

INFLUÊNCIA DA SALINIDADE SOBRE A SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE *Crassostrea gasar*

Izabel Cristina da Silva Almeida FUNO¹; Ícaro Gomes ANTONIO²; Yllana Ferreira MARINHO³; Alfredo Olivera GÁLVEZ³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da salinidade sobre o crescimento e a sobrevivência da ostra-do-mangue *Crassostrea gasar*. Em laboratório foi realizado ensaio com 10 tratamentos em triplicata, correspondentes a valores crescentes de salinidade em intervalos de 5, na faixa de 5 a 50, perfazendo 30 unidades experimentais. A sobrevivência e o crescimento das ostras foram influenciados significativamente pela salinidade. Observou-se elevada sobrevivência das ostras na faixa de salinidade entre 10 e 45. Valores significativamente superiores de sobrevivência foram obtidos nas salinidades de 20 e 25, enquanto em 5, registraram-se menores porcentagens de sobrevivência. As médias finais de tamanho de concha e de peso vivo das ostras foram significativamente superiores na salinidade de 25, enquanto que os menores valores de crescimento foram registrados em 5 e 50, em relação aos obtidos nas outras salinidades. Os resultados sugerem que a ostra *C. gasar* é resistente a uma ampla faixa de salinidade, podendo ser cultivada em áreas marinhas ou ambientes estuarinos que não apresentem salinidades iguais ou inferiores a 5.

Palavras chave: maricultura; ostra-do-mangue; estuário; fator abiótico

INFLUENCE OF SALINITY ON SURVIVAL AND GROWTH OF *Crassostrea gasar*

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of salinity on the growth and survival of the mangrove oyster *Crassostrea gasar*. A laboratory trial was conducted in 10 treatments, each in triplicate, corresponding to rising values of salinity at intervals of 5 in the range of 5-50, totaling 30 experimental units. The survival and growth of the oysters were significantly influenced by salinity. A high survival of oysters in the salinity range between 10 and 45 was found. Significantly higher survival rates were obtained at salinities of 20 and 25, while at 5 there was lower survival rates. The final mean shell size and live weight of the oysters were significantly higher at a salinity of 25, while the lowest growth was registered at 5 and 50. The results suggest that the *C. gasar* oyster is resistant to a broad salinity range, and can be cultivated in marine regions or estuary environments that do not have salinities equal or lower than 5.

Keywords: mariculture; mangrove oyster; estuary; abiotic factor

Artigo Científico: Recebido em 09/10/2014 – Aprovado em 07/07/2015

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Núcleo de Maricultura (NUMAR), Campus São Luís Maracanã. Av. dos Curiós, s/n - Vila Esperança - CEP: 65.095-460 - São Luís - MA - Brasil. e-mail: izabelfuno@ifma.edu.br (autora correspondente)

² Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Laboratório de Fisiocologia, Reprodução e Cultivo de Organismos Marinhos (FISIOMAR). Cidade Universitária Paulo VI, 3801 - Tirirical - CEP: 65.055-000 - São Luís - MA - Brasil. e-mail: icaro_gomes@hotmail.com

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Laboratório de Maricultura Sustentável. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife - PE - Brasil. e-mail: yllanamar@gmail.com; alfredo_oliv@yahoo.com

INTRODUÇÃO

As ostras do gênero *Crassostrea* são importantes como fonte de renda para a população costeira, sendo extraídas de seu ambiente natural para venda e consumo local (ARAKAWA, 1990). O cultivo de ostras nativas do Brasil é uma atividade aquícola geradora de renda, que pode contribuir para a conservação dos estuários, diminuindo a pressão sobre os estoques naturais e, assim, permitindo uma exploração mais sustentável (GUIMARÃES *et al.*, 2008). Vários esforços foram feitos nas últimas décadas com o intuito de fomentar o cultivo de ostras nativas ao longo do litoral brasileiro, porém, pouco êxito foi obtido nesta atividade (TURECK, 2010). Contudo, acredita-se que é necessário intensificar os estudos sobre as espécies nativas de importância comercial, como forma de desenvolver técnicas de cultivo adequadas a cada região e otimizar os esforços dos produtores em cada etapa do processo de cultivo.

A ostra-do-mangue *Crassostrea gasar* (Adanson, 1857) é naturalmente encontrada em ambientes estuarinos, tendo como *habitat* típico regiões de manguezais, onde vive fixada nas raízes do mangue ou em rochas (VARELA *et al.*, 2007). Esta espécie é amplamente distribuída, podendo ser encontrada na costa ocidental da África, de Senegal até Angola (AFINOWI, 1984) e na América do Sul, da Guiana Francesa até o sul do Brasil (LAPÈGUE *et al.*, 2002).

Estudos têm evidenciado que as condições ambientais influenciam fortemente o crescimento e a sobrevivência de moluscos bivalves durante distintas fases do seu ciclo de vida. Essas condições relacionam-se aos fatores temperatura, salinidade, pH, dióxido de carbono (CO₂), presença de microalgas e composição do material particulado em suspensão (PATERSON *et al.*, 2003; GIREESH e GOPINATHAN, 2004; RIVERO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2007; CÁCERES-PUIG *et al.*, 2007; DICKINSON *et al.*, 2012; GUZMÁN-AGÜERO *et al.*, 2013).

Dentre os referidos fatores, a salinidade deve ser considerada na malacocultura, pois apresenta variações diárias e sazonais nos estuários, sendo influenciada pelo regime de marés e pelo período chuvoso (VILANOVA e CHAVES, 1988), além de constituir importante fator ambiental que

determina a distribuição de moluscos bivalves em ambientes estuarinos e marinhos (FUERSICH, 1993). Alterações deste parâmetro podem produzir diferentes respostas fisiológicas nos moluscos bivalves, como a influência na taxa de filtração e no consumo de oxigênio (BERNARD, 1983), além de afetar o balanço osmótico desses organismos, o que acarreta em gasto energético para reajustar a concentração de sais e água no organismo (CHENG *et al.*, 2002). Os organismos que habitam os estuários utilizam estratégias comportamentais e fisiológicas para tolerar as constantes flutuações de salinidade em seu *habitat* natural (ODUM e BARRETT, 2008). A resistência dos bivalves estuarinos a tais variações de salinidade deve-se ao fato de serem osmoconformistas, pois têm a capacidade de ajustar seu volume celular (HOSOI *et al.*, 2003), assim como espécies eurihalinas, isto é, toleram oscilações bruscas de salinidade (ANGELL, 1986). Desta forma, as ostras estuarinas possuem características próprias, que permitem a manutenção das concentrações osmóticas dos seus fluidos corporais em níveis aceitáveis para um bom desenvolvimento fisiológico.

