



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

RAFAEL ANAISCE DAS CHAGAS

**IMPACTO DO EL NIÑO NA AMAZÔNIA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO DA
OSTRA-DO-MANGUE CULTIVADA NO LITORAL PARAENSE, NORTE DO
BRASIL**

**BELÉM – PA
2018**

RAFAEL ANAISCE DAS CHAGAS

**IMPACTO DO EL NIÑO NA AMAZÔNIA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO DA
OSTRA-DO-MANGUE CULTIVADA NO LITORAL PARAENSE, NORTE DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Área de concentração:
Biologia, pesca e manejo de organismos aquáticos

Professor orientador:
Dr. rer. nat. Marko Herrmann

**BELÉM – PA
2018**

Chagas, Rafael Anaisce das
Impacto do El Niño na Amazônia: influência no crescimento
da ostra-do-mangue cultivada no litoral paraense, Norte do Brasil
/ Rafael Anaisce das Chagas. – Belém, 2018.
291 f.

Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.
Orientador: Dra. Marko Herrmann.

1. Piscicultura – Pará 2. Ostreicultura 3. Piscicultura - Molusco
bivalve 4. Piscicultura - Marcação fluorescente in situ 5. Piscicultura -
Calceína I. Herrmann, Marko (orient.) II. Título.

CDD – 639.3098115

Bibliotecária-Documentalista: Letícia Lima de Sousa – CRB2/1549

RAFAEL ANAISCE DAS CHAGAS


**IMPACTO DO EL NIÑO NA AMAZÔNIA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO DA
OSTRA-DO-MANGUE CULTIVADA NO LITORAL PARAENSE, NORTE DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.


Área de concentração: Ecologia, manejo e conservação de ecossistemas

Data de aprovação: 10 de julho de 2018.

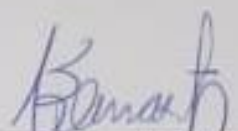
BANCA EXAMINADORA



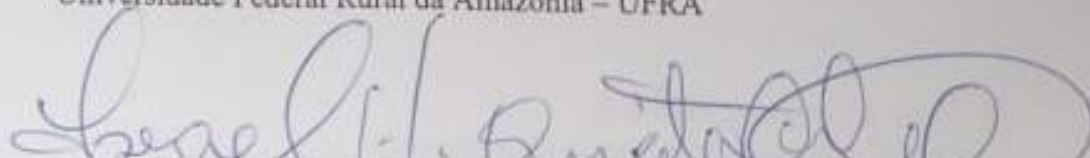
Prof. Dr. rer. nat. Marko Herrmann (Orientador)
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Marcos Ferreira Brabo
Universidade Federal do Pará – UFPA (*Campus Bragança*)



Prof. Dr. Eduardo Tavares Paes
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

À minha família, em nome de
Genoveva Anaisce (avó) – a *nossa* “Genuca”,
Maria Dolores (mãe), Renata Suelen (irmã).
À Mara Barros, namorada, amiga,
companheira e futura esposa.
Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força diária, pelas bênçãos em minha vida e pelas pessoas nas quais inseriu em minha caminhada.

A minha família, em especial a minha querida e amada vó Genoveva Anaisce, minha mãe Maria Dolores, minha irmã Renata Anaisce e ao meu pai Gilberto Chagas.

A Capes/CNPq pelo financiamento da bolsa de estudo entre os anos de 2016 e 2018, que me deu condições de efetuar esse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT/UFRA), ao Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH) e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) por parte do financiamento e o permissionamento da utilização de suas estruturas para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos membros da Associação de Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ) da vila de Santo Antônio de Urindeua, em especial a Dona Maria (atual presidente), ao “Tito” e “Miro”, pelo apoio e concessão do espaço ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Marko Herrmann, que desde o ano de 2013, compartilha suas experiências e conhecimento, o que o tornou minha principal referência profissional/científica.

A minha namorada, e futura esposa, Mara Barros, que incondicionalmente ajudou-me em todas as etapas desta dissertação, desde a implantação à última palavra digitada neste documento.

Aos membros (e ex-membros) do grupo de Ecologia Bentônica Tropical, em especial aos meus amigos Wagner César, Rosana Esther, Valdo Abreu e Alessandra Assis, que dedicaram dias entre coletas e processamentos em laboratório, auxiliando-me direta ou indiretamente ao desenvolvimento desta dissertação.

A todos os graduandos e aos Engenheiros de Pesca que participaram das viagens/coletas em campo.

Aqueles que apresentaram (ou apresentarão) alguns dos resultados deste trabalho em eventos científicos.

Aos membros da banca de qualificação deste trabalho, Dr. Marcos Brabo e Dr. Breno Costa, pela contribuição a esse manuscrito.

Ao Dr. Nuno Melo e a Dr^a Maria Auxiliadora Pantoja, pela concessão do microscópio de fluorescência, que possibilitaram a execução de minhas análises.

Em suma, meus sinceros agradecimentos a todos!

“A exequibilidade entre oração e fé acalma o vosso coração e blindá-o contra a perversidade”.

Rafael A. das Chagas

RESUMO

As anomalias climáticas, tais como o fenômeno El Niño, causam impactos socioeconômicos e ambientais imensuráveis em todo o globo, principalmente na produção de alimentos. Embora o Brasil não esteja incluso entre os países em situação de risco, influências dos El Niños passados na Amazônia e em outras regiões do país são documentadas em literatura. Este estudo tem como objetivo avaliar a influência do El Niño no crescimento da ostra-do-mangue *Crassostrea tulipa*, cultivada no litoral amazônico. Para o experimento, utilizou-se o método de marcação utilizando fluorocromo calceína, que é recomendado na literatura para estudos de crescimento de moluscos bivalves tropicais. O experimento iniciou-se em abril de 2016 (durante o auge do El Niño 2015/16) e perpetuou por um período de um ano. Todas as condições experimentais foram baseadas em um estudo anterior, realizado (em 2013) em ano sem presença de anomalia climática. A cada coleta, amostrou-se 30 ostras, realizando (*in locu*) a retirada da epifauna bentônica associada a concha, posteriormente mensurando as medidas morfométricas e, por fim, codificados e transportados ao laboratório para o procedimento seguinte. Em laboratório, após lavadas e secas, as conchas das ostras foram emblocadas em resina cristal e cortados longitudinalmente, usando uma serra diamantada. Depois do polimento dos cortes resultantes com diferentes graus de pó de carboneto e óxido de alumínio, determinou-se a taxa de crescimento absoluto, detectando as marcas da calceína com um microscópio de fluorescência, que emite luz azul. Para estimar dos parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) utilizou-se a função de crescimento de von Bertalanffy, ajustada aos dados de tamanho de incremento (modelo de Appeldoorn). Avaliou-se a influência do El Niño no crescimento de *C. tulipa* por meio da comparação dos parâmetros de crescimento, utilizando o *Overall Growth Performance* – OGP. O OGP analisa os parâmetros de crescimento das espécies e ordena os dados em uma grade auximétrica. Os resultados deste estudo apresentam distinção nos parâmetros de crescimento das ostras sob influência do El Niño. Essa influência ocorre de modo distinto, correlacionada com a força da anomalia climática. Neste estudo, evidenciou-se uma influência negativa no crescimento das ostras *C. tulipa* cultivada no litoral amazônico, quando comparadas ao crescimento em anos normais. Além disso, estima-se que as ostras cultivadas em ano de El Niño, demora aproximadamente três meses a mais para atingir seu tamanho comercial. Deste modo, recomenda-se que, em anos de El Niño, aumente os cuidados no manejo do cultivo (e.g. retirada do biofouling, diminuir a densidade estocada) para reduzir os fatores ambientais adicionais que, também, influenciam no crescimento das ostras.

Palavras-chave: Aquicultura, ostricultura, molusco bivalve, marcação fluorescente *in situ*, calceína, desempenho de crescimento, anomalia climática.

ABSTRACT

Climate anomalies, such as the El Niño phenomenon, cause immeasurable socioeconomic and environmental impacts across the globe, especially in food production. Although Brazil is not included among the countries at risk, influences of El Niños passed in the Amazon and other regions of the country are documented through the available literature. This study aims to evaluate the influence of El Niño on the growth of the mangrove oyster *Crassostrea tulipa*, cultivated on the Amazonian coast. For the experiment, the labeling method was used using fluorochrome calcein, which is recommended in the literature for growth studies of tropical bivalve molluscs. The experiment started in April and 2016 (during the height of El Niño 2015/16) and perpetuated for a period of one year. All experimental conditions were based on an earlier study, carried out (in 2013) in year without climatic anomaly. At each collection, 30 oysters were sampled, performing (in locu) the removal of the benthic epiphyseal associated with the shell, then measuring the morphometric measurements and, finally, coded and transported to the laboratory for the next procedure. In the laboratory, after washing and drying, the oyster shells were embedded in crystal resin and cut lengthwise using a diamond saw. After polishing the resulting cuts with different degrees of carbide and aluminum oxide powder, the absolute growth rate was determined by detecting the calcein tags with a fluorescence microscope which emits blue light. The growth parameters (K and L_{∞}) were used for the von Bertalanffy growth function, adjusted for incremental size data (Appeldoorn model). The influence of El Niño on the growth of *C. tulipa* was evaluated by comparing the growth parameters using the Overall Growth Performance – OGP. The OGP analyzes the growth parameters of the species and sorts the data in an auximetric grid. The results of this study show a distinction in the growth parameters of oysters under El Niño influence. This influence occurs in a different way, correlated with the force of the climatic anomaly. In this study, a negative influence was observed in the growth of *C. tulipa* oysters grown on the Amazonian coast, when compared to growth in normal years. In addition, it is estimated that the oysters grown in El Niño year, takes approximately three more months to reach its commercial size. Thus, it is recommended that in El Niño years increase care in crop management (eg withdrawal of biofouling, decrease in stocking density) to reduce additional environmental factors that also influence oyster growth.

Keywords: Aquaculture, oyster farming, bivalve molluscs, fluorescence in situ marking, calcein, growth performance, climatic anomaly.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Descrição das condições atmosféricas e oceânicas em anos normais (A) e em anos com anomalias climáticas El Niño - Oscilação Sul – ENSO, indicando as fases quentes (B: El Niño) e frias (C: La Niña)..... 22
- Figura 2:** Oceano Pacífico tropical, destacando as regiões nas quais mensura-se as temperaturas da superfície do mar (TSM) para realizar-se o monitoramento da anomalia climática ENSO..... 24
- Figura 3:** Série temporal da temperatura da superfície do mar – TSM, a partir do Índice Oceânico Niño – ONI, na região Niño 3.4. Os valores que excedem o limite de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (faixa branca) ilustram o evento ENSO. Destaca-se os três maiores El Niño (1982-83; 1997-98 e 2015-16) classificados por “muito forte”..... 25
- Figura 4:** Série temporal da temperatura da superfície do mar – TSM do Oceano Pacífico, a partir do Niño 3. A linha roxa indica o El Niño 2015/16, a linha vermelha indica a média de El Niños extremos (e.g. 1982/83 e 1997/98) e a linha azul indica a média de El Niños normais entre os anos 1980–2015. O sombreamento azul claro indica as amplitudes (máxima e mínima) dos El Niños regulares. As linhas tracejadas magenta dividem o desenvolvimento do El Niño 2015/16 em dois estágios, ou seja, o estágio de desenvolvimento inicial e o estágio de desenvolvimento tardio. 26
- Figura 5:** Comparação da produção global oriunda da pesca de moluscos bivalves, malacocultura e o crescimento populacional mundial..... 32
- Figura 6:** Condições atuais dos recifes de ostras no mundo, apresentando locais em boas condições (cor azul), em condições razoáveis (cor amarelo), em péssimas condições (cor vermelho) e recifes extintos (cor vinho). 34
- Figura 7:** Sistemas de cultivos utilizados na ostreicultura: cultivos de fundo (A), balsa flutuante (B), espinhel (C) e mesa (D)..... 36
- Figura 8:** Aparelhos utilizados na ostreicultura: lanternas (A) e travesseiros (B) amarrados em mesas..... 37
- Figura 9:** Logotipos da “Rede Nossa Pérola” (A) e de quatro associações: Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA (B), Associação dos Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda – AGROMAR (C), Associação dos Aquicultores Produtores Rurais e Pescadores de Nazaré do Seco – AAPPNS (D) e Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores da Vila de Santo Antônio de Urindeua – ASAPAQ (E). 39
- Figura 10:** Número de sementes de ostras (em milheiros) adquiridas pelas associações de ostreicultores paraense entre os anos de 2011 e 2013 (A) e a produção total de ostras adultas (em dúzias) comercializadas pelas respectivas associações (B), considerando o mesmo período. 39
- Figura 11:** Coletores artificiais para sementes de ostras confeccionados com conchas de ostras (A) e com garrafas PET (B)..... 40
- Figura 12:** Conchas de *Crassostrea tulipa* destacando linhas periódicas de crescimento (seta) (A) e de *Donax hanleyanus* indicando (seta branca) uma marca proeminente na concha provavelmente resultante de um ataque malsucedido por um predador ou uma diferença na composição dos alimentos. Escalas: A = 10 cm, B = 10 mm ... 46
- Figura 13:** Variação temporal em números de métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves no mundo. 47
- Figura 14:** Análise percentual dos métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves no mundo (A), indicando os tipos de marcadores internos fluorescente (B) e marcadores externos (C). 50

- Figura 15:** Marcação externa (indicada pela seta azul) na concha de moluscos bivalves utilizando tintas (A), codificação com ranhuras (B) e com lima (C) em *Prisodon obliquus* e com etiqueta plástica em *Diplodon* sp. (D). 52
- Figura 16:** Blocos com uma valva de *Crassostrea tulipa* embutida em resina cristal (A), cortes transversais na concha (B) em espessura de 5 mm (C) e sendo polida em painel de vidro (D). Microfotografias da concha de *Artica islandica* comparando duas técnicas à leituras de linhas de crescimento: membrana de acetato (E) e de micrografia eletrônica de retroespalhamento (F). Os números dentro de quadrados brancos indicam a contagem das linhas de crescimento do bivalve. Escala: 200 μ m. 54
- Figura 17:** Histogramas de distribuição de frequências do comprimento total de bivalves, apresentando coortes bem definidas de *Mesodesma mactroides* Reeve, 1854 ¹ (A) e coortes não definidas de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) ² (B). Os nomes das espécies que foram utilizados nos dois trabalhos foram atualizados recentemente em ¹ *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) e ² *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767). 55
- Figura 18:** Gráfico de crescimento da ostra *Crassostrea corteziensis* cultivada na Baía de Agiabampo, Sonora, México. Os dados apresentam médias morfométricas da concha e de biomassa em um estudo de crescimento da ostra por um período de dez meses. 56
- Figura 19:** Microfotografias indicando (setas azuis) as marcação química por calceína (A), vermelho de alizarina (B) e cloreto de estrôncio (C) na concha de *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) (A) e *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (B e C). Indica-se o esquema de mensuração de microcrescimento do período de implantação do experimento (t_0) ao crescimento subsequente a marcação (t_1). Escala (barras laranjas): 1 mm (A), 50 μ m (B) e 100 μ m. 58
- Figura 20:** Concha de *Anomalocardia flexuosa* indicando (linha pontilhada) o eixo de crescimento máximo da cocha a ser seccionado (A). Em (B) apresenta-se a seção transversal polida com carbonatos amostrados manualmente a partir da camada externa para análises de isótopos estáveis. Em (C) representa-se os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ na concha (gráfico superior) e incrementos diários de crescimento (gráfico inferior). 60
- Figura 21:** Percentual de estudos, a nível mundial, que apresentam dados de parâmetros de crescimento de ostras *Crassostrea*. 62
- Figura 22:** Grade auximétrica proposta por Herrmann et al. (2009b), onde relaciona-se os parâmetros de crescimento (K e L_∞) é possível verifica a influência na anomalia climática nos parâmetros de crescimento de *Donax obesulus*. A figura agrupa, em três grandes grupos com espécies (cada código corresponde a uma espécie) em regiões tropicais e subtropicais (A), temperadas (B) e de áreas de ressurgência (C), verificando a alteração nos parâmetros de crescimento de *D. obesulus* através da modificação do agrupamento da espécie durante o El Niño, nos códigos “39” (antes), “40” (durante) e “41” (depois). 68
- Figura 23:** Localização da ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores – ASAPAQ, situado no rio Urindeua, Amazônia Oriental. 72
- Figura 24:** As lanternas utilizadas durante o experimento em 2013 eram amarradas nas mesas fixas contendo os travesseiros de ostras (A). No atual experimento, dispôs as lanternas nas estruturas do trapiche do cultivo (B). 73
- Figura 25:** Solução de calceína (150 mg.L⁻¹) sendo preparada (A) e bandejas com ostras emersas na solução de calceína (B). Verifica-se claramente a diferença na tonalidade da coloração da solução, apresentando indícios da incorporação da

calceína pelas ostras (C), retirando as ostras para realizar-se a biomorfometria (D).	74
Figura 26: Morfometria externa das ostras em comprimento, largura e altura.	75
Figura 27: Disposição das ostras, por tamanho (prato 1: juvenil; prato 2: sementes e baby; prato 3: média; prato 4: máster), em cada lanterna amostral. Lanternas 1, 2 e 3 contendo 30 ostras marcadas de cada classe (por lanterna) com calceína e a lanterna 4, o controle, com ostras não marcadas.	75
Figura 28: Ostra recém limpa, após a retirada da epifauna (A) e ostra recém coletada coberta com epifauna sobre a concha (B).	76
Figura 29: Secção da concha de <i>Crassostrea tulipa</i> (A) e microfotográfica apresentando a marca de calceína (seta branca) marcado na concha (B).	77
Figura 30: Secção da ostra <i>Crassostrea tulipa</i> , indicando as medidas morfométricas efetuadas.	80
Figura 31: Variação temporal dos dados abióticos (salinidade, temperatura superficial da água e pluviosidade média mensal) entre os meses abril e setembro de 2016.	84
Figura 32: Rendimento percentual médio da carne (massa visceral) da ostra <i>Crassostrea tulipa</i> cultivada no litoral amazônico. Letras iguais indicam igualdade e diferentes indicam desigualdade.	87
Figura 33: Abundância de indivíduos por classe de comprimento (mm) e representação gráfica do Índice de Estabilização da Forma (IEF) da concha de <i>Crassostrea tulipa</i>	87
Figura 34: Valores médio de comprimento total das ostras coletadas mensalmente no cultivo da ASAPAQ no rio Urindeua, Salinópolis, Pará, entre os meses abril/2016 e abril/2017. Barras de erros (superiores e inferiores) representam o desvio padrão das médias de comprimento total mensurados.	88
Figura 35: Crescimento percentual, por tamanhos comerciais, de <i>Crassostrea tulipa</i> cultivadas no litoral amazônico.	89
Figura 36: Variação das taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas respectivas classes de comprimento de ostras: sementes, juvenis, baby, médias e máster.	89
Figura 37: Taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de ostras. Letras iguais indicam igualdade estatística a um nível de significância de 5%. ...	90
Figura 40: Gráfico da análise de componentes principais dos dados de crescimento das ostras <i>Crassostrea tulipa</i> (A), <i>Crassostrea brasiliiana</i> (B) e <i>Crassostrea rhizophorae</i> (C). As cores indicam os períodos nos quais foram efetuados os estudos: El Niño (preto), pós-El Niño (azul) e anos normais (laranja).	93
Figura 41: Valores mínimos e máximos do Relative Growth Index (RGI) das ostras <i>Crassostrea tulipa</i> , <i>Crassostrea brasiliiana</i> e <i>Crassostrea rhizophorae</i> cultivadas no litoral brasileiro. As cores indicam os períodos nos quais foram efetuados os estudos: El Niño (preto), pós-El Niño (azul) e anos normais (laranja). Após análise de PERMANOVA, letras iguais indicam similaridades.	95
Figura 42: Crescimento absoluto de <i>Crassostrea tulipa</i> por tempo de experimento (mm.d^{-1}) em anos normais (A) (CORDEIRO, <i>in prep.</i>) e em ano de El Niño (presente estudo).	95
Figura 43: Relação entre o comprimento inicial (mm) e a taxa de crescimento diário (mm^{-1}) da ostra <i>Crassostrea tulipa</i> em anos normal (círculos de preenchimento cinza) e em ano de El Niño (círculos sem preenchimento).	97
Figura 44: VBGFs de <i>Crassostrea tulipa</i> com os parâmetros $L_{\infty}=196,94$ e $K=0,43 \text{ yr}^{-1}$ em ano de El Niño (2015/16) (cor preto: presente estudo) em comparação com os parâmetros de crescimento $L_{\infty}=128,03$ e $K=1,14 \text{ yr}^{-1}$ (cor azul) estimado em anos normais (CORDEIRO, <i>in prep.</i>), ambos estudos realizado no rio Urindeua, Salinópolis, Pará.	98

Figura 45: Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') das ostras *Crassostrea* spp., a partir da revisão de Chagas e Herrmann (2018b) com dados de crescimento de ostras de diversas áreas climáticas. O gráfico indica três grupos (em cores) representados por espécies de áreas tropicais/subtropicais (preto), temperadas (azul) e ressurgência (verde). Linhas pontilhadas diagonais indicam valores iguais de OGP (números em círculos). Para referência a fonte de dados, consulte a Tabela 9. 103

Figura 46: Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') de ostras *Crassostrea tulipa*, a partir da revisão de Chagas e Herrmann (2018b) e dos dados do presente estudo. O gráfico indica dois grupos (linhas tracejadas) representados por espécies de áreas tropicais/subtropicais (A) e de ressurgência (B). Linhas pontilhadas diagonais indicam valores Índice de crescimento phi-prime (Φ'). Para referência a fonte de dados, consulte a Tabela 9. Círculos sem preenchimento de cor, indica dados de crescimento de ostras *C. tulipa* em anos normais, e nas cores cinza e preto indicam dados em anos de El Niño, classificados respectivamente, por “fraco” (El Niño 1986/88) e “muito forte” (El Niño 2015/16). Setas indicam um deslocamento do desempenho do crescimento da ostra sob influência do El Niño. 104

