

Jefferson Francisco Alves Legat

**Reprodução e cultivo da ostra *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757),
nos estados do Maranhão e Santa Catarina.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Aquicultura.

Orientador: Dr. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo
Coorientadora: Dra. Simone Sühnel

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Legat, Jefferson Francisco Alves

Reprodução e cultivo da ostra *Crassostrea gasar*
(Adanson, 1757), nos estados do Maranhão e Santa Catarina.
/ Jefferson Francisco Alves Legat ; orientador, Cláudio
Manoel Rodrigues de Melo ; coorientadora, Simone Sühnel. -
Florianópolis, SC, 2015.

120 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Ostra do mangue. 3. Larvicultura. 4.
Crescimento. 5. Reprodução. I. Melo, Cláudio Manoel
Rodrigues de. II. Sühnel, Simone. III. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.
IV. Título.

**Reprodução e cultivo da ostra *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757),
nos estados do Maranhão e Santa Catarina**

Por

JEFFERSON FRANCISCO ALVES LEGAT

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez – *Presidente*



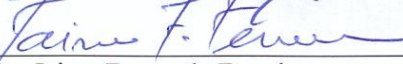
Dr. Aimê Rachel Magenta Magalhães



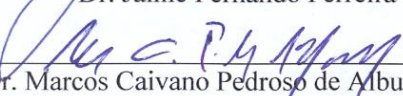
Dr. Gilberto Cactano Manzoni



Dr. Hélcio Luís de Almeida Marques



Dr. Jaime Fernando Ferreira



Dr. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque

Dedico este trabalho à minha família

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Angela, por todo o amor, incentivo e cumplicidade. Seu apoio pessoal (e técnico científico) tornaram tudo possível.

Às minhas filhas Nádia e Stella, pelo carinho e por entenderem os motivos de nos mudarmos (duas vezes) de um lado para outro do país. Obrigado por todas as vezes em que passaram as férias ou finais de semana no LMM sem perder o sorriso.

Aos meus pais, Iremar e Francisco por todo o apoio, desde sempre. Obrigado pelo incentivo e pela formação pessoal que me deram.

À minha irmã Leticia, pelo amor, pelas risadas, pelas visitas e por demonstrar que vale a pena correr atrás dos nossos sonhos.

Aos meus tios, Sidney e Rachel pelo carinho, apoio e atenção.

Ao meu orientador, Professor Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela paciência. Também agradeço pela liberdade que me foi dada para insistir em experimentos que o Professor já sabia não serem viáveis. Dessa forma foi possível aprender tanto nos meus erros quanto nos nossos acertos.

À minha coorientadora, Professora Simone Sühnel, pelos ensinamentos e pelo incentivo.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas contribuições.

À Embrapa, por fornecer as condições necessárias para realização do doutorado e pelo apoio logístico na realização dos experimentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da UFSC, em especial ao Professor Alex Nuner e ao Carlito Klunk pelo apoio na reta final da tese. À todos os Professores do curso pelos ensinamentos transmitidos.

À toda a equipe do Laboratório de Moluscos Marinhos: Professor Gilberto, Professor Marcos, Carlos Henrique, Jaqueline, Ricardo, Cláudio Blacher, Marisa, Zezé, Sino, Eduardo, Alexandre, Bê, Itamar. Em especial ao Professor Jaime Ferreira e ao chefe de produção Francisco Carlos da Silva pelos valiosos ensinamentos.

A todos os amigos e colegas do LMM, Khauê, Patrick, Alexandra, Mari, Aline, Bruno, Roberta, Robson, Rodrigo, Emílio, Cássio, pelo apoio nos experimentos e pela oportunidade de participar dos experimentos que conduziram. Em especial ao Pancho, pelo incentivo e ensinamentos.

Ao Professor Claudio Tureck por todo o apoio na realização dos experimentos em São Francisco do Sul.

À toda equipe do Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola (NEPAR) da UFSC pela cessão do espaço e equipamentos para realização das análises histológicas. Em especial a Professora Aimê Rachel pelo apoio e ensinamentos e à Sthefanie pela ajuda na confecção das lâminas histológicas.

As pesquisadoras Alitiene e Fabíola pelo apoio nas análises laboratoriais na região do Delta do Rio Parnaíba.

Ao Técnico Admilson Ribeiro por organizar e coordenar as saídas de campo no Delta do Rio Parnaíba e à toda a equipe da Embrapa envolvida na instalação do experimento, monitoramento, biometrias e procedimentos laboratoriais. Sem a ajuda de vocês não seria possível conduzir os experimentos em áreas tão distantes.

Ao ICMBio de Parnaíba, em especial a Silmara, pelo apoio e interesse na condução do projeto.

À Associação dos Maricultores do Capri, em São Francisco do Sul-SC e as Comunidades do Torto e do Morro do Meio, em Araioses-MA pela cessão do espaço utilizado pelas estruturas de cultivo no presente estudo.

“Why then the world's mine oyster,
which I with sword will open.”
William Shakespeare

RESUMO

Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento do cultivo da ostra nativa, *Crassostrea gasar*, o presente estudo avaliou: na larvicultura, a influência da salinidade para o desenvolvimento embrionário e larval em laboratório; no ciclo reprodutivo, os estágios de desenvolvimento de indivíduos cultivados em clima tropical da Região Nordeste e em clima temperado na Região Sul; no desempenho zootécnico, o crescimento (peso e altura) e a sobrevivência de exemplares cultivados nos estados do Maranhão e de Santa Catarina. Na larvicultura, os melhores resultados na fertilização, desenvolvimento embrionário e desenvolvimento larval, foram obtidos na salinidade 28. O ciclo reprodutivo da espécie apresentou padrões distintos no clima tropical do Nordeste e no clima temperado do Sul, atribuído aos padrões distintos de temperatura. Os indivíduos cultivados no Nordeste apresentaram ciclo reprodutivo intermitente, com desovas ao longo do ano e com raros indivíduos em estágio de repouso. Nos indivíduos cultivados no Sul, o período de desova foi associado ao aumento da temperatura da água e ocorreu ao final da primavera e durante o verão. No Sul, o estágio de repouso foi bem evidente nos meses mais frios, quando mais de 75% dos exemplares amostrados encontrava-se neste estágio. Em relação ao desempenho zootécnico, o crescimento dos indivíduos cultivados em Santa Catarina foi superior ao observado no Maranhão e foi atribuído às condições ambientais e as estruturas de cultivo. A sobrevivência observada nos dois estados foi adequada para o cultivo de moluscos bivalves e o tempo de cultivo considerado ideal foi de 8 meses, quando ocorreu a maior porcentagem de animais em tamanho comercial mínimo nos pontos considerados adequados para o cultivo.

Palavras chave: Aquicultura; Ostra-do-mangue; Larvicultura; Crescimento; Reprodução.

ABSTRACT

To contribute with knowledge on the cultivation of the Brazilian native oyster, *Crassostrea gasar*, the present study evaluated: in hatchery conditions, the influence of salinity on embryonic development and larval performance (1); in natural environment, the reproductive cycle and sexual development of cultured animals in tropical regions of Northeastern (NE) Brazil and in temperate regions of Southern (S) Brazil (2); the survival and growth of juvenile to adult oysters cultured in the states of Maranhão (NE) and Santa Catarina (S). In hatchery, best results in fertilization rate, embryonic development and larval performance were observed at salinity of 28. The reproductive cycle of *C. gasar* showed distinct patterns of gamete development between tropical and temperate regions, which were related to water temperatures. In Northeastern areas, the reproductive cycle was intermittent, spawning occurred throughout the year, with rare individuals observed in the resting stage. In Southern areas, the spawning period was related to the increase of water temperature and occurred during late spring and summer; the resting period was evident in colder months, when more than 75% of sampled oysters were found in this stage. Growth performance of cultured individuals in Santa Catarina was higher than in Maranhão and was related to different environmental conditions and farm techniques. Resulting oyster survivals were found suitable for the cultivation in both states. Eight months was considered the ideal period for the cultivation of *C. gasar*, when there were observed the highest percentages of animals in minimum commercial size

Keywords: Aquiculture; Mangrove oyster; Larviculture; Growth performance; reproduction.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Espécies de ostras do gênero <i>Crassostrea</i> cultivadas no Brasil	29
--	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Resultados obtidos em dois experimentos de fertilização de <i>Crassostrea gasar</i> em diferentes salinidades	57
---	----

Figura 2. Crescimento de larvas de <i>Crassostrea gasar</i> cultivadas em diferentes salinidades em laboratório	58
---	----

CAPÍTULO III

Figura 1. Pontos de instalação das unidades experimentais do presente estudo. Pontos instalados no estado do Maranhão, município de Araiões e pontos instalados no estado de Santa Catarina, municípios de São Francisco do Sul e de Florianópolis	65
--	----

Figura 2. Desenho esquemático da disposição de sementes e ostras nas estruturas de cultivo do presente estudo. Estruturas de cultivo denominadas “lanternas” em sistema de espinhel fixo flutuante utilizado em Santa Catarina e estruturas de cultivo denominadas “travesseiros” em sistema de mesa fixa utilizado no Maranhão.....	67
--	----

Figura 3. Temperatura e salinidade nos pontos de cultivo durante o período experimental	69
---	----

Figura 4. Crescimento de <i>Crassostrea gasar</i> em altura e peso nos pontos de cultivo ao longo do período experimental.....	71
--	----

Figura 5. Porcentagem de ostras em tamanho comercial ao longo do experimento.....	74
---	----

CAPÍTULO IV

Figura 1. Estágios do ciclo reprodutivo das fêmeas de <i>Crassostrea gasar</i>	92
Figura 2. Estágios do ciclo reprodutivo dos machos de <i>Crassostrea gasar</i>	93
Figura 3. Temperatura e salinidade nos pontos de cultivo durante o período experimental.....	95
Figura 4. Estágios do ciclo reprodutivo observados nos pontos de cultivo do Sul e do Nordeste	97
Figura 5. Exemplos hermafroditas simultâneos de <i>Crassostrea gasar</i> . A, folículos contendo espermatozoides rodeados por oócitos. B, folículos contendo espermatozoides ou oócitos, separadamente	98

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1. Estudos sobre ciclo reprodutivo de *Crassostrea gasar* realizados no Brasil com o uso de técnicas histológicas 26
- Tabela 2. Estudos avaliando crescimento de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil 34

CAPÍTULO II

- Tabela 1. Concentração e composição da dieta algal fornecida às larvas de *Crassostrea gasar* durante o período de cultivo em laboratório 44
- Tabela 2. Fertilização de *Crassostrea gasar* em diferentes salinidades 46
- Tabela 3. Comprimento e altura de larvas de *Crassostrea gasar* cultivadas em diferentes salinidadesl 48

CAPÍTULO III

- Tabela 1. Média da altura e percentual da sobrevivência mensal não cumulativa de *Crassostrea gasar* cultivada entre junho de 2011 e julho de 2012. Idade corresponde ao tempo de vida dos indivíduos (em dias) desde a fertilização; e cultivo corresponde ao tempo dos indivíduos nas áreas de engorda 72
- Tabela 2. Estudos avaliando crescimento de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil 78

CAPÍTULO IV

- Tabela 1. Descrição histológica dos estágios e das fases do desenvolvimento gonádico no ciclo reprodutivo da ostra do mangue, *Crassostrea gasar* 99

Tabela 2. Porcentagem e proporção sexual de exemplares de *Crassostrea gasar* separados por sexo em cada ponto de cultivo101

Tabela 3. Peso total e altura das conchas dos espécimes amostrados nos estudos histológicos e peso total e altura da concha dos menores exemplares em estágio de pré-desova101

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. APRESENTAÇÃO GERAL	21
Problemática e justificativa	21
Espécies nativas de ostras do gênero <i>Crassostrea</i>	23
Ciclo reprodutivo de <i>Crassostrea gasar</i>	24
Desenvolvimento larval do gênero <i>Crassostrea</i>	27
Produção de ostras no Brasil	28
Produção de <i>Crassostrea gasar</i> no Brasil	30
Influência da salinidade.....	34
Características das áreas de estudo neste trabalho.....	35
Objetivos	37
Objetivo geral.....	37
Objetivos específicos.....	37
 CAPÍTULO II. EFEITO DA SALINIDADE NA FERTILIZAÇÃO E LARVICULTURA DA OSTRA DO MANGUE, <i>Crassostrea gasar</i> , EM LABORATÓRIO	 39
Resumo.....	40
Introdução.....	40
Materiais e métodos	42
Resultados	45
Discussão.....	48
Conclusões	52
Agradecimentos.....	53
Referências	53
 CAPÍTULO III. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DA OSTRA DO MANGUE <i>Crassostrea gasar</i> , CULTIVADA NO NORDESTE E NO SUL DO BRASIL.....	 59

Resumo	60
Introdução	61
Materiais e métodos	63
Resultados	68
Discussão	74
Conclusões	80
Agradecimentos	80
Referências.....	80
CAPÍTULO IV. CICLO REPRODUTIVO DA OSTRÁ DO MANGUE, <i>Crassostrea gasar</i> , CULTIVADA NO NORDESTE E NO SUL DO BRASIL	87
Resumo	88
Introdução	88
Materiais e métodos	89
Resultados	94
Discussão	101
Conclusões	105
Agradecimentos	105
Referências.....	106
CAPÍTULO V. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
Conclusões gerais.....	109
Sugestões.....	109
Referências bibliográficas da introdução geral	111

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO GERAL

I.1 Problemática e justificativa

No Brasil, a extração de moluscos bivalves é fonte de alimento, emprego e renda para comunidades que habitam zonas costeiras. No entanto, não existe regulamentação institucional-legal ou mesmo instrução normativa para pesca da maioria das espécies de moluscos (NISHIDA et al., 2004). Em diversas regiões, as populações de moluscos encontram-se sobrepovoadas, colocando a atividade pesqueira e as populações naturais em risco (LEMONS et al., 1994). A sobrepesca pode acarretar no declínio das populações e gerar um efeito cascata na estrutura e funcionamento do ecossistema como um todo (NORLING; KAUTSKY, 2007), uma vez que moluscos bivalves enquadram-se na definição de “engenheiros de ecossistemas”, por apresentarem uma estrutura populacional que persiste por longos períodos e que interage com vários processos ecológicos (JONES et al., 1994).

O cultivo de organismos aquáticos tem sido apontado como uma solução viável para compensar a estagnação na produção pesqueira, bem como, contribuir na prevenção e no controle da poluição aquática e na qualidade da água, em especial moluscos e algas marinhas que podem conter os processos de enriquecimento de nutrientes e matéria orgânica em águas eutrofisadas (BARG, 1992). No caso de moluscos bivalves, o cultivo também se destaca pela sustentabilidade ecológica, por serem animais de base da cadeia trófica (CAVALLI; FERREIRA, 2010). São considerados os organismos aquáticos mais eficientes na conversão de nutrientes e matéria orgânica em proteína animal rica em sais e minerais (FAO, 1990)

Apesar do destaque no cenário da aquicultura mundial, em especial na maricultura, a FAO (2014) considera que ainda existe um grande potencial de crescimento do cultivo de bivalves marinhos a ser explorado na África, América Latina e Caribe, uma vez que a produção nesses locais hoje encontra-se limitada pelo baixo número de laboratórios de produção de sementes e pela necessidade de domesticação de espécies nativas.

A situação do Brasil encaixa-se bem neste cenário, com apenas dois laboratórios de produção de sementes estabelecidos ao longo dos 7.367 km de extensão litorânea. Os laboratórios que produzem sementes de moluscos em escala comercial e com fluxo regular são o laboratório do Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía da Ilha Grande e o Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa

Catarina (LMM-UFSC). O primeiro produz exclusivamente sementes de vieira, *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758), para atender a demanda do mercado dos estados de Rio de Janeiro e São Paulo. O segundo, tem como foco principal os principais produtos da malacocultura nacional: mexilhão, *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e ostras do Pacífico, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), além de produzir sementes de *N. nodosus* em menor escala. Santa Catarina possui, ainda, um laboratório de produção de sementes de ostras mantido por iniciativa privada, Blue Water Aquaculture, com produção anual estimada em cinco milhões de sementes por ano.

Em 2014, a fazenda marinha Primar instalou um laboratório piloto no Rio Grande do Norte, com capacidade para produzir 6 milhões de sementes por ano, com o intuito de trabalhar com *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757).

No Brasil, os cultivos de moluscos estão concentrados no estado de Santa Catarina que, segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura, responde pela maior parte da produção nacional (BRASIL, 2013). Da mesma forma, o cultivo de ostras também está vinculado a Santa Catarina, onde a produção de *Crassostrea gigas* atingiu 3.670,36 toneladas produzidas em 2014 (SANTA CATARINA, 2015). Esse fato pode ser atribuído à existência de um pacote tecnológico elaborado para esta espécie e ao apoio de instituições de pesquisa e extensão no estado.

Introduzida no Sudeste do Brasil na década de 70 e na década seguinte na região sul (MELO et al., 2010a), *C. gigas* predomina na ostreicultura brasileira devido ao sucesso da adaptação ao cultivo e por ser a única espécie de ostra com produção de sementes em escala comercial em laboratório no território nacional. No entanto, a viabilidade do cultivo de *C. gigas* no Brasil está restrito a poucas regiões que apresentam águas mais frias, uma vez que águas com temperaturas mais elevadas ao longo de todo o ano podem comprometer as taxas de crescimento e de sobrevivência (POLI, 2004).

Diante dessa restrição de temperatura para *C. gigas*, o crescimento da ostreicultura nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste*, que apresentam águas com temperaturas mais quentes, está vinculado ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos para o cultivo de ostras nativas. Uma vez que *C. gasar* atinge maior tamanho que *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), (CHRISTO e ABSHER, 2006), e que o seu cultivo vem sendo desenvolvido com relativo sucesso nos Estados do Paraná (BALDAN e BENDHACK, 2009) e de São Paulo (GALVÃO et al. 2009), *C. gasar* destaca-se dentre as espécies potenciais para ostreicultura.

Para o desenvolvimento de sistemas de produção e de um gerenciamento de estoques pesqueiros efetivo, é necessária a realização de pesquisas voltadas aos parâmetros biológicos da espécie-alvo. No caso da produção de ostras nativas brasileiras, os estudos sobre biologia e cultivo de *C. gasar* estão mais avançados nas regiões sudeste e sul (São Paulo, Paraná e Santa Catarina), existindo a necessidade de desenvolver pesquisas em outras regiões do país, a fim de contribuir para o desenvolvimento da ostreicultura e para o avanço do conhecimento científico. Dentre os estudos necessários, destacam-se pesquisas sobre o ciclo reprodutivo e desempenho zootécnico de *C. gasar* em cultivo.

* Uma exceção na região sudeste seriam as áreas de ressurgência que apresentam águas mais frias, como a região de Cabo Frio no Rio de Janeiro (IKEDA, 1976).

I.2 Revisão bibliográfica

I.2.1 Espécies nativas de ostras do gênero *Crassostrea*

O estado taxonômico das espécies nativas do gênero *Crassostrea*, é apresentado conforme o Sistema de Informação Taxonômica Integrado (ITIS, “Integrated Taxonomic Information System”; <http://www.itis.gov/index.html>):

- Filo Mollusca;
- Classe Bivalvia (Linnaeus, 1758);
- Sub-Classe Pteriomorpha (Beurlen, 1944);
- Ordem: Ostreoida
- Família Ostreidae (Rafinesque, 1815);
- Gênero *Crassostrea* (Sacco, 1897);
- Espécie *gasar* (Adanson, 1757)
rhizophorae (Guilding, 1828)

O gênero *Crassostrea* (Sacco, 1897) (Bivalvia: Ostreidae), apresenta cerca de 21 espécies com distribuição global em ambientes tropicais e temperados (CARRIKER; GAFFNEY, 1996). No Brasil, ocorrem pelo menos duas espécies nativas, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) e *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), comumente denominadas “ostras-do-mangue”. A sistemática do gênero

é controversa devido à grande variação fenotípica de seus caracteres, de acordo com o tipo de substrato ao qual estão aderidos (ABSHER, 1989; LAZOSKI et al., 2011).

Rios (2009) considerava a existência de apenas uma espécie, *C. rhizophorae*, ao longo da costa brasileira, embora estudos de genética molecular (IGNÁCIO et al., 2000; LAZOSKI, 2004) tenham confirmado a presença de duas espécies distintas: *C. rhizophorae* e *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819). Recentemente, foi constatado que *C. brasiliiana* não apresenta diferenciação genética da espécie *C. gasar* e é uma sinonímia júnior desta última (VARELA et al., 2007; MELO et al., 2010b35 5; LAZOSKI et al., 2011).

A espécie *C. rhizophorae* ocorre na região entre-marés, fixada em raízes de mangue-vermelho, *Rhizophora mangle*, ou no costão rochoso, desde o Caribe até o estado de Santa Catarina no sul do Brasil (CARRIKER; GAFFNEY, 1996). *C. gasar* foi observada inicialmente na Costa Oeste da África, onde ocorre em manguezais entre o Senegal e Angola, sendo extremamente abundante ao longo do Delta do Rio Nilo (AFINOWI, 2010). No Brasil, esta espécie distribui-se do Pará até Santa Catarina (MELO et al., 2010a; MELO et al., 2010b), em costões rochosos (NASCIMENTO, 1991) e no fundo de rios associados a estuários ou ao ecossistema de mangue (PUCHNICK-LEGAT et al., 2010); apresenta boa tolerância a variações de salinidade, entre 0 e 40, com um maior crescimento em águas entre 8 e 34 (NASCIMENTO, 1991).

1.2.2 Ciclo reprodutivo de *Crassostrea gasar*

O ciclo de vida de moluscos bivalves envolve os estágios de produção e liberação de gametas, fertilização externa na coluna da água, desenvolvimento embrionário e larval, assentamento das larvas, metamorfose em sementes e crescimento até o estágio de produção de gametas.

Em moluscos bivalves, o ciclo reprodutivo é anual e envolve um período de gametogênese seguido de uma desova única, estendida, ou mesmo vários eventos de desova (GOSLING, 2003). Os gametas são formados através de células germinativas na parede epitelial dos folículos, sendo produzidos oócitos e espermatozoides por meio de divisões mitóticas e meióticas (GOSLING, 2003). Os oócitos e espermatozoides são liberados pelos poros genitais diretamente na coluna d'água onde ocorre a fertilização e o desenvolvimento larval (QUAYLE e NEWKIRK, 1989).

Ostras do gênero *Crassostrea* são ovíparas ou não-incubatórias (MACKIE, 1984). São organismos dióicos sem dimorfismo sexual, sendo necessárias análises microscópicas e histológicas para diferenciar machos e fêmeas (GALTSOFF, 1964; GOSLING, 2003; CHRISTO e ABSHER, 2006). São também hermafroditas assíncronos, podendo ocorrer a mudança de sexo após a desova em resposta a condições ambientais específicas (GALTSOFF, 1964; GOSLING, 2003). Embora ocorram em pequena porcentagem, em *Crassostrea gasar* também são observados hermafroditas simultâneos (PAIXÃO et al., 2013; RAMOS et al. 2014; GOMES et al., 2014; CASTILHO-WESTPHAL et al., 2015).

A reprodução de moluscos bivalves é controlada por fatores exógenos, tais como disponibilidade de alimento, temperatura, salinidade, profundidade, intensidade de luz e por fatores endógenos relacionados à genética dos indivíduos (MACKIE, 1984). Devido a interação entre os fatores internos e externos, ocorre grande variação dentro e entre as espécies de moluscos bivalves em relação aos estágios do ciclo reprodutivo (GOSLING, 2003).

Em relação ao ciclo reprodutivo de *C. gasar*, no Brasil foram observadas diferenças entre as regiões Sul, Sudeste e Norte, descritas abaixo (Tabela 1).

Na região sul, no estado do Paraná, o ciclo reprodutivo da espécie foi investigado com base no índice de condição, avaliação macroscópica e na ocorrência de larvas no ambiente natural (CHRISTO e ABSHER, 2004; MONTANHINI-NETO et al. 2012) e na avaliação histológica do desenvolvimento do tecido gonádico (CASTILHO-WESTPHAL et al., 2015). Christo e Absher (2004) observaram predominância de indivíduos maduros (estágio de pré-desova) durante o verão, encontrando 37% dos exemplares com tecido gonático plenamente formado no mês de janeiro. Montanhini-Neto et al. (2012), observaram que as maiores frequências de indivíduos maduros (pré-desova) ocorreram entre a primavera e o verão, com maior percentual de indivíduos desovados durante o verão. Castilho-Westphal et al. (2015), observaram variações nos meses de maior incidência de animais maduros (pré-desova) e fêmeas em estágio de desova e repouso, entre os anos de 2010 e 2011. Segundo estes autores, embora o ciclo reprodutivo da espécie seja intermitente, ocorre com maior intensidade durante os meses de verão.

Em Santa Catarina, o estágio de pré-desova foi observado em indivíduos cultivados, entre os meses de novembro e dezembro, quando ocorre uma maior predominância de fêmeas aptas à liberação de

gametas (GOMES et al., 2014). Estes autores concluíram que o aumento do número de indivíduos maduros (estágio de pré-desova) nos meses de verão está relacionado ao aumento da temperatura e a queda da salinidade da água. Posteriormente, a influência da salinidade e da temperatura foram comprovadas em laboratório. Ramos et al. (2014) constataram o desenvolvimento do tecido gonádico com o aumento da temperatura, enquanto Gomes et al. (2014) observaram maior desenvolvimento reprodutivo em indivíduos condicionados em salinidade 24, do que em salinidade 34.

Na região sudeste, em Cananéia (estado de São Paulo), o período reprodutivo de *Crassostrea* sp, ocorre ao longo do ano, com dois picos de ocorrência de larvas, entre janeiro e junho e entre outubro e dezembro (NASCIMENTO, 1991; GALVÃO et al., 2000).

Tabela 1. Estudos sobre ciclo reprodutivo de *Crassostrea gasar* realizados no Brasil com o uso de técnicas histológicas.

Local	Estágios descritos	Fatores que influenciam a maturação/desova	Picos de desova	Referência
Pará	Imaturo Maturação Maturo Desovado	Salinidade	Durante o período de seca e transição entre período de seca e chuvoso	PAIXÃO et al., 2013
Paraná	Pré-maturação Maturação Maturo Desovado	Temperatura	Intermitente, com maior incidência durante o verão	CASTILHO-WESTPHAL, et al., 2015
Santa Catarina	Desenvolvimento inicial Desenvolvimento avançado Maturo Desova e reabsorção Repouso	Temperatura e salinidade	Novembro e dezembro	GOMES et al., 2014
	Gametogênese Pré-desova Desova parcial Desova total Repouso	Temperatura	Maturação em laboratório	RAMOS et al., 2014

Na Região Norte, no estado do Pará, Paixão et al. (2013) observaram relação entre o desenvolvimento gonádico dos indivíduos, o período de chuva e a salinidade. Segundo esses autores, ocorreu predominância de indivíduos imaturos e com folículos esvaziados nos meses de seca e durante a transição entre os períodos seco e chuvoso. Estes autores observaram indivíduos em estágio de maturação (gametogênese) e maturos (pré-desova) em maior escala entre os meses de chuva e de transição entre os períodos chuvoso e seco. Neste estudo, compreendido entre setembro de 2009 e dezembro de 2010, os autores optaram por relacionar o ciclo reprodutivo às condições climáticas e não aos meses do ano, visto que houve diferença no período de ocorrência de chuvas de um ano para o outro.

O período reprodutivo de *Crassostrea gasar* na região nordeste pode apresentar diferenças das demais regiões, justificadas pelas variações nas condições ambientais, uma vez que temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento são determinantes para o desenvolvimento gonádico e para a duração do período larval (MANN, 1988; GALVÃO et al., 2000; ORBAN et al., 2004). Além disso, em moluscos bivalves a estratégia reprodutiva varia de acordo com a latitude em que ocorrem, geralmente com duas desovas sincronizadas em regiões de clima temperado e desovas ao longo de todo o ano em regiões de clima tropical (MACKIE, 1984).