O conhecimento sobre a tolerância das ostras de importância comercial à salinidade é primordial para dar subsídio ao cultivo em larga escala. Nessa perspectiva, várias pesquisas foram realizadas para investigar o efeito da salinidade em diferentes espécies de ostras (ALAGARSWAMI e VICTOR, 1976; NELL e HOLLIDAY, 1988; DOVE e O'CONNOR, 2007; DENG *et al.*, 2013). Estudos realizados com ostras do gênero *Crassostrea* apontam que as alterações desse fator exógeno podem influir na maturação dos reprodutores (PAIXÃO *et al.*, 2013), no desenvolvimento embrionário (DOS SANTOS e NASCIMENTO, 1985), no assentamento larval (DEVAKIE e ALL, 2000) e no crescimento e sobrevivência das ostras nos estágios larval, juvenil e adulto (BRITO, 2008; GUIMARÃES *et al.*, 2008; ANTONIO *et al.*, 2009; DICKINSON *et al.*, 2012; EIERMAN e HARE, 2013; LA PEYRE *et al.*, 2013; LOPES *et al.*, 2013).

No entanto, registra-se pouca investigação sobre a influência desse parâmetro sobre a espécie *C. gasar*, destacando os estudos realizados por WAKAMATSU (1973), que concluiu que a ostra *Crassostrea brasiliiana* (= *C. gasar*) era capaz de

sobreviver a salinidades entre 8 e 34. PAIXÃO *et al.* (2013) avaliaram os efeitos da salinidade e precipitação pluviométrica sobre a biologia reprodutiva da *C. gasar* e concluíram que o aumento da salinidade durante o período seco foi um fator de liberação de gametas desta espécie. LOPES *et al.* (2013) estudaram a espécie *C. gasar* cultivada em ambientes marinho e estuarino e verificaram um crescimento promissor dessa ostra tanto no ambiente marinho quanto no estuarino, embora a região estuarina tenha se apresentado mais propícia a seu cultivo. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a sobrevivência e o crescimento da ostra *C. gasar* submetida a diferentes níveis de salinidade em laboratório, visando contribuir para o conhecimento da biologia e fisiologia da espécie e, assim, fornecer subsídios que auxiliem na definição de locais apropriados para o cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Ostras da espécie *C. gasar* foram obtidas com coletores artificiais em um sementeiro localizado na comunidade de Lauro Sodré (00°51'15,0''S e 47°53'25,0''W), município de Curuçá, Pará, Brasil. A especificidade das ostras coletadas ($n = 100$) foi avaliada por meio da técnica de PCR-Multiplex descrita por MELO *et al.* (2013), e uma subamostra ($n = 25$) foi sequenciada utilizando-se o protocolo desenvolvido por MELO *et al.* (2010). As análises demonstraram que 100% dos organismos avaliados pertenciam à espécie *C. gasar*.

Os moluscos foram levados para o Núcleo de Maricultura (NUMAR) do Instituto Federal do Maranhão (Campus São Luís Maracanã), onde foram aclimatados à salinidade de 25 durante 24 horas. Posteriormente, o experimento, com duração de 28 dias, foi realizado entre os meses de setembro e outubro de 2013.

As ostras foram submetidas à salinidades (S) de 5 a 50 com intervalos de 5, por meio de um delineamento inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e três repetições, perfazendo 30 unidades experimentais constituídas por recipientes cilíndricos de plástico com volume útil de 1 litro. Os recipientes foram previamente lavados e esterilizados, preenchidos com água e mantidos com aeração suave e contínua. Além disso, uma cesta confeccionada em plástico foi

colocada dentro dos recipientes, para que as ostras permanecessem em suspensão na coluna d'água, evitando o contato com as fezes e pseudofezes depositadas no fundo. Em cada unidade experimental, colocaram-se 30 ostras com peso vivo médio (\pm desvio padrão) de $4,5 \pm 0,1$ g e com valores médios (\pm desvio padrão) de altura, comprimento e largura das valvas de $29,5 \pm 0,2$ mm; $22,2 \pm 0,2$ mm e $11,1 \pm 0,1$ mm, respectivamente.

Diariamente, às 07:00 h e 17:00 h, registraram-se a concentração de oxigênio na água (mg L^{-1} e % de saturação), o pH e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em cada unidade utilizando medidor multiparâmetros (HANNA HI 9829). No início da manhã de cada dia, registrava-se o número de ostras mortas, com vista ao cálculo de sobrevivência (%), sendo, posteriormente, realizada a troca de 100% da água em cada unidade experimental. Em seguida, alimentação era fornecida uma vez por dia na densidade de 25×10^4 cél mL^{-1} da microalga *Chaetoceros calcitrans*. Para determinar o crescimento, realizaram-se biometrias das ostras no 7º, 14º, 21º e 28º dia do experimento, quando foram mensurados peso vivo (g), altura (mm), comprimento (mm) e largura (mm) das valvas de todos os indivíduos sobreviventes de cada tratamento. A padronização das medidas de biometria das valvas das ostras durante o experimento baseou-se no método proposto por GALTISOFF (1964).

As medidas das conchas (altura, comprimento, largura) e do peso vivo, assim como os dados de sobrevivência, foram analisados no programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., USA), por meio de ANOVA ($P < 0,05$) e de teste de separação de médias de Duncan. A homogeneidade das variâncias foi confirmada pelo teste de Cochran. Utilizou-se o transformador angular (arco-seno da raiz quadrada) para homogeneizar as variâncias dos valores de sobrevivência, porém estes valores foram apresentados neste trabalho em sua forma original.