LISTA DE TABELA

- Tabela 1:** Os intervalos de latitude e longitude das regiões Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4, onde mensuram-se a temperatura da superfície do mar (TSM).24
- Tabela 2:** Nomes das sete associações do estado do Pará, seus respectivos municípios, o ano de criação e o número de associados atualmente.38
- Tabela 3:** Lista dos 87 estudos sobre crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* que apresentam parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} e K), ordenados por espécie, indicando o país (e área) correspondente ao estudo, a região climática (**Tem.:** temperada; **Trop.:** tropical; **Res.:** área de ressurgência) e a metodologia de análise de crescimento (**M:** marcas de crescimento; e **F:** frequência de crescimento). Além disso, indica-se os parâmetros de crescimento: constante de crescimento (**K**), estimada em anos; o comprimento máximo (L_{∞}), o índice de crescimento phi-prime (Φ') e o índice de desempenho de crescimento (**OGP**) – do inglês Overall Growth Performance. São indicados, também, as referências aos estudos citados. Os nomes científicos das espécies estão atualizados segundo Horton et al. (2018) (<http://www.marinespecies.org>): *Crassostrea madrasensis* (Preston, 1916)¹ e *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)². Dados disponíveis em Chagas e Herrmann (2018b) 63
- Tabela 4:** Dados da dispersão bivariada entre comprimento total e largura da concha de *Crassostrea tulipa*. São apresentados o número de indivíduos utilizados na relação (N), a equação da relação, os coeficientes de correlação (R^2), coeficientes de correlação de Pearson (r) e os valores de p , sendo * valores menores que 0,0001. 86
- Tabela 5:** Dados e tabela da Análise de Variância (ANOVA) entre as taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de ostras.90
- Tabela 6:** Resultados do test de Tukey (abaixo da diagonal) comparando as taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) em cada classe de comprimento total das ostras cultivadas. Evidencia-se os valores de p (acima de diagonal).90
- Tabela 7:** Coeficientes de correlação de Pearson (r) obtidos a partir das correlações entre as classes de ostras comercializadas e as variáveis abióticas (salinidade e TSA) mensais, classificando-as em: a = muito baixa, b = baixa, c = moderada e d = muito alta. ...91
- Tabela 8:** Desempenho das ostras do gênero *Crassostrea* em diferentes cultivos no litoral brasileiro, apresentando valores de comprimento inicial (C_0), comp. final (C_f), período de cultivo (T) em mês, taxa média de crescimento mensal (T_{ct}) e sobrevivência percentual (S). Legenda: ostras classificadas por sementes (a), juvenis (b), baby (c), média (d) e máster (e). Nome atualizado de *Crassostrea gasar* (*) and valores não disponíveis (**). Fonte: Chagas e Herrmann (2018a).92
- Tabela 9:** Lista de 87 estudos sobre crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* que apresentam parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} e K), ordenados por espécie, indicando o país (e área) correspondente ao estudo, a região climática (**Tem.:** temperada; **Trop.:** tropical; **Res.:** área de ressurgência) e a metodologia de análise de crescimento (**M:** marcas de crescimento; e **F:** frequência de crescimento). Além disso, indica-se os parâmetros de crescimento: constante de crescimento (**K**), estimada em anos; o comprimento máximo (L_{∞}), o índice de crescimento phi-prime (Φ') e o índice de desempenho de crescimento (**OGP**) – do inglês Overall Growth Performance. São indicados, também, as referências aos estudos citados. Os nomes científicos das espécies estão atualizados segundo Horton et al. (2018) (<http://www.marinespecies.org>): *Crassostrea madrasensis* (Preston, 1916)¹ e *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)². Dados disponíveis em Chagas e Herrmann (2018b) 99

Tabela 10: Desempenho de crescimento de ostras à atingir o tamanho comercial.	109
Tabela 11: Lista dos periódicos nos quais publicou-se ou será submetido artigos referentes a presente dissertação.....	117
Tabela 12: Lista dos eventos científico nos quais submeteu-se resumos (simples e expandidos) e trabalhos completos com dados referentes a presente dissertação. Legenda: RS: resumo simples; RE: resumo expandido; TC: trabalho completo; L: local; R: regional; N: nacional; e I: internacional.	117

LISTA DE SIGLAS

- AAPPNS** – Associação dos Aquicultores, Produtores Rurais e Pescadores de Nazaré do Seco.
- AGROMAR** – Associação dos Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda.
- AGRONAM** – Associação dos Agropesqueira de Nazaré de Mocajuba.
- AMPAP** – Associação de Mulheres na Pesca e Agricultura de Pererú.
- ANOVA** – Análise de variância.
- AQUAVILA** – Associação dos Aquicultores da Vila de Lauro Sodré.
- ASAPAQ** – Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores.
- ASSOPEF** – Associação dos Produtores de Ostras de Pererú de Fátima.
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- EMATER** – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará.
- ENSO** – El Niño-Oscilação Sul (inglês: *El Niño-Southern Oscillation*).
- FAO** – Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (inglês: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*).
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IEF** – Indicador de Estabilização da Forma.
- IESAM** – Instituto de Estudos Superiores da Amazônia.
- IFM** – marcação fluorescente *in situ* (inglês: *in situ fluorescent marking method*).
- IFPA** – Instituto Federal do Pará.
- INEMA** – Instituto o Meio Ambiente e Recursos Hídricos.
- IOS** – Índice de Oscilação Sul.
- ISARH** – Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos.
- LFD** – Distribuições de frequência de comprimentos (inglês: *length-frequency distributions analysis*).
- NOAA** – Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (inglês: *National Oceanic and Atmospheric Administration*).
- OGP** – índice geral de desempenho de crescimento (inglês: *Overall Growth Performance index*).
- ONI** – Índice Oceânico Niño (inglês: *Oceanic Niño Index*).
- PANGAEA** – *Data Publisher for Earth & Environmental Science*.
- SEBRAE** – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
- SECTAM** – Secretaria de Estado e Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente.
- SEDAP** – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca.

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente.

SEPAQ – Secretaria de Estado de Pesca e Aquicultura.

SMM – Método de marcação com cloreto de estrôncio (inglês: *Strontium Marking Method*).

SOI – Índice de Oscilação Sul (inglês: *Southern Oscillation Index*).

TSM – Temperatura da Superfície do Mar.

UFPA – Universidade Federal do Pará.

UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia.

VBGF – função de crescimento von Bertalanffy (inglês: *von Bertalanffy growth function*)

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	19
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1	O fenômeno El Niño – Oscilação Sul	21
2.1.1	Características da anomalia climática	21
2.1.2	A formação do El Niño e La Niña	22
2.1.3	Periodicidade do ENSO	23
2.1.4	Influência do El Niño no mundo e no Brasil	26
2.2	Influência do El Niño na produção de alimentos	28
2.3	Produção de moluscos bivalves	31
2.3.1	Características gerais	31
2.3.2	Ostreicultura	33
2.4	Métodos de estimação de crescimento	45
2.4.1	Características gerais	45
2.4.2	Estudo de crescimento em moluscos bivalves	46
2.4.3	Metodologias utilizadas em estudos de crescimento	51
2.5	Estimação de crescimento em ostras	61
2.5.1	Características gerais	61
2.5.2	Determinação dos parâmetros de crescimento em ostras <i>Crassostrea</i> sp.	61
2.5.3	Influência climática na determinação dos parâmetros de crescimento	67
3	OBJETIVOS	69
3.1	Objetivo geral	69
3.2	Objetivos específicos	69
4	JUSTIFICATIVA	70
5	HIPÓTESES	71
6	MATERIAL E MÉTODOS	72
6.1	Área de estudo	72
6.2	Delineamento experimental	73
6.2.1	Marcação das ostras e implantação do experimento	73
6.2.2	Coleta, preparação das conchas e detecção das marcas de crescimento	76
6.3	Caracterização biomorfolométrica	77
6.3.1	Relações biomorfolométricas	77
6.3.2	Indicador de Estabilização da Forma – IEF	79

6.4	Estimação de crescimento	79
6.4.1	Caracterização do crescimento de <i>Crassostrea tulipa</i>	79
6.4.2	Cálculo das taxas de crescimentos absoluto e diário	80
6.4.3	Determinação dos parâmetros de crescimento von Bertalanffy.....	81
6.5	Estimação da influência do El Niño no crescimento da ostra	81
6.5.1	Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro.....	82
6.5.2	Performance do crescimento de ostras <i>Crassostrea</i>	83
6.6	Análises estatísticas	83
7	RESULTADOS	84
7.1	Dados abióticos	84
7.2	Caracterização biomorfométrica	84
7.3	Caracterização do crescimento de <i>Crassostrea tulipa</i>	88
7.4	Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro	93
7.5	Performance do crescimento de ostras <i>Crassostrea</i>	95
8	DISCUSSÃO	105
8.1	Dados abióticos	105
8.2	Marcas de crescimento	105
8.3	Caracterização biomorfométrica	106
8.4	Caracterização do crescimento de <i>Crassostrea tulipa</i>	107
8.5	Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro	110
8.6	Performance do crescimento de ostras <i>Crassostrea</i>	113
9	CONCLUSÕES	115
10	RECOMENDAÇÕES	116
11	PUBLICAÇÕES	117
11.1	Publicação I	121
11.2	Publicação II	132
11.3	Publicação III	152
11.4	Publicação IV	177
11.5	Publicação V	192
11.6	Publicação VI.....	233
	REFERÊNCIAS	241
	APÊNDICES	269
	Apêndice A: Apresentações em eventos científicos internacionais	270
	Apêndice B: Apresentações em eventos nacionais	271

Apêndice C: Publicações em plataformas.....	287
--	------------

1 INTRODUÇÃO

O extrativismo descontrolado tem levado à redução mundial nos estoques de ostras (BECK et al., 2011; CASTILHO-WESTPHAL; OSTRENSKY, 2016), neste contexto, o cultivo de moluscos, torna-se a alternativa mais viável a fim de mitigar o declínio dos estoques naturais (SHUMWAY et al., 2003). Em 2015, a malacocultura contribuiu com 15,5% (~16,5 milhões de toneladas) da produção total da aquicultura (continental, costeira e marinha) a nível mundial, movimentando ~18 bilhões de USD (dólares americanos). Neste contexto, a ostreicultura corresponde a 32,4% (~cinco mi ton.) da produção total de moluscos, movimentando ~quatro bilhões de USD (FAO, 2016c). No Brasil, o cultivo de moluscos bivalves contribuiu, em 2016, com 1,5 % (~21 mil ton.) da aquicultura nacional, movimentando ~R\$ 68,5 milhões. Neste mesmo ano, a ostreicultura do estado do Pará contribuiu com apenas 0,2% (~42 ton.) da produção nacional de moluscos bivalves, gerando cerca de R\$ 322 mil (IBGE, 2017).

As ostras mais difundidas e comercializadas no mundo são a ostra-plana-chilena, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), ostra norte-americana *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) e a ostra exótica *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), conhecida como ostra-japonesa (CHAGAS, 2016). Hernandez, Troccoli e Millán (1998) citam a ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) como uma das espécies de ostras com maior perspectiva para o desenvolvimento da ostreicultura nos países tropicais da costa atlântica americana. Neste contexto, o Brasil consta, a nível mundial, como produtor de *Crassostrea* sp., ou seja, sem espécie especificada, devido a divergência histórica na taxonomia das ostras nativas cultivadas, entretanto estudos recentes discutem a filogenia das ostras nativas (VARELA et al., 2007; MELO et al., 2010; MELO et al., 2012; MELO et al., 2013; BALDEZ et al., 2016).

No Brasil, a ostreicultura é presente em todas as regiões, ocorrendo de forma artesanal no Norte e Nordeste, e de forma industrial, nas regiões Sul e Sudeste (MACEDO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017), com destaque ao estado de Santa Catarina, responsável por 97,9% da produção brasileira (IBGE, 2017). No Pará, a atividade é recente e apresenta-se como uma atividade secundária para os pescadores artesanais e aos agricultores familiares (HOSHINO, 2009; MACEDO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017), principalmente pela dependência da produção e da coleta de sementes no meio ambiente, que não é contínua ao longo do ano (CHAGAS; HERRMANN, 2015).

O sucesso na ostreicultura depende fortemente das condições ambientais da área de cultivo, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas do ambiente (PEREIRA, GALVÃO; TANJI, 1991; ALVARENGA; NALESSO, 2006; MANZONI; SCHIMITT, 2006;

MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; PINTO, 2007; LEGAT et al., 2009; AZEVEDO et al., 2015; OSTRENSKY et al., 2015a; CHAGAS, 2016; CHAGAS et al., 2018c). Tais fatores influenciam diretamente no crescimento da ostra cultivada, e por conta disso, diversos estudos são realizados anualmente (PEREIRA, GALVÃO; TANJI, 1991; PEREIRA et al., 2001b; PEREIRA, HENRIQUES; MACHADO, 2003; CARDOSO JÚNIOR et al., 2012; VILAR, 2012; LOPES et al., 2013; ROSA, 2014; AZEVEDO et al., 2015; LEGAT et al., 2017; CHAGAS; HERRMANN, 2018b; CHAGAS; HERRMANN, 2018a; CHAGAS et al., *in prep*).

Os estudos que pretendem avaliar uma alteração do desempenho do crescimento de moluscos utilizam o *Overall Growth Performance* – OGP (VAKILY, 1992; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HEILMAYER et al., 2004; HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; HERRMANN et al., 2011). O OGP foi proposto por Pauly (1979) (MUNRO; PAULY, 1983) e para sua análise faz-se necessária dados de parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1938). A nível mundial, o OGP é um método que possibilita evidências de influências do El Niño do crescimento de moluscos bivalves (ARNTZ et al., 1987; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003).

Partindo do exposto, para analisar-se a influência de anomalias climáticas no crescimento de ostras cultivadas, faz-se necessário a compreensão de todos os fatores ambientais no desempenho do crescimento. Adicionalmente, utilizar-se de métodos eficazes/capazes de a evidenciar essa influência em meio da ação sinérgica dos demais fatores (abióticos e bióticos).

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 O fenômeno El Niño – Oscilação Sul

2.1.1 Características da anomalia climática

Nas décadas de 1960 e 1970 existiam-se pouco conhecimento acerca da anomalia climática ocorrente: o El Niño–Oscilação Sul – ENSO (inglês: *El Niño–Southern Oscillation*) (PHILANDER; FEDOROV, 2003). Atualmente essa realidade mudou, coexistindo publicações abundantes e inúmeros grupos de pesquisas distribuídos em todo mundo, que abordam os mais diversos assuntos relacionados ao fenômeno climático (e.g. os impactos positivos e, principalmente, negativos). Entretanto, para a análise de sua influência, deve-se compreender todas as fases do ENSO, desde sua formação às consequências em todo o globo.

Para caracterizar o ENSO é necessário, primeiramente, compreender os termos que o denominam isoladamente. De acordo com Wang et al. (2016), “El Niño” denomina-se o evento de aquecimento oceânico em grande escala no Oceano Pacífico tropical. Já a “Oscilação Sul”, define-se pela variação interanual na pressão do nível do mar tropical que ocorre Oceano Pacífico tropical e consiste, basicamente, no enfraquecimento e fortalecimento dos ventos alísios oriundos do leste (TEDESCHI; GRIMM, 2007; WANG et al., 2016).

Dentre os principais fenômenos climáticos, o ENSO destaca-se pelo modo de variabilidade interanual e devido aos impactos significativos (e.g. variabilidade climática) em todo o planeta (MELO, 1999; CUNHA et al., 2000; DIAZ; MARKGRAF, 2000; CUNHA et al., 2001; LIAN et al., 2014; LIU et al., 2017). De acordo com a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional – NOAA (inglês: *National Oceanic and Atmospheric Administration*) (<http://www.noaa.gov/>), o ciclo ENSO apresenta duas fases opostas, uma fase quente (El Niño) e outra fria (La Niña).

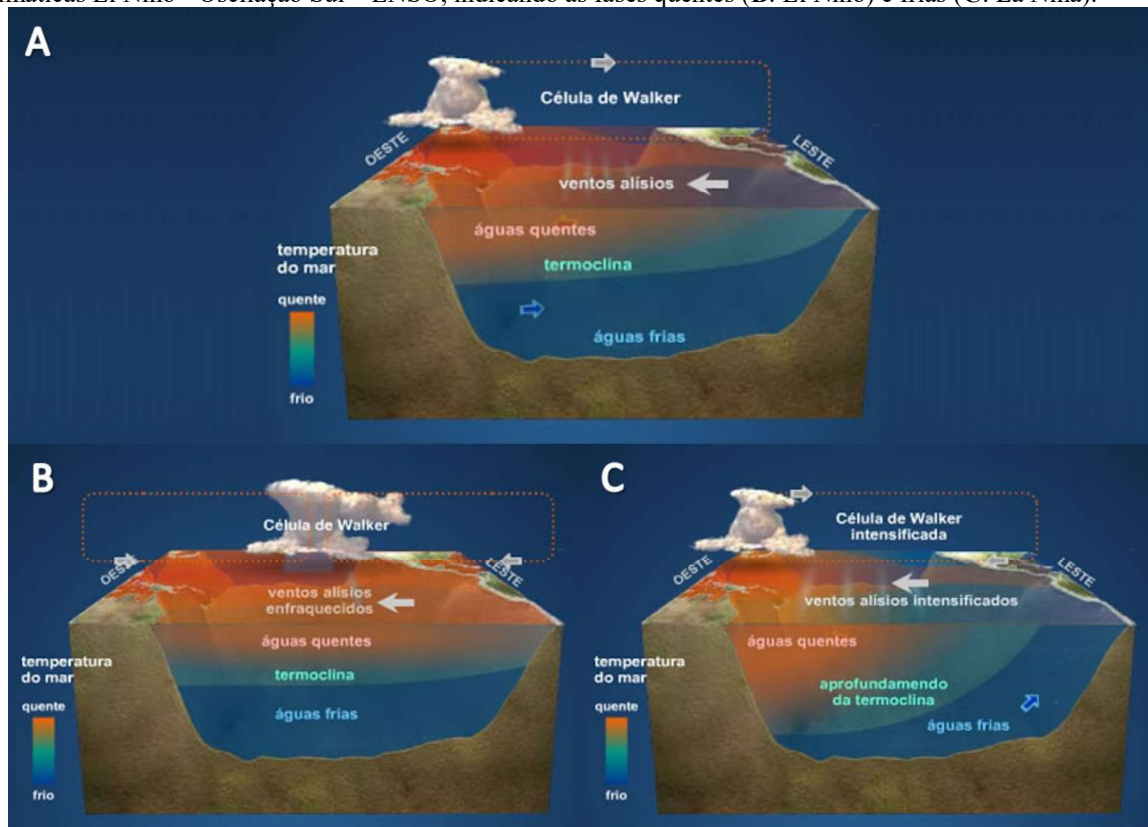
O termo “El Niño” deriva-se da língua espanhola e faz referência ao “menino Jesus” (espanhol: “Niño Jesus”). A nomenclatura “corrente de El Niño” surgiu por uma denominação proposta por pescadores, ao referir-se à presença de águas quentes na costa norte do Peru na época do Natal (PHILANDER, 1999; CUNHA et al., 2000; MINUZZI et al., 2006; MENDES; SOARES-GOMES, 2007; INEMA, 2011). Já o termo “La Niña” (a menina, em espanhol) surgiu por caracterizar-se como oposto ao El Niño (SERAFIM, 2005).

2.1.2 A formação do El Niño e La Niña

Em anos normais, o fenômeno denominado por circulação de Walker, direcionam os ventos alísios superficiais do Leste para o Oeste do Oceano Pacífico tropical, que ascendem na costa indiana. Esses ventos, em nível superior, sopram do Oeste para o Leste, e retornam de forma descendente para a superfície na costa leste sulamericana (Figura 1A) (CUNHA et al., 2000; SERAFIM, 2005; TEDESCHI; GRIMM, 2007; WANG et al., 2016). Tal fenômeno favorece a formação de ressurgência – afloramento de águas profundas e frias às camadas superficiais – próxima ao Peru e Equador.

Em anos de El Niño, detecta-se um enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial. Por conta disso, há o deslocamento do ramo ascendente da célula de circulação de Walker para a parte central do Oceano Pacífico (CUNHA et al., 2000; GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003; SERAFIM, 2005; TEDESCHI; GRIMM, 2007). Esse fato altera o padrão de circulação oceânica, diminuindo a ressurgência de águas frias na costa da América do Sul e deslocando as águas quentes do Pacífico Oeste para uma posição a leste da linha internacional de mudança de data (Figura 1B).

Figura 1: Descrição das condições atmosféricas e oceânicas em anos normais (A) e em anos com anomalias climáticas El Niño - Oscilação Sul – ENSO, indicando as fases quentes (B: El Niño) e frias (C: La Niña).



Fonte: <http://fenomenonaturalnino.blogspot.com.br/>.

O fenômeno La Niña, também denominado de “anti-El Niño”, por apresentar-se sendo o oposto do El Niño (CALDERON; BORSATO, 2017), caracteriza-se pela intensificação dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial (TEDESCHI; GRIMM, 2007). Com isso, ocorre o aumento e acúmulo de água quente no Pacífico Equatorial Oeste, verificando-se o inverso (aumento e acúmulo de águas frias) no Pacífico Leste. Tal fenômeno expande a área de ressurgência na costa sul-americana, o que favorece a pesca na região (Figura 1C) (INPE, 2016).

Os eventos ENSO mostram assimetria entre eventos quentes de El Niño e eventos frios de La Niña. Os eventos do El Niño tendem a ser de duração mais curta, entretanto podem atingir uma magnitude muito maior do que a do La Niña (SANTOSO et al., 2015; WANG et al., 2016).

2.1.3 Periodicidade do ENSO

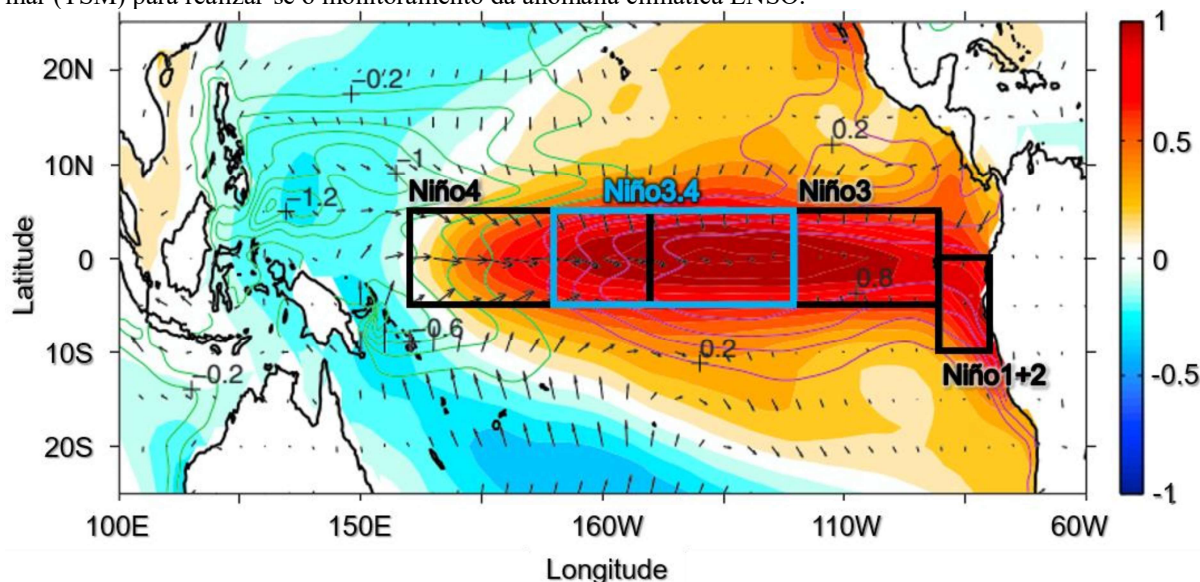
Ao todo, entre 1950 e 2016, ocorreram 23 episódios de ENSO (FAO, 2015a), destacando-se que, as fases do ENSO evoluem de forma diferente a cada vez que ocorrem (TRENBERTH; STEPANIAK, 2001). A recorrência do ENSO é em média de quatro anos, apresentando grandes variações em torno dessa média (PHILANDER; FEDOROV, 2003; SARACHIK; CANE, 2010). Entretanto, diversos autores evitam o baseamento periódico do fenômeno climático em médias, citando sempre as amplitudes de suas ocorrências, indicando geralmente, o período estimado de dois a sete anos (DIAZ; MARKGRAF, 2000; GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003; PHILANDER; FEDOROV, 2003; SARACHIK; CANE, 2010; OLIVEIRA, MARCUZZO; BARROS, 2015; ABDOLRAHIMI, 2016; FAO, 2016a; SANTOSO, MCPHADEN; CAI, 2017). Além disso, ressalta-se que, uma vez iniciado, o ENSO estende-se de 18 a 24 meses, apresentando características correlatas ao ciclo sazonal (DIAZ; MARKGRAF, 2000; ABDOLRAHIMI, 2016).