Considerando que a reprodução é um dos processos fisiológicos mais importantes no ciclo de vida de moluscos bivalves (ENRÍQUEZ-DÍAZ et al., 2009), a sua compreensão é fundamental para o cultivo de organismos aquáticos e para o gerenciamento pesqueiro.

I.2.3 Desenvolvimento larval do gênero *Crassostrea*

O desenvolvimento larval de moluscos bivalves, em geral, é planctônico. Após a fertilização ocorrem os estágios de larva trocofóra e larva velíger, até a transformação em larva-D completamente desenvolvida, o que ocorre entre 24 e 48 horas após a fertilização (GALTSOFF, 1964; FAO, 2004). Em *Crassostrea*, a fase seguinte é caracterizada pela formação do umbo (larvas velíger umbonadas) e ao final do ciclo, caracterizam-se pela presença de um pé com função adutora (larvas pedivelíger) e de um velum que permite a natação ativa (GALTSOFF, 1964). Ao fim do ciclo larval as larvas, planctônicas e planctotróficas, fixam-se em substrato sólido para completarem a metamorfose (ABSHER, 1989).

A duração do ciclo larval, crescimento e sobrevivência das larvas

são determinados por fatores ambientais como temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento (DAVIS; CALABRESE, 1964; DEVAKIE; ALI, 2.000; FAO, 2004).

As taxas de sobrevivência e crescimento também estão relacionadas às características próprias das espécies. O ciclo larval de *Crassostrea gigas* dura cerca de 15 dias em sistema estático de cultivo (FAO, 2004) e as taxas de sobrevivência podem chegar a 96% (NELL; HOLLIDAY, 1988). No caso de *Crassostrea rhizophorae*, em sistema estático, o ciclo larval dura cerca de 24 dias e as melhores taxas de sobrevivência observadas foram de 45,3% (MIRANDA e GUZENSKI, 1999). Não foram localizados trabalhos referentes ao ciclo larval de *C. gasar*.

I.2.4 Produção de ostras no Brasil

Na maricultura mundial os moluscos vêm ocupando, nos últimos anos, a segunda posição dentre os organismos aquáticos cultivados. Em 2012, a produção de moluscos foi de 15,2 milhões de toneladas, correspondendo a 22,8% da produção aquícola mundial de pescado e a 60% da produção de pescado proveniente da maricultura (FAO 2014). Dentre as espécies de bivalves cultivadas, as ostras do gênero *Crassostrea* possuem elevada importância econômica, com uma produção média de 4,6 milhões de toneladas por ano (FAO, 2010). A ostra do pacífico, *Crassostrea gigas* representa 90% da produção total mundial de ostras, concentrada em apenas quatro países: China, Japão, Coreia do Sul e França (FAO 2010 e 2012).

No Brasil, a produção de ostras está vinculada a três espécies do gênero *Crassostrea*, sendo duas espécies nativas: *Crassostrea gasar* (= *Crassostrea brasiliiana*) e *Crassostrea rhizophorae* e uma espécie introduzida, *C. gigas* (Figura 1). De acordo com as últimas estatísticas oficiais, a produção total de ostras em 2011 foi de 3.771,4 t, sendo 67,35% oriundas da ostreicultura e 32,7% do extrativismo das espécies nativas (BRASIL, 2013). A produção total da ostreicultura em 2011 foi de 2.538,4 t (BRASIL, 2013). No mesmo ano, o estado de Santa Catarina produziu 2.285 t de *C. gigas* (SANTA CATARINA, 2015).

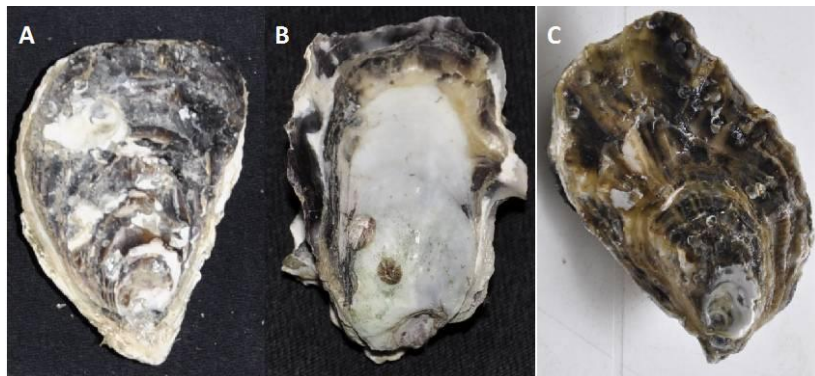


Figura 1. Ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas no Brasil. A) *C. gasar*; B) *C. rhizophorae*; C) *C. gigas*.

Analisando de forma conjunta os dados de produção da pesca e de cultivo (BRASIL, 2013, SANTA CATARINA, 2015), em 2011 *C. gigas* correspondeu a 60,6% da produção total de ostras e 90% da ostreicultura no país, enquanto as espécies nativas representaram 39,4% da produção total e 10% da ostreicultura brasileira. Os dados indicam, ainda, que apesar de deter apenas 7,61% dos 7.367 km de extensão da costa brasileira, Santa Catarina é responsável por 90% das ostras cultivadas no Brasil.

Os últimos dados estatísticos de produção por estado datam de 2007 e indicavam que *C. gigas* no estado de Santa Catarina era responsável por 84% da produção total de ostras cultivadas no Brasil, estimada em 1.380 toneladas (IBAMA, 2007). Deste total, o cultivo de ostras nativas representou uma pequena parte, distribuída nos estados do Paraná (11,0%), São Paulo (3,0%), Espírito Santo (1,5%) e Sergipe (0,5%). A produção de ostras cultivadas (espécies nativas e exótica) correspondeu a 64,5% da produção total de ostras, estimada em 2.137 t, enquanto que o extrativismo das espécies nativas representou 35,5% (757 t) do total, distribuídos nos estados de São Paulo (6,7%), Pernambuco (11,2%), Alagoas (9,1%), Maranhão (5,7%), Bahia (1,4%), Piauí (1,3%) e Sergipe (0,02%) (IBAMA, 2007).

Comparando as estatísticas, a produção total de ostras em 2011 cresceu 76% em relação a 2007, com um total de 3.771,4 t (BRASIL, 2013). A produção de ostras cultivadas aumentou na ordem de 84% e o extrativismo cresceu 63%.

Atualmente, Santa Catarina e São Paulo são os únicos estados que apresentam relatórios sobre a produção de ostras cultivadas. Em

2014, a produção catarinense foi de 3.670,36 toneladas de *Crassostrea gigas* (SANTA CATARINA, 2015) e a produção paulista no mesmo ano foi de 70,5 t de *Crassostrea gasar* (Instituto de Pesca, 2014). Em comunicação pessoal, as instituições que analisam dados ou desenvolvem projetos com ostras informaram que em relação a *C. gasar*: no Paraná foram produzidas 165.300 dúzias em 2013 (Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná). No Pará foram produzidas 23.023 dúzias em 2013 (Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Pará) e em Alagoas, 3.580 dúzias foram produzidas entre outubro de 2013 e outubro de 2014, (Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Alagoas).

I.2.5 Produção de *Crassostrea gasar* no Brasil

I.2.5.1 Obtenção de sementes

As sementes de moluscos bivalves podem ser obtidas através da extração nos estoques naturais, da captação com o uso de coletores e da produção em laboratório. Segundo Ferreira e Oliveira-Neto (2007), o uso de coletores artificiais para captação de sementes de moluscos do meio ambiente possui vantagens ambientais e econômicas sobre a extração de sementes dos estoques naturais. Entretanto, essa prática é realizada em escala irrisória e a grande maioria das iniciativas de cultivo de ostras nativas no Brasil pratica a retirada de indivíduos dos estoques naturais para engorda em sistema de cultivo.

Não existem dados oficiais sobre a produção de sementes de ostras nas regiões Norte e Nordeste. Na maioria dos estados dessas regiões ocorre a retirada de ostras adultas de pequeno porte dos estoques naturais para engorda final em sistema de cultivo (observação pessoal). Exceções a este padrão são observadas no Pará, aonde também são utilizados coletores artificiais de sementes (HOSHINO, 2009) e no Rio Grande do Norte, onde uma parceria entre o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e a fazenda marinha PRIMAR busca implementar um laboratório comercial de produção de sementes.

Em São Paulo, os produtores consideraram o custo da captação de sementes com coletores artificiais muito elevado e optaram pela coleta de animais com tamanho acima de 5 cm de altura da concha para fazer a engorda em sistema de cultivo (HENRIQUES et al., 2010).

No Paraná, a maioria das sementes são retiradas do ecossistema de manguezal a partir de 3 cm de altura da concha e uma minoria dos produtores utiliza a técnica de coletores artificiais, pois alegam que as

sementes coletadas desta forma possuem elevada mortalidade e demoram entre 10 e 12 meses para atingirem tamanho comercial (ABSHER; CALDEIRA, 2007). Ao avaliar o uso de coletores artificiais, Montanhini-Neto et al. (2012) identificaram geneticamente apenas 33% das sementes coletadas na Baía de Guaratuba-PR como *Crassostrea gasar*, sendo as demais sementes identificadas como *Crassostrea rhizophorae* (36%) e *Crassostrea* sp. (31%). Por outro lado, nos últimos anos houve aumento da demanda de produtores paranaenses por sementes de *C. gasar* produzidas no LMM.

Em Santa Catarina, a obtenção de sementes com o uso de coletores artificiais na Baía da Babitonga mostrou-se inadequada para suprir cultivos em escala comercial, devido à elevada incidência de exemplares do gênero *Ostrea* e das espécies *C. rhizophorae* e *Crassostrea* sp., que atingem pequeno tamanho e são impróprias para os moldes de cultivos praticados no Brasil (TURECK, 2010).

Quando a captação de sementes através de coletores não é viável, a produção em laboratório é a forma mais eficaz e com menor impacto sobre as populações naturais dentre os métodos de obtenção de sementes de moluscos bivalves (FERREIRA e OLIVEIRA-NETO, 2007). No entanto, devido à necessidade de tecnologias elaboradas e ao alto custo de produção e manutenção, esse método é o menos utilizado em escala mundial.

Nos últimos anos o LMM-UFSC vem desenvolvendo projetos de pesquisa para o avanço do conhecimento científico e tecnológico, visando atender a procura crescente por sementes de *C. gasar*. Até o momento, os estudos sobre a produção de sementes de *C. gasar* em laboratório foram realizados por Silveira et al. (2011) e por Areias (2012). Os autores avaliaram a taxa de assentamento larval e recuperação de sementes com o uso de coletores plásticos, epinefrina (fórmula molecular: $C_9H_{13}NO_3C_4H_6O_6$) e pó de concha em tanques de assentamento (SILVEIRA et al., 2011) e o efeito da temperatura e da salinidade sobre o rendimento do assentamento (AREIAS, 2012). Entretanto, ainda são necessários mais estudos para o aperfeiçoamento das técnicas de produção em laboratório, em especial sobre larvicultura, a fim de produzir um número de sementes capaz de abastecer o mercado.

I.2.5.2 Sistema de engorda

A engorda de *C. gasar* pode ser realizada com o acondicionamento das sementes em lanternas em sistema de espínhel,

ou em travesseiros em sistema tipo mesa, sendo o primeiro tipo mais utilizado em baías e áreas com maior profundidade e o segundo mais utilizado em áreas rasas sujeitas às maiores variações de maré. No estado de São Paulo e nas Regiões Norte e Nordeste, o sistema tipo mesa é o mais utilizado para engorda (GALVÃO et al., 2009; HOSHINO, 2009; PEREIRA, 2009), enquanto no Paraná, as ostras são cultivadas em espinhéis (BALDAN e BENDHACK, 2009).

Nas regiões Norte e Nordeste, que possuem extensa área de estuários e manguezais com ocorrência de *Crassostrea gasar*, as iniciativas de cultivo são modestas e a maior parte da produção é oriunda do extrativismo (LEGAT et al., 2008; SABRY et al., 2009). De acordo com as estatísticas disponíveis (IBAMA, 2007; BRASIL 2010; BRASIL, 2013), os Estados do Paraná e São Paulo possuem maior tradição na engorda de *C. gasar*, enquanto que Santa Catarina, Espírito Santo e Sergipe apresentam um pequeno número de produtores.

No Nordeste, instituições federais ou estaduais instalaram unidades de pesquisa ou cultivos comunitários em praticamente todos os estados. Existem relatos dessas iniciativas no Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Entretanto, não existem dados atuais de produção e tampouco crescimento significativo da ostreicultura na região e a produção pesqueira é incapaz de atender a demanda do mercado consumidor (SILVA et al., 1998; LAVANDER et al., 2007; IBAMA 2007a; 2007b; LEGAT et al., 2008; PEREIRA, 2009).

1.2.5.3 Crescimento de *C. gasar* em sistema de cultivo

O crescimento de moluscos bivalves está sujeito a ação de fatores endógenos (genótipo, taxa metabólica, hormônios e ritmos de ingestão, digestão e excreção) e fatores externos (disponibilidade de alimento, variação da maré, temperatura, salinidade, densidade de indivíduos, profundidade, correntes, poluentes e luminosidade (GOSLING, 2003). Embora a importância desses fatores para o crescimento de bivalves esteja bem documentada na literatura (GANGNERY et al., 2003), a sinergia entre os fatores torna muito difícil quantificar precisamente a influência de um fator isolado (GOSLING, 2003).

No Brasil, a maioria dos estudos sobre crescimento de ostras nativas foram realizados nas Regiões Sul e Sudeste (Tabela 2), através da coletas de sementes ou juvenis no ambiente, sem a confirmação da espécie (PEREIRA e SOARES, 1996; PEREIRA et al., 2001; PEREIRA et al., 2003; MACCACHERO et al., 2007; GALVÃO et al., 2009).

Estudos sobre o crescimento de *C. gasar* nas Regiões Norte e Nordeste ainda são escassos, embora essas regiões apresentem a maior porcentagem de áreas de ecossistema de manguezal no Brasil, onde a espécie é abundante.

Os únicos estudos de crescimento com confirmação genética da espécie foram conduzidos na Região Sul. Lopes et al. (2013) avaliaram o crescimento de sementes produzidas em laboratório, em dois pontos de cultivo em Santa Catarina e Montanhini-Neto et al. (2012) avaliaram o crescimento em peso no estado do Paraná. Entretanto, Montanhini-Neto et al. (2012) observaram que o peso esteve estritamente relacionado ao ciclo reprodutivo, não servindo como bom parâmetro de avaliação do crescimento. Uma vez que estudos realizados com uma das espécies, sem confirmação genética, podem ter incluído a outra ou mesmo as duas espécies em suas análises (LOPES et al., 2013; CASTILHO-WESTPHAL et al., 2015), as informações disponíveis sobre a avaliação do desempenho zootécnico de *Crassostrea gasar* em sistema de cultivo devem ser avaliadas cuidadosamente.

O trabalho com confirmação da espécie como *C. gasar* foi conduzido em Santa Catarina, na Praia do Sambaqui no município de Florianópolis e na Baía da Babitonga, no município de São Francisco do Sul, utilizando-se sementes produzidas em laboratório (LOPES, 2008). Os melhores índices de crescimento foram obtidos na Baía da Babitonga, onde os exemplares atingiram média de 61,98 mm de altura no período de 13 meses, enquanto os exemplares cultivados no Sambaqui atingiram média de 49,65 mm de altura. Neste caso, considerou-se que *C. gasar* pode atingir o tamanho de comercialização após 11 meses de cultivo na Baía da Bagitonga (LOPES, 2008).

Tabela 2. Estudos avaliando crescimento de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil. Onde SC= Santa Catarina; SP= São Paulo; SFS = São Francisco do Sul.

Espécie	Local de cultivo	Cultivo (meses)	Idade (dias)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	Autor
<i>Crassostrea</i> sp.*	Cananéia (SP)	8	-	5,60 ± 0,06	25,80 ± 0,30	Pereira et al. (1991)
		8	-	19,60	59,10	Pereira e Soares (1996)
		10	-	50,00 ± 3,23	81,82	Pereira et al. (2001)
<i>Crassostrea</i> sp.	Cananéia (SP)	3	-	21,30 ± 4,50	29,12 ± 3,89	Galvão et al. (2009)
		6	-	22,10 ± 4,20	33,99 ± 5,37	Galvão et al. (2009)
		5	-	10,0	58,83	Maccacchero et al. (2007)
<i>C. gasar</i>	Florianópolis (SC)	11	390	-	49,65 ± 7,39	Lopes et al. 2013
		11	390	-	61,98 ± 13,04	Lopes et al. 2013

* Embora os autores tenham classificado a espécie como *Crassostrea brasiliiana* (= *Crassostrea gasar*), consideram a mesma sinonímia de *Crassostrea rhizophorae* e não realizaram confirmação genética dos indivíduos estudados.

I.2.6 Influência da salinidade

Temperatura e salinidade controlam o ciclo de vida e a distribuição de organismos aquáticos, possuindo efeitos diretos na fisiologia de organismos marinhos e estuarinos (ROMO et al., 2010). No caso de moluscos bivalves, esses dois parâmetros afetam distribuição, abundância, desenvolvimento, crescimento e sobrevivência (ALBUQUERQUE et al., 2012; O'CONNOR; LAWLER, 2004).

Em moluscos marinhos, alterações na salinidade podem comprometer o balanço osmótico, acarretando gastos consideráveis de energia para ajustar a concentração osmótica (CHENG et al., 2002). Embora as ostras do gênero *Crassostrea*, em geral, sejam eurihalinas, apresentam melhores taxas de sobrevivência e crescimento em salinidades ótimas, específicas para cada espécie (HUO et al., 2014).

Para a espécie *Crassostrea gigas*, valores extremos de baixa ou alta salinidade podem alterar a atividade hemocitária, causar morte celular e tornar os indivíduos mais vulneráveis à ação de vírus ou protozoários (GAGNAIRE et al., 2006).

A influência da salinidade sobre o desenvolvimento larval em espécies do gênero *Crassostrea* é bem documentado na literatura. Em estudos conduzidos com *Crassostrea ariakensis*, *Crassostrea sikamea* e o híbrido entre essas espécies, Xu et al. (2011) observaram que o crescimento das larvas apresenta correlação negativa com a salinidade. Tan e Wong (1996) descreveram a salinidade como fator limitante para o desenvolvimento embrionário e para a sobrevivência de larvas de *Crassostrea belcheri*.

As larvas de ostras podem apresentar preferências distintas por salinidades maiores ou menores de acordo com o estágio de desenvolvimento, influenciando nas taxas de sobrevivência e de assentamento (TAN; WONG, 1996; XU et al., 2011; HUO et al. (2014).

Em relação às espécies nativas brasileiras, o crescimento e a sobrevivência de larvas de *Crassostrea rhizophorae* ocorre entre as salinidades 25 e 35 (MIRANDA; GUZENSKI, 1999). Esses autores observaram maiores taxas de sobrevivência (45,3%) e números de larvas assentadas (329) na salinidade 25, comparados aos valores de sobrevivência (38,6%) e de larvas assentadas (33) na salinidade 35.

Não foram encontrados trabalhos avaliando a influência da salinidade sobre o desenvolvimento embrionário e larval de *Crassostrea gasar*. Entretanto, foi observada que a liberação de gametas e a presença de larvas e sementes no ambiente natural estão relacionados a períodos de aumento da salinidade (SANDISON, 1966; PAIXÃO et al., 2013).

Considerando a ampla faixa de salinidade na qual *C. gasar* ocorre em ambiente natural e o efeito da salinidade sobre o ciclo reprodutivo e desenvolvimento larval, estudos sobre o efeito da salinidade na fertilização e larvicultura desta espécie são importantes para compreensão do ciclo reprodutivo e para otimizar a produção de sementes em laboratório, ou a coleta no ambiente.

1.2.7 Características das áreas de estudo neste trabalho

O Delta do Rio Parnaíba, situa-se na divisa entre os estados do Piauí e Maranhão. A feição morfológica é formada pelo Rio Parnaíba e seus afluentes e engloba o litoral dos municípios de Tutóia, Água Doce e Araisoses, no estado do Maranhão, e de Ilha Grande, Parnaíba e Luiz Correia, no estado do Piauí. Constitui uma importante zona costeira, por

formar o único delta em mar aberto das Américas, com mais de 75 ilhas, possuindo elevada importância ambiental, social e científica. A temperatura na região é caracterizada por uma pequena amplitude anual e valores médios que variam entre 25 e 27°C, a precipitação média anual atinge valores superiores a 1.200 mm, concentrada principalmente entre os meses de janeiro a maio, período no qual ocorre mais de 80% dos índices pluviométricos (IBAMA, 1998).

A Baía de Babitonga, município de São Francisco do Sul, comporta uma grande formação de manguezal e é considerado como o estuário mais importante de Santa Catarina, com cerca de 24 ilhas. Além do ecossistema de manguezal, suas margens apresentam praias arenosas e margens rochosas (CREMER; MORALES; OLIVEIRA, 2006). Estudos anteriores realizados em São Francisco do Sul registraram temperaturas da água do mar entre 18,3 e 27,5°C e salinidade entre 16 e 39 (LOPES, 2008).

A Praia do Sambaqui fica localizada a noroeste de Florianópolis-SC e abriga cultivos comerciais de moluscos bivalves, bem como o cultivo experimental do LMM. Estudos anteriores registraram temperaturas da água entre 16,1 e 26,6°C e salinidade entre 21,7 e 34,1 (GOMES et al., 2014).

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo geral

Contribuir para o conhecimento da reprodução, do crescimento e da sobrevivência da ostra nativa *Crassostrea gasar* cultivada nos Estados do Maranhão e Santa Catarina.

I.3.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar a influência da salinidade na fertilização e larvicultura de *C. gasar* em laboratório.
- 2) Avaliar o crescimento e a sobrevivência de *C. gasar* cultivada em ambiente natural, nos estados do Maranhão e Santa Catarina;
- 3) Verificar o ciclo reprodutivo de *C. gasar* em condições de cultivo nos estado do Maranhão e Santa Catarina

CAPÍTULO II.

EFEITO DA SALINIDADE NA FERTILIZAÇÃO E LARVICULTURA DA OSTRA DO MANGUE, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), EM LABORATÓRIO

O artigo será enviado para publicação no periódico *Aquaculture*, tendo sido redigido segundo as normas da referida revista científica

Efeito da salinidade na fertilização e larvicultura da ostra do mangue, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), em laboratório

Jefferson Francisco Alves Legat^{1,2}; Angela Puchnick-Legat^{1,2}; Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes²; Simone Sühnel^{2,3}; Cláudio Manoel Rodrigues de Melo².

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Grupo de Pesquisa em Aquicultura e Pesca, BR 343, km 35, Caixa Postal 341, CEP: 64200-970, Parnaíba, PI, Brasil.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Moluscos Marinhos. Rua dos Coroas, 503, Barra da Lagoa, CEP: 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.

³ Universidade Estadual de Santa Catarina, Rua Coronel Fernandes Martins, 270, Progresso, CEP: 88790-000, Laguna, SC, Brasil.

Resumo

A ostra do mangue *Crassostrea gasar* é a principal espécie de ostra nativa cultivada no Brasil. Devido a coincidência de períodos de assentamento com outras espécies nativas, ocorrem dificuldades na obtenção de larvas e sementes de *C. gasar* no ambiente natural com o uso de coletores manufaturados, tornando necessários estudos que possibilitem aperfeiçoar as técnicas de produção de sementes da espécie em laboratório. Neste sentido, este estudo avaliou o efeito da salinidade sobre a fertilização e larvicultura de *C. gasar* nas salinidades 7, 14, 21, 28 e 35, com temperatura fixa em 25°C, entre os meses de dezembro de 2013 e abril de 2014. A salinidade foi determinante para a ocorrência de fertilização e para o desenvolvimento embrionário e larval de *C. gasar*. A fertilização e formação de larva-D ocorreram entre as salinidades 21 e 35. O desenvolvimento larval desde larva-D até a formação do umbo ocorreu sem diferenças significativas entre as salinidades 14 e 35. Apenas as larvas cultivadas nas salinidades 28 e 35 apresentaram-se aptas ao assentamento ao final do experimento. Fertilização, desenvolvimento embrionário e desenvolvimento larval apresentaram melhores resultados na salinidade 28, sendo esta recomendada para a larvicultura de *C. gasar*.

Palavras-chave: ostreicultura, ostra nativa, desenvolvimento embrionário, desenvolvimento larval.

1. Introdução

A malacocultura foi responsável por 60% da produção de pescado marinho cultivado no mundo no ano de 2012 (FAO, 2014). Apesar da elevada representatividade dos moluscos na maricultura mundial, a produção de moluscos bivalves ainda pode ser ampliada devido ao elevado potencial de crescimento da atividade na América Latina, África e Caribe, onde a produção encontra-se limitada pelo baixo número de laboratórios de produção de sementes e pela necessidade de domesticação de espécies nativas (FAO, 2014).

O Brasil encaixa-se bem neste cenário descrito pela FAO para a América Latina, com apenas dois laboratórios de produção de sementes estabelecidos e dois em fase de implantação ao longo dos 7.367 km de extensão litorânea. Os laboratórios que produzem sementes em escala comercial e com fluxo regular são o laboratório do Instituto de

Ecodesenvolvimento da Baía da Ilha Grande, localizado no estado do Rio de Janeiro e o Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC), no estado de Santa Catarina. Os laboratórios em fase de implementação estão localizados nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Norte.

No Brasil, as principais espécies de moluscos bivalves produzidas são o mexilhão *Perna perna*, a ostra do pacífico *Crassostrea gigas*, e em menor escala a vieira *Nodipecten nodosus* e as ostras nativas, *Crassostrea gasar* (= *Crassostrea brasiliiana*) e *Crassostrea rhizophorae*.

Dentre as ostras nativas, *C. gasar* é a espécie mais cultivada por atingir tamanho superior a *C. rhizophorae* (Christo e Absher, 2006) e por apresentar resultados satisfatórios nos cultivos (Baldan e Bendhack, 2009; Galvão et al., 2009).

Inicialmente observada na Costa Oeste da África, *C. gasar* ocorre em manguezais entre o Senegal e Angola, sendo extremamente abundante ao longo do Delta do Rio Nilo (Afinowi, 1984). No Brasil, esta espécie distribui-se do Pará até Santa Catarina (Melo et al., 2010a; Melo et al., 2010b), habitando costões rochosos e o ecossistemas de manguezal em águas com salinidade entre 0 e 40 (Nascimento, 1991).

A produção de moluscos bivalves depende diretamente da oferta de sementes, cuja obtenção é o ponto crítico para os sistemas de cultivo (Gosling, 2003; Ferreira et al., 2011). A captação de sementes em ambiente natural com o uso de coletores manufaturados é o método que apresenta maiores vantagens ambientais e econômicas (Ferreira e Oliveira-Neto, 2007). Quando a captação através de coletores não é viável, a produção em laboratório é a forma mais eficaz e com menor impacto sobre as populações naturais para obtenção de sementes (Ferreira e Oliveira-Neto, 2007).

Devido a coincidência de períodos de assentamento com outras espécies nativas, ocorrem dificuldades na obtenção de larvas e sementes de *C. gasar* com o uso de coletores. Em estudos avaliando a coleta de sementes de ostras com coletores artificiais na região Sul do Brasil, Tureck (2010) e Montanhini-Neto et al. (2012) obtiveram uma elevada porcentagem de ostras de espécies que apresentam crescimento reduzido. No estado de Santa Catarina, Tureck (2010) coletou 59,4% de exemplares de *Crassostrea* sp., 15,9% de *C. gasar*, 5,3% de *C. rhizophorae* e 19,3% de indivíduos do gênero *Ostrea*. No estado do Paraná, Montanhini-Neto et al. (2012) obtiveram 31% de exemplares de *Crassostrea* sp., 36% de *C. rhizophorae* e 33% de *C. gasar*. Considerando as dificuldades em se obter sementes de *C. gasar* no

ambiente natural, são necessários estudos que possibilitem aperfeiçoar as técnicas de produção de sementes da espécie em laboratório.