RESULTADOS

Qualidade da água

Durante o experimento, o valor médio (\pm desvio padrão) da temperatura da água foi de $26,9 \pm 0,1$ $^{\circ}\text{C}$, o do pH, $7,6 \pm 0,2$ e o da concentração

de oxigênio, $6,7 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$, com um percentual médio de saturação de $86,0 \pm 4,2\%$.

Sobrevivência

A sobrevivência de *C. gasar* foi influenciada significativamente pela salinidade ($P < 0,05$, ANOVA). As ostras mantidas nas diferentes salinidades apresentaram valores de sobrevivência que diferiram significativamente em todas as amostragens (Tabela 1). Após sete dias de experimento, as ostras apresentaram alta sensibilidade à salinidade de 5, sendo a sobrevivência média de $64,4 \pm 4,5\%$, valor

significativamente inferior aos registrados em todos os outros tratamentos, nos quais os valores foram superiores a 90% ($P < 0,05$, Duncan). Após duas semanas de experimento, as ostras mantidas entre as salinidades de 15 e 35 apresentaram valores de sobrevivência superiores a 90%.

Ao final do experimento (28 dias), as ostras mantidas nas salinidades de 20 e 25 apresentaram as maiores porcentagens de sobrevivência. Nos valores extremos de salinidade, ou seja, 5 e 50, registraram-se taxas de sobrevivência significativamente menores ($P < 0,05$, Duncan), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Média (\pm desvio padrão) semanal da taxa de sobrevivência da ostra-do-mangue *Crassostrea gasar* exposta a diferentes salinidades (S) durante quatro semanas⁽¹⁾.

| Tratamentos | Sobrevivência (%) | | | |
|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 7 dias | 14 dias | 21 dias | 28 dias |
| S.05 | $64,4 \pm 4,5^c$ | $20,0 \pm 5,8^d$ | $16,7 \pm 6,9^d$ | $16,7 \pm 6,9^c$ |
| S.10 | $92,2 \pm 3,8^{ab}$ | $88,9 \pm 5,1^{abc}$ | $88,9 \pm 5,1^{abc}$ | $87,8 \pm 5,1^{ab}$ |
| S.15 | $98,9 \pm 1,9^a$ | $94,4 \pm 3,8^{abc}$ | $90,0 \pm 6,7^{abc}$ | $88,9 \pm 6,9^{ab}$ |
| S.20 | $96,7 \pm 3,3^{ab}$ | $94,4 \pm 5,1^{ab}$ | $93,3 \pm 5,8^a$ | $91,1 \pm 5,1^a$ |
| S.25 | $96,7 \pm 3,3^{ab}$ | $95,6 \pm 3,8^a$ | $93,3 \pm 3,3^{ab}$ | $90,0 \pm 3,3^a$ |
| S.30 | $96,7 \pm 3,3^{ab}$ | $94,4 \pm 3,8^{abc}$ | $90,0 \pm 5,8^{abc}$ | $88,9 \pm 5,1^{ab}$ |
| S.35 | $94,4 \pm 3,8^{ab}$ | $90,0 \pm 5,8^{abc}$ | $84,4 \pm 1,9^{abc}$ | $84,4 \pm 1,9^{ab}$ |
| S.40 | $90,0 \pm 6,7^b$ | $83,3 \pm 8,8^{bc}$ | $81,1 \pm 10,7^{bc}$ | $81,1 \pm 10,7^{ab}$ |
| S.45 | $95,6 \pm 1,9^{ab}$ | $84,4 \pm 9,6^{abc}$ | $81,1 \pm 10,2^{bc}$ | $80,0 \pm 8,8^{ab}$ |
| S.50 | $92,2 \pm 5,1^{ab}$ | $82,2 \pm 5,1^c$ | $75,6 \pm 8,4^c$ | $75,6 \pm 8,4^b$ |

⁽¹⁾ valores seguidos de letras sobrescritas diferentes em uma mesma coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$, Duncan).

Crescimento

Em relação às variáveis biométricas (altura e largura das valvas), não se observaram diferenças significativas ($P > 0,05$, ANOVA) durante os primeiros 21 dias de experimento, com exceção do comprimento, que apresentou valores significativamente distintos a partir da terceira biometria (Tabela 2).

Após 28 dias de exposição às condições experimentais, verificou-se que o crescimento das ostras foi significativamente afetado pela salinidade (altura, $P = 0,0027$; comprimento, $P = 0,0043$; largura, $P = 0,0020$, ANOVA). Os maiores valores de altura foram observados na salinidade de 25 ($31,2 \pm 0,6 \text{ mm}$) e os menores, na salinidade de 5 ($29,5 \pm 0,3 \text{ mm}$) (Figura 1). Com relação ao comprimento, os maiores valores foram

registrados nas salinidades de 20 ($23,3 \pm 0,5 \text{ mm}$) e 25 ($23,3 \pm 0,4 \text{ mm}$) e os menores, nas salinidades de 5 ($22,3 \pm 0,5 \text{ mm}$), 50 ($22,4 \pm 0,0 \text{ mm}$) e 45 ($22,5 \pm 0,3 \text{ mm}$) ($P < 0,05$, Duncan). A largura média foi significativamente superior nas salinidades de 20 ($12,5 \pm 0,4 \text{ mm}$) e 25 ($12,4 \pm 0,5 \text{ mm}$) e inferior na salinidade de 5 ($11,2 \pm 0,5 \text{ mm}$).

A salinidade influenciou significativamente o ganho de peso das ostras ($P < 0,05$, ANOVA). Nas biometrias realizadas no 14º, 21º e 28º dia de experimento foi constatada diferença significativa entre os pesos das ostras mantidas nos diferentes tratamentos (Tabela 2). Ao final do experimento, verificaram-se valores significativamente superiores de peso nas salinidades de 20 a 30, enquanto que os menores valores foram observados na salinidade de 5.