Um método de observar/catalogar/prever longas séries de fases do fenômeno ENSO é através de anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) em diferentes áreas do Oceano Pacífico (ABDOLRAHIMI, 2016). Dentre os índices mais utilizados estão: Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4 e o Índice de Oscilação Sul (TRENBERTH; STEPANIAK, 2001; INPE, 2016).

As regiões Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4) correspondem a quatro áreas localizadas no Oceano Pacífico onde mensura-se as TSM (Figura 2, Tabela 1). O Índice de Oscilação Sul – SOI (inglês: *Southern Oscillation Index* – SOI) é calculado através da diferença de pressão atmosférica normalizada entre as duas estações-chave (Darwin, na Austrália, e Taiti, no Pacífico Central) e a região Niño 3 (CUNHA et al., 2000; CUNHA et al., 2001). Deste modo, tem-se que em anos nos quais a pressão é elevada em Darwin e baixa em Taiti, o SOI calculado

é negativo e caracteriza-se um episódio de El Niño. Em anos nos quais a pressão é inversa nas estações, o SOI é positivo, indicando um resfriamento nas águas do Pacífico Equatorial, caracterizando um episódio de La Niña (CUNHA et al., 2000; CUNHA et al., 2001).

Figura 2: Oceano Pacífico tropical, destacando as regiões nas quais mensura-se as temperaturas da superfície do mar (TSM) para realizar-se o monitoramento da anomalia climática ENSO.



Fonte: Adaptado de Santoso, Mcphaden e Cai (2017).

Tabela 1: Os intervalos de latitude e longitude das regiões Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4, Niño 4, onde mensuram-se a temperatura da superfície do mar (TSM).

Índice	Latitude	Longitude
Niño 1 + 2	0° a 10°S	90° a 80°W
Niño 3	5°N a 5°S	150° a 90°W
Niño 3.4	5°N a 5°S	170° a 120°W
Niño 4	5°N a 5°S	160° a 150°W

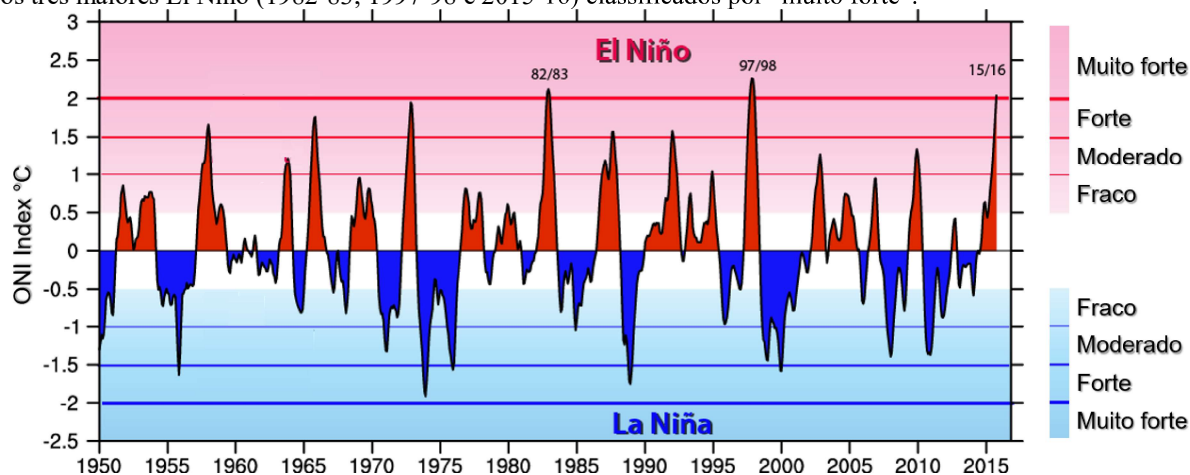
Nota-se que, a região do Niño 1+2 apresenta-se em uma área bem inferior as demais, entretanto, em anos de El Niño, é a primeira a aquecer, reagindo rapidamente as variações da TSM. Em contrapartida, o Niño 3, sendo maior do que as demais regiões, apresenta muito menos reação aos impactos continentais. Já a mudança de TSM na região de Niño 4 está conectada a mudanças de intensos gradientes de temperatura leste – oeste ao longo do equador longitudinal. O Niño 3.4 apresenta-se mais representativo para o evento ENSO do que o Niño 3 por ser mais ligado ao SOI. O índice Niño 3.4 tem mais poder explicativo na descrição da evolução do ENSO e mostra a maior sobreposição com o histórico de eventos (ABDOLRAHIMI, 2016).

A classificação das anomalias climáticas El Niño e/ou La Niña baseia-se nos valores da TSM mensurados à região designada pelo Pacífico equatorial. Enquanto TSM iguais ou maiores

que $0,5^{\circ}\text{C}$ na região do Niño 3.4 indicam condições de El Niño, TSM menores que $-0,5^{\circ}\text{C}$ são indicativos de La Niña (Figura 3) (ABDOLRAHIMI, 2016). Essa classificação é obtida a partir do Índice Oceânico Niño – ONI (inglês: *Oceanic Niño Index* – ONI) e agrupa uma média de três meses na TSM do Oceano Pacífico.

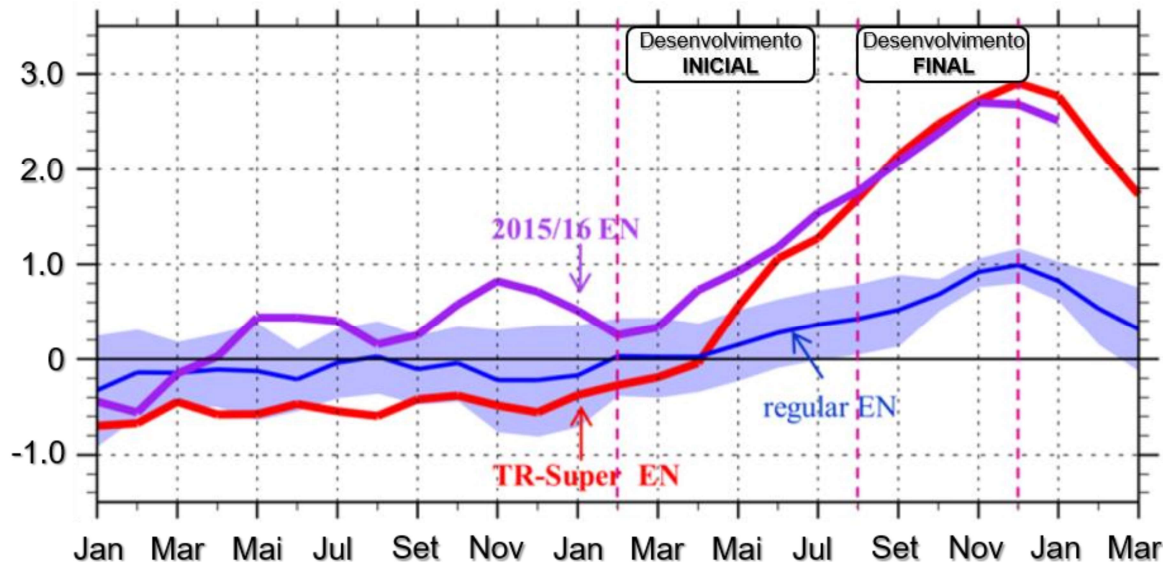
As preocupações com os eventos de El Niño aumentaram nas últimas décadas (PAEK, YU; CHEN, 2017). Philander e Fedorov (2003), citam inúmeros questionamentos ainda não respondidos. Tais questionamentos elevaram-se por conta de eventos extremos de ENOS, tais como 1982/83, 1997/98 e 2015/16 (Figura 3). Destes, o El Niño de 1997/98 é caracterizado como o mais forte, principalmente devidos aos impactos climáticos causados em todo o mundo (GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003; SANTOSO et al., 2015; PAEK, YU; CHEN, 2017). O El Niño de 2015/16 apresentou um período inicial superior aos anteriores, tal fato fez com que especialistas inferissem esse evento como o maior da história (CHEN et al., 2017; SANTOSO, MCPHADEN; CAI, 2017). Entretanto, da metade ao final o El Niño de 2015-16 diminuiu sua força, sendo menor que o El Niño de 1997/98 (Figura 4).

Figura 3: Serie temporal da temperatura da superfície do mar – TSM, a partir do Índice Oceânico Niño – ONI, na região Niño 3.4. Os valores que excedem o limite de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (faixa branca) ilustram o evento ENSO. Destaca-se os três maiores El Niño (1982-83; 1997-98 e 2015-16) classificados por “muito forte”.



Fonte: Adaptado de Trenberth (2016).

Figura 4: Série temporal da temperatura da superfície do mar – TSM do Oceano Pacífico, a partir do Niño 3. A linha roxa indica o El Niño 2015/16, a linha vermelha indica a média de El Niños extremos (e.g. 1982/83 e 1997/98) e a linha azul indica a média de El Niños normais entre os anos 1980–2015. O sombreamento azul claro indica as amplitudes (máxima e mínima) dos El Niños regulares. As linhas tracejadas magenta dividem o desenvolvimento do El Niño 2015/16 em dois estágios, ou seja, o estágio de desenvolvimento inicial e o estágio de desenvolvimento tardio.



Fonte: Adaptado de Chen et al. (2017).

2.1.4 Influência do El Niño no mundo e no Brasil

a) Influência do El Niño no mundo

Globalmente, os fenômenos de El Niño variam muito em intensidade e apresentam aspectos negativos e positivos (ARNTZ, 1986). Por interferir na circulação geral da atmosfera em grande escala, conseqüentemente, o El Niño provoca mudanças nas condições climáticas em várias regiões continentais ao redor do planeta, devido à grande quantidade de energia envolvida neste processo (INEMA, 2011). Por essa dimensão do fenômeno, Santos et al. (2015) sugerem que a compreensão da evolução do El Niño deve ser abordada a partir de uma perspectiva global, em vez de se concentrar apenas no Pacífico tropical.

Embora a diminuição da precipitação e a seca os resultados comuns do El Niño, o fenômeno também pode causar fortes chuvas e inundações (CUNHA et al., 2011; FAO, 2016a). As fases do El Niño levam ao aumento das chuvas no leste-centro e leste do Pacífico e à seca no Pacífico ocidental. Normalmente o El Niño faz uma expansão em condições de seca no leste e sul da Ásia, sul da África e Austrália (INEMA, 2011; ABDOLRAHIMI, 2016).

Na América Latina, o El Niño influencia diferentemente os países. Ressalta-se a redução de chuvas na Venezuela, Suriname, Guiana e Guiana Francesa, em contrapartida, na Colômbia

as chuvas intensificam-se durante o verão (INEMA, 2011). No litoral do Equador e Peru as chuvas elevam-se nos meses de verão (dezembro a março) e nas regiões central e sul do Chile, o aumento da densidade de chuvas ocorre no inverno (junho a setembro). Além disso, nas regiões andinas do Equador, Peru e Bolívia, ocorre uma redução nos índices pluviométricos. Na Argentina, Paraguai e Uruguai, as precipitações elevam-se na primavera (setembro a dezembro) e verão (dezembro a março) (INEMA, 2011).

O El Niño constitui-se como um fator que gera diversos eventos extremos associados (PIERRE; TIRADO, 2007), ocasionando de maneira direta grandes perdas em diferentes agroecossistemas que dependem do clima (RUEDA; AGUIRRE, 2001). Diversos estudos abordam a influência do El Niño, como por exemplo: variabilidade na abundância de espécies de crustáceos, com clara diferença entre os períodos que antecedem, durante e pós El Niño (CEPEDA-PIZARRO, PIZARRO-ARAYA; VÁSQUEZ, 2005), alterações nas taxas de crescimento de moluscos bivalves (ARNTZ et al., 1987), composição de organismos macrobentônicos (TARAZONA, SALZWEDEF; ARNTZ, 1988), alteração nos regimes hidrometeorológicos (NORTE, SIMONELLI; HEREDIA, 1998), variações interanuais nas bacias hídricas da latino-americanas (CAVIEDES, 1998). Além disso, Dellabianca (2011) indicou influências do El Niño sobre as variações na sobrevivência, crescimento e reprodução do mamífero predador e topo de cadeia *Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804).

No maior El Niño de todos os tempos, o El Niño 1997/98, observou-se efeitos ecológicos em vários ecossistemas e em múltiplos níveis de organização biológica, tais como, na geoquímica fluvial, em corais de recifes, nos sistemas pelágicos, nas comunidades de peixes e populações de aves e mamíferos (GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003). Além disso, comportamento ecológico/biológico similares também foram evidenciados por Arntz (1986) durante o El Niño de 1982/83.

b) Influência do El Niño nas regiões brasileiras

No Brasil, os efeitos do El Niño ocorrem de modo diferente em cada região e apresenta uma relação direta com a intensidade do fenômeno (MELO, 1999). Na região Norte, por exemplo, o El Niño provoca a redução de chuvas, de moderadas a fortes, nos setores norte e leste da Amazônia (MELO, 1999). Segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Inema (2011), uma das principais consequências do fenômeno na região é o aumento significativo dos incêndios florestais e uma forte estiagem, capaz de diminuir os níveis de diversos rios amazônicos, como por exemplo, o rio Negro, localizado no estado do Amazonas,

com relatos de diminuição de seu nível em mais de sete metros. No estado do Pará, a região metropolitana de Belém, capital do estado, e o nordeste são acometido com até 50% abaixo da média de chuvas (BARCELLOS et al., 2009).

Segundo Amanajás e Braga (2012), a variabilidade interanual do regime chuvoso na Amazônia Oriental é sensivelmente influenciada pelos modos climáticos de grande escala dominantes sobre o Oceano Pacífico e o Atlântico, causados devido o ciclo do ENOS e as fases do gradiente meridional e inter-hemisférico das anomalias de TSM, respectivamente. Por exemplo, na Amazônia, várias regiões sofrem redução nos valores normais de precipitação, o que pode ter efeitos negativos importantes sobre estes ecossistemas. Um destes efeitos é a diminuição da umidade e conseqüente aumento da flammabilidade da vegetação (CARDOSO, OLIVEIRA; NOBRE, 2007).

No Nordeste do Brasil, o principal impacto é a redução das chuvas que causam uma grande seca, geralmente, dos meses fevereiro a maio (MELO, 1999; INEMA, 2011). No Centro-Oeste, as precipitações não apresentam efeitos evidentes, contudo, historicamente há uma tendência a elevação da média da temperatura (INEMA, 2011). Na região Sul, ocorre o aumento de chuvas (CUNHA, DALMAGO; ESTEFANEL, 1999; MELO, 1999), elevando significativamente o escoamento e a vazão dos corpos hídricos (GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003). No Sudeste, o padrão das chuvas altera-se durante o El Niño, observando-se também um aumento moderado das temperaturas durante o inverno (INEMA, 2011).

2.2 Influência do El Niño na produção de alimentos

Apesar do avanço tecnológico e na elevação do potencial produtivo agrícola, a produção de alimentos continua altamente dependente do clima (e.g. radiação solar, temperatura e a precipitação), sendo diretamente responsável pelo desenvolvimento das culturas (ROSENZWEIG et al., 2001). Segundo os autores, outros fatores relevantes aos cultivos são influenciados pelo clima, dentre eles, as doenças das plantas e as infestações por pragas, bem como a oferta e a demanda de água para irrigação.

Os impactos do El Niño sobre agricultura e segurança alimentar dependem de uma complexa interação de fatores meteorológicos, com níveis de gravidades diversificadas (FAO, 2016a). Historicamente, verifica-se que é a precipitação pluvial quem determina as melhores épocas de semeadura, a realização de tratamentos culturais, o melhor momento de colheita, influi no processo de armazenagem e até no transporte da produção (CUNHA et al., 2011). Além disso, dependendo da época do ano em que o evento ENSO surge e atinge seu ápice, ele pode

beneficiar (pelo menos a curto prazo) ou prejudicar a produção agrícola (ROSENZWEIG et al., 2001; CUNHA et al., 2011).

Para FAO, 25 %, de todos os danos causados durante os desastres naturais é causado no setor da agricultura, sendo este responsável por aproximadamente 84 % de todo o impacto econômico. Em contrapartida, embora a agricultura seja impactada negativamente pelo El Niño, evidencia-se em algumas áreas possíveis impactos positivos (ROSENZWEIG et al., 2001). Os efeitos relacionados ao clima de dois dos maiores El Niños evidenciados (1997/98 e 2015/16) tiveram um impacto significativo na produção agropecuária e nos meios de subsistência agrícolas em todo o mundo (ROSENZWEIG et al., 2001; FAO, 2016a).

O último El Niño (El Niño 2015/16) afetou negativamente a produção agrícola em partes da Ásia, América Central e Caribe (FAO, 2015b). Na África Oriental, associou-se os eventos do El Niño a precipitações e inundações acima do normal, o que causaram inundações com potencial perturbação da produção e infraestrutura das culturas, bem como surtos de doenças animais (e.g. Febre do Vale do Rift – RVF).

No Brasil, a influência do El Niño na variabilidade de culturas explica-se, principalmente, pelo excesso de chuvas nas principais regiões produtoras (CUNHA et al., 2000; CUNHA et al., 2001; BERLATO, FARENZENA; FONTANA, 2005). Na região Sul, considera-se que a anomalia climática tende a favorecer as culturas de verão (e.g. soja, milho, feijão, pastagens, etc.) e prejudicar as culturas de inverno (e.g. trigo, cevada, aveia, triticale, canola, etc.) (CUNHA et al., 2011). Os autores citam também que esse impacto é causado na cultura de cevada, entretanto, os impactos negativos da anomalia na produção de trigo dependerá da intensidade do fenômeno (BERLATO, FARENZENA; FONTANA, 2005). Diversos estudos sobre a influência do El Niño em culturas são realizados no Brasil, dentre eles, Barros et al. (2016) apresentam a tachi (*Melicoccus bijugatus* Jacq.) como uma planta resistente aos efeitos nocivos do fenômeno climático.

Além disso, entende-se que o El Niño influencia nas relações dos regimes hidrológicos em diversas regiões da América do Sul (CAVIEDES, 1998), o que impacta diretamente na atividade pesqueira. Assad e Magalhães (2014) comenta que a pesca é uma atividade que sofre diretamente os impactos de anomalias climáticas. Os autores citam que a variação na TSM e na estrutura da termoclina, também, influenciam diretamente o comportamento dos peixes, alterando sua distribuição e abundância.

A principal influência do El Niño na América do Sul ocorre na área de ressurgência no litoral chileno e peruano (ROSSI; SOARES, 2017). O impacto causado na atividade pesqueira

nessa região é incalculável, pois diminuindo drasticamente a produção da pesca e, em alguns casos, contribui para o desaparecimento de espécies (ARNTZ et al., 2006; RIASCOS et al., 2017).

Na costa ocidental sul-americana, a anomalia climática causa um colapso das pescarias de anchova – *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 –, que é direcionada a extração de matéria-prima (e.g. farinha de peixe) à fabricação de suplemento animal (ROSENZWEIG et al., 2001). De acordo com dados da FAO, pescadores artesanais adaptam-se aos efeitos da anomalia climática (FAO, 2016c). Entretanto, o impacto causado pela anomalia climática na pesca industrial é grave, apresentando consequências devastadoras para os pequenos consórcios de pescadores (ROSSI; SOARES, 2017).

No Brasil, há registros de impactos do El Niño em diversas áreas pesqueiras, como por exemplo, no estuário da Lagoa dos Patos, onde o fenômeno climático afeta os padrões de recrutamento e abundância de peixes juvenis e adultos neste ecossistema (GARCIA; VIEIRA, 2001; GARCIA, VIEIRA; WINEMILLER, 2003). Além disso, ou autores citam que a substituição de peixes dulcícolas por marinhos ocorre devido ao aumento da descarga de água doce no estuário em anos da anomalia climática. Uma situação similar foi registrada por Thomé-Souza e Chao (2004), no rio Negro, situado na bacia Amazônica, onde verificou-se que durante o El Niño de 1997/98, os indicadores ecológicos (e.g. composição, abundância, diversidade, etc.) da comunidade de peixes alterou-se drasticamente.

Outro impacto causado pelo fenômeno El Niño na pesca, é a influência na distribuição dos camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) na costa sudeste brasileira (COSTA et al., 2016). Em consequência dessa alteração espacial, os juvenis tornam-se vulneráveis porque migram para a costa dois meses antes do defeso, o que faz com que fiquem expostos à pesca.

Os impactos do El Niño na produção de alimentos ocorre, também, na aquicultura – cultivo de organismos aquáticos – (SILVA, INOUE; FIETZ, 2016). Essa influência da anomalia climática pode ser direta (e.g. excesso ou redução de chuvas, que ocasionam extravasão ou seca dos reservatórios, respectivamente) ou indiretamente (e.g. diminuição da produção de ração por conta da falta de proteína, extraída da farinha de peixe) (SILVA, INOUE; FIETZ, 2016).

O El Niño de 1997/98 atingiu drasticamente a carcinicultura – cultivo de camarões em cativeiro – do Equador, principalmente por conta da baixa salinidade da água e as inúmeras doenças que acometeram os camarões (TSUKAMOTO; TAKAHASHI, 2007). No Brasil, Assad e Magalhães (2014) citam que o cultivo do camarão *Penaeus vannamei* Boone, 1931 – nome atualizado de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) –, na região Nordeste pode apresentar

impactos positivos (e.g. aceleração do crescimento) ou negativos (e.g. aumento na incidência de doenças).

Os autores Silva, Inoue e Fietz (2016) citam que, no Brasil, a produção de peixes oriundos da piscicultura – cultivo de peixes em cativeiro – é influenciada pelos fenômenos climáticos e apresenta casos ocorrentes no estado do Mato Grosso do Sul. Os autores indicam que a falta de chuva na região, em decorrente ao El Niño, fez com que o reservatório de Paranaíba diminuísse 12 metros de profundidade, fazendo com que os piscicultores realocassem e/ou reduzisse o número de tanques-redes utilizados no cultivo.

Em contrapartida, a malacocultura – cultivo de moluscos – brasileira pode ser beneficiada pela alteração da TSM em anos de anomalias climáticas, como por exemplo, o cultivo do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), que podem apresentar elevação nas taxas de crescimento, aumentando a produção (ASSAD; MAGALHÃES, 2014). Entretanto, os mesmos autores citam a influência negativa nos cultivos da ostra-japonesa *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), adaptada a águas frias, poderão apresentar comprometimento em sua produção.