O cultivo de organismos aquáticos requer que as variáveis de qualidade da água sejam as mais próximas possíveis das condições ambientais em que a espécie ocorre (Albuquerque et al., 2012). Uma vez que *C. gasar* ocorre em uma ampla faixa de salinidade no ambiente natural, este estudo avaliou o efeito da salinidade na fertilização e larvicultura desta espécie.

2. Materiais e Métodos

Os exemplares de *C. gasar* utilizados neste estudo foram produzidos no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC), localizado na Barra da Lagoa, Florianópolis, SC, Brasil (27°35'S, 48°26'O). A produção em laboratório foi realizada a partir de reprodutores da sexta geração do plantel do LMM-UFSC, mantidos em sistema de cultivo flutuante na área de campo experimental, na praia do Sambaqui, Florianópolis (27°35'S, 48°32'O).

Entre os meses de dezembro de 2013 e abril de 2014, foram realizados dois experimentos sobre fertilização e um sobre larvicultura para avaliar o efeito de diferentes salinidades. Animais adultos foram transportados da área de cultivo experimental para o laboratório de produção. Os procedimentos após a chegada dos animais dependeram do tipo de experimento a ser conduzido (fertilização ou larvicultura) e são descritos a seguir.

Os experimentos foram realizados em sala climatizada, com temperatura do ar e da água nas unidades experimentais mantida constante em 25°C. As salinidades foram ajustadas por meio da mistura de água doce e água salgada filtrada a 1 µm e esterilizada com UV. As medições de salinidade e pH foram aferidas com o uso de refratômetro manual (KASVI®, modelo K52-100) e pHmetro de bancada (ALFAKIT®, modelo AT-350), respectivamente. A contagem de gametas e larvas foi realizada em câmaras de “Sedgewick-Rafter” e microscópio ótico (LEICA®).

2.1 Efeito da salinidade sobre a fertilização e o desenvolvimento embrionário

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar os efeitos de diferentes salinidades sobre a fertilização, fecundação e desenvolvimento embrionário de *C. gasar*. Cinco tratamentos,

correspondentes às salinidades 7, 14, 21, 28 e 35, foram testados em quadruplicata no primeiro experimento (experimento 1) e em triplicata no segundo (experimento 2).

Após a chegada em laboratório, os animais ($76,4 \pm 20,1$ mm altura média da concha no experimento 1 e $74,2 \pm 19,3$ mm altura média da concha no experimento 2) foram escovados, tiveram suas incrustações retiradas e permaneceram em solução de hipoclorito de sódio (2%) por 30 min, para higienização. Em seguida, foram lavados em água doce, abertos e foi retirada uma pequena amostra do tecido gonádico com auxílio de um bisturi para identificar o sexo e avaliar, a quantidade e a qualidade (diâmetro e formato dos oócitos e motilidade dos espermatozoides) dos gametas em microscópio óptico.

Para cada experimento, foram selecionadas doze (12) fêmeas, com base no número de oócitos esféricos de maior diâmetro, e seis (6) machos, com base no número e na motilidade dos espermatozoides. A desova foi realizada pelo método de raspagem do tecido gonádico, com o sacrifício dos animais.

Após a raspagem do tecido reprodutivo das fêmeas, os oócitos foram mantidos em um único volume de 200 mL contendo água na salinidade 35 e foram quantificados a partir da contagem de três amostras de 0,2 mL. A solução de oócitos foi dividida em recipientes cilíndricos de 10 L, contendo água nas salinidades pré-determinadas, em uma concentração final de 100 oócitos.mL⁻¹ por unidade experimental. Os oócitos permaneceram durante uma hora para hidratação e, após esse período, foi realizada a raspagem dos exemplares do sexo masculino.

Assim como nas fêmeas, os gametas masculinos foram raspados em um único volume de 200 mL contendo água na salinidade 35 e, em seguida, dividido em recipientes com as salinidades pré-estabelecidas. Para cada salinidade em separado, a fertilização dos oócitos foi realizada por meio da adição de 10 mL da solução de espermatozoides a cada 20 min durante 1 h.

A ocorrência de fecundação nas diferentes salinidades foi verificada em microscópio óptico, 2 h após a primeira fertilização, a partir da presença de ovócitos em divisão ou com corpúsculo polar. O material fertilizado foi mantido nas unidades experimentais com as salinidades citadas, com aeração fraca e constante em temperatura de 25°C. Após 24 h da fertilização, os números de larvas-D, larvas anormais e oócitos não-fecundados foram quantificados em cada tratamento, por meio da contagem de três amostras de 1 mL de cada unidade experimental.

2.2 Efeito da salinidade sobre o desenvolvimento larval

As larvas usadas neste experimento (experimento 3) foram obtidas de acordo com o método descrito por Silveira et al. (2011) para a desova em massa de *C. gasar* em tanque de 5.000 L. Após 26 h, o tanque foi drenado e as larvas-D retidas em peneiras de 35 µm. As larvas-D foram avaliadas qualitativa (formato de um D bem delineado e natação rápida e constante) e quantitativamente em microscópio ótico e uma parte do total foi separada para uso no experimento de larvicultura.

Uma concentração inicial de 5 larvas.mL⁻¹ foi utilizada para povoar cada uma das unidades experimentais. O experimento de larvicultura foi conduzido em sistema estático, com aeração constante, em recipientes plásticos contendo 15 L de água salgada, nas salinidades 7, 14, 21, 28 e 35, com três réplicas para cada tratamento.

A alimentação foi idêntica para todos os tratamentos, composta de uma dieta de microalgas fornecida a cada 24 h. A concentração do alimento ofertado e a proporção de microalgas componentes da dieta variou ao longo do tempo de cultivo (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração e composição da dieta algal fornecida às larvas de *C. gasar* durante o período de cultivo em laboratório. As abreviaturas correspondem às espécies de microalgas: Iso = *Isochrysis galbana*; Pav = *Pavlova lutheri*; Na = *Nannochloropsis oculata*; Cm = *Chaetoceros muelleri*.

Dia de cultivo	Concentração (x 10 ⁴ células.mL ⁻¹)	Composição (%)
1 - 5	1,0	40: 40: 20 (Iso: Pav: Na)
6	1,0	40: 40: 10: 10 (Iso: Pav: Na: Cm)
7	1,2	40: 40: 10: 10 (Iso: Pav: Na: Cm)
8	1,2	30: 30 : 10: 30 (Iso: Pav: Na: Cm)
9 - 10	1,2	20: 20: 10: 50 (Iso: Pav: Na: Cm)
11 - 12	1,3	15: 15: 05: 65 (Iso: Pav: Na: Cm)
13 - 24	1,2	15: 15: 05: 65 (Iso: Pav: Na: Cm)

O manejo da larvicultura e a limpeza das unidades experimentais foram realizados a cada 48 h, através do peneiramento e da eliminação de larvas mortas, seguidos de troca da água salgada e higienização do material de cultivo com solução de hipoclorito de sódio (2%). A temperatura e a salinidade foram aferidas a cada 12 h e o pH a cada 48 h.

A cada 96 h, as larvas foram avaliadas em microscópio ótico quanto a motilidade, anatomia e presença de alimento no trato

digestório. Durante a avaliação, foram medidos o comprimento e a altura de 30 larvas por tratamento, com o uso de uma câmera fotográfica acoplada em microscópio ótico e do software LAS EZ 2.0.0 (LEICA®). As sobrevivências das larvas foram determinadas ao final da larvicultura, por meio da contagem de três amostras de 1 mL em cada unidade experimental, de cada tratamento.

A larvicultura foi encerrada com 25 dias, quando mais de 50% das larvas apresentaram características de assentamento: mancha ocular, presença de pé e tendência à fixação nas laterais das unidades experimentais.

2.3 Análise estatística

Os dados de oócitos não fertilizados (ONF), larvas-D bem formadas (LDBF), larvas-D mal formadas (LDMF) e larvas anormais (LA) nos experimentos 1 e 2 e os dados de sobrevivência, comprimento e altura das larvas após 25 dias de cultivo no experimento 3 foram analisados através de teste t com permutação (não paramétrico) usando *multitest proc* (Westfall et al., 1999) no programa computacional SAS®.

3. Resultados

3.1 Efeitos da salinidade sobre a fertilização e desenvolvimento embrionário

A fertilização realizada na salinidade 28 resultou em um número significativamente maior de larvas-D bem formadas (LDBF) em comparação com as outras salinidades (7, 14, 21 e 35) ($p < 0,05$) (Figura 1 e Tabela 2). Não houve diferença nos valores de LDBF entre as salinidades 21 e 35, embora a salinidade 35 tenha apresentado significativamente ($p < 0,05$) mais larvas-D mal formadas (LDMF) em relação aos demais tratamentos.

Em nenhum dos experimentos ocorreu desenvolvimento embrionário bem sucedido nas salinidades 7 e 14, não sendo observados LDBF ou LDMF. Nestas salinidades (7 e 14) ocorreram pequenas variações no número de larvas anormais (LA) e oócitos não fertilizados (ONF) entre os dois experimentos (1 e 2). Entretanto, em ambos os casos, a quantidade de LA na salinidade 14 e de ONF na salinidade 7 foram significativamente ($p < 0,05$) maiores em relação aos tratamento com salinidade 21, 28 e 35.

Tabela 2. Resultados obtidos em dois experimentos de fertilização de *Crassostrea gasar* em diferentes salinidades.

Salinidade	Larvas-D bem formadas	larvas-D mal formadas	larvas anormais	oócitos não fertilizados
Experimento I				
35	30,3 ± 5,9	43,1 ± 5,8	0	22,9 ± 4,6
28	68,0 ± 11,0	21,8 ± 5,7	0	6,3 ± 4,3
21	42,3 ± 11,4	15,5 ± 1,7	13,0 ± 1,3	33,5 ± 4,1
14	0	0	86,6 ± 14,4	17,5 ± 4,2
7	0	0	15,0 ± 4,8	74,1 ± 5,7
Experimento II				
35	53,4 ± 0,8	6,2 ± 0,4	3,4 ± 0,2	38,5 ± 5,8
28	81,5 ± 4,6	4,7 ± 0,5	13,3 ± 1,0	29,5 ± 3,1
21	37,3 ± 13,3	3,0 ± 0,6	14,5 ± 1,1	59,6 ± 5,3
14	0	0	39,4 ± 8,4	72,1 ± 7,2
7	0	0	5,3 ± 0,9	118,5 ± 8,6

3.2 Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento larval

As larvas cultivadas até o quinto dia de larvicultura em salinidade 7 apresentaram crescimento em comprimento (C) e altura (A) significativamente ($p < 0,05$) menor do que em todos os demais tratamentos (salinidades 14, 24, 28 e 35), exceto em relação ao comprimento na salinidade 21, com o qual não foi observada diferença estatística. A partir do terceiro dia de larvicultura na salinidade 7, foi observado um número crescente de larvas mortas, resultando em aproximadamente 99% de mortalidade ao final do quinto dia. As poucas larvas encontradas vivas (1% de sobrevivência) apresentavam natação errática e possuíam trato digestório vazio. Por esse motivo, a larvicultura no tratamento com salinidade 7 foi encerrada no quinto dia de cultivo.

As larvas cultivadas nas salinidades 14, 21, 28 e 35 apresentaram crescimento diferenciado entre si ao longo do período do experimento (Figura 2 e Tabela 3).

Embora tenham sido observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos (14, 21, 28 e 35) quanto ao crescimento em comprimento e/ou altura das larvas do 1º ao 9º dia de cultivo, no 13º dia de larvicultura, quando as larvas encontravam-se em fase umbonada, os tamanhos das larvas foram semelhantes em todas as salinidades.

A partir do 17^o dia de cultivo até o final do experimento, as larvas dos tratamentos 14 e 21 apresentaram comprimento e altura semelhantes, mas o crescimento foi significativamente ($p < 0,05$) menor em relação às larvas dos tratamentos 28 e 35.

As larvas cultivadas em salinidades 28 e 35 não apresentaram diferenças quanto ao crescimento no 17^o dia de cultivo. No 21^o dia de larvicultura, as larvas do tratamento 28 foram maiores (em C e A) do que as larvas do tratamento 35, mas houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas na comparação da altura. Neste dia, cerca de 36,6% e 13,3% das larvas cultivadas nas salinidade 28 e 35, respectivamente, apresentaram características de larvas pedivéliger aptas ao assentamento.

O experimento foi encerrado no 25^o dia de larvicultura, quando 93,3% das larvas do tratamento 28 e 50% das larvas do tratamento 35 encontravam-se em fase pedivéliger e estavam aptas ao assentamento. As larvas cultivadas em salinidade 28 foram significativamente ($p < 0,05$) maiores em comprimento e em altura do que as larvas dos demais tratamentos (14, 21 e 35). As larvas do tratamento 35 apresentaram comprimento e altura significativamente ($p < 0,05$) maiores do que as larvas cultivadas nas salinidades 14 e 21. As larvas nestas salinidade (14 e 21), não apresentaram diferenças significativas entre si, bem como não foram observadas larvas com características de pedivéliger.

Ao final do experimento as larvas cultivadas nas salinidade 14 e 21 apresentaram taxas de sobrevivência semelhantes estatisticamente ($13,85 \pm 2,93\%$ e $13,25 \pm 1,92\%$, respectivamente) e significativamente ($p < 0,05$) inferiores as taxas observadas nas salinidades 28 e 35. As melhores taxas de sobrevivência foram observadas na salinidade 28 ($25,88 \pm 3,98\%$). No entanto, não houve diferença significativa com as taxas observadas na salinidade 35 ($22,44 \pm 1,74\%$).

Tabela 3. Comprimento (μm) e altura (μm) de larvas de *C. gasar* cultivadas em diferentes salinidades.

Dia		Salinidade				
		35	28	21	14	7
1	Comprimento	63,7 \pm 3,7	63,7 \pm 3,7	63,7 \pm 3,7	63,7 \pm 3,7	63,7 \pm 3,7
	Altura	53,0 \pm 2,5	53,0 \pm 2,5	53,0 \pm 2,5	53,0 \pm 2,5	53,0 \pm 2,5
5	Comprimento	81,8 \pm 8,6	86,8 \pm 9,2	74,0 \pm 6,1	88,3 \pm 9,4	66,1 \pm 3,7
	Altura	73,2 \pm 9,7	80,5 \pm 10,5	66,7 \pm 4,4	81,4 \pm 8,4	55,8 \pm 2,5
9	Comprimento	96,5 \pm 11,2	103,2 \pm 10,8	83,8 \pm 9,7	91,0 \pm 12,7	-
	Altura	84,3 \pm 6,1	89,9 \pm 11,8	77,0 \pm 10,3	83,8 \pm 13,4	-
13	Comprimento	115,2 \pm 14,4	115,2 \pm 17,7	112,6 \pm 21,0	105,3 \pm 15,8	-
	Altura	94,6 \pm 14,0	97,5 \pm 15,0	97,6 \pm 16,5	92,4 \pm 12,3	-
17	Comprimento	169,8 \pm 39,1	171,3 \pm 39,0	130,7 \pm 16,8	128,8 \pm 23,1	-
	Altura	126,2 \pm 23,8	128,0 \pm 26,2	107,1 \pm 10,9	102,0 \pm 15,5	-
21	Comprimento	211,3 \pm 46,2	227,3 \pm 46,9	152,0 \pm 28,5	151,0 \pm 38,6	-
	Altura	159,3 \pm 36,6	177,2 \pm 40,0	120,1 \pm 19,3	114,9 \pm 21,2	-
25	Comprimento	251,6 \pm 52,5	314,2 \pm 41,4	168,2 \pm 33,1	168,4 \pm 35,1	-
	Altura	193,6 \pm 41,4	256,7 \pm 48,9	128,9 \pm 20,0	133,3 \pm 19,4	-

4. Discussão

Temperatura, salinidade e a interação entre esses fatores controlam o ciclo de vida e a distribuição de organismos aquáticos, possuindo efeitos diretos na fisiologia de organismos marinhos e estuarinos (Romo et al., 2010). Para avaliar as condições ideais de desenvolvimento larval de moluscos bivalves, alguns autores determinam a combinação desses dois parâmetros (Doroudi et al., 1999; Albuquerque et al., 2012), outros sugerem que a temperatura é o fator com maior influência (His et al., 1989) e outros afirmam que a salinidade é o parâmetro mais relevante (Taylor et al., 2004; Xu et al., 2011; Huo et al., 2014).

No presente estudo, foi avaliado apenas o efeito da salinidade sobre a fertilização e larvicultura de *C. gasar*, com base em dois aspectos principais: 1) evidências descritas previamente por outros autores a respeito da maior influência deste parâmetro sobre a reprodução, ciclo de vida e sobrevivência desta espécie em ambiente natural (Sandison, 1966; Paixão et al., 2013) e 2) o sistema estático de

produção que é atualmente usado com sucesso para a espécie e economicamente viável no Brasil, no qual se mantem uma salinidade constante, mas não é possível o controle das variações de temperatura da água nos tanques de grande volume. Foi considerado ainda, que organismos eurialinos apresentam elevada tolerância a variações de temperatura, principalmente aqueles com ocorrência em ambiente estuarino (Wright et al.,1983).

Avaliando-se a influência da salinidade sobre o desenvolvimento embrionário de *C. gasar* em laboratório, os resultados apresentados neste estudo indicam que a fertilização da espécie e desenvolvimento em larva-D ocorrem a partir da salinidade 21 e que as condições ótimas ocorrem em salinidades próximas a 28. Em salinidade mais elevada (35) o sucesso da fertilização declina.

Em testes de fertilização realizados no LMM-UFSC (dados não publicados) utilizando-se as salinidades 18, 21, 28 e 35, não ocorreu o desenvolvimento de larvas-D bem formadas na salinidade 18, ao contrário do que houve nas salinidades 21, 28 e 35. Esse fato, somado aos resultados do presente estudo, indica que o limite inferior de salinidade para que ocorra o desenvolvimento embrionário de *C. gasar* encontra-se entre 19 e 21.

A presença de larvas anormais e oócitos não fertilizados de *C. gasar* observados em salinidades inferiores a 14 neste estudo são semelhantes às observações de Tan e Wong (1996) para *C. belcheri*. Esses autores observaram 100% de mortalidade nas salinidades de 0 e 6, bem como a presença de larvas trocóforas ciliadas e larvas-D mal formadas na salinidade 12.

A hipótese de que a fertilização bem sucedida de *C. gasar* ocorra em salinidades a partir de 21 é corroborada pelos estudos de Sandison (1966) na Costa da Nigéria e de Paixão et al. (2013) na costa norte do Brasil. Sandison (1966) observou a ocorrência de larvas desta espécie no ambiente natural em períodos com maiores salinidades, entre 20 e 30, e a sua ausência em períodos de salinidade abaixo de 20. Paixão et al. (2013) concluíram que o aumento da salinidade nos períodos de menor pluviosidade é o fator determinante para liberação de gametas e que os períodos da estação seca ou de transição entre estação seca e chuvosa, são ideais para coleta de sementes de *C. gasar* no ambiente natural.

Ostras do gênero *Crassostrea* apresentam diferenças no valor ideal de salinidade para fertilização. A ostra nativa da costa brasileira, *C. rhizophorae*, apresentou taxas de fertilização de 48 e 54% nas salinidades de 25 e 37, respectivamente, e taxa de fertilização inferior a 2,5% em salinidades abaixo de 16 (Santos e Nascimento, 1985). Em

Crassostrea virginica, a fertilização ocorre entre salinidades de 20 e 27 (Davis e Calabrese, 1964). Para *C. belcheri*, a obtenção de larvas-D ocorre em salinidades entre 12 e 30, mas o desenvolvimento ótimo é obtido em valores entre 24 e 30 (Tan e Wong, 1996). Em *C. ariakensis*, *C. sikamea* e híbridos destas espécies, Xu et al. (2011) não observaram diferenças significativas no sucesso da fertilização nas salinidades 20, 25, 30 e 35, embora as taxas de fertilização tenham sido maiores na salinidade 30. Para *Crassostrea hongkongensis*, foi possível se obter larva-D na faixa de salinidade entre 15 e 30, com as melhores taxas de fertilização nas salinidades 15 e 23 (Huo et al., 2014).

Neste trabalho, os reprodutores foram mantidos em salinidade 35 e apresentaram melhor desenvolvimento embrionário e larval em salinidade 28 do que em 35. Esse resultado indica que para *C. gasar* a salinidade de fertilização e larvicultura não é necessariamente a mesma da manutenção dos reprodutores. No entanto, o insucesso da fertilização em salinidades abaixo de 21 nos experimentos pode estar relacionado a elevada diferença na concentração osmótica e iônica entre gametas e o meio externo.

No presente estudo, a fertilização e o desenvolvimento embrionário de *C. gasar* ocorreram entre as salinidades 21 e 25, uma faixa mais restrita do que a observada para a fase seguinte de larvicultura, desde a larva-D até a formação do umbo, quando as larvas desenvolvem-se bem em salinidades entre 14 e 35. No entanto, a amplitude da faixa de tolerância das larvas para formação de larvas pedivéliger foi mais estreita, entre 28 e 35. Está restrição da salinidade na fase final de larvicultura pode estar relacionada aos requerimentos da larva para realizar as mudanças morfológicas e anatômicas necessárias para o assentamento, período no qual a espécie apresenta maior gasto energético e requer condições ótimas para se desenvolver.

O tempo de larvicultura (21-25 dias) e o valor de sobrevivência (25,9% em salinidade 28) obtidos neste estudo encontram-se na média dos valores observados para o gênero *Crassostrea*.

Tan e Wong (1996) observaram para *C. belcheri*, que o desenvolvimento larval ocorre entre as salinidades 12 e 30, com tempo de cultivo variando de acordo com a salinidade (17 dias em salinidade 18; 19 dias em salinidades 12 e 24 e 23 dias em salinidade 35). Esses autores não observaram diferenças significativas na sobrevivência de *C. belcheri* (20,3% a 22,6%) entre as salinidades 12, 18 e 24, enquanto a sobrevivência na salinidade 30 foi abaixo de 5%.

Xu et al. (2011) conduziram, ao longo de sete dias, a larvicultura de *C. ariakensis* e *C. sikamea* em salinidades de 20 a 35. As taxas de

sobrevivência para essas espécies ao final do experimento foi de 11,3% e 29,4%, respectivamente. Esses autores não observaram diferenças significativas na sobrevivência das larvas cultivadas nas diferentes salinidades, no entanto, constataram que o crescimento apresenta correlação negativa com a salinidade.

Segundo Miranda e Guzinski (1999) o crescimento e a sobrevivência de larvas de *C. rhizophorae* ocorre entre as salinidades 25 e 35. Esses autores não encontraram diferença estatística entre os tratamentos testados (salinidades 25, 28 e 35) até o 24^o dia de cultivo, mas observaram maiores taxas de sobrevivência (45,3%) e números de larvas assentadas (329) na salinidade 25, comparados aos valores de sobrevivência (38,6%) e de larvas assentadas (33) na salinidade 35. Embora a sobrevivência obtida para *C. rhizophorae* tenha sido maior, o tempo de larvicultura e a faixa ideal de salinidade são semelhantes aos observados neste estudo para *C. gasar*.

As taxas de crescimento e de sobrevivência de *C. hongkongensis* também são influenciadas pela salinidade. De acordo com Huo et al. (2014), *C. hongkongensis* inicia o assentamento com cerca de 15 dias de larvicultura, com maiores taxas de sobrevivência na salinidade 15 (80%), do que nas salinidades 23 (55,4%) e 30 (32,7%). Ainda segundo Huo et al. (2014), a partir do 9^o dia de cultivo, as larvas de *C. hongkongensis* foram maiores na salinidade 15 que nas demais salinidades.

Para *C. gigas*, Nell e Holliday (1988) realizaram o cultivo de larvas-D ao longo de seis dias e não observaram diferenças significativas na sobrevivência ($96 \pm 2.8\%$), entre as salinidades 15 e 39, embora tenham determinado que a faixa de salinidade ideal para o crescimento ocorre entre 19 e 27.

Xu et al. (2011) sugerem que as larvas de ostras podem apresentar preferências distintas por salinidades maiores ou menores de acordo com o estágio de desenvolvimento. Essa hipótese encontra respaldo nos estudos de Tan e Wong (1996) com *C. belcheri*. Esses autores observaram que a faixa de salinidade ideal para o desenvolvimento embrionário de *C. belcheri* ocorre entre 24 e 30 enquanto a salinidade ideal para o desenvolvimento larval ocorre entre 12 e 24.

No entanto, essa variação não foi observada nos estudos com *C. rhizophorae* e *C. gasar*. De acordo com os trabalhos de Santos e Nascimento (1985) e de Miranda e Guzinski (1999) os valores ideais de salinidade para fertilização, desenvolvimento embrionário e larval de *C. rhizophorae*, ocorrem na mesma faixa, entre 25 e 37. Esses resultados

assemelham-se aos obtidos para *C. gasar* no presente estudo, onde a salinidade 28 apresentou-se melhor tanto para a fertilização, quanto para o desenvolvimento embrionário e larval.

Ressalta-se que no presente estudo, a formação do umbo (larva umbonada), ocorreu entre o 10^o e o 13^o dia. Neste momento, as larvas cultivadas nos diferentes tratamentos (14, 21, 28, 35) apresentaram tamanho semelhante. Esses resultados indicam que após o período embrionário, *C. gasar* desenvolve-se normalmente em salinidades entre 14 e 35 durante as duas primeiras semanas de vida. No entanto, após este período, apenas as larvas cultivadas em salinidades acima de 28 foram capazes de atingir a fase pedivéliger e iniciar o processo de assentamento. Neste caso, não foi observada diferença entre as faixas de salinidades ideais para o desenvolvimento em diferentes estágios e sim uma tolerância a uma ampla faixa de salinidade durante uma fase do ciclo de vida.

Devido a possibilidade de existirem diferenças nos valores ideais de salinidade ao longo do desenvolvimento embrionário e larval, sugere-se que os experimentos sobre a influência da salinidade sejam conduzidos desde o início da fase larval até a fase pedivéliger, com medições ao longo do experimento para averiguar se em algum momento ocorrem diferenças no crescimento e sobrevivência.

Em estudos desenvolvidos por Silveira et al. (2011) com *C. gasar* em laboratório, o tempo de larvicultura em sistema estático variou entre 18 e 24 dias. No presente estudo, o ciclo larval da espécie, a 25°C, durou cerca de 21 dias, até que os indivíduos apresentem-se aptos ao assentamento. Para *C. rhizophorae*, Miranda e Guzinski (1999) observaram um período larval de 24 dias, semelhante ao observado para *C. gasar*. Esse período de larvicultura das espécies de *Crassostrea* que ocorrem no Brasil poderá variar a partir da implantação de um programa de domesticação e seleção de reprodutores, da avaliação da utilização de sistemas contínuos de fluxo aberto ou fechado de cultivo e, da determinação de dietas adequadas para um melhor rendimento de larvas.

5. Conclusões

- A fertilização e a formação de larva-D ocorrem em salinidades entre 21 e 35, com valores ótimos em torno de 28;
- As primeiras fases de desenvolvimento larval ocorrem entre as salinidades 14 e 35, até o momento em que as larvas atingem a fase umbonada (entre 10^o e 13^o dia de cultivo);

- A partir da fase umbonada, as larvas requerem salinidades entre 28 e 35 para tornarem-se aptas ao assentamento, com valores ótimos em torno de 28.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Francisco José Squella Lagreze pelo apoio na elaboração do delineamento experimental. Ao CNPq pelo bolsa de produtividade em pesquisa para o último autor.

7. Referências

AFINOWI, M.A. 1984. **The mangrove oyster, *Crassostrea gasar* cultivation and potential in the Niger Delta (Nigeria)**. Lagos: Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, (Technical Paper: 14), 14p.

ALBUQUERQUE, M.C.P.; FERREIRA, J.F.; SALVADOR, G.C.; TURINI, C. 2012. Influência da temperatura e da salinidade na sobrevivência e crescimento de larvas da ostra perliífera *Pteria hirundo*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 38(3): 189 – 197.

BALDAN, A.P.; BENDHACK, F. 2009. Sustainable mariculture in Paraná coast, Brazil: updates and perspectives. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, 7 (4), 491-497, 2009

CHRISTO, S.W., ABSHER, T.M. 2006 Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) and *Crassostrea brasiliiana* (Lamark, 1819) (Bivalvia: Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná, Brazil. **J Coastal Res.** v.2, p. 1215-1218.