Tabela 2. Variáveis biométricas (altura, comprimento, largura e peso vivo) da ostra-do-mangue *Crassostrea gasar* influenciadas significativamente pela salinidade (S)⁽¹⁾.

| Tratamentos | Altura (mm) | Comprimento (mm) | | Largura (mm) | Peso vivo total (g) | | |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 28 dias | 21 dias | 28 dias | 28 dias | 14 dias | 21 dias | 28 dias |
| S.05 | 29,5 ± 0,3 ^d | 22,3 ± 0,4 ^c | 22,3 ± 0,5 ^c | 11,2 ± 0,5 ^c | 3,8 ± 0,1 ^c | 4,0 ± 0,1 ^c | 4,0 ± 0,2 ^e |
| S.10 | 30,1 ± 0,3 ^{bcd} | 22,5 ± 0,3 ^{bc} | 22,6 ± 0,2 ^{bc} | 11,7 ± 0,2 ^{bc} | 4,4 ± 0,3 ^b | 4,5 ± 0,2 ^b | 4,5 ± 0,2 ^d |
| S.15 | 30,3 ± 0,8 ^{abc} | 22,7 ± 0,4 ^{abc} | 22,8 ± 0,5 ^{abc} | 12,0 ± 0,2 ^{ab} | 4,6 ± 0,2 ^{ab} | 4,7 ± 0,1 ^{ab} | 4,7 ± 0,1 ^{bc} |
| S.20 | 30,7 ± 0,5 ^{ab} | 23,0 ± 0,5 ^a | 23,3 ± 0,5 ^a | 12,5 ± 0,4 ^a | 4,7 ± 0,2 ^{ab} | 4,8 ± 0,1 ^a | 4,9 ± 0,1 ^b |
| S.25 | 31,2 ± 0,6 ^a | 23,0 ± 0,3 ^a | 23,3 ± 0,4 ^a | 12,4 ± 0,5 ^a | 4,8 ± 0,2 ^a | 4,9 ± 0,1 ^a | 5,2 ± 0,1 ^a |
| S.30 | 30,8 ± 0,4 ^{ab} | 22,9 ± 0,1 ^{ab} | 23,1 ± 0,2 ^{ab} | 12,0 ± 0,2 ^{ab} | 4,8 ± 0,1 ^a | 4,8 ± 0,1 ^a | 4,9 ± 0,1 ^b |
| S.35 | 30,6 ± 0,5 ^{abc} | 22,7 ± 0,4 ^{abc} | 22,8 ± 0,5 ^{abc} | 11,6 ± 0,5 ^{bc} | 4,7 ± 0,1 ^{ab} | 4,7 ± 0,2 ^{ab} | 4,8 ± 0,2 ^{bc} |
| S.40 | 30,1 ± 0,3 ^{bcd} | 22,6 ± 0,2 ^{abc} | 22,7 ± 0,2 ^{bc} | 11,6 ± 0,2 ^{bc} | 4,5 ± 0,1 ^{ab} | 4,5 ± 0,2 ^b | 4,5 ± 0,2 ^{cd} |
| S.45 | 29,8 ± 0,4 ^{cd} | 22,4 ± 0,3 ^c | 22,5 ± 0,3 ^c | 11,5 ± 0,2 ^{bc} | 4,6 ± 0,2 ^{ab} | 4,6 ± 0,1 ^b | 4,6 ± 0,1 ^{cd} |
| S.50 | 29,7 ± 0,4 ^{cd} | 22,3 ± 0,0 ^c | 22,4 ± 0,0 ^c | 11,4 ± 0,1 ^{bc} | 4,4 ± 0,1 ^b | 4,4 ± 0,1 ^b | 4,4 ± 0,1 ^d |

⁽¹⁾ valores seguidos de letras sobrescritas diferentes em uma mesma coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$, Duncan).