2.3 Produção de moluscos bivalves

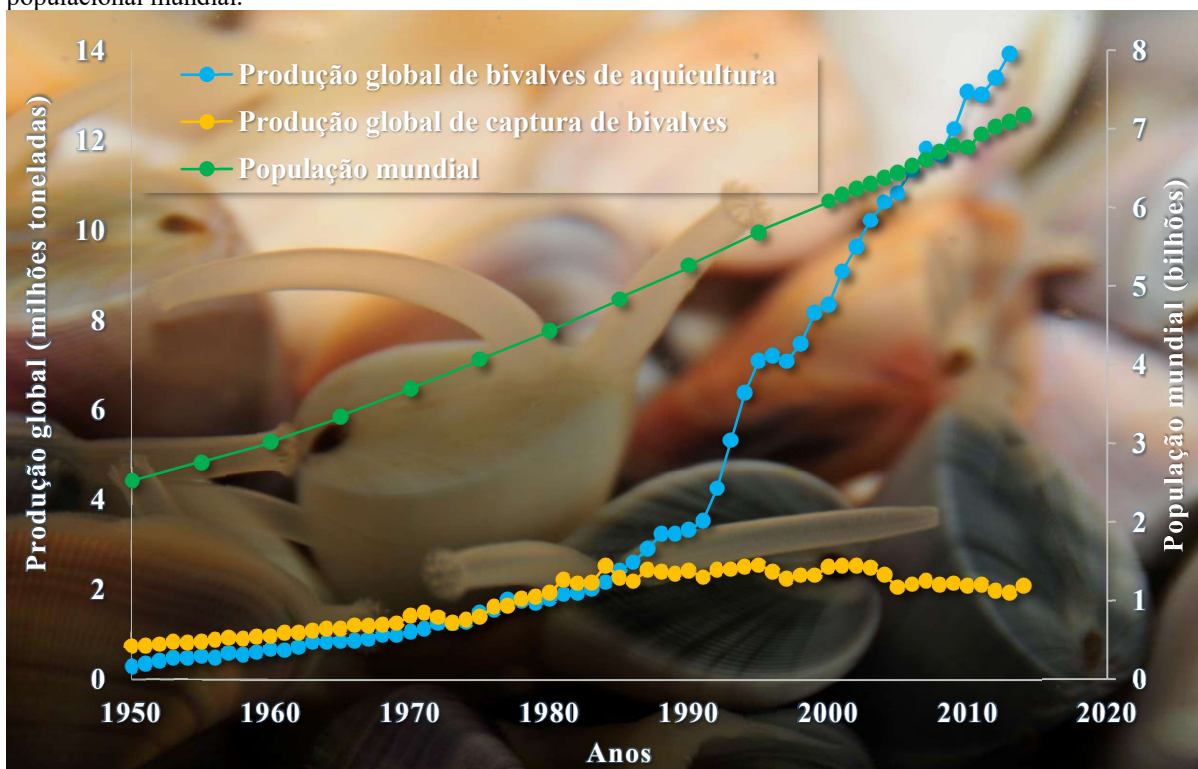
2.3.1 Características gerais

A pesca de moluscos bivalves (ostras, mexilhões, etc.) nas regiões litorâneas são cotidianamente uma fonte de alimento e renda para milhares de famílias que habitam o litoral. No entanto, a sobrepesca – pesca predatória ou pesca acima do limite estabelecido por órgão ambientais –, impede que os indivíduos adultos das populações naturais sejam repostos por novas gerações e acaba colocando em risco esta atividade econômica (LEGAT et al., 2008; OSTRENSKY et al., 2015a). Neste sentido a malacocultura – cultivo de moluscos –, surge no contexto mundial como uma alternativa viável para mitigar o possível colapso da pesca, uma vez que reduz a pressão sobre os estoques naturais (GOMES, ARAÚJO; NETO, 2008; OSTRENSKY et al., 2015a).

Atualmente, a produção global oriunda da malacocultura desempenha um papel importante na alimentação humana, com uma produção que quadruplicou nos últimos 20 anos (FAO, 2016c) (Figura 5). Em 2015, a malacocultura contribuiu com 15,5% (~16,5 milhões de toneladas) da produção total da aquicultura (continental, costeira e marinha) a nível mundial, movimentando ~18 bilhões de USD (FAO, 2016c).

Chagas e Herrmann (2016), através de dados da FAO, citam que, até meados da década de 1980, a pesca e o cultivo de moluscos bivalves apresentavam produção pareadas. Entretanto, a partir da metade dessa mesma década a malacocultura inicia um rápido crescimento até o ano de 2014, ano no qual ocorreu a última estimativa da produção. Esse crescimento na produção de bivalves é resultado, por exemplo, do sucesso da mitilicultura – cultivo de mexilhões – e da ostreicultura – cultivo de ostras – (MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012; CHAGAS; HERRMANN, 2016). Ao relacionar com o crescimento descontrolado da população mundial desde a década de 1950, o cultivo de moluscos apresenta-se como uma fonte viável à obtenção de alimento fresco, já que a pesca destes moluscos está estagnada a mais de três décadas (Figura 5).

Figura 5: Comparação da produção global oriunda da pesca de moluscos bivalves, malacocultura e o crescimento populacional mundial.



Fonte: Chagas e Herrmann (2016), com dados de FAO (2016b).

No Brasil, a malacocultura apresenta duas características, enquanto que os estados do Sudeste e Sul produzem ostras, mexilhões e vieiras, os estados do Norte e do Nordeste produzem apenas ostras (SAMPAIO et al., 2017).

2.3.2 Ostreicultura

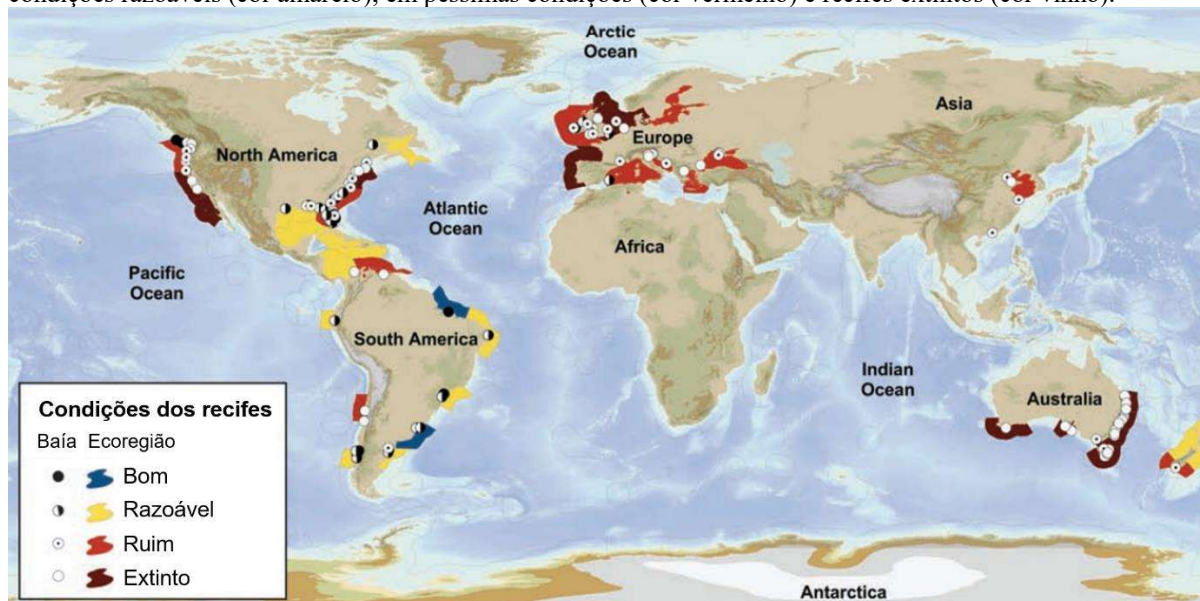
a) Extração *versus* cultivo

As ostras possuem uma ampla distribuição no mundo, sendo que em diversas regiões, além das ostras nativas, encontram-se ostras introduzidas pelo homem que, por vezes, desenvolvem-se mais rapidamente do que as ostras nativas (HERZBERG; FERNÁNDEZ, 2012). Chagas (2016), em uma breve revisão acerca das ostras exploradas e/ou cultivadas pelo mundo, comenta que a ostra mais difundida e comercializada é a ostra-plana-chilena, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758). Entretanto, cita que existem outras espécies de elevada importância econômica e bastante comercializadas, tais como, a ostra norte-americana *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) e a ostra-do-Pacífico *C. gigas*.

Dentre os inúmeros ramos da malacocultura, a ostreicultura, é uma atividade que merece destaque, principalmente pois, as ostras, como organismos filtradores, alimentam-se em sua maioria diretamente do fitoplâncton e de biodetritos (LAVANDER et al., 2007; OSTRENSKY et al., 2015a). Além disso, é uma atividade aquícola geradora de renda, que contribui à conservação dos estuários, diminuindo a pressão sobre os estoques naturais e, assim, permite uma produção mais sustentável (SAMPAIO, 2007; GUIMARÃES et al., 2008; MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012). O impacto causado pela pesca desordenada de ostras e o desenvolvimento urbano costeiro é documentado por Beck et al. (2011). Os autores estimam que 85 % dos recifes de ostras distribuídos pelo mundo foram extintos nos dois últimos séculos (Figura 6).

De acordo com Beck et al. (2011), apenas duas regiões, em todo mundo, apresentam estoques nativos de ostras em boas condições. Um deles encontra-se na costa amazônica oriental, banhada pelo Oceano Atlântico (Figura 6). A outra região com bancos naturais de ostras em boas condições encontra-se na região litorânea do Uruguai e Argentina (Figura 6).

Figura 6: Condições atuais dos recifes de ostras no mundo, apresentando locais em boas condições (cor azul), em condições razoáveis (cor amarelo), em péssimas condições (cor vermelho) e recifes extintos (cor vinho).



Fonte: Adaptado de Beck et al. (2011).

Funo et al. (2015) cita que é necessário intensificar os estudos sobre as espécies nativas de importância comercial, como forma de desenvolver técnicas de cultivo adequadas a cada região e otimizar os esforços dos produtores em cada etapa do processo de cultivo.

A contribuição da malacocultura na produção mundial de recurso pesqueiro cultivado é modesta. Neste contexto, a ostreicultura corresponde a 32,4% (~cinco mi ton.) da produção, movimentando ~quatro bilhões de USD no ano de 2015 (FAO, 2016c). No Brasil, o cultivo de moluscos bivalves contribuiu, em 2016, com 1,5% (~21 mil ton.) da aquicultura nacional, movimentando ~R\$ 68,5 milhões.

b) Ostreicultura no Brasil

A ostreicultura no Brasil restringe-se a produção de quatro ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897: as ostras nativas *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819) – sinônimo de *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830) –, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) e a *C. gigas* (LEGAT et al., 2017; SAMPAIO et al., 2017). Contudo, o Brasil consta apenas como produtor de ostras *Crassostrea* sp., por conta da instabilidade taxonômica das ostras cultivadas (VARELA et al., 2007; LEGAT et al., 2009; MELO et al., 2010; LAZOSKI et al., 2011; MELO et al., 2012; MELO et al., 2013).

Existem cultivos de ostras em todo litoral brasileiro, entretanto nas regiões Norte e Nordeste acontecem de forma artesanal e, nas regiões Sul e Sudeste, de forma industrial

(MACEDO et al., 2016). Neste cenário, destaca-se o estado de Santa Catarina, responsável por 97,9% da produção brasileira (IBGE, 2017).

As ostras apresentam um fácil desenvolvimento e uma elevada adaptação aos diversos ambientes estuarinos, podendo ser cultivadas em diferentes tipos de cultivos. No Brasil, predominam algumas formas de cultivos, relacionados de acordo com as características de cada região, destacando-se dois tipos: de fundo e suspenso (HOSHINO, 2009).

Para a utilização de cultivos de fundo (Figura 7A) é necessário que a região apresente substrato com condições favoráveis (e.g. sedimento firme, ou seja, sem lodo), além disso, no local não deve apresentar correntes fortes e baixa ocorrência de predadores (VALENTE, 2003; HOSHINO, 2009). Neste tipo de cultivo, as ostras são cultivadas “livremente” no fundo ou acondicionadas em bolsas. É um tipo de cultivo eficaz, entretanto, não se tem registro da utilização desse sistema no litoral brasileiro.

O sistema de cultivo suspenso é o mais utilizado no mundo, principalmente por possibilitar o acondicionamento de uma grande quantidade de ostra em espaço reduzido, além disso é indicado para locais onde a profundidade ultrapassa três metros (VALENTE, 2003; LAVANDER et al., 2007; OSTRENSKY, BORGHETTI; SOTO, 2008; HOSHINO, 2009). De acordo com os autores, esses tipos de cultivos são dispostos na coluna d’água, apresentando divisões: tipo flutuante – utilizando balsa ou espinhel (ou *long line*) – e o fixo – utilizando mesas –.

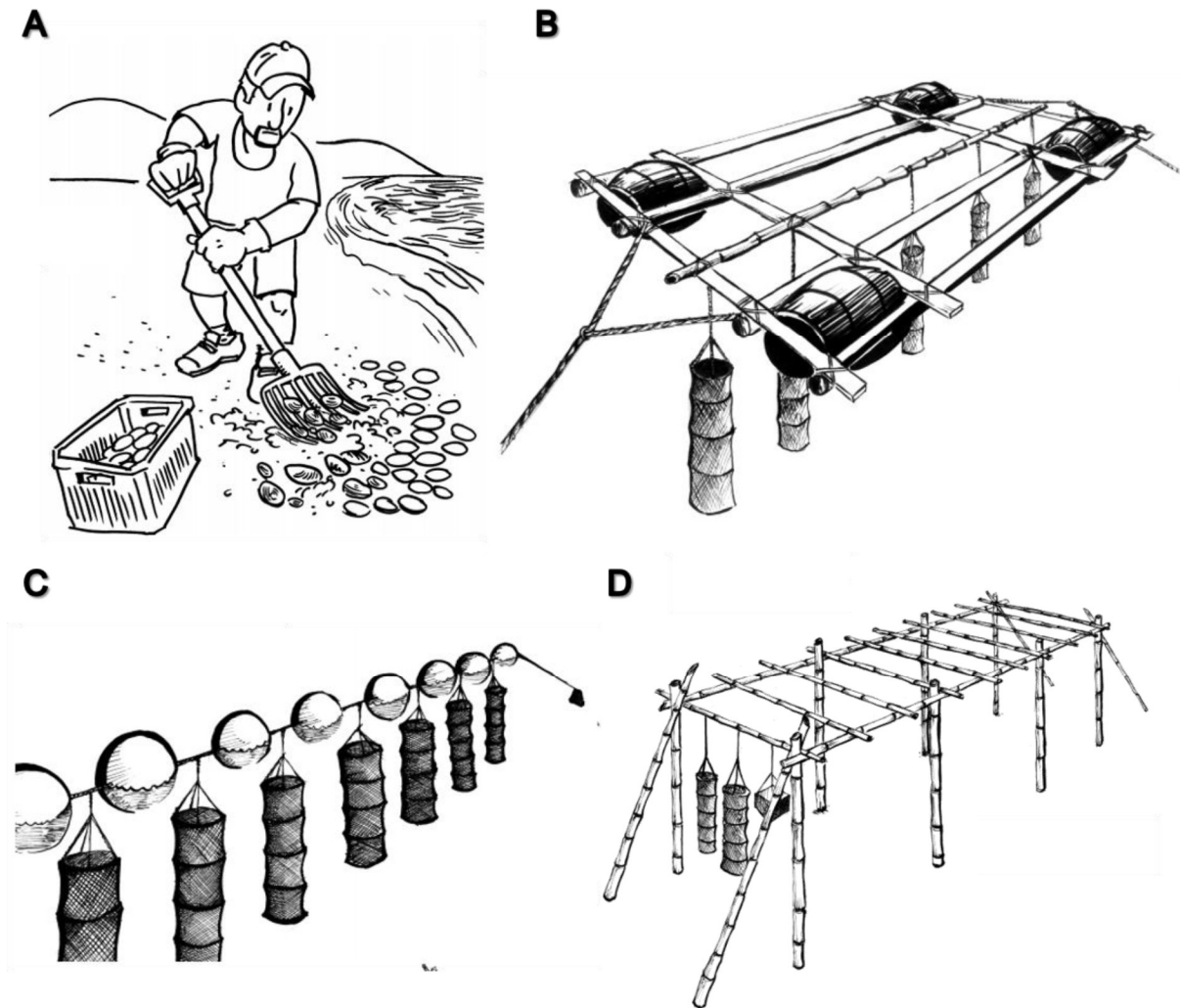
O tipo balsa flutuante (Figura 7B) é utilizado com o auxílio de um conjunto de flutuadores e armações de madeira dispostas horizontalmente sobre a superfície da água (VALENTE, 2003; LAVANDER et al., 2007; OSTRENSKY, BORGHETTI; SOTO, 2008; HOSHINO, 2009).

O tipo espinhel (Figura 7C) possibilita o cultivo de ostras em regiões rasas e/ou profundas. Esse tipo de cultivo consiste em um cabo mestre, disposto horizontalmente na linha d’água ancorada as margens e sustentada por um conjunto de flutuadores (VALENTE, 2003; LAVANDER et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007; OSTRENSKY, BORGHETTI; SOTO, 2008; HOSHINO, 2009).

Os cultivos em mesas (Figura 7D), também conhecido por camas, consistem em estruturas de madeiras (e.g. bambus) fixadas no substrato. Esse tipo de cultivo caracteriza-se por adequar-se a águas rasas e apresentar baixo custo inicial, baixa manutenção e tecnologia simples (PEREIRA, AKABOSHI; CHAGAS SOARES, 1988; VALENTE, 2003; LAVANDER et al., 2007; PEREIRA et al., 2007; SILVA; SILVA, 2007; LEGAT et al., 2008; OSTRENSKY, BORGHETTI; SOTO, 2008; HOSHINO, 2009). De acordo com os autores, nestas estruturas, fixam-se os apetrechos (travesseiros, lanternas ou bolsas) onde serão acondicionadas as ostras. As lanternas (Figura

8A) caracterizam-se por gaiolas (de quatro a cinco andares) confeccionadas por pratos específicos e telas de PVC. Tais telas, são as mesmas que estruturas confeccionam os travesseiros (Figura 8B). Ambos, são revestidos por telas de PVC com variados tamanhos de malhas.

Figura 7: Sistemas de cultivos utilizados na ostreicultura: cultivos de fundo (A), balsa flutuante (B), espinhel (C) e mesa (D).



Fonte: Adaptado de Valente (2003).

Figura 8: Apetrechos utilizados na ostreicultura: lanternas (A) e travesseiros (B) amarrados em mesas.



Fonte: Arquivo pessoal.

c) Ostreicultura no estado do Pará

No Pará, em 2001 surgiu os primeiros projetos com cultivo de ostras, principalmente com o projeto “Moluscos Bivalves”, com destaque ao intermédio da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA (antiga: Secretaria de Estado e Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE/PA (SAMPAIO, 2007; ALCÂNTARA NETO, 2009; BRABO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017).

Entretanto, apenas em 2006, o SEBRAE/PA iniciou-se os primeiros empreendimentos em cultivos de ostras. No ano de 2008, o SEBRAE/PA junto a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca – SEDAP (antiga: Secretaria de Estado de Pesca e Aquicultura – SEPAQ) tornaram-se as instituições que mais investiam no apoio ao desenvolvimento da ostreicultura no estado (HOSHINO, 2009). O SEBRAE através da realização de capacitações na área de gestão empresarial, tecnologia e buscando articular parcerias e a SEPAQ com o fomento e doação de equipamentos para todos os cultivos de ostra em atividade. No ano de 2009, o SEBRAE incentivou a criação de um grupo capaz de reunir todas ostreiculturas do estado, criando-se assim a Rede Nossa Pérola (Figura 9A). Deste modo, fortaleceu o grupo de mercado e deu condições para a atividade desenvolver-se cada vez mais (HOSHINO, 2009).

Além dessas instituições, destacam-se diversas outras, tais como, a Universidade Federal do Pará – UFPA, a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, o Instituto Federal do Pará – IFPA (*campus* Castanhal e Belém), o Instituto de Estudos Superiores da

Amazônia – IESAM, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará – EMATER, além das prefeituras municipais e demais parcerias. Tais instituições apoiaram a atividade através de orientações técnicas e ambientais, cedendo local para realização de capacitações, emprestando equipamentos como refratômetro e computadores para realização das atividades técnicas e burocráticas, entre outras (HOSHINO, 2009; SAMPAIO et al., 2017).

Atualmente existem sete associações ativas (Tabela 2, Figura 9), com um total de 184 membros associados, sendo que 43% (79 membros) participam predominantemente da ostreicultura (SAMPALIO et al., 2017). Segundo os autores, agricultura (e.g. cultivos de feijão, mandioca e arroz, entre outras) apresenta-se como fontes principais de renda em todas as associações, fato este que corrobora com a cultura da ostreicultura no Brasil.

Tabela 2: Nomes das sete associações do estado do Pará, seus respectivos municípios, o ano de criação e o número de associados atualmente.

Nome da associação	Município	Ano	Nº de Associados
Mulheres na Pesca e Agricultura de Pererú – AMPAP	São Caetano de Odivelas	2007	13
Produtores de Ostras de Pererú de Fátima – ASSOPEF	São Caetano de Odivelas	2006	11
Aquicultores da Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA	Curuçá	2006	10
Agropesqueira de Nazaré de Mocajuba – AGRONAM	Curuçá	2012	13
Aquicultores, Produtores Rurais e Pescadores de Nazaré do Seco – AAPPNS	Maracanã	2006	10
Agricultores e Aquicultores de Santo Antônio de Urindeua – ASAPAQ	Salinópolis	2009	9
Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda – AGROMAR	Augusto Corrêa	2006	13

Fonte: Adaptada de Sampaio et al. (2017).