DAVIS, H.C., CALABRESE, A. 1964. Combined effects of temperature and salinity on development of eggs and growth of larvae of *M. mercenaria* and *C. virginica*. **Fishery Bulletin**, 63: 643-655

DOROUDI, M.S., SOUTHGATE, P.C., MAYER, R.J. 1999. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.) **Aquaculture Research**, 30: 271-277

FAO, 2014. **The State of world fisheries and aquaculture**. Roma, 223p.

FERREIRA, J.F.; SILVA, F.C.; GOMES, C.H.A.M.; FERREIRA, F.M. 2011. Produção programada e rastreabilidade de larvas e sementes de moluscos em Santa Catarina. **Rev. Bras. Reprod. Anim.** 35 (2), 192-197.

FERREIRA, J.F.; OLIVEIRA-NETO, M. 2007. **Cultivo de moluscos em Santa Catarina**. In: Sistemas de cultivo aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Rio de Janeiro: BARROSO, G.F.; POERSCH, L.H.S.; CAVALLI, R.O., 2007. p. 87 -96.

GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, OM.; MACHADO, I.C.; PIMENTEL, C. M. M.; HENRIQUE, M.B. 2009. Desempenho da criação da ostra do mangue *Crassostrea* sp. a partir da fase juvenil em sistema suspenso, no estuário de Cananéia e no omã de Ubatuba (SP, Brasil). **B. Inst. Pesca**, 35 (3), 401-411.

GANGNAIRE, B., FROUIN, H., MOREAU, K., THOMAS-GUYON, H., RENAULT, T. 2006. Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Fish and Shellfish Immunology**, 20 (4), 536-547.

GOSLING, E. **Bivalve mollusks: biology, ecology and culture**. Oxford: Fishing News Books, 2003. 455p.

HIS, E., ROBERT, R., DINET, A. 1989. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. **Marine Biology** 100: 455-63.

HUO, Z., WANG, Z., LIANG J., ZHANG, Y., SHEN, J., YAO, T., SU, J., YU, R. 2014. Effects of salinity on embryonic development, survival, and growth of *Crassostrea hongkongensis*. **Journal of Ocean University of China**, 13, 666-670.

MELO, C.M.R., SILVA, F.C., GOMES, C.H.A.M., SOLE'-CAVA, A.M., LAZOSKI, C. 2010a. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. **Biological Invasions** 12, 441-449.

MELO, A.G.C., VARELA, E.S., BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., GAFFNEY, P.M., REECE, K.S., TAGLIARO, C.H. 2010b. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution

of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Genetics and Molecular Biology** 33(3), 564-572.

MIRANDA, M.B.B., GUZENSKI, J. 1999. Larvae culture of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), under diferente conditions of temperature, salinity and density. **Arquivos de Ciências do Mar**, 32: 73-84.

NASCIMENTO, I. A. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliiana* (Lamarck) in South and Central America. In: Menzel, W. Estuarine and marine bivalve mollusk culture. Boston: CRC Press, 1991. p.125-134.

MONTANHINI-NETO, R.M.; ZENI, T.O.; LUDWIG, S.; HORODESKY, A.; GIROTTO, M.V.F.; CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; OSTRENSKY, A. Influence of environmental variables on the growth and reproductive cycle of *Crassostrea* (Mollusca, Bivalvia) in Guaratuba Bay, Brazil. **Invertebrate Reproduction & Development**. 2012. p. 1-11.

NELL, J.A., HOLLIDAY, J.E. 1988. Effects of salinity on the growth and survival of Sydney Rock Oyster (*Saccostrea commercialis*) and Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) larvae and spat. **Aquaculture**, 68: 39-44

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**, 380–383, 6–12.

ROMO, Z.,M., RE, A.D., DIAZ, F., MENA, A. 2010. Physiological responses of pink abalone *Haliotis corrugata* (Gray, 1828) exposed to diferente combinations of temperature and salinity. **Aquaculture Research**, 41: 953-960.

SANDISON, E.E. 1966. The effect of salinity fluctuations on the life cycle of *Gryphaea gasar* (Adanson) Dautzenberg in Lagos Harbour, Nigeria. **Journal of Animal Ecology**, 35 (2), 379–389.

SANTOS, A.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, 47: 335-352.

SILVEIRA, R.C., SILVA, F.C., GOMES, C.H.M., FERREIRA, J.F., MELO, C.M.R. 2011. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. **Brazilian Journal of Biology**. v. 71, p. 557-562.

TAN, S.H., WONG, T.M. 1996. Effect of salinity on hatching, larval growth, survival and settling in the tropical oyster *Crassostrea belcheri* (Sowerby). **Aquaculture** 45: 129-139.

TAYLOR, J.J., SOUTHGATE, P.C., ROSE, R.A. 2004. Effects of salinity on growth and survival of silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima*, spat. **Journal of Shellfish Research**, 23:375-377.

TURECK, C. R. **Sementes de ostras nativas no litoral de Santa Catarina/Brasil, como subsidio ao cultivo**. 2010, 140f. Tese (Doutorado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina.

XU, F., GUO, X., LI, L., ZHANG, G. 2011. Effects of salinity on larvae of the oysters *Crassostrea ariakensis*, *C. sikamea* and the hybrid cross. **Marine Biology Research**, 7: 796-803.

WESTFALL, P.H., RANDALL, T.D., DROR, R., WOLFINGER R.D., HOCHBERG, Y. 1999. **Multiple comparisons and multiple test using SAS®**. Cary, USA: Sas Institute Inc. 644 p.

WRIGHT, D.A., KENNEDY, V.S., ROOSENBURG, W.H., CASTAGNA, M., MIHURSKY, J.A. 1983. Temperature tolerance of embryos and larvae of five bivalve species under simulated power plant entrainment conditions: a synthesis. **Marine Biology**, 77: 271-278

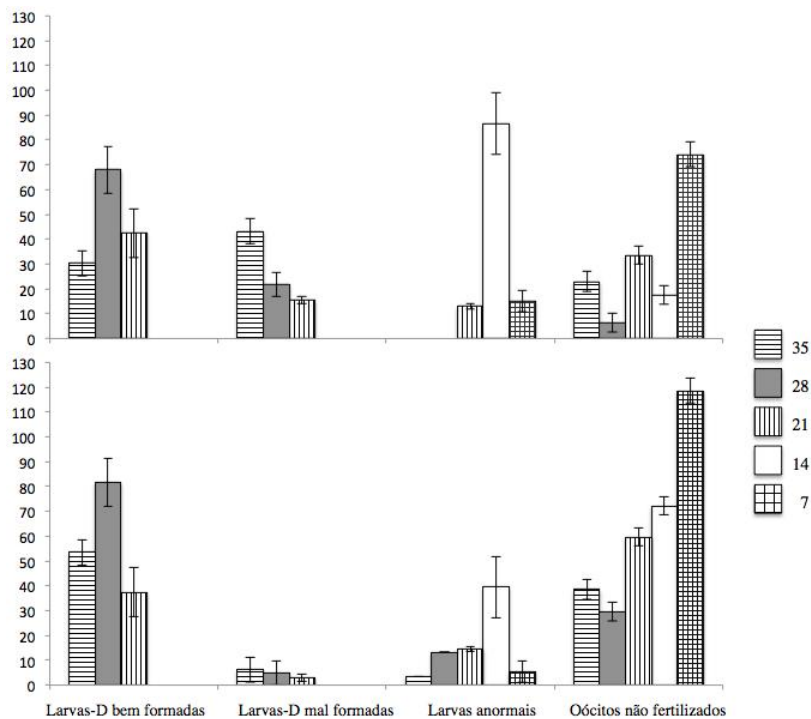


Figura 1. Resultados obtidos em dois experimentos de fertilização de *Crassostrea gasar* em diferentes salinidades. Eixo x representa Larvas-D bem formadas, larvas-D mal formadas, larvas anormais e oócitos não fertilizados. Eixo y corresponde ao valor médio (número de larvas ou oócitos) observado nas repetições das unidades experimentais. Barras correspondem ao desvio padrão e valores na legenda representam as salinidades testadas.

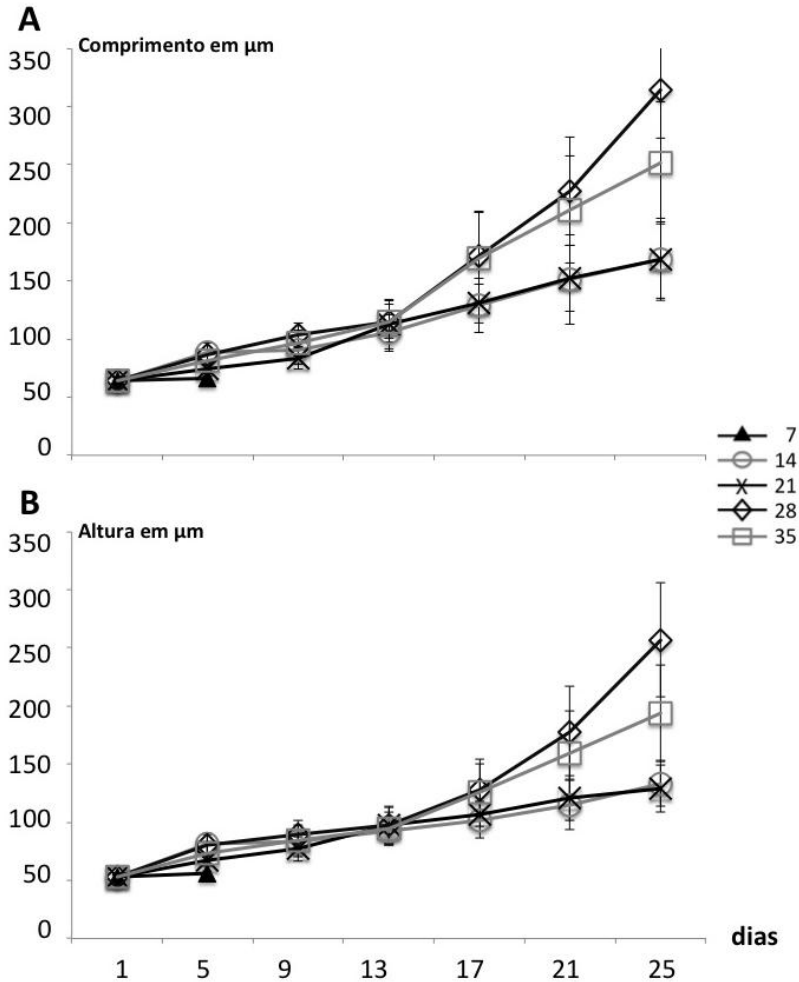


Figura 2. Crescimento de larvas de *Crassostrea gasar* cultivadas em diferentes salinidades em laboratório. A) crescimento em comprimento, eixo x representa dias de cultivo e eixo y corresponde ao comprimento (μm) das larvas. B) crescimento em altura, eixo x representa dias de cultivo e eixo y corresponde à altura (μm) das larvas. Legenda indica a salinidade do cultivo e barras representam o desvio padrão.

CAPÍTULO III.
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DA OSTRA DO MANGUE,
***Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), CULTIVADA NO NORDESTE**
E NO SUL DO BRASIL.

O artigo será enviado para publicação no periódico *Boletim do Instituto de Pesca*, tendo sido redigido segundo as normas da referida revista científica

Desempenho zootécnico da ostra do mangue *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), cultivada no nordeste e no sul do Brasil.

Jefferson Francisco Alves LEGAT^{1,2*}; Angela PUCHNICK-LEGAT^{1,2}; Simone SÜHNEL^{2,3}; Cláudio Rudolfo TURECK⁴; Fabíola Helena dos Santos FOGAÇA¹; Claudio Manoel Rodrigues de MELO².

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Grupo de Pesquisa em Aquicultura e Pesca, BR 343, km 35, Caixa Postal 341, CEP: 64200-970, Parnaíba, PI, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Moluscos Marinhos. Rua dos Coroas, 503, Barra da Lagoa, CEP: 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.

³Universidade Estadual de Santa Catarina, Rua Coronel Fernandes Martins, 270, Progresso, CEP: 88790-000, Laguna, SC, Brasil.

⁴Universidade da Região de Joinville, Unidade São Francisco do Sul. Rodovia Duque de Caxias, 6365 – CEP: 89249-000 – São Francisco do Sul – SC - Brasil.

*Autor para correspondência: jefferson.legat@embrapa.br

Resumo

Este estudo avaliou o desempenho zootécnico de *Crassostrea gasar* nos estados do Maranhão e Santa Catarina, através da análise do crescimento em peso total e da altura da concha, da sobrevivência e do tempo de cultivo para se atingir o tamanho mínimo para comercialização. Foram produzidas sementes a partir do plantel de reprodutores do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina e o desempenho em campo foi avaliado em duas áreas de cultivo em Santa Catarina (município de São Francisco do Sul, 26°28'S e 48°50'W; município de Florianópolis, 27°35'S e 48°32'W) e em duas áreas do município de Araioses, no Maranhão (ponto do Morro do Meio, 02°44'S e 41°58'W; e ponto do Torto 02°47'S e 41°55'W). Foram transferidas 8.000 sementes para cada local, cultivadas de junho de 2012 a julho de 2013. As biometrias foram realizadas mensalmente, sendo medida a altura de 800 indivíduos e o peso total de 40 indivíduos, por ponto em cada mês. A sobrevivência foi determinada através da contagem do total de exemplares vivos e mortos e, variou ao longo do ano: de 79,82 a 99,69% em São Francisco do Sul, de 80,00 a 99,81% em Florianópolis, de 90,59 a 98, 21% no Torto e de 64,98 a 96,54% no Morro do Meio. O crescimento em Santa Catarina foi superior ao observado no Maranhão e o tempo de cultivo considerado ideal foi de 8 meses, quando os exemplares cultivados apresentaram média de altura de $71,96 \pm 8,05$ mm em São Francisco do Sul; $55,31 \pm 6,05$ mm em Florianópolis; e $46,92 \pm 9,11$ mm no Torto. No Morro do Meio a média da altura foi $36,20 \pm 12,40$ mm após 13 meses de cultivo, sendo o ponto considerado inadequado para o cultivo de *C. gasar*.

Palavras-chave: ostreicultura, crescimento, sobrevivência, ostra nativa, *Crassostrea brasiliiana*.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de moluscos bivalves responde pela maior parte da produção de pescado marinho cultivado. Em 2012 correspondeu a 60% da produção total mundial (FAO, 2014). Dentre as espécies de bivalves cultivadas, as ostras do gênero *Crassostrea* destacam-se pela importância econômica, com uma produção média de 4,6 milhões de toneladas por ano (FAO, 2010).

No Brasil, a produção de ostras está vinculada a três espécies do gênero *Crassostrea*, sendo duas espécies nativas: *Crassostrea gasar* (= *Crassostrea brasiliiana*) e *Crassostrea rhizophorae* e uma espécie originária do Pacífico, *Crassostrea gigas*. De acordo com as últimas estatísticas oficiais, a produção total de ostras em 2011 foi de 3.771,4 t, sendo 67,35% oriundas da ostreicultura e 32,7% do extrativismo das espécies nativas (Brasil, 2013). A produção total da ostreicultura em 2011 foi de 2.538,4 t (Brasil, 2013). No mesmo ano, o estado de Santa Catarina produziu 2.285 t de *C. gigas* (Santa Catarina, 2015).

Analisando de forma conjunta os dados de produção da pesca e de cultivo (Brasil, 2013; Santa Catarina, 2015), em 2011 *C. gigas* correspondeu a 60,6% da produção total de ostras e 90% da ostreicultura no país, enquanto as espécies nativas representaram 39,4% da produção total e 10% da ostreicultura brasileira. Os dados indicam, ainda, que apesar de deter apenas 7,61% dos 7.367 km de extensão da costa brasileira, Santa Catarina é responsável por 90% das ostras cultivadas no Brasil.

Introduzida no Sudeste do Brasil na década de 70 e na década seguinte na região sul (Melo et al., 2010a), *C. gigas* predomina na ostreicultura brasileira devido ao sucesso da adaptação ao cultivo e por ser a única espécie de ostra com produção de sementes em escala comercial em laboratório no território nacional. No entanto, a viabilidade do cultivo de *C. gigas* no Brasil está restrito a regiões que apresentam águas mais frias, uma vez que águas com temperaturas mais elevadas ao longo de todo o ano podem comprometer as taxas de crescimento e de sobrevivência (Poli, 2004).

Considerando que no Brasil ocorre predomínio do clima tropical, o crescimento da ostreicultura está vinculada à domesticação e ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos para o cultivo de ostras nativas.

Uma vez que *C. gasar* atinge maior tamanho que *C. rhizophorae* (Christo e Absher, 2006), e que o seu cultivo vem sendo desenvolvido

com relativo sucesso nos Estados do Paraná (Baldan e Bendhack, 2009) e de São Paulo (Galvão et al. 2009), *C. gasar* destaca-se dentre as espécies potenciais para ostrasicultura.

Também conhecida como ostra do mangue, ou ostra de fundo, *C. gasar* distribui-se no Brasil desde o estado do Pará até Santa Catarina (Melo et al., 2010a), comumente encontrada formando aglomerados no ecossistema de manguezal (Nascimento, 1991). Apresenta boa tolerância a variações de salinidade (entre 0 e 40), com um maior crescimento entre 8 e 34 (Nascimento, 1991).

Até 2009, Rios (2009) considerava a existência de apenas uma espécie nativa do gênero *Crassostrea* no Brasil (*C. rhizophorae*). No entanto, Ignácio et al. (2000) confirmaram a presença de duas espécies distintas (*C. rhizophorae* e *C. brasiliiana*). Posteriormente, foi constatado que *C. brasiliiana* não apresenta diferenciação genética da espécie *C. gasar* e é uma sinônimo júnior desta última (Varela et al., 2007; Melo et al., 2010b; Lazoski et al., 2011). Desta forma, estudos conduzidos anteriormente com uma das espécies podem ter incluído a outra ou mesmo as duas espécies em suas análises (Lopes et al., 2013; Castilho-Westphal et al., 2015). De fato, existem trabalhos com a classificação controversa devido às incertezas sobre a sistemática do gênero. Pereira et al. (2001, 2003) precursores de estudos de desempenho zootécnico de ostras nativas, classificam a espécie objeto de suas pesquisas como *C. brasiliiana* (= *C. gasar*), mas a consideram sinônimo de *C. rhizophorae*.

No Brasil, a maioria dos estudos sobre crescimento de ostras nativas foram realizados nas Regiões Sul e Sudeste, através da coletas de sementes ou juvenis no ambiente, sem a confirmação da espécie (Pereira e Soares, 1996; Pereira, Galvão e Tanji, 1991; Pereira et al., 2001; Maccacchero et al., 2007; Galvão et al., 2009). Os únicos estudos de crescimento com confirmação genética da espécie foram conduzidos na Região Sul. Lopes et al. (2013) avaliaram o crescimento de sementes produzidas em laboratório, em dois pontos de cultivo em Santa Catarina e Montanhini-Neto et al. (2012) avaliaram o crescimento em peso no estado do Paraná.

Estudos sobre o crescimento de *C. gasar* nas Regiões Norte e Nordeste ainda são escassos, embora essas regiões apresentem a maior porcentagem de áreas de ecossistema de manguezal no Brasil, onde a espécie é abundante. Desta forma, este estudo avaliou o desempenho zootécnico da ostra do mangue *C. gasar*, cultivados nos estados de Santa Catarina (Região Sul) e do Maranhão (Região Nordeste).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fatores ambientais

A salinidade e a temperatura da superfície da água (20 cm de profundidade) foram registradas mensalmente, com termômetro manual e refratômetro, nos dias de biometria e limpeza das estruturas de cultivo.

2.2 Obtenção de sementes

Foram produzidas sementes em laboratório utilizando reprodutores da sexta geração do plantel de *C. gasar* do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC), livres de parasitas de notificação obrigatória (Cunha et al., 2014; Sühnel et al., *in press*), mantidos na Praia do Sambaqui, Florianópolis (Figura 1). As etapas de desova (eliminação de gametas), larvicultura e assentamento foram desenvolvidas de acordo com a metodologia descrita por Silveira et al. (2011). A idade dos indivíduos neste trabalho refere-se à data de fertilização e é descrita como dias de idade (DI)

2.3 Testes em áreas de cultivo

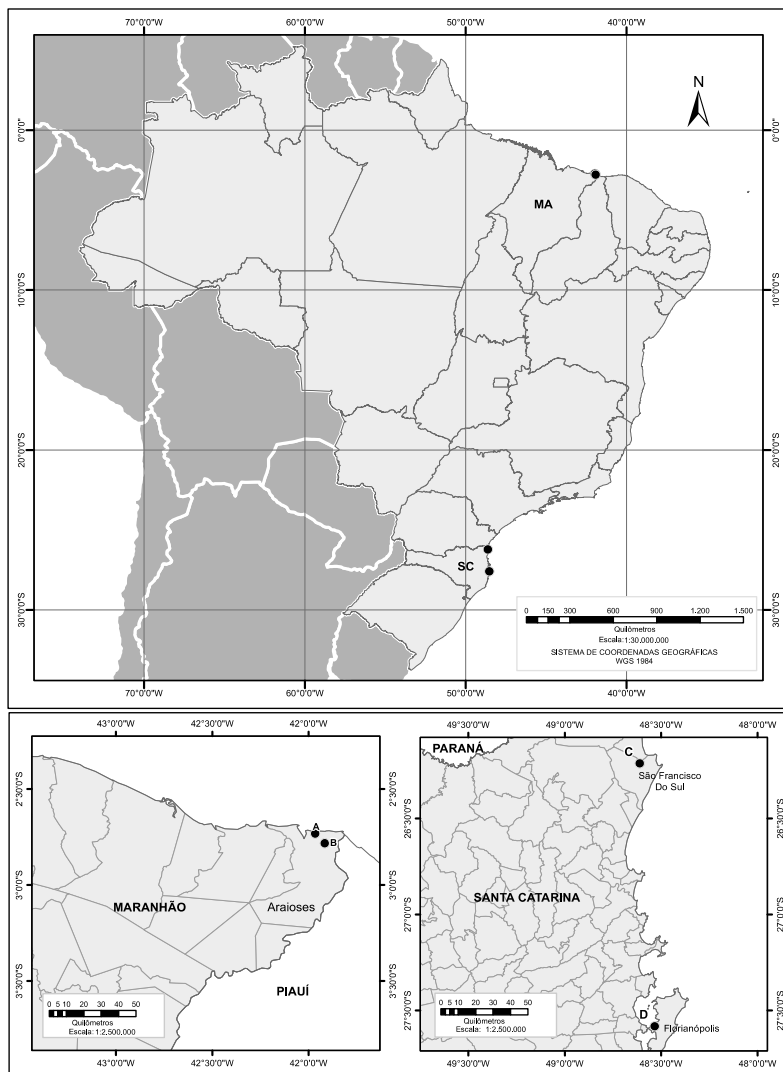
As sementes foram mantidas no laboratório do LMM-UFSC entre 60 dias e 65 dias, até atingirem cerca de 5 mm de altura, quando foram transportadas em caixa de isopor para cada área de cultivo estudada (Figura 1) para avaliação de crescimento em peso e altura e da sobrevivência. Em Santa Catarina, as sementes foram transferidas para duas áreas de cultivo, uma localizada ao norte, na Baía de Babitonga, município de São Francisco do Sul (26°28'S e 48°50'W) e outra na Praia de Sambaqui, município de Florianópolis (27°35'S e 48°32'W). No Maranhão, as duas áreas de cultivo foram localizados no Delta do Rio Parnaíba, município de Araisos-MA: no Morro do Meio (02°44'S e 41°58'W) e no Torto (02°47'S e 41°55'W). As áreas foram escolhidas considerando a existência de cultivos de ostras e/ou na ocorrência de aglomerados de *C. gasar* no local. As sementes foram transferidas para os quatro locais (8.000 sementes para cada localidade) em junho de 2012 e as biometrias realizadas entre junho de 2012 e julho de 2013.

Em ambos os estados foi adotado o sistema de cultivo comumente utilizado e apropriado à região para produção de ostras. No Maranhão, o cultivo de ostras geralmente é realizado nas margens de rios situados em áreas estuarinas, com variação de maré acentuada e profundidade entre 2 e 4 metros. Nestes casos, para se evitar que as estruturas de cultivo possam vir a tocar o sedimento nos períodos de

maré baixa, os cultivos são realizado em sistema fixo. Em Santa Catarina, o cultivo de ostras geralmente é realizado em áreas próximas à costa, com profundidades superiores a 3 metros, possibilitando a utilização de sistemas flutuantes sem haver o risco que os mesmos toquem o substrato. Desta forma, em Santa Catarina foi adotado o sistema de cultivo em lanternas submersas dispostas em espinhel flutuante e no Maranhão o sistema de travesseiros presos a estruturas fixas denominadas mesas. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro tratamentos, representados pelos locais de cultivo e oito repetições, representadas pelas estruturas de cultivo (lanterna ou travesseiro).

Os indivíduos passaram por três fases de cultivo nos quatros pontos de estudo: fase berçário com duração aproximada de 90 dias; fase intermediária com duração aproximada de 90 dias; e fase definitiva, com duração de cerca de 210 dias. Ao final do experimento, as ostras apresentavam cerca de 450 dias (15 meses) de idade, considerando os 60 dias de cultivo em laboratório e os 390 dias de cultivo no ambiente.

A densidade de povoamento e de cultivo foi calculada considerando a área das estruturas de cultivo e foi padronizada através da ocupação de 100% da base de cada andar das lanternas ou de 100% da base do travesseiros, sem sobreposição de indivíduos.



Legenda

- Pontos de instalação das unidades experimentais do presente estudo

Figura 1. Pontos de instalação das unidades experimentais do presente estudo. Pontos instalados no estado do Maranhão, município de Araioes: A = MM (Morro do Meio; 02°44'S e 41°58'W) e B = TT (Torto; 02°47'S e 41°55'W). Pontos instalados no estado de Santa Catarina: C = SFS (município de São Francisco do Sul; 26°28'S e 48°50'W) e D = SB (Sambaqui, município de Florianópolis; 27°35'S e 48°32'W).

Em Santa Catarina, para ambas localidades estudadas (Praia do Sambaqui e Baía da Babitonga), na fase de berçário, as sementes foram inicialmente dispostas em um, dos quatro andares, de 8 lanternas berçários (malha de 2 mm), na densidade de 1.000 sementes por andar, sendo as lanternas amarradas ao espínhel (Figura 2a). De acordo com o crescimento, as sementes foram divididas e dispostas em dois andares da lanternas, com 500 indivíduos por andar. Na fase intermediária (lanternas com malha de 10 mm), foi mantida a taxa de 100% de ocupação da base da lanterna (entre 200 e 250 ostras por andar). O número de ostras foi reduzido aleatoriamente a cada mês, de acordo com o crescimento dos indivíduos, sendo mantida a taxa de 100% de ocupação da base do andar (entre 60 e 80 ostras por andar) na fase definitiva, (lanternas com malha de 30 mm). Em todas as fases de cultivo, cada andar das lanternas possuía uma área aproximada de 1.970 cm². As estruturas de cultivo permaneceram submersas ao longo de todo o período, exceto durante a limpeza do material para retirada de sedimento e incrustações, realizada quinzenalmente para as lanternas berçários e mensalmente para as lanternas intermediárias e definitivas.

No Maranhão, também para ambas localidades (Morro do Meio e Torto), na fase de berçário, as sementes foram dispostas em 8 travesseiros (40 x 50 cm, área de 2.000 cm² e malha 2 mm), com 1.000 sementes por travesseiro, fixados em mesas (Figura 2b). De acordo com o crescimento, as sementes foram transferidas para travesseiros maiores (80 x 50 cm e malha 2 mm). Na fase intermediária, foi mantida a taxa de 100% de ocupação da base dos travesseiros, com 400 a 500 ostras em cada travesseiro (80 x 50 cm, área de 4.000 cm² e malha de 10 mm). Da mesma forma que em Santa Catarina, o número de ostras foi reduzido a cada mês, sendo mantida a taxa de 100% de ocupação dos travesseiros (200 a 300 ostras por travesseiro) na fase definitiva (80 x 50 cm, área de 4.000 cm² e malha de 30 mm). Devido as variações de maré, os indivíduos permaneceram expostos ao ar duas vezes ao dia, por períodos que variaram de 15 a 30 minutos no TT e de 60 a 150 minutos no MM. A limpeza dos travesseiros foi semanal durante o primeiro mês e quinzenal a partir do segundo mês de cultivo.