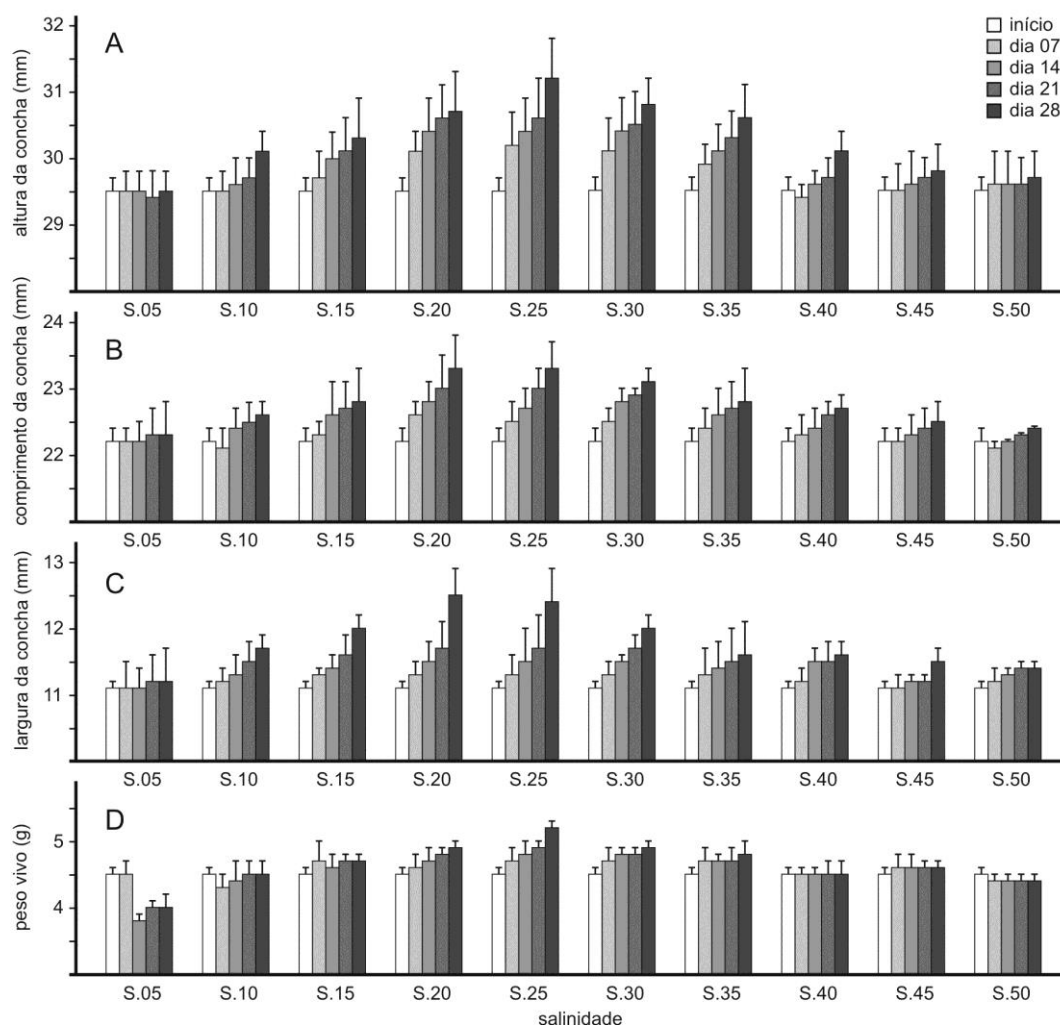


Figura 1. Valores médios semanais das variáveis biométricas da ostra-do-mangue *Crassostrea gasar* exposta às salinidades (S) de 5 a 50 com intervalos de 5, durante 28 dias. A – Altura da concha (mm), B – Comprimento da concha (mm), C – Largura da concha (mm) e D – Peso vivo (g).

DISCUSSÃO

Em aquicultura, é aconselhável que os valores das variáveis da água de cultivo sejam semelhantes aos das condições ambientais em que a espécie ocorre naturalmente. No litoral dos municípios maranhenses de Icatu, Primeira Cruz e Humberto de Campos, a salinidade da água do mar varia entre 5 e 37, sendo que, nesta região a ocorrência de bancos naturais de ostra nativa (*C. gasar* e *C. rhizophorae*) é mais frequente nas áreas onde a salinidade oscila entre 10 e 30 ao longo do ano. Em observações de campo junto aos produtores de ostra da comunidade de Nazaré do Seco, pertencente ao município de Maracanã, estado do Pará, foi verificado que a espécie *C. gasar* é cultivada em locais onde a salinidade oscila entre 10 e 40 anualmente. De fato, neste experimento, os maiores resultados obtidos para crescimento e sobrevivência das ostras estão compreendidos nestas faixas de salinidade citadas.

Os resultados do presente estudo demonstram que a salinidade influenciou significativamente na sobrevivência e crescimento (altura, comprimento e largura das conchas e peso vivo) da espécie *C. gasar*, sendo que os maiores valores obtidos no final do período experimental foram registrados nas ostras cultivadas na salinidade de 25. De acordo com os estudos de PEREIRA *et al.* (1988) e PEREIRA e CHAGAS SOARES (1996), a ostra nativa *Crassostrea brasiliiana* (= *C. gasar*) tolera bem condições de salinidade compreendidas entre 8 e 34, porém desenvolve-se melhor em salinidades entre 15 e 25. Na Nigéria, os maiores valores verificados de crescimento e sobrevivência de *C. gasar* foram registrados nos ambientes em que a salinidade oscilava entre 15 e 32 (AJANA, 1980). LOPES *et al.* (2013) verificaram crescimento promissor da ostra *C. gasar* tanto no ambiente marinho (salinidade média de $33,6 \pm 1,6$) quanto no estuarino (salinidade média de $29,2 \pm 2,6$) após 11 meses de cultivo, embora a região estuarina tenha sido mais propícia para o cultivo dessa espécie.

A sobrevivência das ostras nos tratamentos propostos no presente trabalho sugere que *C. gasar* é resistente a salinidades de 10 a 50, sendo que neste intervalo a sobrevivência oscilou entre 75,6 e 91,1%. No entanto, verificou-se que, nos níveis de salinidade de 40 a 50, as ostras não cresceram ou apresentaram crescimento lento das conchas e

que o peso vivo manteve-se constante durante o período experimental, embora a sobrevivência acumulada não tenha sido muito afetada, uma vez que oscilou entre 75,6% e 81,1% no final do ensaio. Quando as ostras estão expostas a salinidades próximas ao seu limite de tolerância ocorre diminuição da energia e dos materiais que estariam disponíveis para o crescimento, devido ao aumento do custo metabólico para a sobrevivência, e nestas condições, também pode haver redução da taxa de ingestão e até mesmo paralisação da alimentação, acarretando em mortalidade e diminuição do crescimento (LOOSANOFF, 1952; BERNARD, 1983; ABBE *et al.*, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 2008). A influência da salinidade sobre o crescimento das conchas de ostras foi estudada por PATERSON *et al.* (2003), os quais constataram relação inversa entre o crescimento de *Saccostrea glomerata* e a salinidade.

GUIMARÃES *et al.* (2008) analisaram durante oito dias a influência de diferentes níveis de salinidade (5 a 60) na sobrevivência de sementes de *Crassostrea rhizophorae* e determinaram valores significativamente mais elevados nas salinidades entre 15 e 25, enquanto que, nas salinidades de 5, 10, 30 e 35, as taxas de sobrevivência foram baixas, mas semelhantes estatisticamente às obtidas ao final do período experimental. Já nas concentrações de salinidade acima de 40, a partir do 4º dia de cultivo teve início uma total mortalidade das ostras. Comparando com os resultados do presente trabalho, pode-se afirmar que a espécie *C. gasar* é mais resistente a salinidades elevadas que a espécie *C. rhizophorae*. Segundo NASCIMENTO (1991), *C. brasiliiana* (= *C. gasar*) tende a ser mais tolerante a variações de salinidade (8-34) quando comparada a *C. rhizophorae* (7-28).