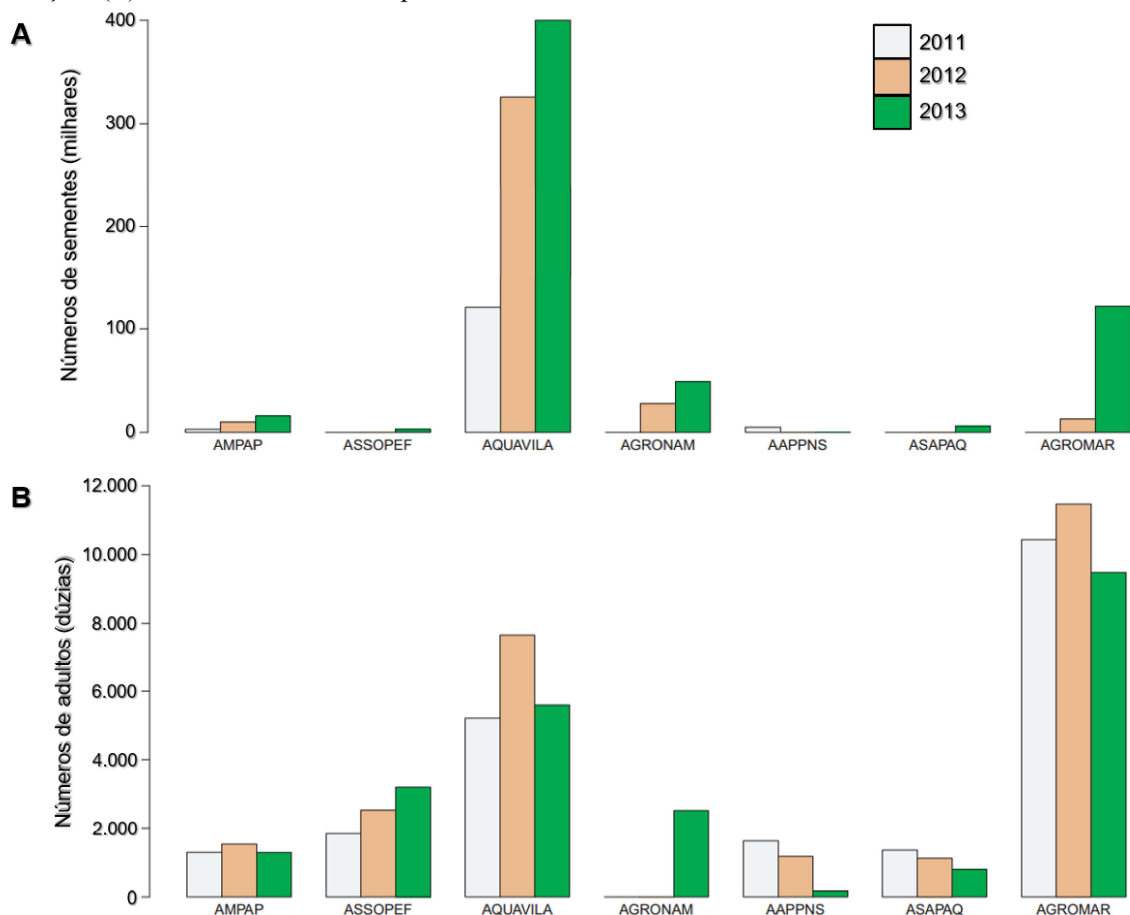
Na revisão bibliográfica elaborada por Sampaio et al. (2017), com dados de SEBRAE, os autores citam que entre os anos de 2011 e 2013 houve um aumento de 360% na produção de sementes (exceto a AAPPNS). Neste contexto, ressalta-se a exclusividade da AQUAVILA na comercialização de sementes entre as associações, o que se destaca na sua elevada produção de sementes (Figura 10A). Os ostreicultores das demais associações, por considerarem suas sementes de “baixa qualidade”, preferem a compra de sementes oriundas da AQUAVILA. Por conta disso, Sampaio et al. (2017) citam que as associações de ostreicultores paraenses focalizaram na produção de ostras adultas, em contrapartida, a AQUAVILA na produção de sementes. Ressalta-se que a comercialização de ostras classificadas por *sementes* (até 29 mm) e *juvenis* (30 a 59 mm) apresentam valores de R\$30,00 e R\$60,00, respectivamente (SAMPALIO et al., 2017). Além disso, nos coletores de sementes ocorre a presença de uma ostra exótica *Crassostrea* sp. (GARDUNHO et al., 2012; SAMPAIO et al., 2017).

Figura 9: Logotipos da “Rede Nossa Pérola” (A) e de quatro associações: Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA (B), Associação dos Agricultores e Aquicultores de Nova Olinda – AGROMAR (C), Associação dos Aquicultores Produtores Rurais e Pescadores de Nazaré do Seco – AAPPNS (D) e Associação dos Agricultores, Pecuáristas e Aquicultores da Vila de Santo Antônio de Urindeua – ASAPAQ (E).



Fonte: SEBRAE (A), Hoshino (2009) (B, C e D) e arquivo pessoal (E).

Figura 10: Número de sementes de ostras (em milhares) adquiridas pelas associações de ostreicultores paraense entre os anos de 2011 e 2013 (A) e a produção total de ostras adultas (em dúzias) comercializadas pelas respectivas associações (B), considerando o mesmo período.



Fonte: Adaptada de Sampaio et al. (2017).

O comércio de ostras no Pará, comparando as associações, oscilou nos últimos anos (Figura 10B). Sampaio et al. (2017), cita que a produção paraense aumentou 17% entre 2011 e 2012, entretanto diminuiu 10% no período seguinte (2012/13). Nesse período, apenas a ASSOPEF e AGRONAM apresentaram aumento em sua produção.

No ano de 2016, ostreicultura do estado do Pará apresentou uma produção de ~42 toneladas, entretanto contribuiu minimamente à produção nacional, com apenas 0,2% do total, gerando cerca de R\$ 322 mil (IBGE, 2017). Neste contexto, o município de São Caetano de Odivelas (AMPAP e ASSOPEF) e Curuçá (AQUAVILA e AGRONAM), apresentaram uma menor produção, mesmo com suas associações em cada município, com ~3,8 e ~4,8 toneladas, respectivamente. O município de Augusto Corrêa, com a AGROMAR, produziu ~13,2 toneladas de ostras, sendo o município de Salinópolis, representado pela ASAPAQ, com a maior produção (~20 toneladas de ostras) (SAMPAIO et al., 2017).

A ostreicultura paraense é recente e apresenta-se como uma atividade secundária para os pescadores artesanais e os agricultores familiares (MACEDO et al., 2016), principalmente pela dependência da produção e da coleta de sementes no meio ambiente, que não é contínua ao longo do ano (CHAGAS; HERRMANN, 2015). Tais sementes, são coletadas em ambiente natural com o auxílio de um apetrecho confeccionado com garrafas PET (Figura 11B) ou com conchas de ostras (Figura 11A) que são reutilizadas após o consumo (LEGAT et al., 2008; BRABO et al., 2016)

Figura 11: Coletores artificiais para sementes de ostras confeccionados com conchas de ostras (A) e com garrafas PET (B).



Fonte: Arquivo pessoal (A) e adaptada de Ostrensky et al. (2015b)

Os empreendimentos com foco no cultivo de ostras apresentam-se como uma atividade viável à população litorânea, principalmente pelo baixo custo de instalação e manejo (SAMPAIO, 2007; LEGAT et al., 2008; MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012; BRABO et al., 2016). Entretanto, segundo os autores, o mercado precisa ser melhor estudado, devido o cenário atual do comércio de ostras (e.g. desconfiança por parte do consumidor diante da qualidade do produto comercializado). Em contrapartida, Sampaio et al. (2017), citam que os recentes investimentos realizados na ostreicultura paraense preveem um rápido crescimento na produção de ostras, sobretudo pelo litoral de manguezais relativamente bem conservado e com baixo impacto antrópico, quando comparado aos demais estados, o que favorece a produção e comercialização.

d) Influências ambientais na ostreicultura

A produção de ostras cultivadas depende fortemente das condições ambientais da área de cultivo, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas do ambiente (ARAÚJO; MOREIRA, 2006; OSTRENSKY et al., 2015a). As ostras se desenvolvem bem em diversos ambientes estuarinos, mas deve-se considerar alguns fatores que podem limitar seu cultivo (VALENTE, 2003), sendo a escolha do local decisivo para o sucesso da atividade (LAVANDER et al., 2007). Coexistem diferentes formas de sistemas cultivos de ostras, sempre de acordo com as características de cada área (PEREIRA et al., 2007; LEGAT et al., 2008; HOSHINO, 2009; OSTRENSKY et al., 2015a).

Para a instalação de uma ostreicultura, diversos fatores precisam serem levados em consideração. Dentre tais fatores, destacam-se: a temperatura e a salinidade da água, a produtividade primária, as condições do substrato, a ocorrência de microrganismos tóxicos ao homem, a abundância de organismos competidores, parasitas e/ou predadores, o sentido e direção dos ventos, ondas e correntes marinhas, a renovação de água, além de evitar área de navegação marítima e de pesca, e entre outros aspectos (VALENTE, 2003; ARAÚJO; MOREIRA, 2006; PEREIRA et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2008; LEGAT et al., 2008; HOSHINO, 2009; MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012; GOSLING, 2015; OSTRENSKY et al., 2015a; OSTRENSKY et al., 2015b). De acordo com Gosling (2015) por conta da influência sinérgica dos fatores ambientais é difícil estimar um efeito isolado de cada fator.

i) Temperatura:

Os efeitos diretos da temperatura são pouco mensuráveis pois, geralmente, as coletas dos dados são obtidas apenas no dia da amostragem, o que impossibilita a estimação dos efeitos da variação diária da temperatura sobre o molusco cultivado (LEGAT et al., 2017). Entretanto, quando analisado a influência da temperatura no desenvolvimento da ostra em regiões tropicais, Paixão et al. (2013) citam a ausência dos efeitos deste parâmetro nos padrões reprodutivo da ostra cultivada. Em contrapartida, em regiões de clima temperado, são evidentes a influência da temperatura, principalmente por conta da sazonalidade, nos padrões reprodutivos das ostras (CHÁVEZ-VILLALBA, VILLELAS-ÁVILA; CÁCERES-MARTÍNEZ, 2007). Helm, Bourne e Lovatelli (2004) citam que ostras do gênero *Crassostrea* são extremamente tolerantes tanto à temperatura em ambientes de cultivos.

Em contrapartida, apesar de alguns estudos recomendarem a exposição das ostras ao ar livre durante a maré baixa (PEREIRA et al., 2001a; GALVÃO et al., 2009) como medida mitigatória ao controle de incrustante. O tempo de exposição dos moluscos a essas altas temperaturas, pode influenciar diretamente na sobrevivência do bivalve (LEGAT et al., 2017).

ii) Salinidade:

Assim como na temperatura, é impossível evidenciar uma influência direta da salinidade no desempenho das ostras, pois os dados são coletados apenas no dia da amostragem e não permite uma análise detalhada acerca desse parâmetro (LEGAT et al., 2017). Entretanto, correlacionando os valores de salinidade mensurados ao longo das coletas e a respectiva sobrevivência das ostras, os autores evidenciaram uma possível relação entre essas variáveis. A influência da salinidade no desenvolvimento da ostra é constantemente avaliada em diversos estudos (GUIMARÃES et al., 2008; MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012; PAIXÃO et al., 2013; FUNO et al., 2015).

Funo et al. (2015) observaram altas taxas de sobrevivência de ostras *C. tulipa* em salinidades de 10 a 45, em condições de laboratório. Além disso, diversos estudos abordam a influência da salinidade na liberação de gametas (VALENTE, 2003; LAVANDER et al., 2009; VELASCO et al., 2010; MELO, 2011; AREIAS, 2012; PAIXÃO et al., 2013; CHAGAS; HERRMANN, 2015; MELO et al., 2015). Adicionalmente a esses estudos, Helm, Bourne e Lovatelli (2004) recomendam que para ostras do gênero *Crassostrea* uma salinidade média de 25, e deste modo otimiza o desenvolvimento, crescimento e sobrevivência das ostras.

iii) Produtividade primária:

A produtividade primária de uma região influencia diretamente do desenvolvimento da ostra cultivada, em contrapartida, o período no qual o molusco está submerso aumenta a absorção de alimentos, o que está correlacionado ao melhor desenvolvimento dos bivalves (VALENTE, 2003; CASTRO; HUBER, 2012; LEGAT et al., 2017). Entretanto, além do período submerso, a região no qual está localizado a ostreicultura influencia no desenvolvimento da ostras, pois Miranda, Castro e Kjerfve (2002) citam que, por exemplo, águas dos estuários apresentam uma maior produtividade biológica entre ambientes aquáticos, quando comparada com um rio e o oceano adjacente (MIRANDA et al., 2002).

iv) Condições do substrato:

As condições do substrato da área do cultivo são primordiais à ostreicultura. Neste sentido, deve-se observar o tipo de substrato, pois associados a outros fatores (e.g. pluviosidade e correntezas) podem ocasionar o aumento na taxa de mortalidade, em consequência do aumento de material em suspensão e soterramento da estrutura do cultivo (VALENTE, 2003)

v) Ocorrência de microrganismos tóxicos:

A ocorrência de microrganismos tóxicos (e.g. bactérias, protozoários, vírus, etc.) está diretamente relacionada a qualidade da água no local do cultivo (PEREIRA et al., 2007; OSTRENSKY et al., 2015b). De acordo com os autores, a poluição das águas, com agrotóxicos e metais pesados, por exemplo, pode apresentar problemas bem maiores, devido a bioacumulação natural de tais substâncias no seu tecido mole dos bivalves.

vi) Presença de organismos competidores, parasitas e predadores:

A fauna associada ao cultivo de ostras é diversa, podendo apresentar espécies de interesse econômico (OSTRENSKY et al., 2015b; CHAGAS et al., 2018c). Além disso, causam prejuízos zootécnicos (e.g. deformações na concha e morte de ostras) e econômicos (e.g. diminuição da produção e do valor comercial) potenciais a ostreicultura (OSTRENSKY et al., 2015b).

De acordo com Ostrensky et al. (2015a), os principais predadores das ostras cultivadas são vermes (e.g. planárias), caramujos (e.g. sapequara), estrelas-do-mar, lontras e alguns peixes. Os autores citam ainda os principais parasitas, sendo eles: poliquetas e caranguejos (macroscópicos) e vermes, fungos e protozoários (microscópicos). Adicionalmente a esses organismos, existem aqueles que competem (e.g. por alimento, espaço e, em menor escala, o oxigênio dissolvido) com a ostra cultivada, como por exemplo, algas, cracas, esponjas, poliquetas e as sementes de ostras.

Diversos estudos abordam a questão dos organismos associados ao cultivo e, em quase totalidade, o manejo adequado e periódico apresenta-se como a melhor solução para mitigar essa problemática (PIT; SOUTHGATE, 2003; WILLEMSSEN, 2005; SÁ, NALESSO; PARESQUE, 2007; SALA; LUCCHETTI, 2008; WRONSKI, 2010; ADAMS et al., 2011; SIEVERS et al., 2013; LACOSTE; GAERTNER-MAZOUNI, 2014; LACOSTE et al., 2014; SIEVERS et al., 2014; CHAGAS, 2016).

vii) Sentido e direção dos ventos, ondas e correntes marítimas:

As velocidades de correntes marinhas impactam diretamente na ostreicultura, pois o movimento intenso das águas causa um de turbilhonamento acometendo um estresse nos organismos cultivados (GOMEZ et al., 1995; VALENTE, 2003). Além disso, eleva à concentração de material particulado na água, o que aumenta da turbidez e, conseqüentemente, elevando a temperatura e diminuindo conseqüentemente a solubilidade do oxigênio (GOMEZ et al., 1995).

viii) Renovação de água:

A renovação de água nas regiões do cultivo é um fator importante, pois é através da circulação de água que disponibiliza-se oxigênio dissolvido e alimentos (e.g. plâncton) para o desenvolvimento das ostras (VALENTE, 2003; PEREIRA et al., 2007).

ix) Evitar áreas de navegação marítima e de pesca:

Locais onde ocorrem constantes movimentações de embarcações e/ próximas a áreas de pesca, prejudicam os cultivos de ostras por conta do estresse as ostras cultivadas e danificações das estruturas do cultivo (VALENTE, 2003).

2.4 Métodos de estimação de crescimento

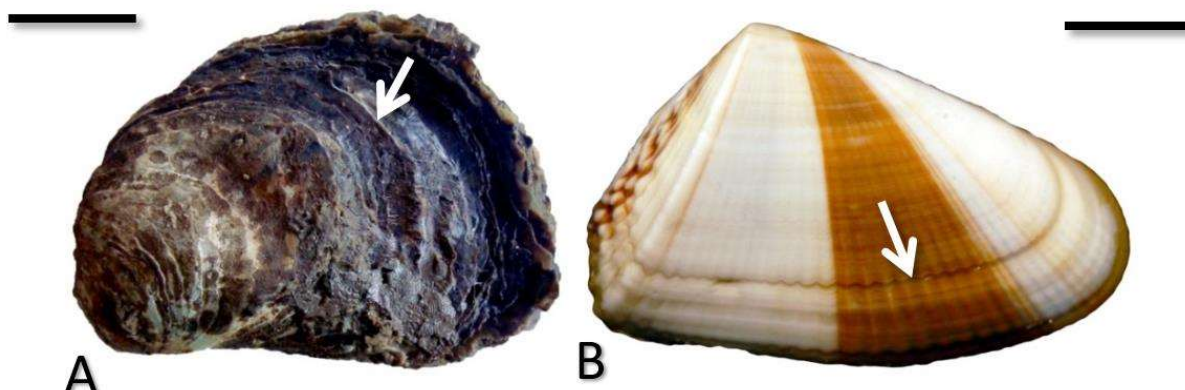
2.4.1 Características gerais

A definição de crescimento baseia-se no aumento biomorfológico de um organismo (VON BERTALANFFY, 1938; SEED, 1969). A taxa de crescimento é um parâmetro chave no contexto da história de vida de um organismo, e, portanto, os esforços de investigação têm-se concentrado no desenvolvimento de métodos adequados para medir o crescimento (VAN DER GEEST et al., 2011). Na pesca, as taxas de crescimento ligadas com os dados de recrutamento são utilizadas para estimar o rendimento sustentável (VAKILY, 1992; MCKINNON, 1996; JENNINGS, KAISER; REYNOLDS, 2001; HILBORN; WALTER, 2003; KING, 2007). Esta informação permite que os órgãos responsáveis tomem decisões acerca das situações distintas em matéria de populações de moluscos, tanto em populações em ambiente natural quanto cultivadas em todo o mundo (VAKILY, 1992; LORÍA; HUATO-SOBERANIS, 2014).

O crescimento é fortemente influenciado pelas condições ambientais, e qualquer variação no meio ambiente influenciará a sua taxa de crescimento (VAKILY, 1992; CHAGAS; HERRMANN, 2016). Segundo os autores, estas alterações na taxa de crescimento podem ser visíveis como linhas de crescimento, ou descontinuidades abruptas no material calcificado sobre as partes rígidas de animais, dentre elas: escamas, ossos operculares, vértebras, otólitos e espinhas de peixes, nas conchas de bivalves e gastrópodes, e em estatólitos de lulas (MCKINNON, 1996; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Diversos estímulos ambientais provocam a desaceleração, interrupção ou cessação que influenciam a formação de linhas de crescimento, podendo ser aleatórias ou periódicas. Eventos aleatórios tais como ciclones ou ataques malsucedidos por predadores podem causar um estresse suficiente para produzir linhas de perturbação, embora o momento da formação dessas linhas seja desconhecido, torna-os inadequados para utilização em análises de crescimento (Figura 12) (MCKINNON, 1996; GOSLING, 2015; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Figura 12: Conchas de *Crassostrea tulipa* destacando linhas periódicas de crescimento (seta) (A) e de *Donax hanleyanus* indicando (seta branca) uma marca proeminente na concha provavelmente resultante de um ataque malsucedido por um predador ou uma diferença na composição dos alimentos. Escalas: A = 10 cm, B = 10 mm



Fonte: Chagas e Herrmann (2016) (A) e Herrmann et al. (2009a) (B).

2.4.2 Estudo de crescimento em moluscos bivalves

O método mais básico para calcula-se o crescimento de um molusco bivalve é a contagem das linhas de crescimento na região externa da concha, principalmente por serem visíveis (na maioria dos bivalves). Além disso, não precisa de equipamentos sofisticados e, tampouco, o sacrifício dos animais (MCKINNON, 1996). Entretanto, como mencionou-se anteriormente, as conchas dos moluscos sofrem influências ambientais e, por conta disso, ocorre a formação de falsas linhas de crescimento, o que acomete contagens incorretas e, consequentemente, uma estimativa de crescimento inadequada.

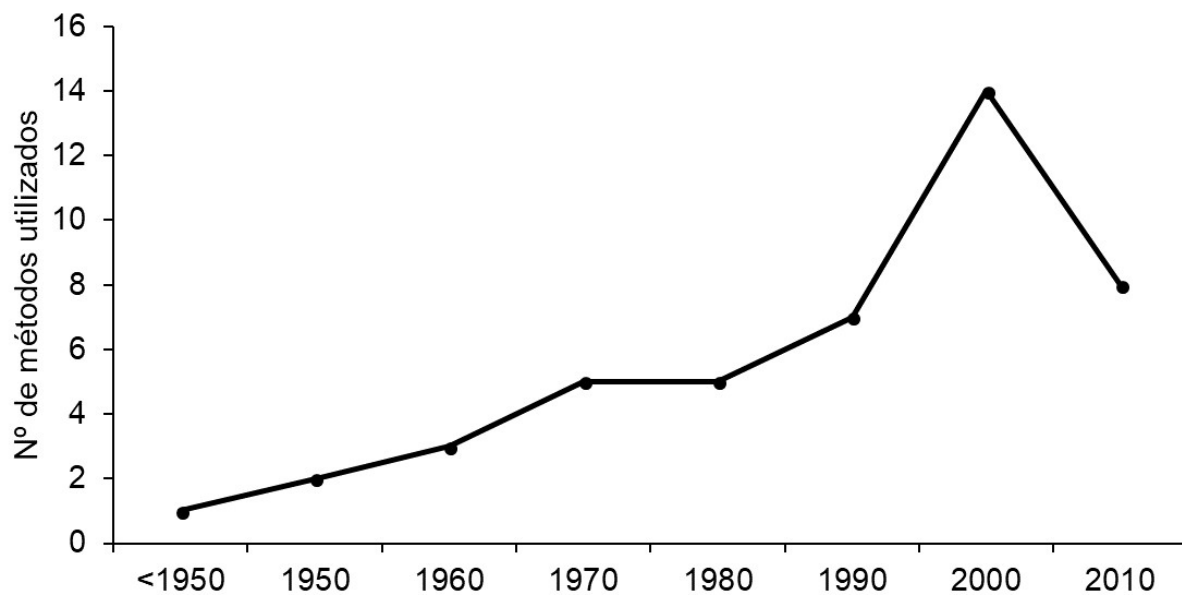
Neste sentido, Lepore et al. (2009) comentam que, por tratar-se de um parâmetro essencial na dinâmica populacional dos moluscos bivalves, diversos métodos de estimativa de crescimento são testados historicamente.

Chagas, Barros e Herrmann (2018) compilaram dados históricos de estudos de crescimento com moluscos bivalves e evidenciaram ao todo sete metodologias utilizadas (Quadro 1). Ao analisar-se os dados disponíveis pelos autores, a variação temporal do número de métodos de estudos de crescimento utilizados é ascendente até à metade da década de 2000 (Figura 13). A partir disso, o declínio observado é resultado de estudos comparativos entre tais metodologias (DAY, WILLIAMS; HAWKES, 1995; RIASCOS et al., 2007; HERRMANN et al., 2009b; MAHÉ et al., 2010; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Através dos dados disponíveis por Chagas, Barros e Herrmann (2018), destacam-se duas metodologias: o uso de médias morfométricas periódicas e o de distribuição de frequências de

comprimento. Tais metodologias somam mais da metade (58%) daquelas utilizadas nos demais estudos, com 35% e 23%, respectivamente (Figura 14A).