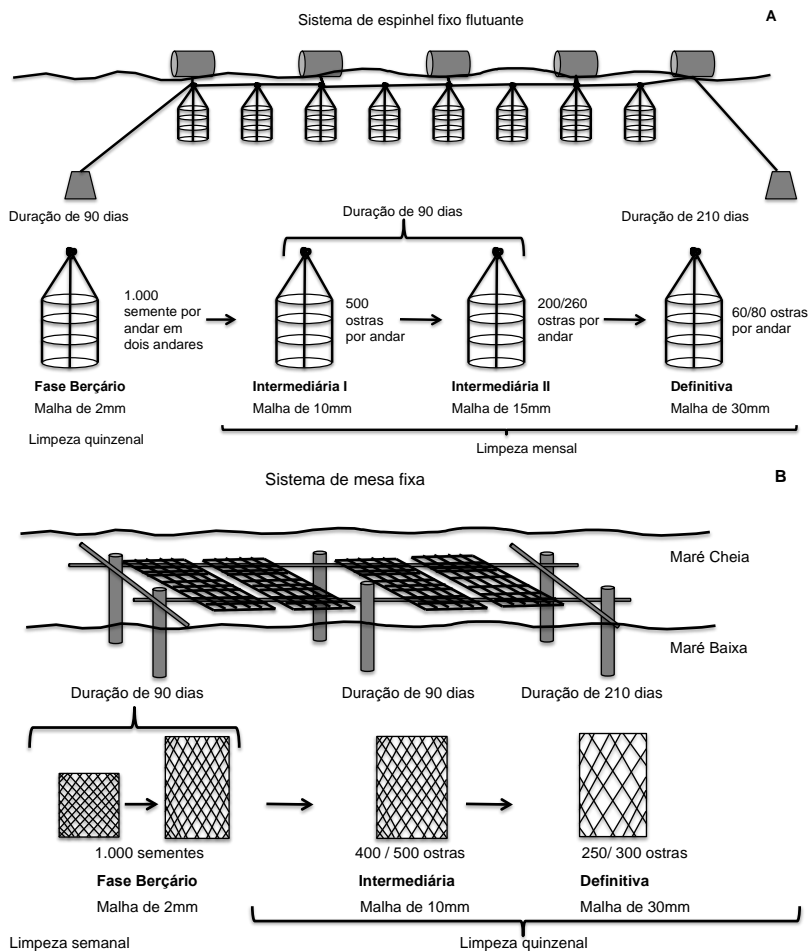


Figura 2. Desenho esquemático da disposição de sementes e ostras nas estruturas de cultivo do presente estudo. A) estruturas de cultivo denominadas “lanternas” em sistema de espínel fixo flutuante utilizado em Santa Catarina. B) estruturas de cultivo denominadas “travessieiros” em sistema de mesa fixa utilizado no Maranhão

A biometria dos espécimes foi realizada no momento do povoamento e, mensalmente, até completar 13 meses de cultivo.

No momento da biometria, 100 indivíduos, por unidade experimental, foram tomados aleatoriamente para a medida da altura, totalizando 800 exemplares medidos por ponto em cada mês. Também

foram tomados, aleatoriamente, 40 indivíduos por mês para pesagem em balança digital com precisão de 0,001. Antes da biometria as ostras de cada unidade experimental foram peneiradas, separadas em classes de tamanho e quantificadas por classe. A amostragem foi estratificada por classe para assegurar a representatividade da amostra. O número de indivíduos por classe foi estimado através de contagem de três amostras de volume específico na fase berçário e pela contagem do número total de ostras nas fases intermediária e definitiva. O descarte, quando necessário, também foi realizado considerando-se o número de indivíduos em cada classe de tamanho.

A porcentagem mensal de animais considerados em tamanho comercial mínimo em cada local foi calculada com base no número de indivíduos acima de 50 mm, dentre os animais amostrados para biometria.

Durante a fase berçário, a sobrevivência das ostras foi estimada através da contagem de três amostras retiradas do volume total das ostras (medido em béquer). Nas fases intermediária e definitiva, foi quantificado o número total de indivíduos vivo e mortos.

2.4 Análises estatísticas

A comparação entre o crescimento (peso e altura) e a sobrevivência nos quatro locais foi realizada através de análise de variância, utilizando-se o pacote computacional SAS[®] (2003).

3. RESULTADOS

3.1 Fatores ambientais

Nos pontos de cultivo no Maranhão, a temperatura da água apresentou padrão semelhante e manteve-se constante ao longo do ano (Figura 3a), variando de 27 a 30°C no Torto (TT) e de 26 a 29°C no Morro do Meio (MM).

Em Santa Catarina, a temperatura também foi semelhantes nos dois pontos de cultivos (Figura 3a), apresentando variação de até 12°C entre as estações do ano. Os menores valores foram observados durante os meses junho a agosto, aumentando durante os meses de outubro e setembro, até atingir valores semelhantes aos observados no MA, entre os meses de novembro a fevereiro. A partir do mês de março as temperaturas voltaram a diminuir, atingindo os baixos valores observados em julho de 2012. Em São Francisco do Sul (SFS) a temperatura variou de 17 a 28°C e no Sambaqui (SB) variou de 15 a 27°C. Ao longo de todo o experimento os valores de temperatura em SFS foram superiores (entre 1 e 3°C) aos valores observados em SB.

Os valores de salinidade foram distintos entre os quatro pontos ao longo do experimento (Figura 3b). No ponto SB a salinidade foi constante, variando de 33 a 36‰. Em SFS a salinidade variou de 25 a 33‰, mas permaneceu entre 30 e 33‰ durante a maior parte do estudo. No MM a salinidade variou de 25 a 37‰, com valores mais altos (35 a 37‰) entre os meses de julho e novembro. As maiores variações de salinidade foram observadas no ponto TT, entre 5 e 32‰.

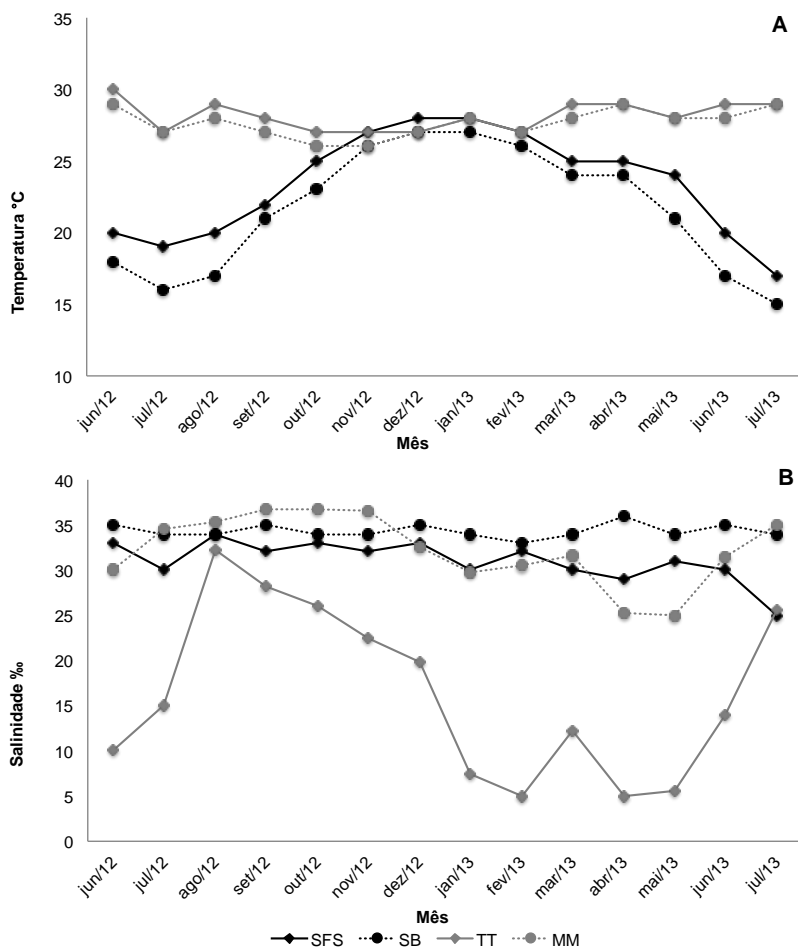


Figura 3. Temperatura (A) e salinidade (B) mensal nos pontos de cultivo durante o período experimental. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

3.2 *Sobrevivência*

Em SFS a sobrevivência mensal oscilou ao longo do experimento, variando de 79,82 a 99,69%. Em SB, a sobrevivência variou de 80,00 a 99,81% e apresentou padrão semelhante a SFS, mas enquanto em SFS o valor mais baixo ocorreu especificamente em fevereiro, em SB a sobrevivência reduzida ocorreu entre os meses de janeiro a abril.

No TT, a sobrevivência mensal manteve-se constante ao longo de todo o período, variando de 90,59 a 98,21%, sem apresentar diferença significativa entre meses subsequentes. No MM, a sobrevivência variou ao longo do experimento, de 64,98 a 96,54%, geralmente abaixo dos demais pontos de cultivo

Não houve diferença significativa na sobrevivência entre os pontos SFS e SB e entre os pontos TT e SFS. A sobrevivência no TT foi significativamente superior à registrada em SB e a sobrevivência no MM foi inferior às demais áreas ($p < 0,05$) (Tabela 1).

3.3 *Crescimento*

3.3.1 *Altura e peso*

Houve diferença entre o crescimento mensal em altura dos animais nas quatro áreas de cultivo ($p < 0,05$). Os maiores indivíduos ocorreram em SFS, seguido por SB, TT e MM, com diferença significativa ($p < 0,05$). Os valores observados estão descritos na Tabela 1.

A altura dos indivíduos foi a mesma nos quatro pontos no início do experimento. No MM e TT não houve diferença na média de altura no segundo mês de cultivo enquanto em SFS e SB a altura manteve-se semelhante até o quarto mês. Nos demais meses, houve diferença estatística na média da altura das ostras entre os pontos testados ($p < 0,05$).

Apesar de apresentarem médias distintas da altura da concha, os animais dos pontos de cultivo SFS, SB e TT apresentaram um padrão de crescimento semelhante (Figura 4a). Nesses locais, houve crescimento contínuo, até os animais atingirem entre 270 (SFS e TT) e 305 (SB) dias de idade (7 a 8 meses de cultivo no ambiente). A partir deste período, apesar de haver crescimento individual, não houve diferença significativa na média da altura nos pontos até o final do experimento (Tabela 1).

O padrão de crescimento no MM foi diferente das demais áreas. Foi registrado crescimento contínuo em altura nos dois primeiros meses de cultivo. A partir do terceiro mês o crescimento foi mais lento e

passou a apresentar diferença significativa apenas a cada dois meses ($p < 0,05$). Após 270 DI (7^o mês de cultivo) o crescimento manteve-se estagnado até os indivíduos completarem 390 DI (11^o mês de cultivo), retomando o padrão de crescimento observado entre o 3^o e o 7^o mês.

Houve diferença estatística entre o peso total e os pontos de cultivo ($p < 0,05$). Ao final do experimento, as médias de peso vivo total foram maiores em SFS ($66,58 \pm 18,50$ g) seguido por SB ($40,51 \pm 10,06$ g) TT ($24,80 \pm 8,79$ g) e MM ($23,40 \pm 16,73$ g). No entanto, as médias mensais não apresentaram crescimento contínuo e oscilaram ao longo do experimento (Figura 4b).

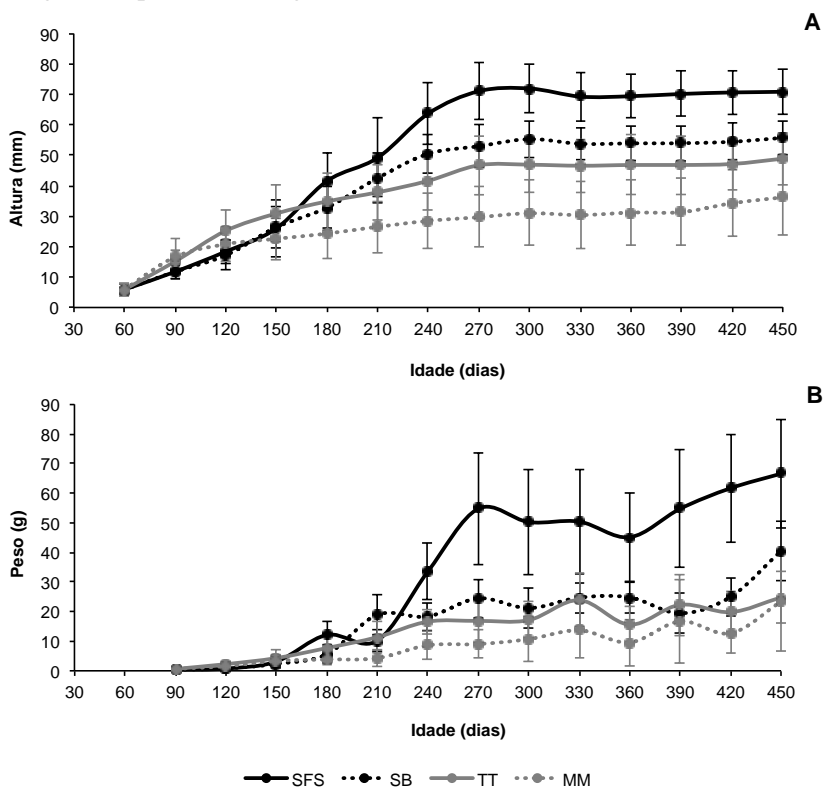


Figura 4. Crescimento de *Crassostrea gasar* em altura (A) e peso (B) nos pontos de cultivo ao longo do período experimental. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

Tabela 1. Média da altura e percentual da sobrevivência mensal não cumulativa de *Crassostrea gasar* cultivada entre junho de 2011 e julho de 2012. Idade corresponde ao tempo de vida dos indivíduos (em dias) desde a fertilização; e cultivo corresponde ao tempo dos indivíduos nas áreas de engorda. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

Ano	Mês	Idade dos animais (dias de idade = DI)	Tempo de cultivo no ambiente (dias)			Média da altura mm			Sobrevivência (%)		
			SFS	SB	TT	SFS	SB	TT	SFS	SB	TT
2011	Junho	60	5,85 ± 2,1	5,85 ± 2,1	5,85 ± 2,1	5,85 ± 2,1	5,85 ± 2,1	5,85 ± 2,1	98,81 ± 0,75	98,21 ± 1,02	93,73 ± 3,72
	Julho	90	11,74 ± 2,30	11,77 ± 2,44	15,11 ± 3,72	16,59 ± 6,25	99,31 ± 0,79	98,81 ± 0,75	99,69 ± 0,37	99,81 ± 0,25	97,72 ± 1,36
	Agosto	120	18,36 ± 1,4	17,16 ± 4,74	25,17 ± 6,65	20,81 ± 5,65	99,69 ± 0,37	99,81 ± 0,25	93,44 ± 6,12	95,45 ± 2,42	83,15 ± 9,26
	Setembro	150	25,97 ± 9,32	26,35 ± 6,80	30,87 ± 9,38	22,57 ± 6,89	90,44 ± 2,45	93,44 ± 6,12	95,45 ± 2,42	97,32 ± 2,15	80,84 ± 8,59
	Outubro	180	41,56 ± 9,27	32,82 ± 6,72	37,84 ± 9,51	24,31 ± 8,28	93,82 ± 4,07	93,56 ± 4,57	97,32 ± 2,15	92,41 ± 3,29	88,07 ± 5,31
	Novembro	210	49,19 ± 12,91	42,52 ± 8,12	41,63 ± 9,08	26,50 ± 8,52	85,93 ± 2,76	90,12 ± 4,01	92,41 ± 3,29	96,04 ± 3,13	82,16 ± 3,44
	Dezembro	240	63,72 ± 10,10	50,49 ± 6,37	46,77 ± 9,72	28,46 ± 9,31	95,43 ± 1,46	96,79 ± 2,09	96,04 ± 3,13	92,50 ± 2,43	86,08 ± 5,10
	Janeiro	270	71,06 ± 9,48	52,99 ± 6,93	46,77 ± 9,72	29,67 ± 9,87	90,83 ± 6,09	81,05 ± 5,01	92,50 ± 2,43	93,50 ± 1,39	64,98 ± 11,7
	Fevereiro	300	71,96 ± 8,05	55,31 ± 6,05	46,92 ± 9,11	30,97 ± 10,73	79,82 ± 6,89	80,42 ± 3,24	93,50 ± 1,39	84,36 ± 4,98	93,95 ± 2,58
	Março	330	69,29 ± 8,16	53,77 ± 5,28	46,57 ± 8,78	30,37 ± 11,11	91,12 ± 3,04	84,36 ± 4,98	93,95 ± 2,58	80,00 ± 2,62	91,81 ± 3,46
2012	Abril	360	69,42 ± 7,16	53,92 ± 5,64	46,85 ± 9,72	31,18 ± 10,90	92,94 ± 3,44	80,00 ± 2,62	91,81 ± 3,46	84,07 ± 7,10	
	Maió	390	70,16 ± 7,40	53,97 ± 5,81	46,83 ± 9,72	31,33 ± 11,04	93,18 ± 3,08	91,54 ± 2,40	94,70 ± 3,11	93,68 ± 4,20	
	Junho	420	70,65 ± 7,38	54,45 ± 6,05	47,15 ± 8,66	34,26 ± 10,86	95,96 ± 1,98	95,40 ± 2,70	90,59 ± 4,87	87,99 ± 8,75	
	Julho	450	70,85 ± 7,37	55,75 ± 5,72	48,90 ± 8,65	36,20 ± 12,40	97,54 ± 2,12	95,81 ± 1,79	92,47 ± 2,68	93,75 ± 4,39	

3.3.2 Tamanho superior a 50 mm

Os pontos de cultivo em SC foram os únicos em que a média da altura das ostras foi superior a 50 mm (Tabela 1). Entretanto, foram registrados indivíduos com altura igual ou superior a 50 mm em todas as áreas pesquisadas (Figura 6).

Em SFS, foi observada uma porcentagem inferior a 1% de ostras acima de 50 mm a partir do 3º mês de cultivo no ambiente (150 DI). Essa porcentagem subiu no 4º mês para 21,2% e 53% dos indivíduos apresentaram altura superior a 50 mm no 5º mês (210 DI). Após 6 meses de cultivo (240 DI), 99,8% dos animais em SFS eram maiores que 50 mm, sendo que no 7º e no 8º mês, 100% dos animais encontravam-se nesta situação. Dentre os exemplares amostrados em SFS ao final do 8º mês de cultivo, 95,8% apresentaram altura ≥ 60 mm e 60,1% altura ≥ 70 mm.

Em SB, ostras maiores que 50 mm foram registradas, também em escala inferior a 1%, no quarto mês de cultivo (180 DI). No sexto mês de cultivo (240 DI), 55,6% dos indivíduos amostrados apresentaram esse tamanho. Ao final do 8º mês de cultivo, o percentual subiu para 82,1% e neste momento 24,1% dos animais apresentaram altura ≥ 60 mm. Indivíduos ≥ 70 mm ocorreram entre os meses de novembro de 2012 e julho de 2013, mas corresponderam apenas a cerca de 1% dos animais amostrados por mês durante esse período.

As áreas de cultivo no MA não apresentaram altura média ≥ 50 mm. Em ambos os pontos, a maior média da altura foi registrada após treze meses de cultivo, correspondendo a $48,90 \pm 8,65$ mm no TT e a $36,20 \pm 12,40$ mm no MM.

No TT, os primeiro indivíduos acima de 50 mm foram observados no terceiro mês de cultivo no ambiente (150 DI), correspondendo a 1,9% dos animais amostrados. Entretanto, após o 8º mês (300 DI), apenas 27,9% das ostras apresentou altura ≥ 50 mm. Neste momento cerca de 8% dos indivíduos apresentou altura ≥ 60 mm e 1% ≥ 70 mm. Ao final do experimento 31% dos indivíduos apresentou tamanho superior a 50 mm, no entanto não houve alteração na porcentagem de indivíduos acima de 60 e 70 mm.

No MM, a porcentagem máxima de indivíduos acima de 50 mm foi observada no 8º mês (300 DI), quando 3,53% das ostras apresentaram altura ≥ 50 mm. Neste período 0,72% dos exemplares possuía altura ≥ 60 mm. A maior porcentagem de ostras ≥ 70 mm foi de 1%, após 420 DI.

Assim como observado para o crescimento em altura, a porcentagem de indivíduos em tamanho comercial apresentou valores

máximos entre o 8^o e o 9^o mês de cultivo (300 a 330 DI), decrescendo nos meses seguintes (exceto em TT).

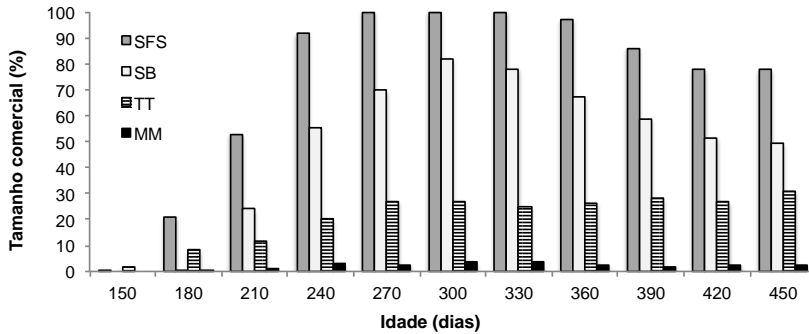


Figura 5. Porcentagem de ostras em tamanho comercial mínimo (50 mm) ao longo do experimento. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

4. DISCUSSÃO

O padrão de temperatura e salinidade observados neste estudo são semelhantes aos resultados observados em outros trabalhos realizados em SFS (Lopes et al., 2013), SB (Lopes et al., 2013; Gomes et al., 2014), TT e MM (dados não publicados da Embrapa). Embora a influência de fatores externos sobre o crescimento de bivalves esteja bem documentada na literatura (Gangnery et al., 2003), a sinergia entre os fatores torna difícil quantificar precisamente a influência de um fator isolado (Gosling, 2003). Neste estudo, não foi possível determinar a influência de cada parâmetro sobre as variáveis estudadas devido às coletas pontuais dos dados de temperatura e salinidade apenas nos momentos de biometria e limpeza das estruturas.

As taxas de sobrevivência foram adequadas para o cultivo de moluscos bivalves, mesmo no ponto MM, onde foram observados os menores valores. Para *Crassostrea* sp. cultivada em diferentes pontos do estuário de Cananéia, estado de São Paulo, Pereira et al. (2001) registraram sobrevivências entre 64% e 90,1% ao longo de 10 meses de cultivo, enquanto Galvão et al. (2009), registraram sobrevivência entre 19,7 e 27,7% em três meses. Em Ubatuba, São Paulo, Galvão et al. (2009) observaram sobrevivência de 74,8% para *Crassostrea* sp. nos três primeiros meses de cultivo e de 48,0% nos três meses seguintes.

Embora a maior variação de salinidade tenha sido observada no

TT, a sobrevivência neste ponto foi superior com relação a SB e MM e mais constante do que em SFS ao longo do experimento, indicando que a espécie *C. gasar* apresenta boa tolerância a flutuações deste parâmetro ambiental.

Em relação ao crescimento em altura, os animais cultivados em Santa Catarina apresentaram valores superiores dos animais cultivados no Maranhão. Além disso, houve diferença no crescimento entre pontos de cultivo localizados no mesmo estado. Em moluscos bivalves, o crescimento está relacionado a ação de fatores externos (disponibilidade de alimento, variação da maré, temperatura, salinidade, densidade de indivíduos, profundidade, correntes, poluentes e luminosidade) e de fatores endógenos (genótipo, taxa metabólica, hormônios e ritmos de ingestão, digestão e excreção) (Gosling, 2003). No presente estudo, a diferença no desempenho entre os pontos foi atribuída à amplitude de marés, salinidade, produtividade primária e estruturas de cultivo.

No MM, houve elevado período de exposição dos animais ao ar, durante a maré baixa. Enquanto expostos ao ar, os animais não possuíam alimento disponível e ficaram sujeitos a temperaturas de 30 a 35°C. Embora alguns autores defendam o uso da técnica do “castigo”, na qual os organismos são expostos ao ar para reduzir o *fouling* (Pereira et al., 2001; Galvão et al., 2009), os resultados obtidos no MM geram dúvidas sobre a utilização da técnica em ambientes com temperaturas elevadas (clima tropical). Segundo Zhang et al., (2006), a integridade da membrana lisossomal das ostras pode ser prejudicada quando expostas ao ar, especialmente em temperaturas altas.

No TT, os animais foram expostos ao ar por curtos períodos, permanecendo submersos nas águas do estuário na maior parte do tempo. No entanto, as baixas salinidades registradas no TT podem ter influenciado no crescimento. Variações na salinidade são fatores de estresse para moluscos bivalves (Akberali e Trueman, 1985), podendo comprometer o balanço osmótico, e acarretar em gastos consideráveis de energia para ajustar a concentração osmótica (Cheng et al., 2002). Para evitar problemas fisiológicos, em situações de estresse os moluscos bivalves fecham suas valvas a fim de proteger seus tecidos (Akberali e Trueman, 1985). Durante os períodos em que as valvas são mantidas fechadas não ocorre a captação de alimento, acarretando em menores taxas de crescimento.

Em Santa Catarina os animais permaneceram submersos ao longo de todo o período e não passaram por grandes variações de salinidade. Além disso, a produtividade primária nas águas temperadas da Região Sul é mais elevada do que nas águas tropicais do Nordeste. Em águas

tropicais, a produtividade primária é constante ao longo do ano, porém apresenta baixos níveis devido a estabilidade da coluna da água restringe o transporte de nutrientes (Castro e Huber, 2012). Por outro lado, em águas temperadas ocorrem inversões e misturas durante o inverno, transportando elevadas quantidades de nutrientes para a superfície e gerando uma produtividade anual elevada (Castro e Huber, 2012).

A diferença de crescimento entre as áreas de cultivo SFS e SB também foi observada por Lopes et al. (2013), que descreveram o ambiente estuarino de SFS como mais adequado ao cultivo de *C. gasar* do que a área do SB, situada próxima a praia. De fato, o desempenho superior em SFS pode estar relacionado a produtividade primária do ambiente estuarino. Estuários possuem águas biologicamente mais produtivas que as do rio e do oceano adjacentes (Miranda et al., 2002), sendo considerados os ambientes com a maior produtividade natural e com elevado potencial para organismos consumidores de diversos níveis tróficos (Shaeffer-Novelli, 1989).

Além do fator ambiental, existe a possibilidade do crescimento superior observado em Santa Catarina, apresentar alguma relação com a interação entre genótipo e ambiente em virtude da origem das sementes. Segundo Bourdon (2000) a interação entre genótipo e ambiente faz com que, ao longo de sucessivas gerações, os organismos se tornem geneticamente adaptados às condições ambientais as quais estão sujeitos, tornando-se aptos a sobreviver e a atingir melhor desempenho em suas áreas de origem. Para testar esta possibilidade, seria necessário avaliar o desempenho de lotes distintos de sementes, produzidas a partir de reprodutores do Maranhão e de Santa Catarina, cultivadas nos dois estados. Entretanto, a ausência de laboratórios de produção de sementes na Região Nordeste e a impossibilidade do transporte de reprodutores do Maranhão para o LMM, por questões sanitárias, inviabilizaram a realização do estudo.

