. *Freshw and Mar. Aquarium* 25 (7), 122-150.

Griffin, F.J.; Pillai, M.C.; Vines, C. A., 1998. Effects of salinity on sperm motility, fertilization, and development in the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *The Biol. Bulletin.* 194, 25-35.

Hilomen-Garcia, G.V., Delos Reyes, R., Garcia, C.M.H., 2003. Tolerance of seahorse *Hippocampus kuda* (Bleeker) juveniles to various salinities. *J. Appl. Ichthyol.* 19, 94–98.

Hora, M.S.C.; Joyeux, J.-C., 2009. Closing the reproductive cycle: Growth of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei, Syngnathidae) from birth to adulthood under experimental conditions. *Aquaculture* 292, 37-41.

Hwang, P.P; Lee, T.H., 2007. New insights into fish ion regulation and mitochondrion rich cells. *Comparative Biochemistry and Physiology* 148, 479-497.

Imsland, A.K., Foss, A., Gunnarson, S., Berntssen, M.H.G., Fitz, G.R., Bonga, S.W., Ham, E.V., Naevdal, G., Stefansson, S.O., 2001. The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture* 198, 353–367.

Karnaky, K, J., 1998. Osmotic and ionic regulation. In: *The Physiology of Fishes*. Washington DC – NY. 544p.

Koldewey, H.J., Martin-Smith, K.M., 2010. A global review of seahorse aquaculture. *Aquaculture* 302, 131-152.

Lambert, Y., Dutil, J.D., Munro, J., 1994. Effect of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51, 1569–1576.

Lin, Q., Lu, J., Gao, Y., Shen, L., Cai, J., Luo, J., 2006. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture* 254, 701–713.

Lin, Q.; Gao, Y.; Sheng, J.; Chen, Q.; Zhang, B.; Lu, J. 2007. The effects of food and the sum of effective temperature on the embryonic development of the seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture* 262, 481–492.

Lin, Q., Lin, J., Zhang, D., 2008. Breeding and juvenile culture of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture* 277, 287–292.

Lin, Q., Zhang, D., Lin, J., 2009a. Effects of light intensity, stocking density, feeding frequency and salinity on the growth of sub-adult seahorses *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture* 292, 111–116.

- Lin, Q.; Lin J.; Huang L., 2009b. Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture* 298, 157-161.
- Lourie, S.A., Vincent, A.C.J., Hall, H.J., 1999. Seahorses: an identification guide to the world's species and their conservation. Project Seahorse, London. 214 pp.
- McCormick, S.D., 1995. Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na⁺, K⁺ ATPase activity. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 50, 656-658.
- Nunes, R. A., 2010. Composição e estrutura da comunidade zooplânctônica de um estuário tropical (Espírito Santo, Brasil). Programa de pós-graduação em oceanografia ambiental. Vitória-ES, 70p.
- Monteiro-Neto, C., Cunha, F.E.A., Nottingham, M.C., Araújo, M.E., Rosa, I.L., Barros, G.M.L., 2003. Analysis of the marine ornamental fish trade at Ceara State, northeast Brazil. *Biodivers. Conserv.* 12, 1287–1295.
- Olivotto, I., Avella, A.M., Sampaolesi, G., Piccinetti, C.C., Ruiz Navarro, P., Carnevali, O., 2008. Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: rearing and feeding studies. *Aquaculture* 283, 92–96.
- Payne, M.F., Rippingale, R.J., 2000. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched Artemia. *Aquaculture* 188, 353–361.
- Peterson-Curtis, T.L., 1997. Effects of salinity on survival, growth, metabolism, and behavior in juvenile hogchokers, *Trinectes maculatus fasciatus* (Achiridae) *Envir. Biol. Fishes* 49, 323–331.
- Resley M.J., Webb K.A.Jr., Holt, G.J., 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 253, 398–407.
- Rosa, I.L., Dias, T.L., Baum, J.K., 2002. Threatened fishes of the world: *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 (Syngnathidae). *Environ. Biol. Fishes* 378- 378.

Rosa, I.L. 2004. National report Brazil. In: The proceedings of the international workshop on CITES implementation for seahorse conservation and trade. NOAA. Mazatlan, México. 177p.

Rosa, I.L., Oliveira, T.P.R., Castro, A.L.C., Moraes, L.E.S., Xavier, J.H.A., Nottingham, M.C., Dias, T.L.P., Bruto-Costa, L.V., Araújo, M.E., Birolo, A.B., Mai, A.C.G., Monteiro-Neto, C., 2007. Population characteristics, space use and habitat associations of the seahorse *Hippocampus reidi* (Teleostei: Syngnathidae). Neotrop. Ichthyol. 5 (3), 405–414.

Russell, I.A., 1994. Mass mortality of marine and estuarine fish in the Swartvlei and Wilderness Lake Systems, Southern Cape. S. Afr. J. Aquatic Sci. 20, 93–96.

Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Gao, Y., Shen, L., Lu, J., 2006. Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. Aquaculture 256, 596–607.

Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Shen, L., Lu, J., 2007. Effect of starvation on the initiation of feeding, growth and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach and *Hippocampus kuda* Bleeker. Aquaculture 271, 469–478.

Swanson, C., 1998. Interactive effects of salinity on metabolic rate, activity, growth and osmoregulation in the euryhaline milkfish *Chanos chanos*. J. Exp. Biol. 201, 3355-3366.

Tsuzuki, M.Y., Aikawa, H., Strüssmann, C.A., Takashima, F., 2000. Comparative survival and growth of embryos, larvae, and juveniles of pejerrey *Odontesthes bonariensis* and *O. hatcheri* at different salinities. J. Appl. Ichthyol. 16, 126 – 130.

Tsuzuki, M.Y., Cerqueira, V.R., Teles, A., Doneda, S., 2007. Salinity tolerance of laboratory reared juveniles of the fat snook *Centropomus parallelus*. Braz. J. Oceanog. 55 (1), 1-5.

Tsuzuki, M.Y., Strüssmann, C.A., Takashima, F., 2008. Effect of salinity on the oxygen consumption of larvae of the silversides *Odontesthes hatcheri* and *O. bonariensis* (Osteichthyes, Atherinopsidae). Braz. Archiv. Biol. Tecnol. 51 (3), 563-567.

- Vincent, A.C.J., 1996a. An uncertain future for seahorses. *Mar. Conserv.* 3 (9), 8–9.
- Vincent, A.C.J., 1996b. The international trade in seahorses. Traffic International, Cambridge. 163 pp.
- Wilson, M.J., Vincent, A.C.J., 1998. Preliminary success in closing the life cycle of exploited seahorse species, *Hippocampus spp.*, in captivity. *Aquar. Sci. Conserv.* 2, 179–196.
- Wittenrich M.L. 2007. The complete illustrated breeder's guide to marine aquarium fishes. Neptune City, 304p.
- Wong J. M.; Benzie J. A. H. 2003. The effects of temperature, Artemia enrichment, stocking density and light on the growth of juvenile seahorses, *Hippocampus whitei* (Bleeker, 1855), from Australia. *Aquaculture.* 228, 107–120.
- Woods, C.M.C., 2000a. Preliminary observations on breeding and rearing the seahorse, *Hippocampus abdominalis* (Teleostei: Syngnathidae) in captivity. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.* 34, 475–485.
- Woods, C.M.C., 2000b. Improving initial survival in culture seahorse, *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae). *Aquaculture* 190, 377-388.