Figura 13: Variação temporal em números de métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves no mundo.



Fonte: Chagas et al. (2018 *Submitted*).

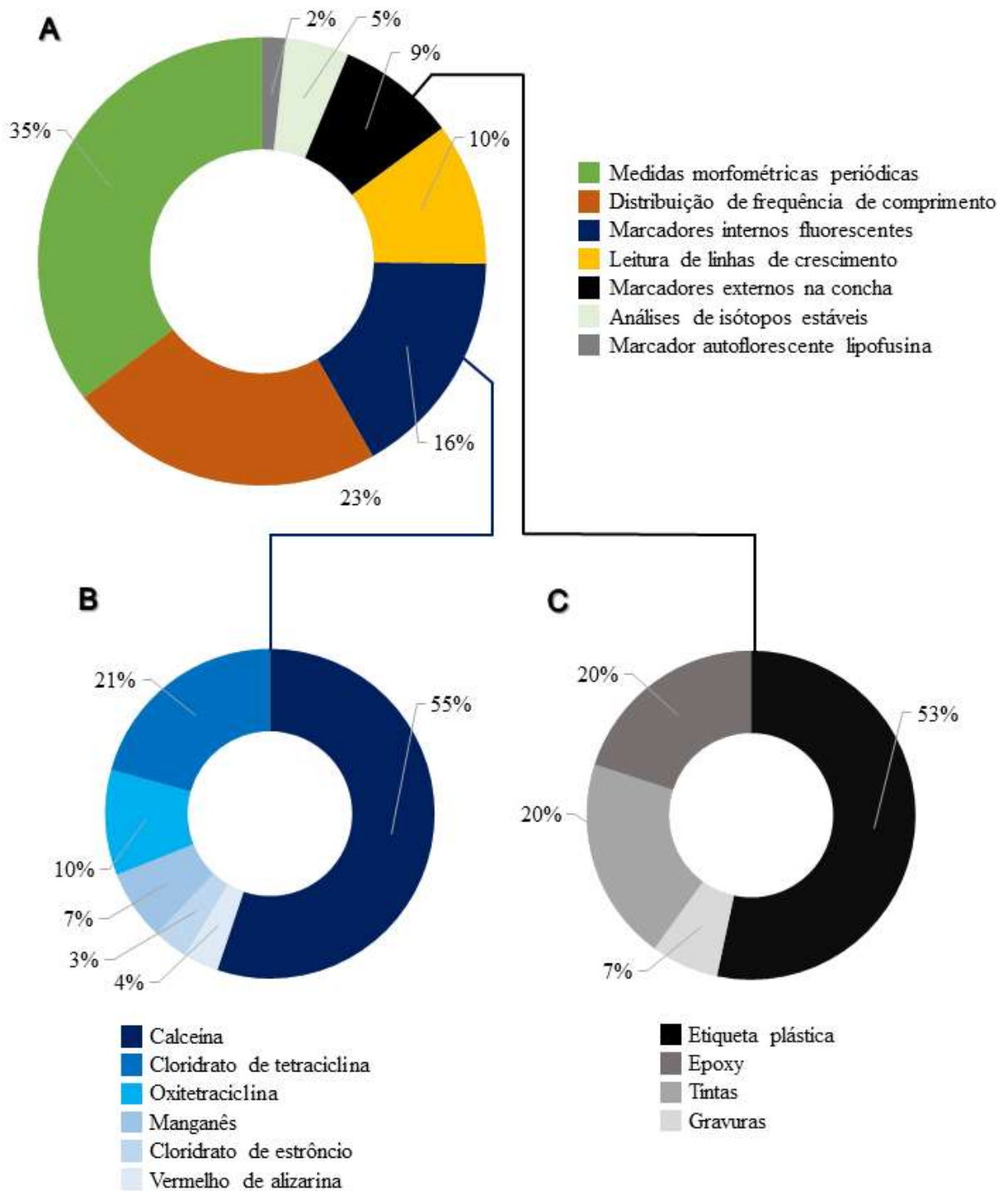
Quadro 1: Métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves. Números romanos indicam os métodos utilizados nos estudos: (I) – análise de incremento através de marcação e recaptura, (II) – análise de incremento através de marcadores fluorescentes na concha, (III) – análise de idade através do pigmento autofluorescente lipofuscina, (IV) – leituras de anéis de crescimento da concha, (V), análise de isótopos estáveis, (VI) – distribuição de frequências de comprimento e (VII) – médias morfométricas periódicas. Dados disponíveis em Chagas, Barros e Herrmann (2018)

Método	Metodologia utilizada	Referências
I	Etiqueta plástica	Hart e Joll (2006), Heald (1978), Kimbro, Largier e Grosholz (2009), Mitchell, Crawford e Rushton (2000), Nagel, Dümpelmann e Pfeiffer (2015), Quesada et al. (1985), Riascos e Urban (2002), Urban (2000a),
I	Epoxy	Bérard, Bourget e Fréchette (1992)
I	Marcas de tintas	Beal et al. (1999), Kesler, Newton e Green (2007), Seed (1969)
I	Gravuras na concha	Laudien, Brey e Arntz (2003), McQuaid e Lindsay (2000), Ropes e Merrill (1970)
II	Calceína	Caceres-Puig et al. (2011), Chagas e Herrmann (2016), Heilmayer et al. (2005), Cordeiro (<i>in prep.</i>), Herrmann et al. (2009b), Kaehler e McQuaid (1999), Klunzinger et al. (2014), Lepore et al. (2009) Linard et al. (2011), Loria e Huato-Soberanis (2014), Lucas et al. (2008), Mahé et al. (2010), McKinnon (1996), Riascos et al. (2007), Thébault et al. (2006), van der Geest et al. (2011)
II	Cloridrato de tetraciclina	Sato-Okoshi e Okoshi (2002)
II	Oxitetraciclina	Lucas et al. (2008)
II	Manganês	Cardoso et al. (2007), Mahé et al. (2010),
II	Cloreto de estrôncio	Fujikura, Okoshi e Naganuma (2003), Herrmann et al. (2009b), Riascos et al. (2007)
II	Vermelho alizarina	Herrmann et al. (2009b), Hídu e Hanks (1968), Lucas et al. (2008), Miyaji, Tanabe e Schöne (2007), Parsons et al. (1993), Riascos et al. (2007)
III	Lipofuscina	Guerra et al. (2012), Hiebenthal et al. (2012), Lomovasky et al. (2002)
IV	Linhas de crescimento	Ansell e Lagardère (1980), Bagur et al. (2013), Capezzani, Oliver e Penchaszadeh (1971), Fiori e Morsán (2004), Guillou e Le Moal (1980), Harding e Mann (2006), Karney et al. (2011), Kraeuter, Ford e Cummings (2007), Maia et al. (2006), Maia e Pimenta (2007), McKinnon (1996), Morsán e Orensanz (2004), Ramon, Abello e Richardson (1995), Richardson (1989), Richardson, Crisp e Runham (1979), Richardson, Seed e Naylor (1990), Rypel, Haag e Findlay (2008), Sasaki (1981), Shaul e Goodwin (1982),
V	Isótopos estáveis	Brey e Mackensen (1997), Cardoso et al. (2013), Carré et al. (2005), Colonese et al. (2017), Heilmayer et al. (2003), Jones, Quitmyer e Andrus (2005), Jones, Williams e Arthur (1983), Schöne e Surge (2014)

Continuação do Quadro 1.

Método	Metodologia utilizada	Referências
VI	Frequência de comprimento	<p>Alagarswami (1966), Alam e Das (1999), Aideed, Basmi e Ali (2014), Amin, Zafar e Halim (2008), Aragon-Noriega (2013), Arntz et al. (1987), Bonel, Solari e Lorda (2013), Cardoso-Junior (2011), Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015), Chávez-Villalba et al. (2008), Chávez-Villalba et al. (2005), Chellam (1988), Coakley (2004), Diederich (2006), Duke Jr (2008), Gaspar, Ferreira e Monteiro (1999), Grizzle et al. (2016), Harding (2007), Herrmann et al. (2009a), Herrmann et al. (2011), Kimbro, Lartigier e Grosholz (2009), Laudien, Brey e Arntz (2003), Legat et al. (2017), MacDonald e Thompson (1988), Nayyar (1955), Ocaña, Apín e Cala (2013), Oliveira et al. (2013), Pereira et al. (2001b), Pereira, Henriques e Machado (2003), Ramon, Abello e Richardson (1995), Rodrigues et al. (2013), Saucedo e Monteforte (1997), Seed (1969), Silva et al. (2015), Sims (1993), Sola (1997), Talikhedkar, Mane e Nagabhushanam (1976), Urpi, Peña e Madriz (1983), Vakily (1992), Verdelhos et al. (2011),</p>
VII	Médias morfométricas periódicas	<p>Albuquerque et al. (2012a), Albuquerque et al. (2012b), Angell (1973), Antonio et al. (2009), Azevedo et al. (2015), Baghurst e Mitchell (2002), Barillé et al. (2011), Bartol, Mann e Luckenbach (1999), Boudry et al. (2003), Brito (2008), Brown (1988), Brown e Hartwick (1988), Cáceres-Puig et al. (2007), Cardoso Júnior et al. (2012), Carlucci et al. (2010), Castillo-Durán et al. (2010), Chávez-Villalba et al. (2010), Christo e Absher (2008), Davidson (2001), Davis (1958), Galvão et al. (2009), de la Huz, Lastra e López (2002), Del Angel et al. (2004), Ehteshami, Christianus e Rameshi (2010), Ferreira (2003), Ferretti (2008), Funo et al. (2015), Gangnery et al. (2003), Glaser (1905), Gonda-King et al. (2010), Honkoop e Bayne (2002), Ingle e Dawson Jr (1952), Lavinas, Vilaça e Saad (2008), Lee, Williams e Southgate (2008), Legat et al. (2017), Levinton, Doall e Allam (2013), Liddel (2008), Lodeiros et al. (2007), Lopes (2008), Lopes et al. (2013), Losse (1979), Maccacchero, Ferreira e Guzenski (2007), Maccacchero, Guzenski e Ferreira (2005), Mallia, Muthiah e Thomas (2006), Mazón-Suástegui et al. (2011), Milione e Southgate (2012), Mitchell, Crawford e Rushton (2000), Oliveira (2014), Orban et al. (2004), Parsons e Dadswell (1992), Pouvreau et al. (2000), Pouvreau e Prasil (2001), Rosa (2014), Rybovich (2014), Sasikumar et al. (2007), Squella et al. (2015), Tureck et al. (2004), Urban (2000b), Urban (2002), Valentim (2005), Vilar (2012), Walne (1958),</p>

Figura 14: Análise percentual dos métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves no mundo (A), indicando os tipos de marcadores internos fluorescente (B) e marcadores externos (C).



Fonte: Chagas et al. (2018 (Submitted))

2.4.3 Metodologias utilizadas em estudos de crescimento

2.4.3.1 *Análise de incremento através de experimentos de marcação e recaptura*

O método de marcação e recaptura foi usado pela primeira vez em 1896 para analisar os movimentos de peixes (RICKER, 1975). Este método consiste em amostragens repetidas de uma população-alvo, permitindo o reconhecimento de indivíduos marcados anteriormente e pode ser usado para analisar cada animal capturado individualmente (SEBER, 1992; KREBS, 1999; FONTOURA-DA-SILVA et al., 2013).

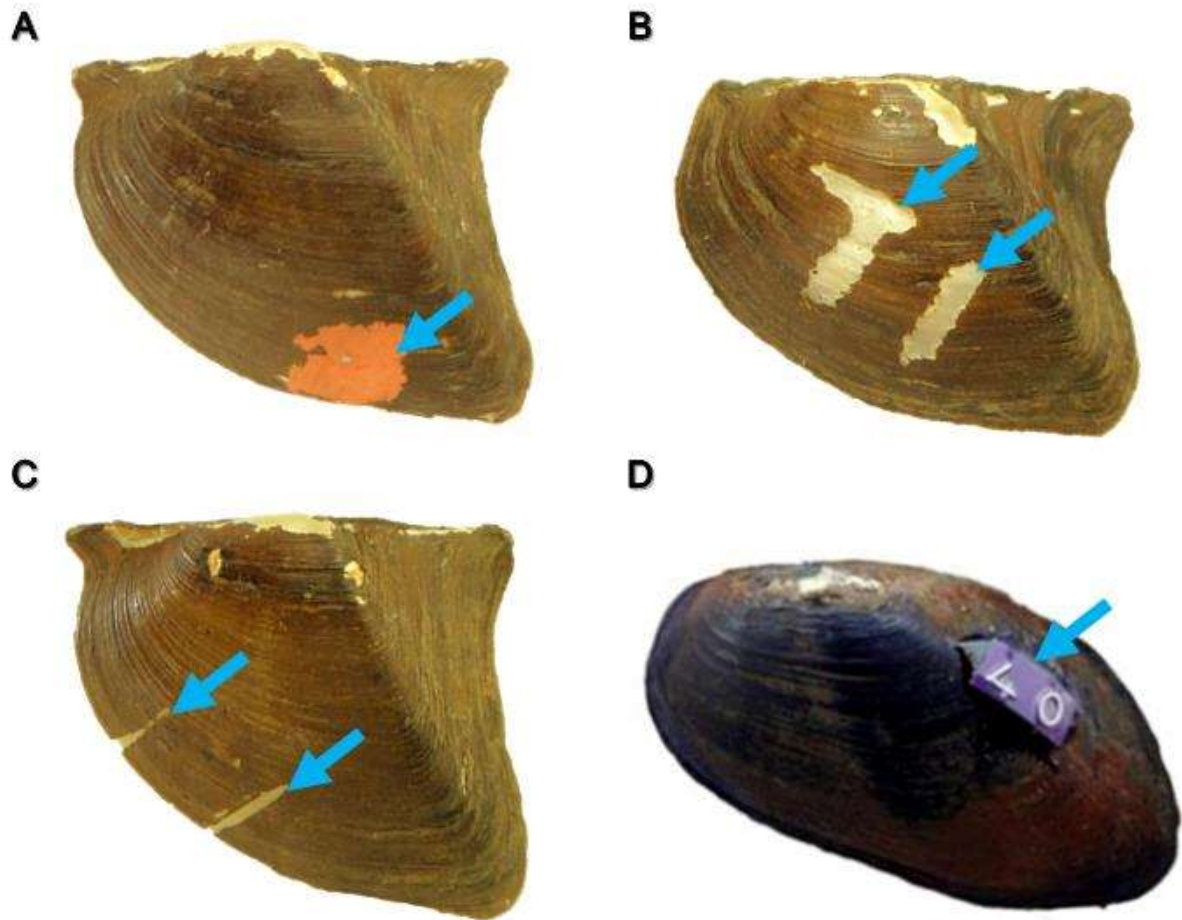
A marcação e recaptura individual de organismos apresenta-se com uma grande ferramenta para quantificar parâmetros populacionais de uma espécie, tais como, a taxa de sobrevivência, recrutamento e migração, bem como informações sobre a abundância absoluta e crescimento (BEAL et al., 1999; FONTOURA-DA-SILVA et al., 2013). Para os autores este método é confiável, entretanto deve-se salientar alguns fatores importantes, incluindo as características dos indivíduos (e.g. a espécie estudada), alterações ao longo do tempo causados por efeitos sazonais, manejo, predação, entre outros.

Em estudos nos quais os moluscos bivalves apresentam-se como as espécies-alvos, as marcações individuais podem ser realizadas de várias maneiras, dentre elas, etiquetas (plásticas e/ou de metal), tintas, números feitos por esmeril ou qualquer outro objeto, massa epoxy e lima (Figura 15) (CHAGAS, BARROS; HERRMANN, 2018). De acordo com os autores, dentre os tipos de marcações externas, a maioria dos estudos abordam as etiquetas plásticas (Figura 14C).

Dentre as vantagens do de marcação externa estão o baixo custo do material e a facilidade de implantação (e.g. etiquetas) (SEED, 1969; HEALD, 1978; BÉRARD, BOURGET; FRÉCHETTE, 1992). Além disso, tais autores comentam que no desenvolvimento deste experimento, não há a necessidade de sacrifício dos bivalves.

Em contrapartida, as duas principais desvantagens deste tipo de marcação na cocha são: (1) a perda da etiqueta e/ou deterioração das marcas de tinta e (2) o estresse causado no animal, principalmente no caso das ranhuras na concha. A perda da etiqueta pode ocorrer por conta da predação ou abrasão no deslocamento vertical no sedimento, o mesmo pode ocorrer com as marcas de tintas (HEALD, 1978). No caso da marcação com tinta, Fontoura-da-Silva et al. (2013) reconhecem a fragilidade deste método, entretanto recomendam sua utilização em experimentos que apresentem períodos experimentais curtos.

Figura 15: Marcação externa (indicada pela seta azul) na concha de moluscos bivalves utilizando tintas (A), codificação com ranhuras (B) e com lima (C) em *Prisodon obliquus* e com etiqueta plástica em *Diplodon* sp. (D).



Fontes: www.bentos.eu (A, C e D) e Fontoura-da-Silva et al. (2013) (D).

2.4.3.2 Leituras de anéis de crescimento da concha

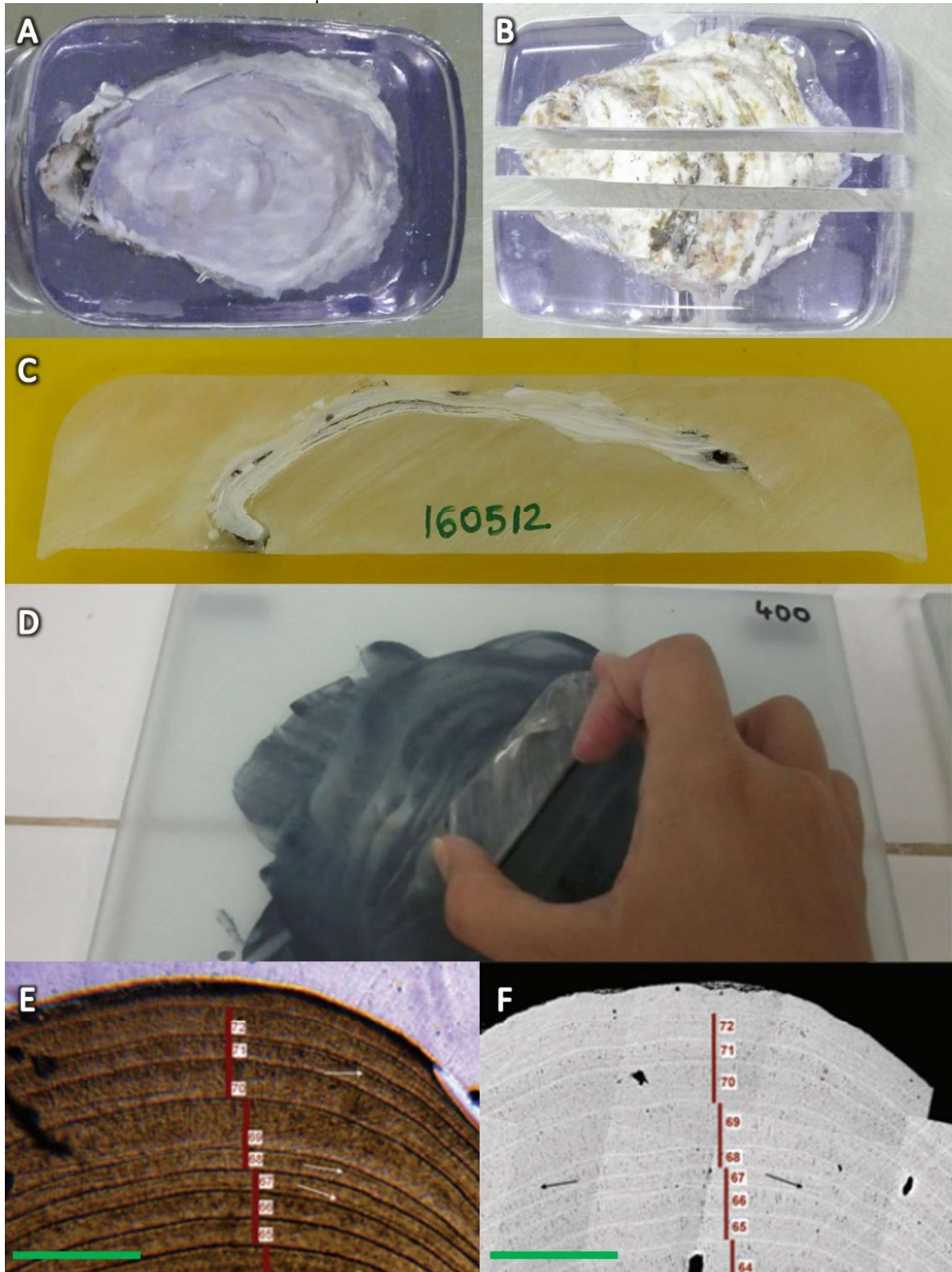
A concha, por ser composta basicamente por calcário, apresenta registros que possibilitam a contagem das linhas de crescimento dos bivalves, sendo evidentes principalmente na região interna da concha (SEED, 1969; RICHARDSON, CRISP; RUNHAM, 1979; GOSLING, 2015). O uso de linhas de crescimento nas seções da concha é um método antigo (e alternativo) e utilizado, geralmente, quando a verificação dos anéis (ou linhas) de crescimento externos são ausentes ou difíceis de ver (CHAGAS; HERRMANN, 2016). Entretanto, é primordial a correlação entre o número de linhas formadas a nível temporal, visto que, a formação das linhas podem de maneira distinta em cada espécie (e.g. diariamente, semanalmente, mensalmente, período lunar, etc.) (RICHARDSON, CRISP; RUNHAM, 1979; MCKINNON, 1996; GOSLING, 2004).

Além disso, como já se mencionou, as influências ambientais acomete em formações abrupta de linhas que podem acometer a erros na estimação de crescimento (ou idade, por exemplo) (RICHARDSON, CRISP; RUNHAM, 1979; VAKILY, 1992; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

O preparo das amostras para leitura das linhas de crescimento, inicia-se com o sacrifício dos bivalve e separação das valvas – unidades da concha dos bivalves –, realizando sequentemente a lavagem das valvas para a retirada resíduos (e.g. orgânicos). Após a secagem das valvas, imerge-se uma das valvas em resina epoxi (após homogeneização com catalizador) para a formação de blocos (Figura 16A). Quando os blocos estão endurecidos, realiza-se um corte transversal na concha, com uma serra diamantada, no sentido de maior crescimento (Figura 16B-C). Para uma leitura adequada, realiza-se o polimento (com lixas ou sob painel de vidro com diferentes graus de carboneto de silício em pó e óxido de alumínio) nas secções (Figura 16D) (MAIA et al., 2006; MAIA; PIMENTA, 2007; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Para um melhor desenvolvimento das leituras das linhas de crescimento dispõe-se uma membrana fina de acetato de celulose sobre as secções das conchas, sendo retirada depois de decorrido alguns segundos e (após seca) disposta entre uma lâmina e lamínula para observações em microscópio óptico (Figura 16E) (VAKILY, 1992; MCKINNON, 1996; MAIA et al., 2006). Essa técnica apresenta-se como um método fácil, barato e eficaz, entretanto, segundo os autores, essa técnica não favorece a leitura das linhas em todas as espécies de bivalves (e.g. mexilhões) (MCKINNON, 1996). Recentemente, alguns autores substituem a membrana de acetato por uma microfotografia eletrônica de retroespalhamento e obtivem-se bons resultados (Figura 16F) (KARNEY et al., 2011).