A espécie *C. gasar* é encontrada na zona entremarés, a qual fica exposta ao ar durante a maré-baixa e imersa com a subida da maré (AJANA, 1980), além de apresentar oscilações diárias de salinidade. No presente estudo, as ostras foram mantidas durante 28 dias imersas em água com os diferentes níveis de salinidade testados, de forma que a permanência desses organismos por tempo prolongado em água com baixa ou elevada salinidade pode ter contribuído para uma possível alteração fisiológica, uma vez que o crescimento e a sobrevivência das ostras

ao final do período experimental foram significativamente menores nos valores extremos de salinidade estudados: 5, 45 e 50. Segundo AFINOWI (1975), a salinidade excessivamente alta ou baixa pode ser responsável pela alta taxa de mortalidade de ostras da espécie *C. gasar*. Ostras da espécie *C. rhizophorae* foram submetidas por um longo período em baixa e em elevada salinidade. Tal condição, possivelmente, prejudicou o crescimento e a sobrevivência da espécie (WEDLER, 1980). CHANLEY (1958), estudando juvenis de *Ostrea edulis* e *Crassostrea virginica*, não registrou nenhum crescimento nas salinidades abaixo de 5 e observou lento crescimento abaixo de 12 e crescimento normal entre 12 e 27. Nas lagoas do estado de Lagos, Nigéria, onde a salinidade anualmente varia entre 0 e 32, a espécie *C. gasar* sofreu elevada mortalidade e interrupção do crescimento das conchas durante a estação chuvosa, período em que a salinidade oscilava entre 0 e 10 (AJANA, 1980).

A resistência da ostra *C. gasar* a essa amplitude de salinidade deve-se ao fato de ser osmoconformista, isto é, tem capacidade de ajustar seu volume celular (HOSOI *et al.*, 2003), além de ser eurihalina, pois tolera oscilações bruscas de salinidade (ANGELL, 1986). As ostras também possuem a habilidade de fechar as valvas para se defender em situações ambientais adversas, sendo tal comportamento chamado de pseudo-osmorregulação facultativa (BERGER e KHARAZOVA, 1997).

No presente estudo foi observado que as ostras submetidas à salinidade de 5 permaneceram com as valvas fechadas nos dois primeiros dias e só as abriram a partir do terceiro dia, coincidindo com o aumento de mortalidade das ostras deste tratamento. Já nos demais tratamentos avaliados, as ostras permaneceram com as valvas abertas e filtrando, sendo diariamente observadas fezes e/ou pseudofezes depositadas no fundo dos recipientes de cultivo. HEILMAYER *et al.* (2008) observaram que ostras (*C. virginica*) submetidas a tratamentos com salinidades abaixo de 5 deixaram de se alimentar, não produziram fezes ou pseudofezes e mantiveram as valvas fechadas, condição em que o fornecimento de energia para o organismo é realizado através do metabolismo anaeróbico (MICHAELIDIS *et al.*, 2005). No entanto, o

fechamento das valvas por tempo prolongado pode resultar em mortalidade das ostras por hipóxia, pelo acúmulo de dióxido de carbono nos tecidos, ou seja, acidose respiratória (LOMBARDI *et al.*, 2013), e/ou por falta de alimentação (LOOSANOFF, 1952). Segundo SHUMWAY (1996), o fechamento das valvas por tempo prolongado irá resultar em mortalidade, particularmente quando combinado com altas temperaturas.

Vários estudos apontam que baixa salinidade provoca impactos negativos na ostra *C. virginica*, reduzindo a filtração e aumentando o metabolismo anaeróbico e a mortalidade (LOOSANOFF, 1952; GALTISOFF, 1964; HEILMAYER *et al.*, 2008); no entanto, inúmeras observações de campo têm documentado a sobrevivência dessa espécie em baixa salinidade durante longos períodos de tempo (LOOSANOFF, 1952; POLLACK *et al.*, 2011). Segundo LA PEYRE *et al.* (2013), a maior tolerância das ostras a ambientes de baixa salinidade (inferior a 5) ocorre durante os períodos de temperaturas mais baixas (<25 °C), uma vez que a baixa salinidade e alta temperatura favorece uma combinação letal para as ostras. No presente experimento não foi avaliado o efeito combinado de diferentes temperaturas com salinidade, mantendo-se uma temperatura média da água de 26,9 ± 0,1 °C; assim, é provável que a temperatura não muito elevada tenha contribuído para a não ocorrência de maior mortalidade nos tratamentos com baixa salinidade.

Os resultados de crescimento e sobrevivência obtidos nas salinidades de 30 e 35 revelam que a ostra nativa *C. gasar* pode ser cultivada em salinidade elevada, acima do limite de variação normalmente observado nos ambientes estuarinos, permitindo, assim, a exploração de áreas marinhas para seu cultivo. Esses resultados corroboram os obtidos por LOPES *et al.* (2013), que verificaram crescimento promissor da ostra *C. gasar* cultivada em ambiente marinho no estado de Santa Catarina.

De todos os fatores abióticos que podem afetar a biologia dos organismos estuarinos, pode-se afirmar que a temperatura e a salinidade, por seu efeito sinérgico, são provavelmente de maior impacto na sobrevivência desses organismos (SHUMWAY, 1996). Assim, sugere-se a realização de futuras pesquisas com a ostra *C. gasar* a fim de

avaliar o efeito de diferentes combinações de salinidade e temperatura na fisiologia desta espécie, além de estudos de cultivo em ambientes com diferentes salinidades. Adicionalmente, deve ser considerada também a saúde das ostras submetidas a estes ensaios, uma vez que ostras infectadas podem ser mais vulneráveis a situações extremas de temperatura e salinidade do que as saudáveis, devido às exigências de combate à infecção, pois a taxa de sobrevivência depende das condições anteriores da ostra (AUDEMARD *et al.*, 2008).

CONCLUSÕES

Por meio do presente estudo foi possível constatar a grande resistência da ostra nativa *C. gasar* a variações de salinidade, demonstrada pela elevada sobrevivência em salinidades variando entre 10 e 45. Desta forma, sugere-se que esta espécie seja cultivada em áreas marinhas com salinidades entre 30 e 35, como também em áreas estuarinas, nas quais a salinidade da água não apresente valores iguais ou inferiores a 5.