Em comparação com outros trabalhos sobre crescimento de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil, o desempenho observado no Maranhão foi semelhante, enquanto em Santa Catarina foi superior aos estudos publicados (Tabela 2). Os resultados mais próximos aos registrados neste estudo foram obtidos por Lopes et al. (2013), que realizaram seus experimentos nas mesmas áreas de Santa Catarina (SB e SFS) e também utilizaram sementes produzidas a partir do plantel do LMM.

Maccacchero et al. (2007) também obtiveram bons resultados quanto ao crescimento, atingindo incremento de 48,8 mm na altura, em cinco meses de cultivo. No entanto, estes autores não realizaram a

identificação genética da espécie e os animais utilizados como reprodutores foram coletados em Santa Catarina, onde ocorrem exemplares de *C. gasar*, *C. rhizophorae* e *C. gigas* no ambiente natural (Melo et al., 2010a).

O crescimento acima da média observado em SFS e SB (presente estudo; Lopes et al., 2013), pode estar relacionados ao processo de domesticação de *C. gasar* no LMM. A domesticação envolve mudanças genéticas na morfologia, fisiologia ou no comportamento dos animais, através da seleção de indivíduos adaptados ao cultivo (Harding, 2007). Uma vez que os reprodutores estariam mais adaptados às condições de cultivo, seria possível um melhor desempenho de sua progênie. Essa hipótese encontra respaldo na diferença do crescimento entre este estudo e ao observado por Lopes et al (2013). Neste trabalho, foram utilizados reprodutores da sexta geração do plantel do LMM e a prole apresentou crescimento superior ao registrado por Lopes et al (2013), que utilizaram reprodutores da segunda geração do plantel. Neste contexto, é importante estabelecer um processo efetivo de domesticação da espécie em outros Estados, visando: a formação de plantéis de reprodutores, o fornecimento contínuo de sementes e uma maior segurança sanitária.

O tamanho de comercialização de ostras no Brasil varia de acordo com a forma de consumo e a preferência regional. Neste estudo foi avaliada a porcentagem de indivíduos acima de 50 mm, descrito como tamanho de comercialização por Galvão et al. (2009) e Pereira et al. (2003). O tempo de cultivo para atingir tamanho superior a 50 mm em Santa Catarina foi menor que o estimado por Nascimento (1991), que considera serem necessários 18 meses para *C. gasar* e *C. rhizophorae* atingirem entre 70 a 80 mm de altura em sistema de cultivo. No ambiente natural, Pereira et al. (2003) avaliaram o crescimento de *Crassostrea* sp. fixadas em raízes do mangue e concluíram que os indivíduos necessitam de no mínimo 19,5 meses para atingir tamanho comercial (≥ 50 mm).

No presente estudo, foi observado crescimento contínuo até o oitavo mês de cultivo no ambiente, quando os indivíduos atingiram aproximadamente 300 dias de vida. A partir deste momento, ocorreu crescimento individual, mas a média da população manteve-se estagnada. Considerando o crescimento observado e as porcentagens de animais em tamanho comercial, recomenda-se que nos pontos SFS, SB e TT o tempo de cultivo de *C. gasar* tenha duração de 7 a 9 meses, a fim de se obter maior rendimento. Devido a baixa porcentagem de indivíduos que atingiram tamanho comercial no MM, o ponto foi considerado inadequado para o cultivo da espécie.

Tabela 2. Estudos avaliando crescimento de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil. Onde SC= Santa Catarina; SP= São Paulo; MA = Maranhão; SFS = São Francisco do Sul; TT = Torto; MM = Morro do meio.

Espécie	Local de cultivo	Cultivo (meses)	Idade (dias)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	Autor
<i>Crassostrea</i> sp.*	Cananéia (SP)	8	-	5,60 ± 0,06	25,80 ± 0,30	Pereira, Galvão e Tanji (1991)
		8	-	19,60	59,10	Pereira e Soares (1996)
		10	-	50,00 ± 3,23	81,82	Pereira et al. (2001)
<i>Crassostrea</i> sp.	Florianópolis (SC)	3	-	21,30 ± 4,50	29,12 ± 3,89	Galvão et al. (2009)
		6	-	22,10 ± 4,20	33,99 ± 5,37	Galvão et al. (2009)
		5	-	10,0	58,83	Maccacchero et al. (2007)
<i>C. gasar</i>	Florianópolis (SC)	11	390	-	49,65 ± 7,39	Lopes et al. 2013
		8	300	5,85 ± 2,00	55,31 ± 6,05	Presente estudo
		11	390	-	61,98 ± 13,04	Lopes et al. 2013
<i>C. gasar</i>	São Francisco do Sul (SC)	8	300	5,85 ± 2,00	71,96 ± 8,05	Presente estudo
		8	300	5,85 ± 2,00	46,92 ± 9,11	Presente estudo
		8	300	5,85 ± 2,00	30,97 ± 10,73	Presente estudo

* Embora os autores tenham classificado a espécie como *C. brasiliiana* (= *C. gasar*), consideraram a mesma sinônimo de *C. rhizophorae* e não houve confirmação genética dos indivíduos estudados.

Assim como o crescimento em altura, o peso dos animais o mostrou diferenças entre os pontos de cultivo, contudo, com maior oscilação ao longo do período experimental. Esta variação no peso está provavelmente relacionada ao ciclo reprodutivo da espécie. Montanhini-Neto et al., (2012) avaliaram o crescimento em peso de *C. gasar* e atribuíram as variações ao estágio do ciclo reprodutivo. Desta forma, a avaliação em peso não foi considerada uma ferramenta adequada para avaliar o crescimento da espécie, servindo melhor como indicador do momento da despesca, a fim de otimizar o rendimento da carne.

De acordo com os resultados do presente estudo, o cultivo de *C. gasar* apresenta boas perspectivas de crescimento. Embora o desempenho da espécie seja inferior ao observado para *C. gigas* cultivada em Santa Catarina, é semelhante ao observado em *C. gigas* cultivada em outros países. De acordo com Mizuta et al. (2012), os exemplares de *C. gigas* cultivados em SC entre 8 e 13 meses atingem altura de 70 a 120 mm. No entanto, o cultivo desta espécie na França, maior produtor europeu, pode durar até 2 anos na fase juvenil e até 4 anos para os indivíduos atingirem tamanho comercial (Gosling, 2003; Lapegue, Boudry e Gouletquer, 2006; FAO, 2015).

Em estudos sobre crescimento de *C. gigas*, Gangnery et al. (2003) descrevem o uso de indivíduos cultivados de 12 a 13 meses na Irlanda e na Inglaterra, com alturas $49,5 \pm 2,5$ mm e $46,5 \pm 3,1$ mm, respectivamente. Ao final do estudo, Gangnery et al. (2003) obtiveram indivíduos entre 88,1 e 101,8 mm após 24 meses de cultivo. Desta forma, os resultados de crescimento de *C. gasar* cultivada ao longo de 8 a 11 (presente estudo; Lopes et al., 2013) foram semelhantes, ou superiores, ao desempenho de *C. gigas* cultivada na Europa.

No Canadá, Brown e Hartwick (1988) avaliaram o crescimento de *C. gigas* em 10 áreas com características distintas de temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento. De acordo com o desempenho das ostras cultivadas, esses autores classificaram as áreas como locais de crescimento alto, médio e baixo. Brown e Hartwick (1988) utilizaram indivíduos com tamanho inicial de 21,6 mm, com menos de 1 ano de idade, e indivíduos com tamanho inicial de 45,2 mm e com 1 ano de idade. Após 14 meses de cultivo, nas áreas de crescimento alto, os animais com 21,6 mm atingiram 100,2 mm e os animais com 45,2 mm atingiram 108,5 mm, enquanto nas áreas de crescimento lento atingiram 56,6 mm e 68,9 mm, respectivamente.

A espécie *Crassostrea virginica* destaca-se na ostreicultura dos Estados Unidos da América (EUA), onde foram desenvolvidas linhagens diploides resistentes à doenças (DEBY) e linhagens triploides

de crescimento rápido (Harding, 2007). Em estudos com essas duas linhagens entre 2005 e 2007, Harding (2007) obteve indivíduos com 76 mm de altura da concha, 18 meses após o assentamento, enquanto Kraeuter et al. (2007) observaram que indivíduos selvagens de *C. virginica* levam cerca de três anos para atingir cerca de 70 mm.

Os resultados de crescimento de *C. gasar* cultivada ao longo de 8 a 11 meses (presente estudo; Lopes et al., 2013) foram semelhantes, ou superiores, ao desempenho de *C. gigas* cultivada na Europa e na América do Norte, bem como ao desempenho de *C. virginica* nos EUA, indicando que *C. gasar* apresenta desempenho zootécnico adequado para cultivo.

5. CONCLUSÃO

As ostras cultivadas em Santa Catarina (São Francisco do Sul e Sambaqui) apresentaram crescimento superior as ostras cultivadas no Maranhão (Morro do Meio e Torto) devido às condições ambientais e ao sistema de cultivo. Nos pontos São Francisco do Sul, Sambaqui e Torto recomenda-se que o tempo de cultivo de *C. gasar* tenha duração de 7 a 9 meses, a fim de se obter maior rendimento. O ponto Morro do Meio foi considerado inadequado para o cultivo da espécie, devido a baixa porcentagem de indivíduos que atingiram tamanho comercial.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Associação dos Maricultores do Capri, em São Francisco do Sul-SC e as Comunidades do Torto e do Morro do Meio, em Araisos-MA pela cessão do espaço utilizado pelas estruturas de cultivo no presente estudo. Ao CNPq pelo bolsa de produtividade em pesquisa para o último autor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBERALI, H. B.; TRUEMAN, E. R. **Effects of environmental stress on marine bivalve molluscs.** In: Advances in Marine Biology volume 22. Londres, Academic Press Inc, 1985. p.102-183.

BALDAN, A. P.; BENDHACK, F. 2009. Sustainable mariculture in Paraná coast, Brazil: updates and perspectives. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 491-497.

BOURDON, R. M. **Understanding animal breeding**. Upper Saddle River, New Jersey. 2000. 538p.

BRASIL, 2013 **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil 2010**. Brasília, 128p.

BROWN, J. R.; HARTWICK, B. E. 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* I. Absolute and allometric growth. **Aquaculture**, 70, 231-251.

CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; MAGNANI, F.P.; OSTRENSKY, A. 2015. Gonadomorphology and reproductive cycle of the mangrove oyster *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) in the baía de Guaratuba, Paraná, Brazil. **Acta Zoologica (Stockholm)**, 96, 99–107.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Marine Biology**. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York. 2012. 480p.

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: 349-357.

CHRISTO, S.W., ABSHER, T.M. 2006. Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) and *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) (Bivalvia:Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná, Brazil. **J Coastal Res.** v.2, p. 1215-1218,

CUNHA, da A. C.L.B., 2014. Monitoramento da perkinsiose em reprodutores de moluscos bivalves do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina. Resumos Aquicultura.

FAO. 2010. **Fishstat Plus 2.30: Universal software for fishery statistical time series**. Rome: Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.

FAO. 2014. **The State of world fisheries and aquaculture**. Roma, 223p.

- FAO. 2015. **FIGIS, FishStat (Database)**. Disponível em <<http://data.fao.org/ref/babf3346-ff2d-4e6c-9a40-ef6a50fcd422.html?version=1.0>>. Acesso em: 19 junho 2015
- GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, OM.; MACHADO, I.C.; PIMENTEL, C. M. M.; HENRIQUE, M.B. 2009. Desempenho da criação da ostra do mangue *Crassostrea sp.* a partir da fase juvenil em sistema suspenso, no estuário de Cananéia e no omã de Ubatuba (SP, Brasil). **B. Inst. Pesca**, v. 35, n.3 p. 401-411.
- GANGNERY, A., CHABIRAND, J. M., LAGARDE, F. , GALL, Le P., OHEIX, J., BACHER, C., BUESTEL, D. 2003. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Méditerranée, France). **Aquaculture**, 215(1–4), 267–290.
- GOMES, C.H.A.M.; SILVA, F.C; LOPES, G.R.; MELO, C.M.R. 2014. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. **Braz. J. Biol.** 74 (4) 967-976.
- GOSLING, E. **Bivalve mollusks: biology, ecology and culture**. Oxford: Fishing News Books, 2003. 455p.
- HARDING, J. M., 2007. Comparison of growth rates between diploid DEBY eastern oysters (*Crassostrea virginica*, Gmelin 1791), triploid eastern oysters, and Triploid suminoe oysters (c. *Ariakensis*, Fugita 1913). **Journal of Shellfish Research**, 26 (4): 961–972.
- IGNÁCIO, B.L.; ABSHER T.M.; LAZOSKI, C.; SOLÉ-CAVA, A.M. 2000. Genetic evidence of the presence of two species of *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) on the coast of Brazil. **Mar Biol** 136: 987-991.
- KRAEUTER, J., FORD, S.; CUMMINGS, M. 2007. Oyster growth analysis: a comparison of methods. **J. Shellfish Res.** 26(2): 479–491.
- LAPEGUE, S. , BOUDRY, P., GOULLETQUER, P. Pacific cupped oyster - *Crassostrea gigas*. GENINPACT - Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native population. In: A European network, WP1 workshop "Genetics of domestication, breeding and enhancement of performance of fish and shellfish, 2006, Viterbo, Itália. **Anais...** Viterbo: p. 76-82.
- LAZOSKI, C.; GUSMÃO, J.; BOUDRY, P.; SOLÉ-CAVA, A.M. 2011.

Phylogeny and phylogeography of commercially important Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 426, p. 197–212.

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. **Pesq. agropec. bras.**, 48 (7), 975-982.

MACCACCHERO, G. B., FERREIRA, J. M., GUZENSKI, J. 2007. Influence of stocking density and culture management on growth and mortality of the mangrove native oyster *Crassostrea sp.* in southern Brazil. **Biotemas**, 20 (3), 47-53.

MELO, C.M.R., SILVA, F.C., GOMES, C.H.A.M., SOLE´-CAVA, A.M., LAZOSKI, C. 2010a. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. **Biological Invasions** 12, 441–449,

MELO, A.G.C., VARELA, E.S., BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., GAFFNEY, P.M., REECE, K.S., TAGLIARO, C.H. 2010a. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Genetics and Molecular Biology** 33(3), 564-572.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. 416pp. Editora da universidade de São Paulo. 2002.

MIZUTA, D. D. SILVEIRA JÚNIOR, N. FISCHER, C. E., LEMOS, D. 2012. Interannual variation in commercial oyster (*Crassostrea gigas*) farming in the sea (Florianópolis, Brazil, 27°44' S; 48°33' W) in relation to temperature, chlorophyll *a* and associated oceanographic conditions. **Aquaculture**, 366-367, 105-114.

MONTANHINI-NETO, R.M.; ZENI, T.O.; LUDWIG, S.; HORODESKY, A.; GIROTTO, M.V.F.; CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; OSTRENSKY, A. 2012. Influence of environmental variables on the growth and reproductive cycle of *Crassostrea* (Mollusca, Bivalvia) in Guaratuba Bay, Brazil. **Invertebrate Reproduction & Development**. 2012: 1-11.

NASCIMENTO I.A. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and C.

***brasiliانا* (Lamarck) in South and Central America.** In: Estuarine and marine bivalve mollusk culture. Boston: CRC Press, 1991. p.125-134.

PEREIRA, O.M., GALVÃO, M.S.N., TANJI, S. 1991. Época e método de seleção de sementes de ostras *Crassostrea brasiliانا* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, Estado de São Paulo (25°S, 48°W). **Boletim do Instituto de Pesca.** 18, 41-49.

PEREIRA, O. M.; SOARES, F. C. 1996. Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliانا* (Lamarck, 1819) no sitio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia-SP. **Bol. Int. Pesca** 27 (2): 163-174.

PEREIRA, O.M., MACHADO, I.C., HENRIQUES, M.B., YAMANABA, N. 2001. Crescimento da ostra *C. brasiliانا* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia – SP (25°S, 48°W). **Boletim do Instituto de Pesca.** 23, 135-142.

PEREIRA, O.M., HENRIQUES, M.B., MACHADO, I.C.E., 2003. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliانا* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca,** 29(1),19 – 28.

POLI, C.R. **Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*).** In: Aqüicultura - experiências brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, 2004. p. 251–266.

RIOS, E. C. **Compendium of brazilian seashells of Brazil.** Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, Brazil. 2009. 368p.

SABRY, C. R., ROSA, D. R., MAGALHAES, M. A. R., BARRACCO, M. A., GESTEIRA, V. T. C.; SILVA, da M. P. 2010. First report of *Perkinsus sp.* infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Brazilian coast. **Diseases of aquatic organisms,** 88(1), 13-23.

SCHAEFFER – NOVELLI, Y. 1889. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com ênfase sobre o manguezal. **Public. Esp. Inst.Oceanograf.,** São Paulo, 7: 1 – 16.

SANTA CATARINA, 2015. **Síntese informativa da maricultura 2014.** Florianópolis-SC.

SILVEIRA, R.C., SILVA, F.C., GOMES, C.H.M., FERREIRA, J.F., MELO, C.M.R. 2011. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. **Brazilian Journal of Biology**. 71: 557-562.

SÜHNEL, S., JOHNSON, S.C., GURNEY-SMITH, H.J, IVACHUK, C.S., SCHAEFER, A.L.C., THOMSON, C.A., MACIEL, M.L.T, MARTINS, M.L., ARANGUREN, R., FIGUERAS, A., MAGALHÃES, A.R.M. (*in press*). A status assessment of perkinsiosis, bonamiosis and mateiliosis in commercial marine bivalves from southern Brazil. **Journal of Shellfish Research**.

VARELA E.S.; BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., MARQUES-SILVA, N.S.; TAGLIARO, C. H. 2007. Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. **Journal of Molluscan Studies**, 73: 229–234.

ZHANG, Z.; LI, X.; VANDEPEER, M.; ZHAO, W. 2006. Effects of water temperature and air exposure on the lysosomal membrane stability of hemocytes in pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Aquaculture**, 256: 502-509.

CAPÍTULO IV.
CICLO REPRODUTIVO DA OSTRA DO MANGUE, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), CULTIVADA NO NORDESTE E NO SUL DO BRASIL

O artigo será enviado para publicação no periódico *Aquaculture*, tendo sido redigido segundo as normas da referida revista científica

Ciclo reprodutivo da ostra do mangue, *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), cultivada no Nordeste e no Sul do Brasil

Jefferson Francisco Alves LEGAT^{1,2*}; Angela PUCHNICK-LEGAT^{1,2}; Simone SÜHNEL^{2,3}; Alitiene Lemos Moura PEREIRA¹; Claudio Manoel Rodrigues de MELO².

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Grupo de Pesquisa em Aquicultura e Pesca, BR 343, km 35, Caixa Postal 341, CEP: 64200-970, Parnaíba, PI, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Moluscos Marinhos. Rua dos Coroas, 503, Barra da Lagoa, CEP: 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.

³Universidade Estadual de Santa Catarina, Rua Coronel Fernandes Martins, 270, Progresso, CEP: 88790-000, Laguna, SC, Brasil.

*Autor para correspondência: jefferson.legat@embrapa.br

Resumo

Neste estudo foi avaliado o ciclo reprodutivo de *Crassostrea gasar*, cultivada em clima tropical na latitude 02°S e em clima temperado nas latitudes 26 e 27°S. Foram produzidas sementes no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina, as quais foram transportadas e cultivadas entre junho de 2012 e julho de 2013 em duas áreas do estado de Santa Catarina (26°28'S e 48°50'W; 27°35'S e 48°32'W) e em duas áreas do estado do Maranhão (02°44'S e 41°58'W; 02°47'S e 41°55'W). Em cada área foram coletados 20 indivíduos por mês para análises histológicas como se segue: secção transversal, incluindo tecido gonádico fixada em solução de Davidson marinho por 48 horas; desidratação em série alcoólica progressiva; diafanização em xilol; inclusão em parafina; secção a 5 µm; coloração com HHE. As lâminas histológicas foram analisadas com auxílio de microscópio óptico para determinação do sexo e do estágio sexual. Foi observado balanço entre a proporção sexual de machos e fêmeas e sincronismo nos estágios do ciclo reprodutivo. Os indivíduos cultivados em clima tropical apresentaram ciclo reprodutivo intermitente, com desovas ao longo do ano e com raros indivíduos em estágio de repouso. Nos indivíduos cultivados em clima temperado o período de desova foi associado ao aumento da temperatura da água e ocorreu ao final da primavera e durante o verão. O estágio de repouso foi bem nítido nas latitudes 26 e 27°S, com cerca de 75% a 100% de indivíduos neste estágio entre maio e julho.

Palavras-chave: ostreicultura, índice de condição, crescimento, sobrevivência, ostra nativa.

Introdução

A produção de ostras nativas no Brasil está associada às espécies *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) (= *Crassostrea brasiliiana*). As estatísticas oficiais mais recentes datam de 2011 e indicam uma produção total de 1.487,1 t de ostras nativas naquele ano (Brasil, 2013). Embora a estatística nacional não descreva o sistema de produção, uma análise conjunta dos dados disponíveis (Brasil, 2013; Santa Catarina, 2015) revela que do total de ostras nativas produzidas em 2011, 83% foi proveniente do extrativismo e 17% do cultivo.

Apesar da baixa representatividade na ostreicultura, as espécies nativas são cultivadas desde a Região Norte (Paixão et al., 2013) até a Região Sul (Baldan e Bendhack, 2009; Castilho-Westphal et al., 2015), com destaque para *C. gasar*, que atinge tamanho maior que *C. rhizophorae* (Christo e Absher, 2006).

Conhecida como ostra do mangue, ou ostra de fundo, *C. gasar*, distribui-se no Brasil desde o estado do Pará até Santa Catarina (Melo et al., 2010), comumente encontrada formando aglomerados no ecossistema de manguezal (Nascimento, 1991). Apresenta boa tolerância a variações de salinidade (entre 0 e 40), com um maior crescimento em águas entre 8 e 34 (Nascimento, 1991).

Ostras do gênero *Crassostrea* são ovíparas ou não-incubatórias (Mackie, 1984). O tecido gonádico produz oócitos e espermatozóides, que são liberados pelos poros genitais diretamente na coluna d'água onde ocorre a fertilização e o desenvolvimento larval (Quayle e Newkirk, 1989). São organismos dióicos sem dimorfismo sexual, sendo necessárias análises microscópicas e histológicas para diferenciar machos e fêmeas, (Galtsoff, 1964; Gosling, 2003; Christo e Absher, 2006). São também hermafroditas assíncronos, podendo ocorrer a mudança de sexo após a desova em resposta a condições ambientais específicas (Galtsoff, 1964; Gosling, 2003). Embora ocorram em pequena porcentagem, em *C. gasar* também são observados hermafroditas simultâneos (Paixão et al., 2013; Ramos et al. 2014; Castilho-Westphal et al., 2015).

A reprodução é um dos processos fisiológicos mais importantes no ciclo de vida de moluscos bivalves (Enríquez-Díaz et al., 2009) e a estratégia reprodutiva adotada varia de acordo com a latitude em que ocorrem (Mackie, 1984). Considerando a importância da compreensão da reprodução para o cultivo de organismos aquáticos e para o gerenciamento pesqueiro, o presente estudo avaliou o ciclo reprodutivo de *C. gasar*, cultivada a partir de um mesmo lote de sementes, em águas temperadas da Região Sul nas latitudes 26 e 27°S e em águas tropicais da Região Nordeste do Brasil na latitude 02°S.

2. Materiais e Métodos

2.1 Obtenção de sementes

Foram produzidas sementes em laboratório utilizando reprodutores do plantel de *C. gasar* do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC), mantidos na praia do Sambaqui, Florianópolis e livres de parasitas de

notificação obrigatória (Cunha et al., 2014; Sühnel et al., *in press*). As etapas de desova (eliminação de gametas), larvicultura e assentamento foram desenvolvidas de acordo com a metodologia descrita por Silveira et al. (2011).

2.2 Áreas de cultivo

As sementes foram mantidas no laboratório do LMM-UFSC entre 60 dias e 65 dias, até atingirem altura da concha igual a $5,8 \pm 2,1$ mm, quando foram transportadas em caixa de isopor para as áreas de cultivo para avaliação do ciclo reprodutivo. Na Região Sul, os experimentos foram conduzidos no estado de Santa Catarina. As sementes foram transferidas para duas áreas de cultivo, uma localizada na Praia de Sambaqui, município de Florianópolis ($27^{\circ}35'S$ e $48^{\circ}32'W$) e outra na Baía de Babitonga, município de São Francisco do Sul ($26^{\circ}28'S$ e $48^{\circ}50'W$). Na Região Nordeste, os experimentos foram conduzidos no estado Maranhão. As duas áreas de cultivo foram localizados no Delta do Rio Parnaíba, município de Araisos-MA: no Morro do Meio ($02^{\circ}44'S$ e $41^{\circ}58'W$) e no Torto ($02^{\circ}47'S$ e $41^{\circ}55'W$). O povoamento foi realizado com 8.000 sementes, com 60 dias de idade, para cada localidade, em junho de 2012.

Em cada estado foi adotado o sistema de cultivo adequado para produção de ostras, sendo cultivo em lanternas dispostas em espinhel flutuante em Santa Catarina e o sistema de travesseiros presos a estruturas fixas denominadas mesas, no Maranhão. Em cada ponto foram utilizadas oito repetições, representadas pelas estruturas de cultivo (lanterna ou travesseiro).

2.3 Amostragem

A primeira coleta foi realizada 30 dias após o povoamento, em julho de 2012, quando os animais possuíam 90 dias de idade. As demais coletas foram realizadas mensalmente até julho de 2013. Mensalmente foram coletados, aleatoriamente, 20 indivíduos em cada ponto de cultivo. A salinidade e a temperatura da superfície da água (20 cm de profundidade) foram registradas mensalmente, com termômetro manual e refratômetro.

2.4 Ciclo reprodutivo

Para avaliar o ciclo reprodutivo, os 20 indivíduos amostrados foram preparados para análises histológicas de acordo com o método adotado por Sühnel et al. (2014), como se segue resumidamente: secção transversal, incluindo tecido gonádico fixada em solução de Davidson

marinho por 48 horas; desidratação em série alcoólica progressiva; diafanização em xilol; inclusão em parafina; secção a 5 μm ; coloração com HHE.

As lâminas histológicas foram analisadas com auxílio de microscópio óptico para determinação do sexo e do estágio sexual. Os animais que ainda não haviam iniciado o processo de primeira maturação foram classificados com imaturos (consequentemente com sexo indeterminado) e os que já apresentavam células germinativas com maturados. Os animais maturados foram classificados em 4 estágios sexuais, de acordo com o desenvolvimento gonádico: gametogênese, pré-desova, desova e repouso. A descrição dos estágios foi baseada em Sühnel et al. (2010) e Ramos et al. (2014), com adaptações (Tabela 1), (Figuras 1 e 2). O sexo dos indivíduos maturados foi classificado como macho, fêmea, hermafrodita simultâneo e indeterminado, no caso de indivíduos sem a presença de gametas.