Figura 16: Blocos com uma valva de *Crassostrea tulipa* embutida em resina cristal (A), cortes transversais na concha (B) em espessura de 5 mm (C) e sendo polida em painel de vidro (D). Microfotografias da concha de *Artica islandica* comparando duas técnicas à leituras de linhas de crescimento: membrana de acetato (E) e de micrografia eletrônica de retroespalhamento (F). Os números dentro de quadrados brancos indicam a contagem das linhas de crescimento do bivalve. Escala: 200 μ m.



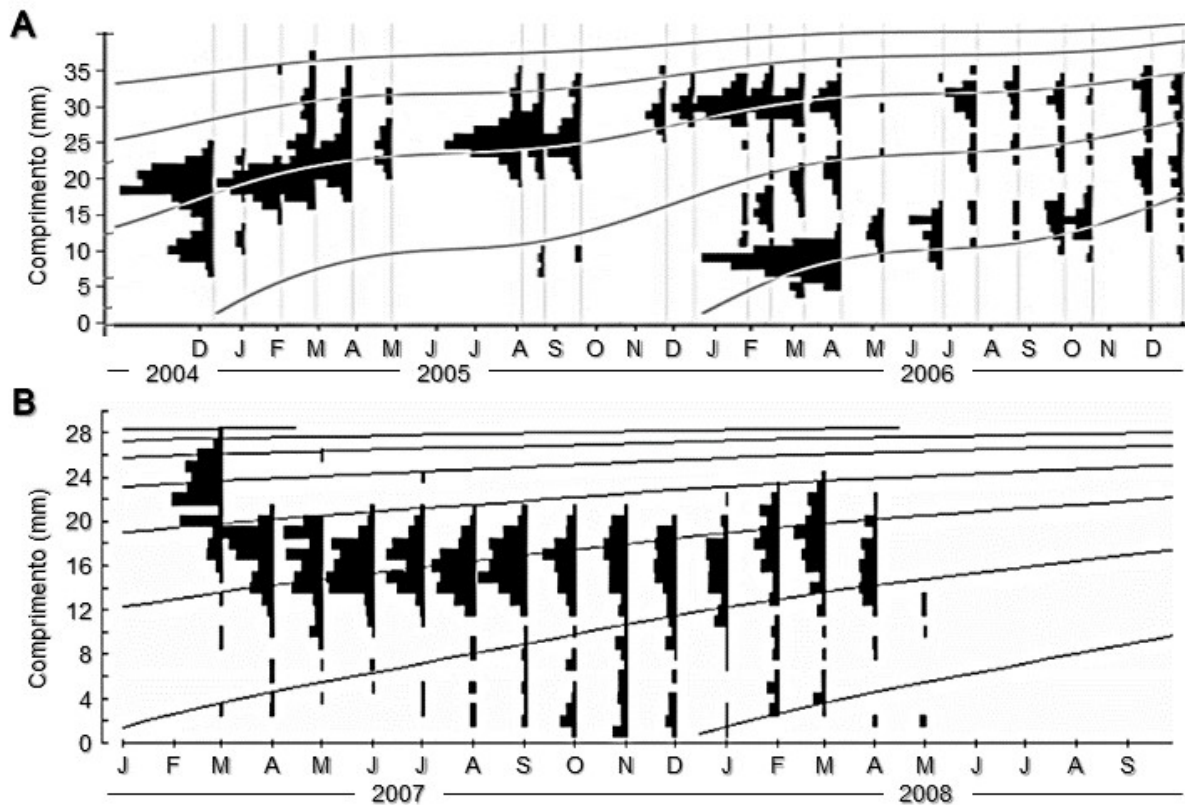
Fonte: Adaptado de Cordeiro (*in prep.*) (A, B e D), Chagas (2018) (C) e Maia e Pimenta (2007) (D).

2.4.3.3 Distribuição de frequências de comprimento

O método de estimação de crescimento, realizada por meio da distribuição de frequências de comprimento é praticado a partir da mensuração de comprimentos de indivíduos em amostras aleatórias de uma população. Após isso, os dados são plotados em histogramas agrupados por classes de comprimento (Figura 17) (GOSLING, 2004; GOSLING, 2015).

Através deste método é possível identificar classes de anos individuais devido à pouca variabilidade das taxas de crescimento (VAKILY, 1992; GOSLING, 2015). Essa característica é evidente em organismos (e.g. peixes, moluscos, etc.) oriundo de regiões de clima temperado (Figura 17A), principalmente devido a existência de sazonalidade definida e período reprodutivo cíclico (HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b).

Figura 17: Histogramas de distribuição de frequências do comprimento total de bivalves, apresentando coortes bem definidas de *Mesodesma mactroides* Reeve, 1854¹ (A) e coortes não definidas de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791)² (B). Os nomes das espécies que foram utilizados nos dois trabalhos foram atualizados recentemente em ¹*Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) e ²*Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767).



Fontes: adaptado de Herrmann et al. (2011) (A) e Rodrigues et al. (2013) (B).

Entretanto, em regiões de clima tropical, ocorre a fusão de classes anuais, principalmente devido ao período reprodutivo contínuo, o que impossibilita a distinção de coortes (Figura 17B) (SEED, 1969; HERRMANN et al., 2011; RODRIGUES et al., 2013; CHAGAS;

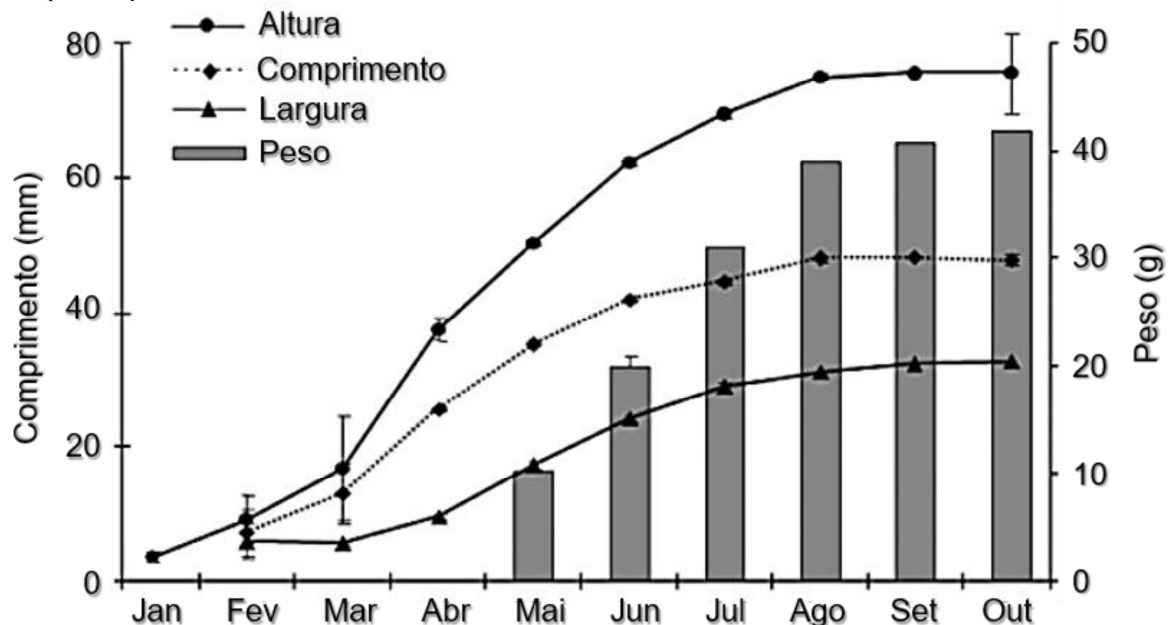
HERRMANN, 2016). A dificuldade em distinção de coortes definidas também ocorre em espécies com elevada longevidade, recrutamento tardio ou variabilidade nas taxas de crescimento individuais (GOSLING, 2015).

2.4.3.7 Médias morfométricas periódicas

Os estudos sobre crescimento de moluscos bivalves que abordam o uso de médias morfométricas, geralmente, realizam-se com espécies de importância econômica (INGLE; DAWSON JR, 1952; WALNE, 1958; ANGELL, 1973; BOUDRY et al., 2003; FERREIRA, 2003; ORBAN et al., 2004; TURECK et al., 2004; LIDDEL, 2008). Segundo os autores, tais estudos baseiam-se na mensuração das medidas lineares das conchas de um número de indivíduos pré-estabelecido e em um período amostral determinado no início do experimento.

O crescimento do molusco bivalve é estimado através da análise das médias morfométricas periódicas (e.g. semanal, mensal, etc.) mensuradas. Deste modo, é possível estimar o tempo de cultivo necessário para uma determinada espécie atinja o tamanho mínimo necessário a comercialização (Figura 18) (MAZÓN-SUÁSTEGUI et al., 2011).

Figura 18: Gráfico de crescimento da ostra *Crassostrea corteziensis* cultivada na Baía de Agiabampo, Sonora, México. Os dados apresentam médias morfométricas da concha e de biomassa em um estudo de crescimento da ostra por um período de dez meses.



Fonte: Adaptado de Mazón-Suástegui et al. (2011).

Paralelamente a esse tipo de estudo também é possível calcular as taxas de sobrevivência (ANGELL, 1973; BARTOL, MANN; LUCKENBACH, 1999; MITCHELL, CRAWFORD; RUSHTON,

2000; GANGNERY et al., 2003; DEL ANGEL et al., 2004; CÁCERES-PUIG et al., 2007; LAVINAS, VILLAÇA; SAAD, 2008; LEGAT et al., 2017), rendimento da carne dos moluscos (CHAGAS et al., 2016b), efeito da densidade (PARSONS; DADSWELL, 1992; HONKOOP; BAYNE, 2002; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; ANTONIO et al., 2009) e entre outros dados que favorecem o desenvolvimento do malacocultura.

2.4.3.3 *Análise de incremento a partir de marcadores fluorescente na concha*

Devido as dificuldades (e.g. períodos reprodutivos, ausência de coortes, influências ambientais, área climática onde realiza-se o estudo, entre outras) encontradas na estimação de crescimento de moluscos bivalves (SASTRY, 1979; SPARRE; VENEMA, 1998; URBAN, 2001; GOSLING, 2015) pelos métodos mencionados anteriormente, verifica-se a necessidade da utilização de uma metodologia que apresente uma elevada eficácia (CHAGAS; HERRMANN, 2016). Neste sentido, o uso de fluorocromos (ou substâncias fluorescentes) em estudos de crescimento de moluscos surgiram como uma metodologia alternativa (e de elevada precisão nos resultados) à substituição das técnicas tradicionais (e.g. análise de frequência de comprimentos) (KAEHLER; MCQUAID, 1999; SATO-OKOSHI; OKOSHI, 2002; FUJIKURA, OKOSHI; NAGANUMA, 2003; RIASCOS et al., 2007; LUCAS et al., 2008; LEPORE et al., 2009; MAHÉ et al., 2010; CACERES-PUIG et al., 2011; LINARD et al., 2011; VAN DER GEEST et al., 2011; LORÍA; HUATO-SOBERANIS, 2014; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Em uma breve revisão, Chagas, Barros e Herrmann (2018) citam a utilização de seis substâncias utilizadas em estudos que envolvem a análise de incremento através de marcadores fluorescentes na concha (Quadro 1; Figura 14). Dentre as substâncias citadas pelos autores estão calceína, cloridrato de tetraciclina, oxitetraciclina, manganês, cloreto de estrôncio e vermelho de alizarina.

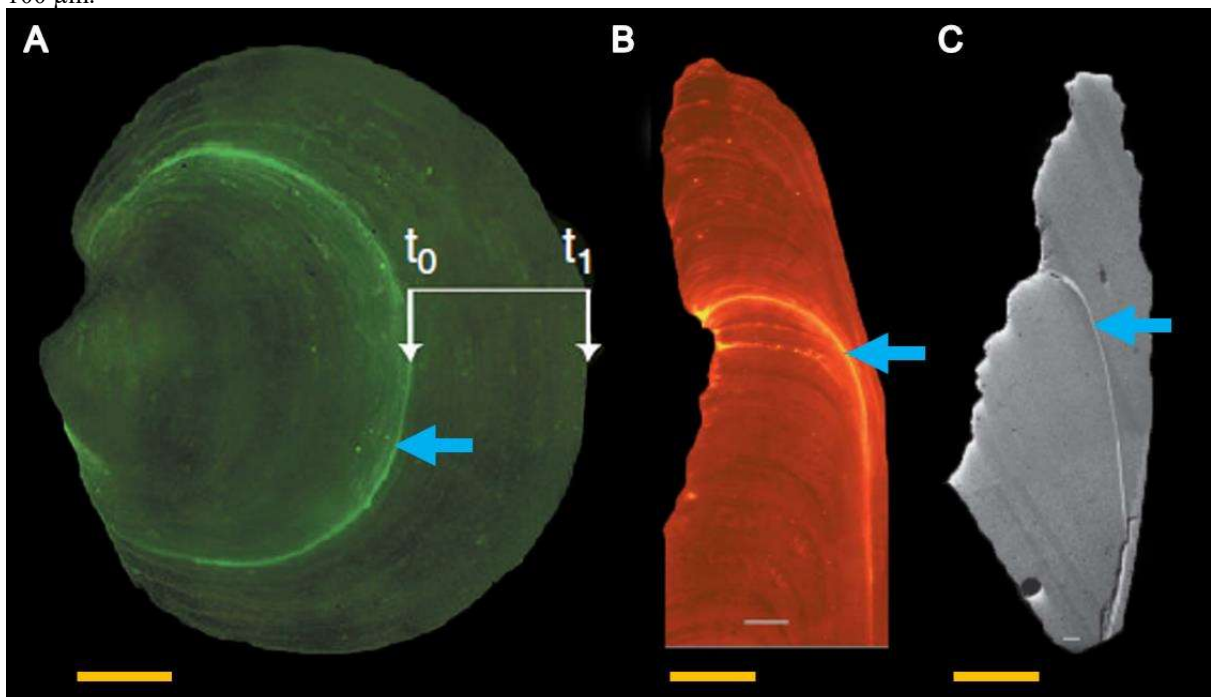
O procedimento de implantação de experimentos de marcação com substâncias florescentes inicia-se com a imersão dos bivalves na solução de fluorocromo – com diluição variando do tipo de substância florescente e a quantidade de espécie a ser marcada – (CHAGAS; HERRMANN, 2016). Além disso, ressalta-se que, o período de imersão está diretamente relacionado ao tempo de absorção da solução pelos bivalves (SATO-OKOSHI; OKOSHI, 2002; RIASCOS et al., 2007; LORÍA; HUATO-SOBERANIS, 2014).

Os fluorocromos são incorporados no carbonato de cálcio recém mineralizado na concha e, deste modo, fornecerá (posteriormente) uma marca fluorescente brilhante de referência do dia da implantação do experimento (Figura 19) (WILSON, BECKMAN; DEAN, 1987; MCKINNON,

1996; VAN DER GEEST et al., 2011; KLUNZINGER et al., 2014). Após a marcação, os bivalves devem ser colocados em apetrechos (gaiolas ou lanternas) e dispostos na área experimental (em ambiente natural ou em áreas de cultivo) (VAN DER GEEST et al., 2011; CHAGAS; HERRMANN, 2016). Dentre as vantagens deste método, estão o baixo custo, a facilidade de aplicação e, principalmente, a não influência nas taxas de sobrevivência dos animais marcados (HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; LORÍA; HUATO-SOBERANIS, 2014; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

Os procedimentos de coleta e preparação das amostras nesses estudos é similar ao método de leituras de anéis de crescimento (descrito no item 2.4.2.2). Entretanto, destaca-se a ausência da disposição da membrana de acetato e a utilização de um microscópio de fluorescência, equipado com luz azul, à mensuração do crescimento subsequente da concha (Figura 20A) (WILSON, BECKMAN; DEAN, 1987; MCKINNON, 1996; VAN DER GEEST et al., 2011; KLUNZINGER et al., 2014). Das substâncias utilizadas nas marcações dos bivalves, quando utiliza-se cloreto de estrôncio, a mensuração do incremento de crescimento é executado em microscópio eletrônico de varredura, pois o estrôncio apresenta uma massa atômica maior do que o cálcio da concha, o acomete na visualização das áreas enriquecidas com estrôncio nas conchas (FUJIKURA, OKOSHI; NAGANUMA, 2003).

Figura 19: Microfotografias indicando (setas azuis) as marcação química por calceína (A), vermelho de alizarina (B) e cloreto de estrôncio (C) na concha de *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) (A) e *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (B e C). Indica-se o esquema de mensuração de microcrescimento do período de implantação do experimento (t_0) ao crescimento subsequente a marcação (t_1). Escala (barras laranjas): 1 mm (A), 50 μm (B) e 100 μm .



Fontes: van der Geest et al. (2011) (A) e Riascos et al. (2007) (B e C).

Dos fluorocromos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves, destaca-se a calceína como principal substância utilizada, presente em 53% dos estudos (CHAGAS, BARROS; HERRMANN, 2018). Essa superioridade da calceína nos estudos com a utilização de fluorocromo é resultante das excelentes marcas fluorescentes proporcionadas nas conchas dos bivalves e da ausência de efeitos negativos sobre o desempenho do crescimento e sobrevivência dos moluscos marcados (EADS; LAYZER, 2002; HEILMAYER et al., 2005; MORAN; MARKO, 2005; RIASCOS et al., 2007; LUCAS et al., 2008; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; LORÍA; HUATO-SOBERANIS, 2014; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

2.4.3.3 *Análise de idade utilizando o pigmento autofluorescente lipofuscina*

O pigmento lipofuscina é depositado nas células musculares dos organismos (invertebrados e vertebrados) e está associada ao tempo de vida celular (LOMOVASKY et al., 2002; GUERRA et al., 2012).

Por conta das influências ambientais na formação de anéis etários em conchas de moluscos bivalves (como mencionado nos tópicos anteriores), a lipofuscina apresenta-se como alternativa na determinação de idade destes animais (LOMOVASKY et al., 2002; GUERRA et al., 2012). De acordo com os autores, existem poucos estudos que relacionam a lipofuscina à idade em moluscos, e baseiam-se na extração com solvente de substâncias autofluorescentes.

Os estudos que apresentam essa metodologia na determinação idade e crescimento de moluscos bivalves, basicamente, correlacionam as concentrações de lipofuscina no tecido muscular do moluscos com sua morfometria (LOMOVASKY et al., 2002; GUERRA et al., 2012; HIEBENTHAL et al., 2012). Nestes estudos, geralmente, realiza-se a leitura em lâminas com cortes histológicos e estima-se a concentração da substância.

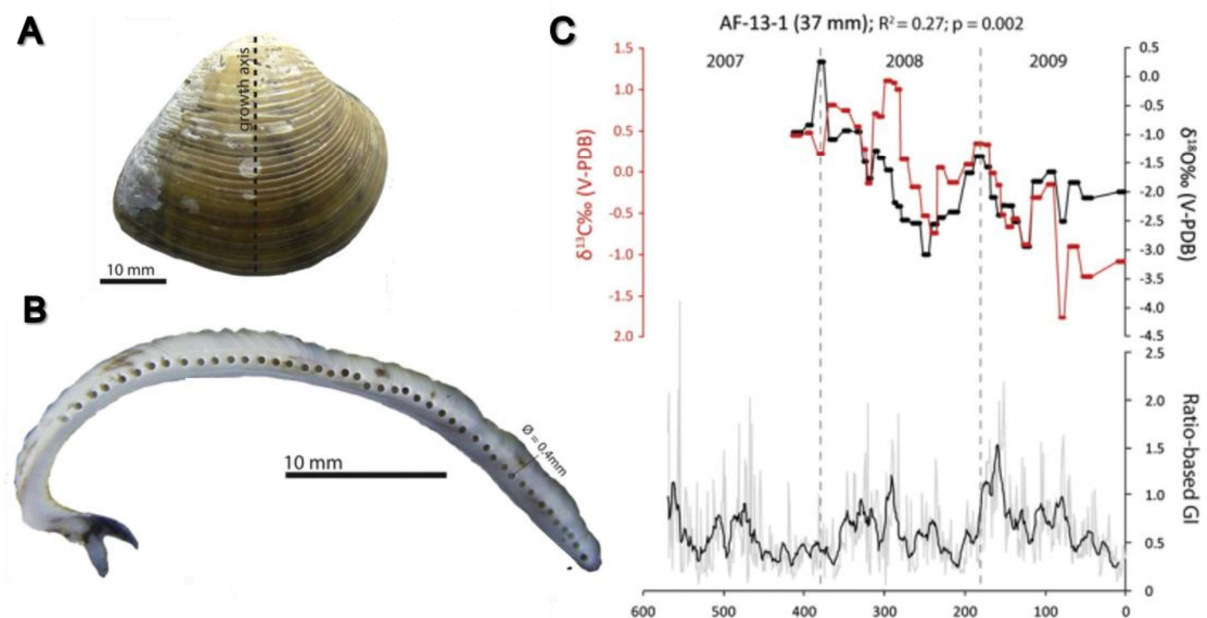
2.4.3.5 *Leituras de isótopos estáveis*

Devido as conchas dos moluscos serem constituídas por carbonato de cálcio (CaCO_3) – na forma de calcita, aragonita ou ambos –, apresentam registros mensuráveis de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ou $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ na relação com o carbonato (JONES, WILLIAMS; ARTHUR, 1983; BREY; MACKENSEN, 1997; JONES, QUITMYER; ANDRUS, 2005; SCHÖNE; SURGE, 2014; COLONESE et al., 2017). Deste modo, a proporção dos isótopos estáveis correlaciona-se com a periodicidade anual na concha (BREY; MACKENSEN, 1997; GOSLING, 2015).

Para a análise de isótopos estáveis estima-se as proporções de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ao longo do perfil longitudinal nas conchas de um bivalve (Figura 20A-B). Deste modo, é possível verificar o crescimento e os fatores que influenciaram os padrões de crescimento das espécies (e.g. mudanças bruscas de temperatura, ciclo reprodutivo, anomalias climáticas, disponibilidade de alimentação) (Figura 20C) (CARRÉ et al., 2005; CARDOSO et al., 2013; COLONESE et al., 2017). Com o uso desta metodologia, é possível distinguir as linhas de crescimento anuais (linhas verdadeiras) e as oriundas de perturbações ambientais (falsas linhas) (HEILMAYER et al., 2003; CARDOSO et al., 2013).

A proporção de isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) está relacionada aos efeitos entre a temperatura da água, a composição isotópica da água e a salinidade (CARDOSO et al., 2013; GOSLING, 2015; COLONESE et al., 2017). O isótopo estável de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) correlaciona-se com fatores metabólicos e as condições ambientais (JONES, QUITMYER; ANDRUS, 2005; CARDOSO et al., 2013; SCHÖNE; SURGE, 2014; COLONESE et al., 2017).