AGRADECIMENTOS

Aos integrantes do Núcleo de Maricultura do Instituto Federal do Maranhão, Campus São Luís Maracanã, pelo apoio concedido durante a realização deste trabalho; aos integrantes dos Laboratórios de Genética e Biologia Molecular (GENBIMOL) e Fisiologia, Reprodução e Cultivo de Organismos Marinhos (FISIOMAR) da Universidade Estadual do Maranhão, pela caracterização genética das ostras utilizadas; aos membros do Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo fornecimento das cepas de microalgas; ao professor Dioniso de Souza Sampaio da Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança, por ter contribuído com informações colhidas junto aos ostreicultores do litoral paraense; e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA), pela bolsa de doutorado concedida a Izabel Cristina da Silva Almeida Funo.

REFERÊNCIAS

- ABBE, G.R.; RIEDEL, G.F.; SANDERS, J.G. 2000 Factors that influence the accumulation of copper and cadmium by transplanted eastern oysters (*Crassostrea virginica*) in the Atuxent River, Maryland. *Marine Environmental Research*, 49(4): 377-396.
- AFINOWI, M.A. 1975 *Investigations on the geography and settlement of the mangrove oyster, Crassostrea gasar, in the Niger Delta*. Annual Report. Abuja: Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research. 11p.
- AFINOWI, M.A. 1984 The mangrove oyster, *Crassostrea gasar* cultivation and potential in the Niger Delta (Nigeria). *Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research*, 14(1): 1-13.
- AJANA, A.M. 1980 Fishery of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar*, Andanson (1757), in the Lagos area, Nigeria. *Aquaculture*, 21(2): 129-137.
- ALAGARSWAMI, K. e VICTOR, A.C.C. 1976 Salinity tolerance and rate of filtration of the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). *Marine Biological Association of India*, 18(1): 149-158.
- ANGELL, C.L. 1986 *The biology and culture of tropical oysters*. ICLARM Studies and Reviews 13. Manila: International Center for Living Aquatic Resources. 42p.
- ANTONIO, I.G.; GUIMARÃES, I.M.; PEIXOTO, S.; OLIVERA, A. 2009 The combined effects of salinity, stocking density and frequency of water exchange on growth and survival of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) larvae. *Arquivos de Ciências do Mar*, 42(2): 74-80.
- ARAKAWA, K.Y. 1990 Commercially important species of oysters in the world. *Marine Behaviour and Physiology*, 17(1):1-13.
- AUDEMARD, C.; CARNEGIE, R.B.; BISHOP, M.J.; PETERSON, C.H.; BURRESON, E.M. 2008 Interacting effects of temperature and salinity on *Bonamia* sp. Parasitism in the Asian oyster *Crassostrea ariakensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98(3): 344-350.
- BERGER, V.J.; KHARAZOVA, A.D. 1997 Mechanisms of salinity adaptations in marine molluscs. *Hydrobiologia*, 355(1): 115-126.
- BERNARD, F.R. 1983 *Physiology and the mariculture of some northeastern Pacific bivalve molluscs*. Ottawa: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 24p.
- BRITO, L. 2008 *Efeito da salinidade sobre o crescimento da ostra nativa Crassostrea sp. como subsídio ao*

- desenvolvimento da maricultura de espécies nativas em mar aberto*. Pontal do Paraná. 49p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná - UFPR). Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/19889/dissertacao%20Lineu%20definitiva.pdf?sequence=1>> Acesso em: 15 ago. 2014.
- CÁCERES-PUIG, J.I.; ABASOLO-PACHECO, F.; MAZÓN-SUASTEGUI, J.M.; MAEDA-MARTÍNEZ, A.N.; SAUCEDO, P.E. 2007 Effect of temperature on growth and survival of *Crassostrea corteziensis* spat during late-nurse culturing at the hatchery. *Aquaculture*, 272(1): 417-422.
- CHANLEY, P.E. 1958 Survival of some juvenile bivalves in water of low salinity. *Proceedings of the National Shellfish Association*, 48(1): 52-65.
- CHENG, W.; YEH, S.P.; WANG, C.S.; CHEN, J.C. 2002 Osmotic and ionic changes in Taiwan abalone *Haliotis diversicolor* supertexta at different salinity levels. *Aquaculture*, 203(1): 349-357.
- DENG, Y.; FU, S.; LIANG, F.; DU, X.; XIE, S. 2013 Growth and Survival of Pearl oyster *Pinctada maxima* spat reared under different environmental conditions. *Journal of Shellfish Research*, 32(3): 675-679.
- DEVAKIE, M.N. e ALL, A.B. 2000 Salinity-temperature and nutritional effects on the setting rate of larvae of the tropical oyster, *Crassostrea iredalei* (Faustino). *Aquaculture*, 184(1): 105-114.
- DICKINSON, G.H.; IVANINA, A.V.; MATOO, O.B.; PÖRTNER, H.O.; BOCK, C.; BENIASH, E.; SOKOLOVA, I. M. 2012 Interactive effects of salinity and elevated CO₂ levels on juvenile eastern oysters, *Crassostrea virginica*. *The Journal of Experimental Biology*, 215(1): 29-43.
- DOS SANTOS, A.E. e NASCIMENTO, I.A. 1985 Influence of gamete density, salinity and temperature on the normal embryonic development of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). *Aquaculture*, 41(4): 335-352.
- DOVE, M.C. e O'CONNOR, W.A. 2007 Salinity and temperature tolerance of sydney rock oysters *Saccostrea glomerata* during early ontogeny. *Journal of Shellfish Research*, 26(45): 939-947.
- EIERMAN, L.E. e HARE, M.P. 2013 Survival of oyster larvae in different salinities depends on source population within an estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449(11): 61-68.
- FUERSICH, F.T. 1993 Paleoecologia e evolução das associações de macroinvertebrados bentônicos controlado por salinidade do Mesozóico. *Lethaia*, 26(1): 327-346.
- GALTISOFF, P.S. 1964 The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fishery Bulletin*, 64(1): 11-28.
- GIREESH, R. e GOPINATHAN, C.P. 2004 Effect of salinity and pH on the larval development and spat production of *Paphia mdabarica*. *Biological Association of India*, 46(2): 146-153.
- GUIMARÃES, I.M.; ANTONIO, I.G.; PEIXOTO, S.; OLIVERA, A. 2008 Influência da salinidade sobre a sobrevivência da ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae*. *Arquivos de Ciências do Mar*, 41(1): 118-122.
- GUZMÁN-AGÜERO, J.E.; NIEVES-SOTO, M.; HURTADO, M.A.; PIÑA-VALDEZ, P.; GARZA-AGUIRRE, M.C. 2013 Feeding physiology and scope for growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) acclimated to different conditions of temperature and salinity. *Aquaculture International*, 21(2): 283-297.
- HEILMAYER, O.; DIGIALLEONARDO, J.; QIAN, L.; ROESIJADI, G. 2008 Stress tolerance of a subtropical *Crassostrea virginica* population to the combined effects of temperature and salinity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(1): 179-185.
- HOSOI, M.; KUBOTA, S.; TOYOHARA, M.; TOYOHARA, H.; HAYASHI, I. 2003 Effect of salinity change on free amino acid content in Pacific oyster. *Fisheries Science*, 69(2): 395-400.
- LA PEYRE, M.K.; EBERLINE, B.S.; SONIAT, T.M.; LA PEYRE, J.F. 2013 Differences in extreme low salinity timing and duration differentially affect eastern oyster (*Crassostrea virginica*) size class growth and mortality in Breton Sound, LA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135(19): 146-157.
- LAPÈGUE, S.; BOUTET, I.; LEITÃO, A.; HEURTEBISE, S.; GARCIA, P.; THIRIOTUIE-VREUX, C.; BOUDRY, P. 2002 Trans-Atlantic distribution of a mangrove oyster species