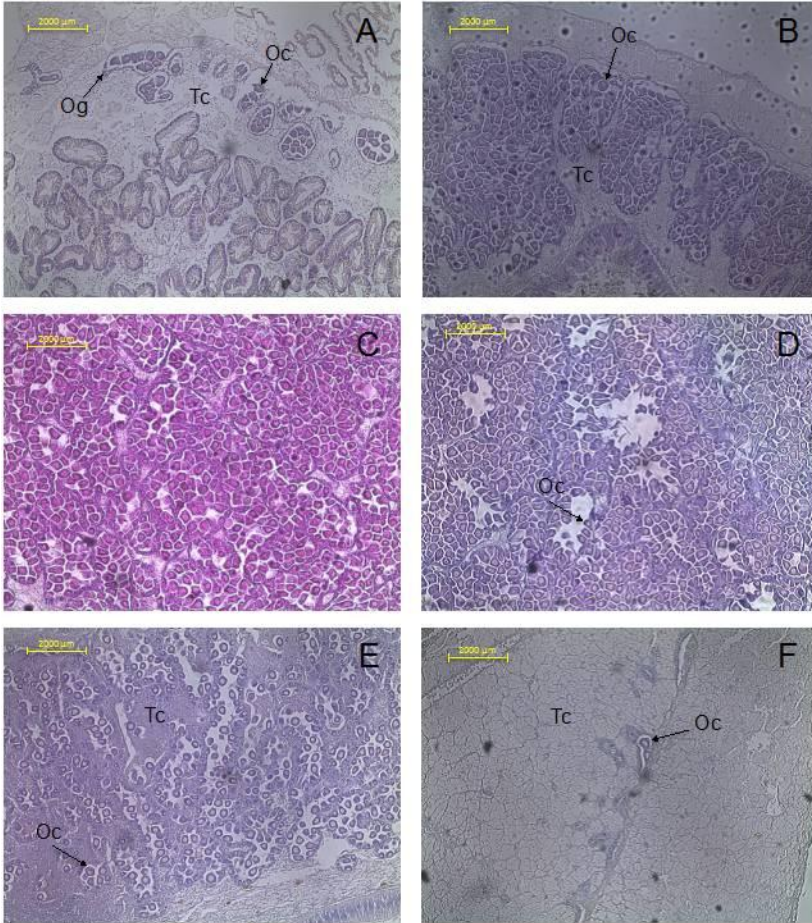


Figura 1. Fotografias microscópicas dos estágios do ciclo reprodutivo das fêmeas de *Crassostrea gasar* realizadas em aumento de 100x. A, gametogênese. B, pré-desova inicial. C, pré-desova avançada. D, desova inicial. E, desova avançada. F, repouso. Og = Oogônia; Oc = oócitos; Tc = tecido conjuntivo. Aumento 100x. Barra corresponde a 2000 µm.

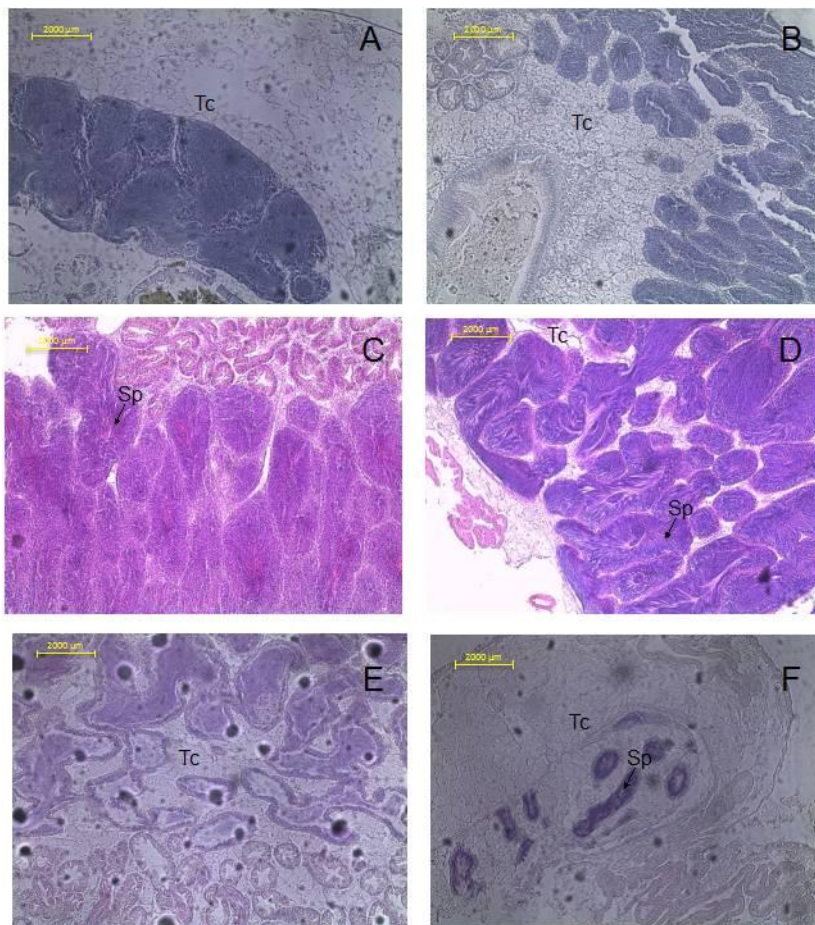


Figura 2. Fotografias microscópicas dos estágios do ciclo reprodutivo dos machos de *Crassostrea gasar* realizadas em aumento de 100x. A, gametogênese. B, pré-desova. C, desova inicial; D, desova intermediária. E, desova avançada. F, repouso. Sp = espermatozoides; Tc = tecido conjuntivo. Aumento 100x. Barra corresponde a 2000 μm.

2.5 Análises estatísticas

Os estágios sexuais foram comparados utilizando teste de Qui-quadrado. As análises foram realizadas com o pacote computacional SAS® (2003).

3. Resultados

A temperatura da água apresentou padrão semelhante nos dois pontos de cultivo no Nordeste, mantendo-se constante ao longo do ano (Figura 3a). No Torto (TT), variou de 27 a 30°C e no Morro do Meio (MM) de 26 a 29°C. A salinidade variou de 5 a 32‰ no TT e de 25 a 37‰ no MM (Figura 3b).

No Sul, a temperatura também apresentou padrão semelhante nos dois pontos de cultivos (Figura 3a). No entanto, houve variação de até 12°C entre as estações do ano e os valores de temperatura em São Francisco do Sul (SFS) foram superiores (entre 1 e 3°C) em relação ao Sambaqui (SB). As menores temperaturas foram observadas entre os meses junho a agosto, aumentando durante os meses de outubro e setembro, até atingir valores semelhantes aos observados no Nordeste, entre os meses de novembro a fevereiro. Em março, as temperaturas voltaram a diminuir, atingindo os baixos valores observados em junho e julho do ano anterior. Em SFS a temperatura variou de 17 a 28°C e no SB variou de 15 a 27°C. No SB a salinidade foi constante, variando de 33 a 36‰ e em SFS, variou de 25 a 33‰, mas permaneceu entre 30 e 33‰ durante a maior parte do estudo (Figura 3b).

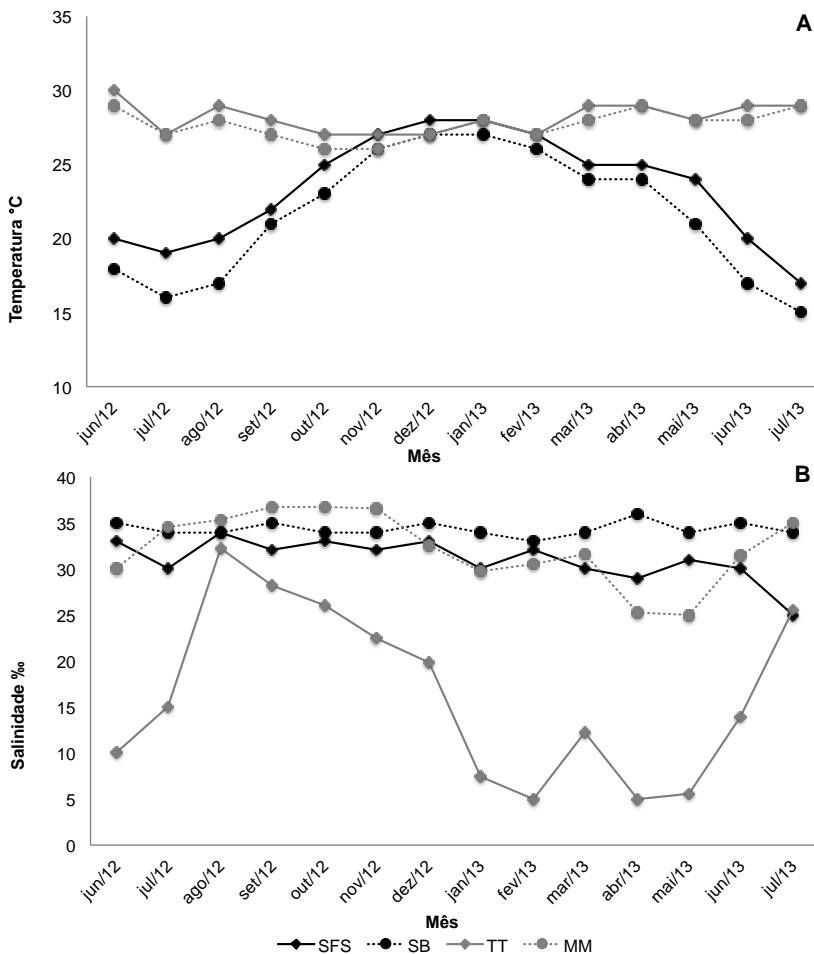


Figura 3. Temperatura da água (A) e salinidade (B) mensal nos pontos de cultivo durante o período experimental. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

Do total de animais analisados (1040 ostras), 40% dos exemplares eram fêmeas, 39% eram machos, 20% imaturos e 1% hermafroditas simultâneos. A proporção entre machos e fêmeas nos pontos de cultivo foram de 1 fêmea para 1,2 machos em SFS; 1,2 fêmeas para 1 macho no SB; 1,3 fêmeas para 1 macho no TT; e 1 fêmea para 1,2 machos no MM (Tabela 2). Nos pontos de cultivo do Sul, o número de indivíduos com sexo indeterminado foi superior a 30% dos indivíduos

amostrados, enquanto no Nordeste foi inferior a 2% (Tabela 2).

A altura dos indivíduos variou de 6,0 a 98 mm, enquanto o peso variou de 0,06 a 106,15 g. Valores máximos, mínimos e média do peso e da altura, por área, são apresentados na Tabela 3.

Nos estágios do ciclo reprodutivo (Figura 4), foi observada diferença estatística entre as Regiões Sul e Nordeste ($p < 0,05$). No Sul, os indivíduos iniciaram a gametogênese em agosto e setembro, de 60 a 90 dias após o início do cultivo (Figura 4), quando possuíam de 120 a 150 dias de idade (DI). O menor indivíduo em estágio de gametogênese mediu 21 mm no SB e 33 mm em SFS (Tabela 3). O estágio de pré-desova ocorreu a partir de outubro (180 DI). No SB, a desova iniciou em novembro (210 DI) e apresentou um pico em dezembro. A condição de desova prosseguiu em janeiro e fevereiro, atingindo um novo pico em março. Entre os meses de abril e julho, a porcentagem de animais em estágio de desova foi reduzindo gradativamente, a medida em que a porcentagem de exemplares em estágio de repouso cresceu. Em SFS, a desova foi observada a partir de dezembro, com um pico prolongado entre os meses de janeiro e fevereiro. A partir de março e abril a porcentagem de animais em estágio de desova reduziu a medida em que o número de animais em estágio de repouso aumentou, até o mês de junho quando todos os exemplares amostrados encontravam-se neste estágio. Em julho foram observados exemplares em repouso e em estágio de gametogênese.

No Nordeste, os indivíduos iniciaram a maturação em julho, 30 dias após o início do cultivo no ambiente, quando os animais possuíam 90 DI (Figura 4). O menor indivíduo em estágio de gametogênese mediu 11 mm no TT e 14 mm no MM. Em agosto e setembro (120 a 150 DI), o número de animais em estágio de pré-desova foi aumentando gradativamente. A partir de outubro (180 DI), foram observados animais em estágio de desova. Nos meses seguintes, os exemplares em estágio de desova representaram a maioria dos animais amostrados, com picos em dezembro, fevereiro, junho e julho no MM e picos em novembro, dezembro e entre maio e julho no TT. Ao contrário do observado para Região Sul, os indivíduos cultivados no Nordeste não entraram em repouso, sendo observados apenas 3,0% de animais neste estágio no TT e 1,9% no MM.

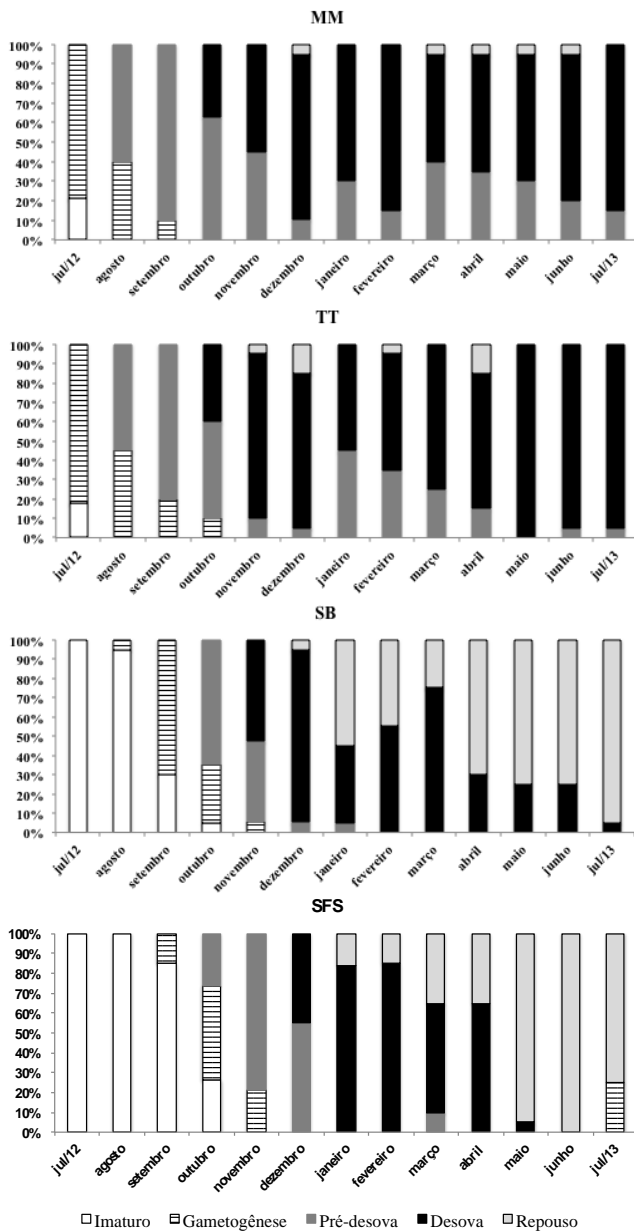


Figura 4. Estágios do ciclo reprodutivo observados nos pontos de cultivo do Sul e do Nordeste. Onde, NE = Nordeste; S = Sul; SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

Não foram observados indícios de alternância de sexos após períodos de desova e os indivíduos classificados como hermafroditas apresentaram gametas masculinos e femininos simultaneamente durante a primeira maturação sexual (Figura 5). Esses animais não foram incluídos nas análises do ciclo reprodutivo. No entanto, em ambas as Regiões foram observados hermafroditas nos estágios de gametogênese, pré-desova e desova.

Nas quatro áreas de cultivo foi observado desenvolvimento sincrônico no ciclo reprodutivo e machos e fêmeas. Embora a proporção mensal de amostragem de cada sexo tenha sido distinta, os mesmos estágios foram observados tanto em machos quanto em fêmeas.

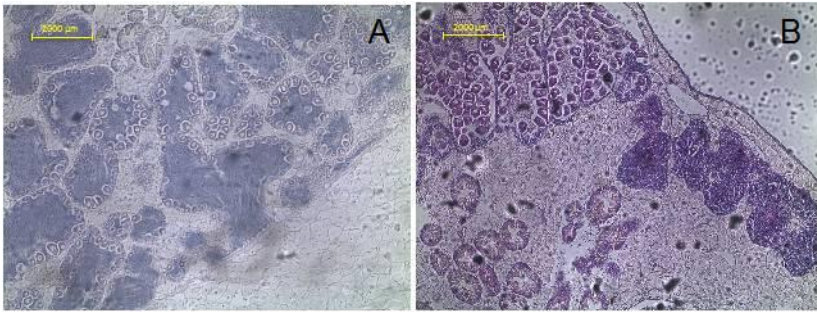


Figura 5. Fotografias microscópicas de exemplares hermafroditas simultâneos de *Crassostrea gasar* realizadas em aumento de 100x. A, folículos contendo espermatozóides rodeados por oócitos. B, folículos contendo espermatozóides ou oócitos, separadamente. Oc = oócitos, Sp = espermatozoides. Barra corresponde a 2000 µm.

Tabela 1. Descrição histológica dos estágios e das fases do desenvolvimento gonádico no ciclo reprodutivo da ostra do mangue, *Crassostrea gasar*, adaptado de Sühnel et al. (2010) e Ramos et al. (2014).

Estágio	Fase	Fêmeas	Machos
Imaturo	Única	Elevada presença de tecido conjuntivo. Ausência ou pequena presença de folículos em formação. Ausência total de gametas, impossibilitando a distinção entre os sexos.	
Gametogênese	Única	Presença de poucos oócitos, em diferentes tamanhos e estágios de desenvolvimento. As paredes dos folículos não estão justapostas, ocorrendo presença de tecido conjuntivo entre os folículos. Há espaços intrafoliculares, as paredes dos folículos são mais espessas e apresentam oogônias no lado interno.	Elevada presença de células germinativas junto à parede interna dos folículos. A quantidade de tecido conjuntivo decresce entre os folículos.
	Inicial	Presença reduzida do tecido conjuntivo. Elevado número de folículos densamente preenchidos com oócitos destacados da parede. As paredes dos folículos encontram-se justapostas.	Baixa presença de tecido conjuntivo. Os folículos possuem paredes justapostas e elevada concentração de espermatozóides com flagelos orientados para o lúmen.
Pré-desova	Avançada	Ocorre um número maior de folículos ao longo do campo visual da lâmina. As paredes dos folículos encontram-se justapostas, com maior dificuldade de diferenciação. Maior densidade de oócitos, alongados e extremamente comprimidos. Poucas células germinativas. Pouca presença de espaços intrafoliculares ou interfoliculares. Canal genital sem presença de oócitos.	Ocorre um número maior de folículos ao longo do campo visual da lâmina e a concentração de espermatozóides é mais elevada. As paredes dos folículos encontram-se justapostas, com maior dificuldade de diferenciação. Poucas células germinativas. Canal genital sem presença de espermatozóides.

Continua

Continuação

Estágio	Fêmeas	Machos
Inicial	A maioria dos folículos apresenta paredes não completamente justapostas com formato irregular. Os oócitos são observados no lúmen e nos canais genitais. Alguns folículos apresentam células germinativas próximas a parede e/ou oócitos com formato alongado destacados da parede. Baixa presença de tecido conjuntivo.	Paredes dos folículos não justapostas, com aspecto frouxo. Presença de espermatozóides nos canais genitais. Baixa presença de tecido conjuntivo. Alguns folículos apresentam elevada concentração de espermatozóides com flagelos orientados para lúmen.
Desova		
Avançada	Maioria dos folículos vazios ou parcialmente esvaziados. Presença de poucos gametas aptos a serem liberados. Ausência de células germinativas. Aumento do tecido conjuntivo entre os folículos e início da reabsorção de gametas.	
Repouso Única	Elevada presença de tecido conjuntivo interfolicular. Baixa presença de folículos com pequeno diâmetro. Ocorrência de raros gametas residuais que permitem a distinção entre os sexos ou ausência de folículos e de gametas, impossibilitando a distinção entre os sexos.	

Tabela 2. Porcentagem e proporção sexual de exemplares de *Crassostrea gasar* separados por sexo em cada ponto de cultivo. Onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; e MM = Morro do Meio.

Sexo	Sexagem (%)			
	Ponto de cultivo			
	SFS	SB	TT	MM
Fêmeas	25,4	35,8	55,4	43,5
Machos	30,4	30,8	41,5	53,5
Hermafroditas	1,2	0,8	1,2	1,1
Indeterminados	43,0	32,6	1,9	1,9
Proporção machos e fêmeas	1F: 1,2M	1,2F: 1M	1,3F: 1M	1F: 1,2M

Tabela 3. Peso total e altura das conchas dos espécimes amostrados nos estudos histológicos e peso total e altura da concha dos menores exemplares em estágio de pré-desova. Dados apresentados por ponto de cultivo, onde, SFS = São Francisco do Sul; SB = Sambaqui; TT = Torto; MM = Morro do Meio; e PS = estágio de pré-desova (inicial e avançada).

		Pontos de cultivo			
		SFS	SB	TT	MM
Altura mm	Mínimo	8,0	6,0	10,0	10,0
	Máximo	98,0	70,0	69,0	68,0
	Média	53,8±22,0	43,37±15,43	42,25±13,25	32,90±10,51
Peso g	Mínimo	0,08	0,06	0,13	0,10
	Máximo	106,15	55,01	48,40	77,0
	Média	34,46±28,02	16,91±12,39	13,51±9,63	8,68±9,48
Altura mm	Menor	34	27	22	20
Peso g	Fêmea em PS	5,12	3,47	1,18	3,40
Altura mm	Menor	40	31	23	20
Peso g	Macho em PS	5,38	3,24	1,73	1,90

4. Discussão

Os valores de temperatura e salinidade da água neste estudo foram semelhantes aos observados em outros trabalhos realizados em

SFS (Lopes et al., 2013), SB (Lopes et al., 2013; Gomes et al., 2014), TT e MM (dados não publicados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

As proporções entre machos e fêmeas, tanto geral quanto por ponto de cultivo demonstram um balanço entre os sexos durante a primeira maturação. Apesar das diferenças nos valores de temperatura e salinidade, as proporções semelhantes entre os sexos nas quatro áreas de cultivo, sugerem que a temperatura e a salinidade não influenciam na diferenciação sexual de *C. gasar* na primeira maturação sexual. As proporções observadas entre os sexos foram semelhantes ao estudo de Paixão et al. (2013) conduzido no estado do Pará (Região Norte, latitude 0°S), onde esses autores observaram a proporção de 1,1F: 1M. No estado do Paraná (Região Sul, latitude 25°S), Christo e Absher (2006) também observaram proporção sexual semelhante as registradas no presente estudo, de 1,4F: 1M, enquanto Castilho-Westphal et al. (2015), também no Paraná, observaram uma maior proporção de fêmeas em relação aos machos (2,6F: 1M).

Neste estudo, indivíduos de sexo indeterminado foram raros no Nordeste e representativos no Sul, onde ocorreram em maior porcentagem nos meses de temperaturas mais baixas, quando os animais ainda não estavam maduros ou encontravam-se em estágio de repouso. Esses resultados corroboram Gomes et al. (2014), que também observaram a predominância de indivíduos de sexo indeterminado nos meses de inverno em Santa Catarina (Região Sul, latitude 27°S).

O padrão de sincronia no desenvolvimento do ciclo reprodutivo entre machos e fêmeas de *C. gasar* também foi constatado por Paixão et al. (2013) e por Gomes et al. (2014). A ocorrência de indivíduos em estágio de gametogênese a partir de 11 mm no Nordeste corresponde ao menor tamanho registrado na literatura para *C. gasar*, enquanto o menor tamanho registrado no Sul (21 mm) corrobora estudos anteriores com *Crassostrea* sp. (Nascimento e Lunetta, 1978; Galvão et al., 2000).

Considerando a ausência de indícios de alternância de sexos e a presença apenas de hermafroditas simultâneos, estima-se que *C. gasar* seja uma espécie dióica. A possibilidade da ocorrência de hermafroditismo assíncrono em áreas em que os animais entrem em estágio de repouso deve ser avaliada mediante a sexagem e monitoramento do ciclo reprodutivo de exemplares marcados individualmente.

Embora os indivíduos classificados como hermafroditas tenham apresentado estágios distintos do ciclo sexual, incluindo a desova, a possibilidade destes animais serem viáveis do ponto de vista reprodutivo

depende de estudos específicos de fertilização e larvicultura.

A baixa porcentagem de hermafroditas foi semelhante a outros trabalhos que registraram valores entre 0,5% (Paixão et al., 2013), 1,0% (Castilho-Westphal et al., 2015) e 1,1% (Ramos et al., 2014).

As diferenças mais notórias no ciclo reprodutivo das Regiões Sul e Nordeste foram, o tempo transcorrido para o início da primeira maturação e a sequência de produção de gametas. Ambas as diferenças foram atribuídas a temperatura da água nas áreas de estudo.

No Nordeste, a temperatura da água manteve-se acima de 26°C ao longo de todo o experimento e cerca de 80% dos exemplares encontrava-se em estágio de gametogênese 30 dias após o povoamento. No Sul, os exemplares em gametogênese começaram a aparecer entre 120 (SB) e 150 (SFS) dias após o povoamento, quando a temperatura da água atingiu valores acima de 20°C. Assim como ocorre para outros bivalves, esse resultado sugere que a produção e maturação dos gametas está relacionada a temperatura. Em *C. gigas*, a temperatura regula o período e a velocidade em que a gametogênese ocorre (Enríquez-Díaz et al., 2009). Este parâmetro também foi apontada como principal fator para maturação e desova de *C. gasar* nos estados do Paraná (Castilho-Westphal et al., 2015) e Santa Catarina (Gomes et al., 2014). A influência da temperatura foi confirmada em laboratório por Ramos et al. (2014), que constataram que o desenvolvimento do tecido gonádico apresenta correlação positiva com a temperatura. Bem como, observou-se no presente estudo, que para *C. gasar* valores acima de 20°C são mais adequados para o desenvolvimento de células germinativas nos folículos.

Em relação as diferenças no ciclo de produção de gametas, no Nordeste o ciclo reprodutivo foi intermitente, com desovas ao longo de todo o ano, enquanto no Sul foram observados períodos distintos de desova e repouso.

No Nordeste, após o início da desova os animais apresentaram parte dos folículos esvaziados e gametas nos canais genitais, ao mesmo tempo em que apresentavam folículos característicos dos estágios de gametogênese e de pré-desova. Desta forma, a medida em que os gametas maduros foram liberados, os indivíduos continuaram a produzir novos gametas, sem apresentar indícios de que entrariam em estágio de repouso (Figura 2). Um padrão semelhante foi descrito por Nascimento (1991) para *C. rhizophorae*, na qual a gametogênese ocorre ao longo do ano sem a existência do estágio de repouso nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, devido à temperatura da água ser constante.

No Sul, após o início do estágio de desova, parte dos indivíduos

analisados apresentou características de desova em fase intermediária, enquanto outra parte apresentou características da fase avançada de liberação de gametas. Na desova avançada, foram observados folículos com gametas aptos a serem liberados, mas também um elevado número de folículos colapsados e presença significativa de tecido conjuntivo, indicando que esses animais entrariam em fase de repouso. De fato, nos meses de inverno (junho e julho), os animais no estágio de repouso representaram entre 75 a 100% dos exemplares amostrados.

Na Região Sul, os resultados obtidos em Santa Catarina na área SB estão de acordo com Gomes et al. (2014), que descreveram o ciclo reprodutivo de *C. gasar*, neste mesmo local, como típico de moluscos bivalves de clima temperado, com dois picos de desova e período bem estabelecido de repouso. Em SFS, no entanto, foi observado um pico prolongado de desova, seguido do repouso. No Paraná, o ciclo reprodutivo de *C. gasar* é intermitente com maior intensidade durante os meses de verão (Castilho-Westphal et al., 2015). Indivíduos em estágio de repouso ocorrem entre os meses de maio a outubro (Castilho-Westphal et al., 2015) em porcentagem inferiores a 30% (Castilho-Westphal, 2012).

Paixão et al. (2013), avaliaram o ciclo reprodutivo de *C. gasar* no estado do Pará, aonde o clima é tropical de monção, com temperaturas elevadas e períodos bem marcados de alta e baixa pluviosidade. Paixão et al. (2013) observaram que nos períodos de alta pluviosidade ocorre baixa na salinidade e aumento de indivíduos maduros e que nos meses de baixa pluviosidade ocorre aumento da salinidade e da presença de animais em estágio de desova. Essas observações são corroboradas por experimentos de maturação conduzidos em laboratório por Gomes et al. (2014), que observaram desenvolvimento mais acentuado do tecido gonádico em indivíduos condicionados em salinidade 24 do que naqueles condicionados em salinidade 34.

De acordo com trabalhos sobre ciclo reprodutivo de *C. gasar* realizados no Brasil com o uso de técnicas histológicas (presente estudo, Paixão et al., 2013; Gomes et al., 2014; Castilho-Westphal et al., 2015), a estratégia reprodutiva da espécie apresenta padrões distintos de acordo com a latitude. Nas baixas latitudes (Pará e Maranhão) o ciclo é intermitente com a ocorrência de desovas ao longo do ano e com raros indivíduos em estágio de repouso. Na latitude 25 (Paraná), o ciclo permanece intermitente, mas a desova apresenta picos nos meses de verão e a ocorrência de indivíduos em estágio de repouso é mais representativa. Nas latitudes 26 e 27°S (Santa Catarina), o período de desova está associado ao aumento da temperatura da água e ocorre ao

final da primavera e durante o verão. O estágio de repouso é bem marcado, ocorrendo em maior proporção que os demais estágios do ciclo reprodutivo durante os meses mais frios.

O padrão reprodutivo distinto observado entre os locais de estudo está de acordo com a descrição de Mackie (1984), que destaca as diferentes estratégias reprodutivas de moluscos bivalves de acordo com a latitude, com a ocorrência de desovas ao longo do ano em clima tropical e de desovas sincronizadas seguidas de repouso em regiões de clima temperado. No entanto, independente da latitude, este padrão pode ser influenciado por características ambientais, como por exemplo a ocorrência de elevada precipitação no Pará, ou a presença de águas frias, como na ressurgência de Cabo Frio, descrita por Ikeda (1976) entre as latitudes 22 - 23°S. Desta forma, a realização de estudos sobre o ciclo reprodutivo de *C. gasar* em outros pontos da costa brasileira é importante para compreender melhor a estratégia reprodutiva da espécie.

5. Conclusões

- Para a ostra nativa *C. gasar*, foi possível observar folículos em desenvolvimento a partir de 11 mm de altura da concha e com idade de 60 a 90 dias. Indivíduos em estágio de pré-desova foram observados a partir de 20 mm de altura da concha;
- Nas áreas de estudo, ocorre equilíbrio na proporção sexual entre machos e fêmeas no primeiro ano de vida de *C. gasar*;
- Estratégia reprodutiva de *C. gasar* apresenta variação latitudinal, com desovas ao longo do ano no Maranhão e picos de desovas entre primavera e verão em Santa Catarina;
- O estágio de repouso foi raramente observado nas áreas de estudo do Nordeste e predominante nos meses de baixas temperaturas nas áreas de estudo do Sul.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola da UFSC pela cessão do espaço e equipamentos para realização das análises histológicas. A Associação dos Maricultores do Capri, em São Francisco do Sul-SC e as Comunidades do Torto e do Morro do Meio, em Araisos-MA pela cessão do espaço utilizado pelas estruturas de cultivo no presente estudo. Ao CNPq pelo bolsa de produtividade em pesquisa para o último autor.

6. Referências

BALDAN, A. P.; BENDHACK, F. 2009. Sustainable mariculture in Paraná coast, Brazil: updates and perspectives. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, 7 (4), 491-497.

BRASIL, 2013. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, 2013. 60p.

CASTILHO-WESTPHAL, G.G. 2012. Ecologia da ostra do mangue *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) em manguezais da Baía de Guaratuba-PR. 118f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; MAGNANI, F.P.; OSTRENSKY, A. 2015. Gonad morphology and reproductive cycle of the mangrove oyster *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) in the Baía de Guaratuba, Paraná, Brazil. **Acta Zoologica (Stockholm)**, 96, 99–107.

CHRISTO, S.W., ABSHER, T.M. 2006. Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) and *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná, Brazil. **J Coastal Res.** 2, 1215-1218,

CROSBY, M.P.; GALE, L.D. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. **J. Shellfish Res.** 9, 233-237.

CUNHA, da A. C.L.B., 2014. Monitoramento da perkinsiose em reprodutores de moluscos bivalves do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina. Resumos Aquacultura.

ENRÍQUEZ-DÍAZ, M., POUVREAU, S., CHÁVEZ-VILLALBA, J., Le PENNEC, M. 2009. Gametogenesis, reproductive investment, and spawning behavior of the Pacific giant oyster *Crassostrea gigas*: evidence of an environment-dependent strategy. **Aquaculture International**, 17 (5), 491-506.

GALTSOFF, P. S. The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791). **Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service**, 64: 1- 480. 1964.

GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, O.M.; MACHADO, I.C.; HENRIQUE, M.B. 2000. Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de Cananéia, SP (25°S; 48°W). **B. Inst. Pesca**, 26 (2), 147-162.

GOMES, C.H.A.M.; SILVA, F.C; LOPES, G.R.; MELO, C.M.R. 2014. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. **Braz. J. Biol.** 74 (4) 967-976.

GOSLING, E. **Bivalve mollusks: biology, ecology and culture**. Oxford: Fishing News Books, 2003. 455p.

IKEDA, Y. 1976. Variações em escala média da temperatura e da salinidade do mar, na região entre a Baía de Guanabara e Cabo Frio (17/08 A 26/08/1971). **Bol. Inst. Oceanogr.**, 25:221-280

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. **Pesq. agropec. bras.**, 48 (7), 975-982.

MACKIE, G.L. **Bivalves**. In: Tompa, A. S., Wilbur, K. M., Verdonk, N. H., Van den Biggelaar, J. A. M. The molusca, Volume 7, Reproduction. Orlando: TOMPA, A.S.; VERDONK, N.H.; VAN DEN BIGGELAAR, J.A.M. 1984. p. 351-418

MELO, C.M.R., SILVA, F.C., GOMES, C.H.A.M., SOLE´CAVA, A.M., LAZOSKI, C. 2010. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. **Biological Invasions**, 12, 441–449.

NASCIMENTO, I. A.; LUNETTA, J. E. Ciclo sexual da ostra do mangue e sua importância para o cultivo. **Boletim Fisiologia Animal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2: 63-98, 1978.

NASCIMENTO I. A. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliiana* (Lamarck) in South and Central America. In: Menzel, W. Estuarine and marine bivalve mollusk culture. Boston: CRC Press, 1991. p.125-134.

PAIXÃO, L.; FERREIRA, M.B.; NUNES, Z.; FONSECA-SIZOA, 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**, 380-383, 6-12.

QUAYLE, D.B.; NEWKIRK, G.F. **Farming bivalve molluscs: methods for study and development**. The World Aquaculture Society, International Development Research Center, 1989, 294 p.

RAMOS, C.O.; GOMES, C.H.A.M.; MAGALHÃES, A.R.M.; DOS SANTOS, A.I.; MELO, C.M.R. 2014. Maturation of the mangrove oyster *Crassostrea gasar* at different temperatures in the laboratory. **Journal of Shellfish Research**, 33 (1), 187–194.

RUIZ, C., ABAD, M., SEDANO, F., GARCIA-MARTIN, L.O., SÁNCHEZ-LÓPEZ, J.L. 1992. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in El Grove, Galicia, Spain. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155, 249-262

SANTA CATARINA, 2015. **Síntese informativa da maricultura 2014**. Florianópolis-SC.

SILVEIRA, R.C., SILVA, F.C., GOMES, C.H.M., FERREIRA, J.F., MELO, C.M.R. 2011. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. **Brazilian Journal of Biology**. v. 71, p. 557-562.

SÜHNEL, S., JOHNSON, S.C., GURNEY-SMITH, H.J, IVACHUK, C.S., SCHAEFER, A.L.C., THOMSON, C.A., MACIEL, M.L.T, MARTINS, M.L., ARANGUREN, R., FIGUERAS, A., MAGALHÃES, A.R.M. (*in press*). A status assessment of perkinsiosis, bonamiosis and mateiliosis in commercial marine bivalves from southern Brazil. **Journal of Shellfish Research**.

SÜHNEL, S., LAGREZE, F., BERCHT, M., FERREIRA, J. F., CARNEIRO-SCHAEFER, A. L., MAGALHÃES, A. R. M., MARASCHIN, M. 2010. Sexual stages of the female portion in the scallop *Nodidipeten nodosus* (Linné, 1758) and astaxanthin quantity in each stage. **Braz. J. Biol.**, 70 (3) 651-658.

SÜHNEL, S., LAGREZE, F., PEREIRA, A., da SILVA, F. C., Gurney-Smith, H., Bercht, M., Maraschin, M., MAGALHÃES, A. R. M., FERREIRA, J. F. 2014. Effects of astaxanthin on reproductive success in the tropical scallop *Nodidipeten nodosus* (Linnaeus, 1758). **Journal of Shellfish Research**, 33(1) 89-98.

CAPÍTULO IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONCLUSÕES GERAIS

A ostra nativa *Crassostrea gasar* apresenta características desejáveis para o cultivo, atingindo desempenho zootécnico semelhante a outras espécies de ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas na Europa e na América do Norte. De acordo com os resultados do estudo sobre crescimento, foi possível obter indivíduos com 70 mm de altura da concha na Baía de Babitonga-SC, após 7 a 8 meses de cultivo. O estudo sobre o crescimento também demonstrou a viabilidade do cultivo de *C. gasar* em águas tropicais e temperadas, o que justificaria expandir as áreas de cultivo nas Regiões Norte e Nordeste.

É recomendada a salinidade 28, tanto para a fertilização quanto para a larvicultura de *C. gasar* em laboratório. O experimento de larvicultura realizado durou cerca de 25 dias, quando características indivíduos aptos ao assentamento foram observadas na maioria das larvas cultivadas.

Avaliando os resultados obtidos no estudo do ciclo reprodutivo, observa-se que *C. gasar* apresenta estratégias reprodutivas distintas de acordo com a latitude. Em áreas de clima tropical, os indivíduos investiram na produção de gametas seguida de desova ao longo do ano, enquanto em áreas de clima temperado os estágios relacionados a produção de gametas e desova apresentaram picos na primavera e no verão, seguido de um estágio de repouso nos meses mais frios.

SUGESTÕES

Pesquisas sobre o efeito da temperatura e de diferentes dietas sobre o desenvolvimento larval e o assentamento de *C. gasar* são necessárias para a determinação de um protocolo adequado para a larvicultura e produção de sementes da espécie. Estudos futuros também devem testar a viabilidade do cultivo de larvas produzidas através da técnica de raspagem do tecido gonádico, em comparação com as atuais técnicas de desova em massa.

Futuros trabalhos visando determinar os parâmetros ambientais que permitam melhor desempenho para *C. gasar*, incluindo a avaliação da velocidade da corrente em áreas estuarinas serão úteis para seleção de futuras áreas aquícolas voltadas a ostreicultura.

Considerando a existência de estratégias reprodutivas distintas de acordo com a latitude, sugere-se a condução de estudos sobre o ciclo

reprodutivo de *C. gasar* entre as latitudes 3 e 24°S, a fim de compreender o ciclo reprodutivo da espécie ao longo da costa brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABSHER, T.M. **Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* do litoral do Paraná- Desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento.** 1989. 185f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ABSHER, T.M.; CALDEIRA, G.A. **Caracterização dos parques de cultivo de ostras do litoral do Paraná: Aspectos técnicos-produtivos e socioeconômicos.** In: Sistemas de cultivo aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Rio de Janeiro: BARROSO, G.F.; POERSCH, L.H.S.; CAVALLI, R.O. (orgs.), 2007. p. 181-194.

AFINOWI, M.A. 1984. **The mangrove oyster, *Crassostrea gasar* cultivation and potential in the Niger Delta (Nigeria).** Lagos: Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, (Technical Paper: 14), 14p.

ALBUQUERQUE, M. C. P., FERREIRA, J. F., SALVADOR, G. C., TURINI, C. Influência da temperatura e da salinidade na sobrevivência e crescimento de larvas da ostra perlifera *Pteria hirundo*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 3, 189 – 197. 2012.

AKABOSHI, S., PEREIRA, O. M. Ostricultura na região lagunar-estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. I. Captação de larvas de ostras, *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), em ambiente natural. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 8, p. 87-104, 1981.

AREIAS, D.L.L. 2012. **Efeito da salinidade e temperatura no assentamento da ostra *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) e indução da desova da ostra *Crassostrea gigas* (Thundberg, 1795).** Dissertação (Mestrado em Recursos biológicos e Aquáticos) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

BALDAN, A.P.; BENDHACK, F. 2009. Sustainable mariculture in Paraná coast, Brazil: updates and perspectives. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 491-497, 2009

BARG,1992. **Guidelines for the promotion of enviromental management of coastal aquaculture development.** FAO fisheries Technical paper 328. Roma.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil 2008-2009**. Brasília, 2010. 99p.

BRASIL, Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, 2013. 60p.

CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; MAGNANI, F.P.; OSTRENSKY, A. Gonad morphology and reproductive cycle of the mangrove oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) in the Baía de Guaratuba, Paraná, Brazil. **Acta Zoologica (Stockholm)**. v. 96, p. 99–107. 2015.

CARRIKER, M.R.; GAFFNEY, P.M. **A catalogue of selected species of living oysters (Ostreacea) of the world**. In: The eastern oyster: *C. virginica*. Maryland Sea Grant College, Maryland, 1996. p.1-18.

CAVALLI, R.O.; FERREIRA, J. F. O futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil: maricultura. **Ciência e Cultura**, v. 62, p. 38-39, 2010.

CHENG, W., YEH, S.P., WANG, C.S., CHEN, J.C. Osmotic and ionic changes in Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* at different salinity levels. **Aquaculture**. v. 203, p. 349-357, 2002.

CHRISTO, S.W.; ABSHER, T.M. Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) and *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) (Bivalvia:Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná, Brazil. **J Coastal Res**. v.2, p. 1215-1218, 2006.

CREMER, M.J.; MORALES, P.R.D.; OLIVEIRA, T.M.N. **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville: Univille, 2006. 256p.

CROSBY, M.P.; GALE, L.D. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. **J. Shellfish Res**. V. 9, p. 233-237, 1990.

DANTAS-NETO , M.P., SABRY, R.C., GESTEIRA, G.C.V., ALMEIDA, A.M.S., SILVEIRA, F.F., VASCONCELOS, R.F., NOGUEIRA, I.S. O histórico do cultivo de ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), no estuário do Rio Jaguaribe, Fortim – CE In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, XIII.; 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2004. p. 137-149.

DAVIS, H. C.; CALABRESE, A. Combined effects of temperature and salinity on development of eggs and growth of larvae of *M. mercenaria* and *C. virginica*. **Fishery Bulletin**, v. 63, p. 643-655. 1964.

DEVAKIE, M.N.; ALI, A.B. Salinity-temperature and nutritional effects on the setting rate of larvae of the tropical oyster, *Crassostrea iredalei* (Faustino). **Aquaculture**, v. 184, p. 105-114. 2000.

ENRÍQUEZ-DÍAZ, M., POUVREAU, S., CHÁVEZ-VILLALBA, J., Le PENNEC, M. Gametogenesis, reproductive investment, and spawning behavior of the Pacific giant oyster *Crassostrea gigas*: evidence of an environment-dependent strategy. **Aquaculture International**, v. 17, n 5, p. 491-506. 2009.

FAO, 1990. Selected papers on mollusc culture. Roma.

FAO, 2004. Hatchery culture of bivalves, a practical manual. Fisheries Technical Paper 471. Roma, 177p.

FAO. 2010. **Fishstat Plus 2.30: Universal software for fishery statistical time series**. Rome: Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.

FAO. 2012. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 209p.

FAO, 2014. **The State of world fisheries and aquaculture**. Roma, 223p.

FERREIRA, J.F.; OLIVEIRA-NETO, M. 2007. **Cultivo de moluscos em Santa Catarina**. In: Sistemas de cultivo aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Rio de Janeiro: BARROSO, G.F.; POERSCH, L.H.S.; CAVALLI, R.O., 2007. p. 87 -96.

GALTSOFF, P. S. The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791). **Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service**, 64: 1- 480. 1964.

GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, O.M.; MACHADO, I.C.; HENRIQUE, M.B. Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de Cananéia, SP (25°S; 48°W). **B. Inst. Pesca**, v. 26, n. 2, p. 147-162. 2000.

GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, OM.; MACHADO, I.C.; PIMENTEL, C. M. M.; HENRIQUE, M.B. Desempenho da criação da ostra do mangue *Crassostrea* sp. a partir da fase juvenil em sistema suspenso, no estuário de Cananéia e no omã de Ubatuba (SP, Brasil). **B. Inst. Pesca**, v. 35, n. 3, p. 401-411. 2009.

GANGNAIRE, B., FROUIN, H., MOREAU, K., THOMAS-GUYON, H., RENAULT, T. Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 20, n. 4, p. 536-547. 2006.

GOMES, C.H.A.M. **Ciclo reprodutivo da ostra *Crassostrea brasiliensis* (Lamarck, 1819) em cultivo e maturação em laboratório.** 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em aquicultura) Universidade Federal de Santa Catarina.

GOMES, C.H.A.M.; SILVA, F.C; LOPES, G.R.; MELO, C.M.R. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. **Braz. J. Biol.** v. 74, n. 4, p. 967-976. 2014.

GOSLING, E. **Bivalve mollusks: biology, ecology and culture.** Oxford: Fishing News Books, 2003. 455p.

HENRIQUES, M. B.; MACHADO, I. C.; FAGUNDES, L. Influência de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento de ostras *crassostrea* (sacco, 1897) na Baía de Guaratuba, Brasil. **B. Inst. Pesca** 36, 4, p.307-316, 2010.

HOSHINO, P. **Avaliação e comparação de projetos comunitários de ostreicultura localizados no nordeste paraense.** 2009. 99f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) –Universidade Federal do Pará, Belém.

HUO, Z., WANG, Z., LIANG J., ZHANG, Y., SHEN, J., YAO, T., SU, J., YU, R. Effects of Salinity on Embryonic Development, Survival, and Growth of *Crassostrea hongkongensis*. **Journal of Ocean University of China**, v. 13, p. 666-670. 2014.

IBAMA. **Estatística da pesca 2005 grandes Regiões e Unidades da Federação.** Brasília, 2007a.108 p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2007 grandes Regiões e Unidades da Federação**. Brasília, 2007b. 151 p.

IBAMA; **Plano de gestão e diagnóstico geoambiental e sócio-econômico da APA do Delta do Parnaíba**. IBAMA, Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Fortaleza: Instituto de Estudos e Pesquisas Sociais da UECE, 1998. 101p.

IGNÁCIO, B.L.; ABSHER T.M.; LAZOSKI, C.; SOLÉ-CAVA, A.M. Genetic evidence of the presence of two species of *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) on the coast of Brazil. **Mar Biol** v.136, p. 987-991, 2000.

IKEDA, Y. Variações em escala média da temperatura e da salinidade do mar, na região entre a baía de guanabara e cabo frio (17/08 A 26/08/1971). **Bolm Inst. Oceanogr.** V. 25, p. 221-280, 1976.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos** v. 69, p. 373–386, 1994.

LAVANDER, H.D.; SILVA-NETO, S.R.; OLIVEIRA, R.L.M.; SOUZA A.B.S.; CARDOSO, L.O.J.; GUIMARÃES, I.M.; ANTONIO, I.G.; COSTA, W.M.; GÁLVEZ, A.O. O desenvolvimento da ostreicultura em pernambuco. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v. 15, n. 2, p. 107-114, 2007

LAZOSKI, C. **Sistemática molecular e genética populacional de ostras brasileiras (*Crassostrea spp.*)**. 2004. 145 f. Tese (Doutorado em genética) - Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LAZOSKI, C.; GUSMÃO, J.; BOUDRY, P.; SOLÉ-CAVA, A.M. Phylogeny and phylogeography of commercially important Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 426, p. 197–212, 2011.

LEGAT, J. F. A., PUCHNICK-LEGAT, A., PEREIRA, A. M. L. **Sistema de produção aquícola familiar**. In: Estratégias de desenvolvimento rural e alternativas tecnológicas para a agricultura familiar na região Meio-Norte. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, p. 340-357.

LEMOS, M.B.N.; NASCIMENTO, I.A.; DE ARAUJO, M.M.S.; PEREIRA, S.A.; BAHIA, I.; SMITH, D. H. The combined effects of salinity, temperature, antibiotic and aeration on larval growth and survival of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*. **J. Shellfish Res.** v.13, p. 187-192, 1994.

LOPES, G.R. **Crescimento da ostra-do-mangue, *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) cultivada em dois ambientes no estado de Santa Catarina.** 2008. 33 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MACCACCHERO, G. B., FERREIRA, J. M., GUZENSKI, J. Influence of stocking density and culture management on growth and mortality of the mangrove native oyster *Crassostrea sp.* in southern Brazil. **Biotemas**, v. 20, n. 3, p. 47-53. 2007.

MACKIE, G.L. **Bivalves.** In: Tompa, A. S., Wilbur, K. M., Verdonk, N. H., Van den Biggelaar, J. A. M. The mollusca, Volume 7, Reproduction. Orlando: TOMPA, A.S.; VERDONK, N.H.; VAN DEN BIGGELAAR, J.A.M. 1984. p. 351-418

MANN, R. Field studies of bivalve and their recruitment to the benthos: a commentary. **J. Shellfish Res.**, v.7, n.1, p. 49-64, 1988.

MELO, C.M.R.; SILVA, F.C.; GOMES, C.H.A.M.; SOLE'-CAVA, A.M.; LAZOSKI, C. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. **Biol Invasions** v.12, p.441-449, 2010a.

MELO, A. G. C.; VARELA, E. S.; BEASLEY, C. R.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; GAFFNEY, P. M.; REECE, K. S.; TAGLIARO, C. H. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Genet. Mol. Biol.** v.33, n.3, p. 564-572, 2010b.

MIRANDA, M.B.B., GUZENSKI, J. Larvae culture of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), under different conditions of temperature, salinity and density. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 32, p. 73-84. 1999.

MONTANHINI-NETO, R.M.; ZENI, T.O.; LUDWIG, S.; HORODESKY, A.; GIROTTO, M.V.F.; CASTILHO-WESTPHAL,

G.G.; OSTRENSKY, A. Influence of environmental variables on the growth and reproductive cycle of *Crassostrea* (Mollusca, Bivalvia) in Guaratuba Bay, Brazil. **Invertebrate Reproduction & Development**. V. 1, p. 1-11. 2012.

NASCIMENTO I. A. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliiana* (Lamarck) in South and Central America. In: Menzel, W. Estuarine and marine bivalve mollusk culture. Boston: CRC Press, 1991. p.125-134.

NELL, J. A., HOLLIDAY, J. E. Effects of Salinity on the Growth and Survival of Sydney Rock Oyster (*Saccostrea commercialis*) and Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) Larvae and Spat. **Aquaculture**, v. 68, p. 39-44, 1988.

NISHIDA, A.K.A; NORDI, N; ALVES, R.R.D.N. Abordagem etnoecológica da coleta de moluscos no litoral Paraibano. **Tropical Oceanography**, v. 32, n.1, p. 53-68, 2004.

NORLING, P.; KAUTSKY, N. Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. **Mar Ecol Prog Ser** v.351, p.163–175, 2007.

O'CONNOR, W. A., LAWLER N. F. Salinity and temperature tolerance of embryos and juveniles of the pearl oyster, *Pinctada imbricata* Röding. **Aquaculture**, v. 229, p. 493–506. 2004.

ORBAN, E.; LENA, G.; MASCI, M.; NEVIGATO, T.; CASINI, I.; CAPROLI, R.; GAMBELLI, L.; PELLIZATO, M. Growth, nutritional quality and safety of oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in the Lagoon of Venice (Italy). **J. Sci. Food. Agric.** v.84, n.14, p.1929-1938, 2004.

PAIXÃO, L.; FERREIRA, M.B.; NUNES, Z.; FONSECA-SIZOA, F.; ROCHA, R. Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster *Crassostrea gasar*: Implications for the collection of broodstock oysters. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 6-12. 2013.

PAZOS, A.J.; GUILLERMO ROMÁN, G.; ACOSTA, C.P.; ABAD, M.; SÁNCHEZ, J.L. Stereological studies on the gametogenic cycle of the scallop, *Pecten maximus*, in suspended culture in Ria de Arousa (Galicia, NW Spain). **Aquaculture** 142. P119-135. 1996.

PEREIRA, O. M.; SOARES, F. C. Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia-SP. **Bol. Int. Pesca** v.27, n.2, p. 163-174, 1996.

PEREIRA, O. M.; MACHADO, I.C.; HENRIQUES, M.B.; YAMANABA, N. Crescimento da ostra *C. brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia – SP (25°S, 48°W). **Bol. Int. Pesca** v.23, p. 135-142, 2001.

PEREIRA, O. M.; HENRIQUES, M. B; MACHADO, I. C. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 29, n.1, p. 19 – 28, 2003.

PEREIRA, A. M. L. **Projeto de ostreicultura como uma alternativa de renda para comunidades litorâneas**. 13p. Relatório final. Parnaíba: Embrapa Meio-Norte, 2009.

POLI, C.R. **Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*)**. In: Aqüicultura - experiências brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, 2004. p. 251–266.

PUCHNICK-LEGAT, A.; OLIVEIRA, J.A.; ARAÚJO, A.C.; SILVA, N.W.O. 2010 Diferenciação genética das espécies de ostras nativas (*Crassostrea sp*) no Brasil. . In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, III.; 2010, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande: FURG, 2010. p. 825-827.

QUAYLE, D.B.; NEWKIRK, G.F. **Farming bivalve molluscs: methods for study and development**. The World Aquaculture Society, International Development Research Center, 1989, 294 p.

RAMOS, C.O.; GOMES, C.H.A.M.; MAGALHÃES, A.R.M.; DOS SANTOS, A.I.; MELO, C.M.R. Maturation of the mangrove oyster *Crassostrea gasar* at different temperatures in the laboratory. **Journal of Shellfish Research**, Vol. 33, No. 1, 187–194, 2014.

RIOS, E. C. **Compendium of brazilian seashells of Brazil**. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, Brazil. 2009. 368p.

ROMO, Z.,M., RE, A.D., DIAZ, F., MENA, A. Physiological responses of pink abalone *Haliotis corrugata* (Gray, 1828) exposed to diferente

combinations of temperature and salinity. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 953-960. 2010.

SABRY, R.C.; MAGALHÃES, A.R.M. Parasitas em ostras de cultivo (*Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gigas*) da Ponta do Sambaqui, Florianópolis, SC. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.57, n.2, p.194-203, 2005.

SABRY, R.C.; ROSA, R.; MAGALHAES, A.R.M.; BARRACCO, M.A ; GESTEIRA, T.C.V.; SILVA, P.M. First report of a *Perkinsus* sp. infecting Mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* of the Brazilian coast.. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 88, p. 13-23. 2009.

SANDISON, E. E. The effect of salinity fluctuations on the life cycle of *Gryphaea gasar* (Adanson) Dautzenberg in Lagos Harbour, Nigeria. **Journal of Animal Ecology**, v. 35, n. 2, p. 379–389, 1966.

SANTA CATARINA, 2015. **Síntese informativa da maricultura 2014**. Florianópolis-SC

SILVA, A.C.C.; SANTOS, S.M.; FRAGA, R.T. Introdução da ostreicultura em comunidades no estuário do Rio São Francisco, fixação e crescimento de ostras *Crassostrea rhizophorae*. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, X, 1998, Recife. **Resumos...** Recife, UFRPE, 1998, p. 182.

SILVEIRA, RC ; SILVA, FC ; GOMES, CHM ; FERREIRA, JF ; MELO, CMR . Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. **Brazilian Journal of Biology**. v. 71, p. 557-562, 2011.

SUN, J.; WU, X. Histology, ultrastructure and morphogenesis of a rickettsia-like organism causing diseases in the oyster, *Crassostrea ariakensis* Gould. **J. Invertebr. Pathol.** v.86, p. 77-86, 2004.

TAN, S.H., WONG, T.M. Effect of salinity on hatching, larval growth, survival and settling in the tropical oyster *Crassostrea belcheri* (Sowerby). **Aquaculture**. V. 45, p. 129-139. 1996.

TURECK, C. R. **Sementes de ostras nativas no litoral de Santa Catarina/Brasil, como subsidio ao cultivo.** 2010, 140f. Tese (Doutorado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina.

VARELA E.S.; BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., MARQUES-SILVA, N.S.; TAGLIARO, C. H. Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. **Journal of Molluscan Studies**, v.73, p. 229–234, 2007.

XU, F., GUO, X., LI, L., ZHANG, G. Effects of salinity on larvae of the oysters *Crassostrea ariakensis*, *C. sikamea* and the hybrid cross. **Marine Biology Research**, 7, 796-803, 2011.