- revealed by 16S mtDNA and karyological analyses. *Biological Bulletin*, 202(3): 232-242.
- LOMBARDI, S.A.; HARLAN, N.P.; PAYNTER, K.T. 2013 Survival, acid-base balance, and gaping responses of the Asian oyster *Crassostrea ariakensis* and the eastern oyster *Crassostrea virginica* during clamped emersion and hypoxic immersion. *Journal of Shellfish Research*, 32(2): 409-415.
- LOOSANOFF, V.L. 1952 Behavior of oysters in water of low salinities. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 43(1): 135-151.
- LOPES, G.R.; GOMES, C.H.A.M.; TURECK, C.R.; MELO, C.M.R. 2013 Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(7): 975-982.
- MELO, A.G.C.; VARELA, E.S.; BEASLEY, C.R.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; GAFFNEY, P.M.; REECE, K.S.; TAGLIARO, C.H. 2010 Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oyster (*Crassostrea*). *Genetics and Molecular Biology*, 33(3): 564-572.
- MELO, M.A.D.; SILVA, A.R.B.; BEASLEY, C.R.; TAGLIARO, C.H. 2013 Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management. *Aquaculture International*, 21(6): 1325-1332.
- MICHAELIDIS, B.; HAAS, D.; GRIESHABER, M.K.; 2005 Extracellular and intracellular acid base status with regard to the energy metabolism in the oyster *Crassostrea gigas* during exposure to air. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(3): 373-383.
- NASCIMENTO, I.A. 1991 *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliana* (Lamarck) in South and Central America. In: MENZEL, W. *Estuarine and marine bivalve mollusk culture*. Florida: CRC Press Inc. p.125-134
- NELL, J.A. e HOLLIDAY, J.E. 1988 Effects of salinity on growth and survival of Sydney rock oyster (*Saccostrea commercialis*) and Pacific oyster larvae and spat. *Aquaculture*, 68(1): 39-44.
- ODUM, E.P. e BARRETT, G.W. 2008 *Fundamentos de Ecologia*. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning. 612p.
- PAIXÃO, L.; FERREIRA, M.A.; NUNES, Z.; FONSECA-SIZO, F.; ROCHA, R. 2013 Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. *Aquaculture*, 6(12): 380-383.
- PATERSON, K.J.; SCHREIDER, M.J.; ZIMMERMAN, K.D. 2003 Anthropogenic effects on seston quality and quantity and the growth and survival of Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in two estuaries in NSW, Australia. *Aquaculture*, 221(1): 407-423.
- PEREIRA, O.M. e CHAGAS-SOARES, F. 1996 Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliana* (LAMARK, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia - SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, 23(único): 135-142.
- PEREIRA, O.M.; SOARES, F.C.; AKABOSHI, S. 1988 Cultivo experimental de *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) no canal da Bertioiga São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 15(1): 55-65.
- POLLACK, J.B.; KIM, H.C.; MORGAN, E.K.; MONTAGNA, P.A. 2011 Role of flood disturbance in natural oyster (*Crassostrea virginica*) population maintenance in an estuary in south Texas, USA. *Estuaries and Coasts*, 34(1): 187-197.
- RIVERO-RODRÍGUEZ, S.; BEAUMONT, A.R.; LORA-VILCHIS, M.C. 2007 The effect of microalgal diets on growth, biochemical composition, and fatty acid profile of *Crassostrea corteziensis* (Hertlein) juveniles. *Aquaculture*, 263(1): 199-210.
- SHUMWAY, S.E. 1996 Natural environmental factors. In: KENNEDY, V.S.; EWELL, R.I.E.; EBLE, A.F. *The Eastern Oyster Crassostrea virginica*. College Park: Maryland Sea Grant College. p.467-513.
- TURECK, T.R. 2010 *Sementes de ostras nativas no litoral de Santa Catarina/Brasil, como subsidio ao cultivo*. Florianópolis. 140p. (Dissertação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC). Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93884>> Acesso em: 10 mai. 2014.
- VARELA, E.S.; BEASLEY, C.R.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; MARQUES-SILVA, N.S.; TAGLIARO, H. 2007 Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. *Journal of Molluscan Studies*, 73(3): 229-234.

- VILANOVA, M.F.V. e CHAVES, E.M.B. 1988 Contribuição para o conhecimento da viabilidade do cultivo de ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828, *Mollusca: Bivalvia*), no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 27(único): 111-125.
- WAKAMATSU, T. 1973 *A ostra de Cananéia e seu cultivo*. São Paulo: SUDELPA, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 141p.
- WEDLER, E. 1980 Experimental spat collecting and growing of the oyster *Crassostrea rhizophorae* Guilding. *Aquaculture*, 21(3): 251-259.