Figura 20: Concha de *Anomalocardia flexuosa* indicando (linha pontilhada) o eixo de crescimento máximo da cocha a ser seccionado (A). Em (B) apresenta-se a seção transversal polida com carbonatos amostrados manualmente a partir da camada externa para análises de isótopos estáveis. Em (C) representa-se os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ na concha (gráfico superior) e incrementos diários de crescimento (gráfico inferior).



Fonte: Adaptado de Colonese et al. (2017)

2.5 Estimação de crescimento em ostras

2.5.1 Características gerais

Diversos estudos são elaborados constantemente tendo a ostras do gênero *Crassostrea* sp. como espécie-alvo (ver Tabela 3). Essa relevância científica advém, principalmente, da importância ambiental e econômica desses moluscos.

As pesquisas relacionadas ao crescimento das ostras estão associadas ao desenvolvimento dos bivalves nas condições do cultivo (e.g. tipos de cultivos e efeitos sazonais) (QUESADA et al., 1985; PEREIRA, AKABOSHI; CHAGAS SOARES, 1988; FERRETTI, 2008; HERZBERG; FERNÁNDEZ, 2012; ROSA, 2014), determinação do tempo à atingir o tamanho comercial (NASCIMENTO, PEREIRA; SOUZA, 1980; LEGAT et al., 2017), efeitos de diferentes fatores bióticos (e.g. *biofouling*) (SALA; LUCCHETTI, 2008; ADAMS et al., 2011; LACOSTE; GAERTNER-MAZOUNI, 2014; LACOSTE et al., 2014; CHAGAS et al., 2018c) e abióticos (e.g. temperatura, salinidade) (BROWN, 1986; BROWN; HARTWICK, 1988; FLORES-VERGARA et al., 2004; CÁCERES-PUIG et al., 2007; SASIKUMAR et al., 2007; BRITO, 2008; GUIMARÃES et al., 2008; ANTONIO et al., 2009; AREIAS, 2012; POWELL et al., 2013; FUNO et al., 2015) no crescimento das ostras e em relação ao estoque/densidade dos moluscos cultivados (PEREIRA et al., 2001a; PEREIRA et al., 2001b; HONKOOP; BAYNE, 2002; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; ANTONIO et al., 2009; CARDOSO-JUNIOR, 2011).

Os estudos relacionados ao crescimento das ostras *Crassostrea* sp. apresentam duas abordagens principais: (1) as pesquisas tradicionais, que tem como objetivo apenas estimação do crescimento relativo das ostras cultivadas e (2) as pesquisas específicas, que são direcionadas a descrição da dinâmica do crescimento das ostras e através disso determinar os parâmetros von Bertalanffy (L_{∞} e K) (VON BERTALANFFY, 1938).

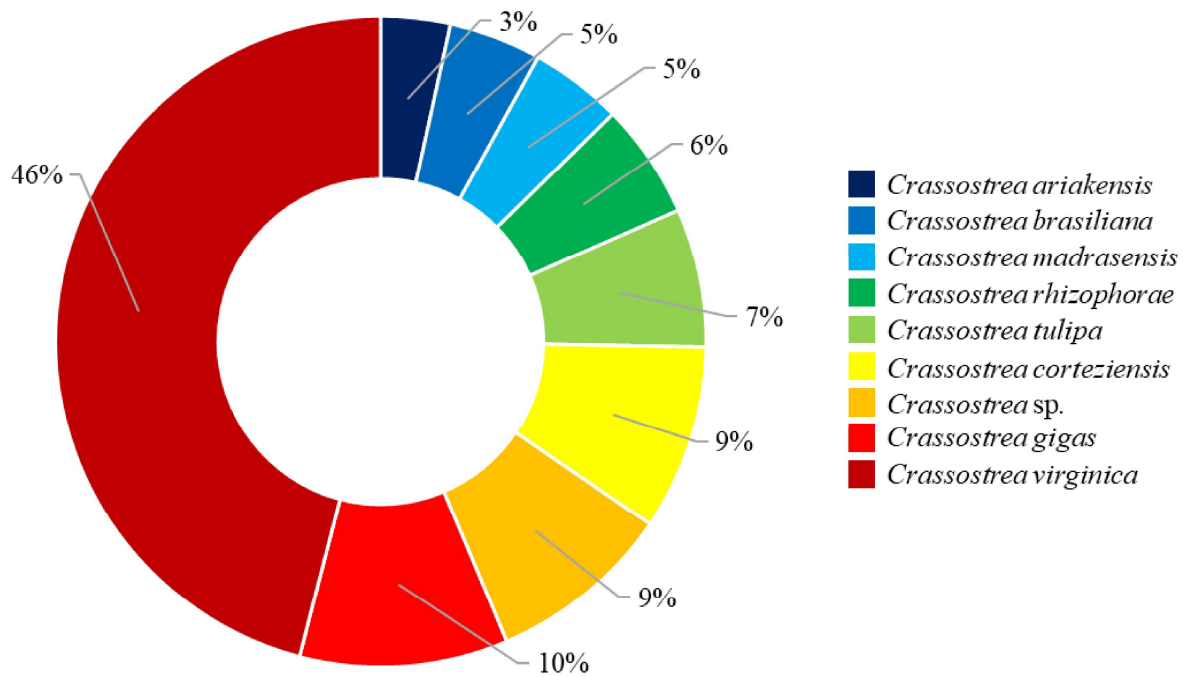
2.5.2 Determinação dos parâmetros de crescimento em ostras *Crassostrea* sp.

Ao relaciona-se a produção de ostras, a determinação do estoque nativo, a estimativa de mortalidade são dados primordiais, entretanto, e as taxas de crescimento são determinantes para o conhecimento da pescaria (PROU, GOULLETQUER; BACHER, 1991; CHÁVEZ-VILLALBA; ARAGÓN-NORIEGA, 2015).

O modelo de determinação dos parâmetros de crescimento mais conhecido e utilizado mundialmente é proposto por von Bertalanffy (*von Bertalanffy growth function* – VBGF) (VON

BERTALANFFY, 1938). Este modelo tem sido utilizado em estudos com diversas espécies de bivalves em todo o mundo (Tabela 2), assim como com ostras do gênero *Crassostrea* (Tabela 3) (CHAGAS; HERRMANN, 2018b). De acordo com os dados de Chagas e Herrmann (2018b), a maioria dos estudos que abordam a determinação das taxas de crescimento de ostras apresentam a *Crassostrea virginica* como espécie-alvo (Figura 21).

Figura 21: Percentual de estudos, a nível mundial, que apresentam dados de parâmetros de crescimento de ostras *Crassostrea*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3: Lista dos 87 estudos sobre crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* que apresentam parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_∞ e K), ordenados por espécie, indicando o país (e área) correspondente ao estudo, a região climática (**Tem.**: temperada; **Trop.**: tropical; **Res.**: área de ressurgência) e a metodologia de análise de crescimento (**M.**: marcas de crescimento; e **F.**: frequência de crescimento). Além disso, indicase os parâmetros de crescimento: constante de crescimento (**K**), estimada em anos; o comprimento máximo (L_∞), o índice de crescimento *phi-prime* (Φ') e o índice de desempenho de crescimento (**OGP**) – do inglês *Overall Growth Performance*. São indicados, também, as referências aos estudos citados. Os nomes científicos das espécies estão atualizados segundo Horton et al. (2018) (<http://www.marinespecies.org>): *Crassostrea madrasensis* (Preston, 1916)¹ e *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)². Dados disponíveis em Chagas e Herrmann (2018b)

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L_∞ (mm)	Φ'	OGP	Referência
1	<i>Crassostrea ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,33	244,00	4,29	6,68	Harding e Mann (2006)
2	<i>Crassostrea ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,55	183,00	4,27	6,53	Harding e Mann (2006)
3	<i>Crassostrea ariakensis</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,58	250,59	4,56	6,96	Harding (2007)
4	<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,01	105,28	2,04	4,07	Pereira, Henriques e Machado (2003)
5	<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,36	65,69	3,19	5,01	Pereira, Henriques e Machado (2003)
6	<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,06	103,43	2,81	4,82	Pereira, Henriques e Machado (2003)
7	<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,69	68,36	3,51	5,34	Pereira, Henriques e Machado (2003)
8	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Lagoa El Soldado	Tem./Res.	F	1,10	114,00	4,16	6,21	Chávez-Villalba et al. (2005)
9	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,08	132,25	4,28	6,40	Chávez-Villalba et al. (2008)
10	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,7	97,38	4,21	6,20	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
11	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	4,19	90,29	4,53	6,49	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
12	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	2,95	92,18	4,40	6,36	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
13	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	17,30	128,29	5,45	7,56	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
14	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,69	98,17	4,21	6,20	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
15	<i>Crassostrea corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	0,22	109,42	3,42	5,46	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
16	<i>Crassostrea gigas</i>	França	Estuário de Oosterschelde	Tem.	M	0,002	68,00	0,97	2,80	Cardoso et al. (2007)
17	<i>Crassostrea gigas</i>	Holanda	Estuário do mar de Wadden	Tem.	M	0,001	238,00	1,75	4,13	Cardoso et al. (2007)
18	<i>Crassostrea gigas</i>	Alemanha	Königshafen, mar do Norte de Wadden	Tem.	F	0,26	180,00	3,93	6,18	Diederich (2006)
19	<i>Crassostrea gigas</i>	Alemanha	Munkmarsch, mar do Norte de Wadden	Tem.	F	0,30	180,00	3,99	6,24	Diederich (2006)

Continuação da Tabela 3.

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L _∞ (mm)	Φ'	OGP	Referência
20	<i>Crassostrea gigas</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,68	158,60	4,23	6,43	Harding e Mann (2006)
21	<i>Crassostrea gigas</i>	México	Baía de La Paz	Tem.	F	0,0078	60,70	1,46	3,24	Ramírez-Filippini, Chavéz-Villalba e Cáceres-Martínez (1990)
22	<i>Crassostrea gigas</i>	México	Baía de La Paz	Tem.	F	0,0057	78,90	1,55	3,45	Ramírez-Filippini, Chavéz-Villalba e Cáceres-Martínez (1990)
23	<i>Crassostrea gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de Keoje	Tem.	F	2,69	99,10	4,42	6,42	Vakily (1992)
24	<i>Crassostrea gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de Keoje	Tem.	F	2,35	103,70	4,40	6,42	Vakily (1992)
25	<i>Crassostrea bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de Moheshkhali	Trop.	F	1,90	116,00	4,41	6,47	Alam e Das (1999)
26	<i>Crassostrea bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de Moheshkhali	Trop.	F	0,35	208,80	4,18	6,50	Amin, Zafar e Halim (2008)
27	<i>Crassostrea bilineata</i> ¹	Índia	Estuário de Adyar	Trop.	F	0,77	119,00	4,04	6,11	Vakily (1992)
28	<i>Crassostrea bilineata</i> ¹	Índia	Madras harbour	Trop.	F	1,80	89,00	4,15	6,10	Vakily (1992)
29	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Cuba	*	Trop.	F	3,12	56,00	3,99	5,74	Angell (1986)
30	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Venezuela	*	Trop.	F	3,96	76,00	4,34	6,24	Angell (1986)
31	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Venezuela	Ilha de La Tortuga	Tem.	F	1,59	103,41	4,23	6,25	Gonzalez et al. (2015)
32	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Colômbia	Pântano de CGSM	Trop.	F	0,90	149,00	4,30	6,47	Mancera e Mendo (1996)
33	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Jamaica	Port Morant	Trop.	F	2,79	86,90	4,32	6,26	Vakily (1992)
34	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Arnolds, Baía de Delaware	Tem.	F	0,175	110,00	3,33	5,37	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
35	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Cohansey, Baía de Delaware	Tem.	F	0,26	125,00	3,61	5,71	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
36	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de Delaware	Tem.	F	0,20	120,00	3,46	5,54	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
37	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de Delaware	Tem.	F	0,275	140,00	3,73	5,88	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
38	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Estuário de Long Island	Tem.	F	0,346	140,00	3,83	5,98	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
39	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Middle, Baía de Delaware	Tem.	F	0,20	125,00	3,49	5,59	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
40	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	New Beds, Baía de Delaware	Tem.	F	0,23	140,00	3,65	5,80	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
41	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Shell Rock, Baía de Delaware	Tem.	F	0,25	125,00	3,59	5,69	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
42	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Brasil	Morro do Meio, MA	Trop.	F	0,014	32,90	1,18	2,70	Legat et al. (2017)
43	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Brasil	Torto, MA	Trop.	F	0,019	47,54	1,63	3,31	Legat et al. (2017)
44	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Brasil	Sambaqui, SC	Tem./Res.	F	0,020	55,75	1,79	3,54	Legat et al. (2017)
45	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Brasil	São Francisco do Sul, SC	Tem./Res.	F	0,021	72,16	2,04	3,90	Legat et al. (2017)
46	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Brasil	Rio Urindena, PA	Trop.	M	1,14	128,03	4,27	6,38	Cordeiro (<i>in prep.</i>)
47	<i>Crassostrea tulipa</i> ²	Gâmbia	Rio Banjul	Trop.	F	1,90	70,40	3,97	5,82	Vakily (1992)
48	<i>Crassostrea virginica</i>	Bangladesh	Ilha de St. Martin	Trop.	F	0,63	136,50	4,07	6,20	Amin, Zafar e Halim (2006)

Continuação da Tabela 3.

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L _∞ (mm)	Φ'	OGP	Referência
49	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Northern Bay (Baía do Norte)	Tem.	F	0,492	88,62	3,59	6,10	Coakley (2004)
50	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Angra Broad	Tem.	F	0,573	85,52	3,62	5,55	Coakley (2004)
51	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Chester	Tem.	F	0,881	83,39	3,79	5,74	Coakley (2004)
52	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,519	92,67	3,65	5,48	Coakley (2004)
53	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,520	91,43	3,64	5,62	Coakley (2004)
54	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,281	121,43	3,62	5,33	Coakley (2004)
55	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,573	87,28	3,64	6,01	Coakley (2004)
56	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Eastern Bay (Baía Oriental)	Tem.	F	0,393	106,49	3,65	5,42	Coakley (2004)
57	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tem.	F	0,542	80,47	3,55	5,82	Coakley (2004)
58	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tem.	F	0,542	106,86	3,79	5,45	Coakley (2004)
59	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Angra Harris	Tem.	F	0,261	152,15	3,78	5,50	Coakley (2004)
60	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Honga	Tem.	F	0,513	90,69	3,63	6,26	Coakley (2004)
61	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Honga	Tem.	F	0,546	88,68	3,63	5,61	Coakley (2004)
62	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tem.	F	0,650	76,98	3,59	5,66	Coakley (2004)
63	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tem.	F	0,429	91,12	3,55	5,29	Coakley (2004)
64	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Manokin	Tem.	F	0,779	77,48	3,67	5,56	Coakley (2004)
65	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Middle	Tem.	F	0,384	98,61	3,57	5,57	Coakley (2004)
66	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,794	83,26	3,74	5,66	Coakley (2004)
67	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,680	88,83	3,73	5,68	Coakley (2004)
68	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,538	90,81	3,65	5,61	Coakley (2004)
69	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Nanticoke	Tem.	F	0,631	100,99	3,81	5,81	Coakley (2004)
70	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Patuxent	Tem.	F	0,539	102,99	3,76	5,77	Coakley (2004)
71	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,399	98,55	3,59	5,58	Coakley (2004)
72	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,600	80,47	3,59	5,50	Coakley (2004)
73	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Rio Potomac	Tem.	F	0,237	148,97	3,72	5,89	Coakley (2004)
74	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,346	116,02	3,67	5,73	Coakley (2004)
75	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,252	115,21	3,52	5,59	Coakley (2004)
76	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,490	95,64	3,65	5,63	Coakley (2004)
77	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,230	140,86	3,66	5,81	Coakley (2004)

Conclusão da Tabela 3.

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L _∞ (mm)	Φ'	OGP	Referência
78	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,613	115,60	3,91	5,98	Duke Jr (2008)
79	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,280	174,30	3,93	6,17	Duke Jr (2008)
80	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,735	90,70	3,78	5,74	Duke Jr (2008)
81	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1,80	101,93	4,27	6,28	Harding (2007)
82	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1,12	95,50	4,01	5,99	Harding (2007)
83	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,33	119,00	3,67	5,75	Prou, Gouletquer e Bacher (1991)
84	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,51	119,00	3,86	5,93	Prou, Gouletquer e Bacher (1991)
85	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,36	119,00	3,71	5,78	Prou, Gouletquer e Bacher (1991)
86	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0,41	115,70	3,74	5,80	Vakily (1992)
87	<i>Crassostrea virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0,50	125,80	3,90	6,00	Vakily (1992)

2.5.3 Influência climática na determinação dos parâmetros de crescimento

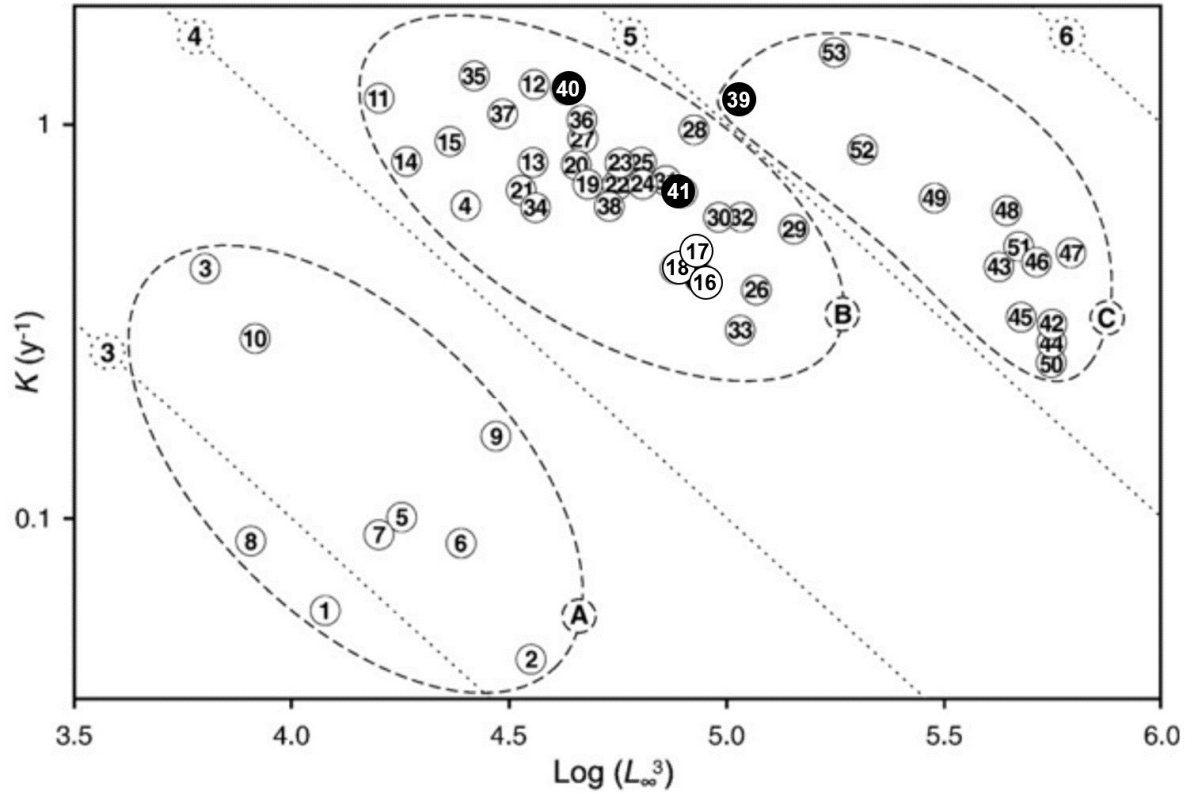
Os métodos atuais para a determinação de crescimento e idade de bivalves apresentam limitações específicas (LEPORE et al., 2009), e deste modo, impossibilitam a evidência de influências ambientais. Entretanto, diversos estudos analisam a aplicabilidade do modelo de crescimento de von Bertalanffy na avaliação do crescimento de bivalves em uma escala mais global (PAULY, 1979; ARNTZ et al., 1987; PROU, GOULLETQUER; BACHER, 1991; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009).

No geral, as espécies apresentam padrões de crescimento ligados diretamente a área climática no qual habitam. Dos fatores ambientais, o efeito da temperatura é essencial à compreensão dos mecanismos que regulam o crescimento dos moluscos (PROU, GOULLETQUER; BACHER, 1991; VAKILY, 1992). A influência deste parâmetro é importante pois, devido sua variação de acordo com a latitude, apresenta relação direta com crescimento dos bivalves (GOSLING, 2015). Segundo o autor, dados disponíveis na literatura mundial, citam que os bivalves oriundos de baixas latitudes tendem a crescer mais rapidamente à temperatura ambiente do que os membros da mesma espécie de latitudes mais elevadas.

Deste modo, é necessário o uso de uma metodologia que permita comparar o crescimento através de uma investigação direta da influência da temperatura sobre os bivalves o que permite comparar o crescimento entre diferentes espécies (ARNTZ et al., 1987; VAKILY, 1992). Neste sentido, Pauly (1979) desenvolveu o Índice Geral de Performance de Crescimento (*Overall Growth Performance Index – OGP*) que pode, portanto, ser usado para comparar o desempenho de crescimento de bivalves. O OGP é apresentado em uma gráfica especial, denominada grade auximétrica (do inglês: *auximetric grid*).

Diversos autores já utilizaram o OGP para avaliar e comparar o crescimento de bivalves de regiões climáticas distintas (PAULY, 1979; MUNRO; PAULY, 1983; ARNTZ et al., 1987; VAKILY, 1992; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HEILMAYER et al., 2004; HERRMANN, 2009; HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; HERRMANN, 2011; HERRMANN et al., 2011) e, em todos os estudos, verifica-se a necessidade de uma boa revisão bibliográfica referente aos dados de parâmetros de crescimento von Bertalanffy da espécie estudada, como por exemplo, na Tabela 3 e Herrmann et al. (2009b) (Figura 22).

Figura 22: Grade auximétrica proposta por Herrmann et al. (2009b), onde relaciona-se os parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) é possível verifica a influência na anomalia climática nos parâmetros de crescimento de *Donax obesulus*. A figura agrupa, em três grandes grupos com espécies (cada código corresponde a uma espécie) em regiões tropicais e subtropicais (A), temperadas (B) e de áreas de ressurgência (C), verificando a alteração nos parâmetros de crescimento de *D. obesulus* através da modificação do agrupamento da espécie durante o El Niño, nos códigos “39” (antes), “40” (durante) e “41” (depois).



Fonte: Modificado de Herrmann et al. (2009b).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Caracterizar o crescimento da ostra-do-mangue *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819), cultivada no rio Urindeua, nordeste do estado do Pará, e deste modo inferir sobre a influência da anomalia climática El Niño 2015/16 na Amazônia Oriental.

3.2 Objetivos específicos

- Definir as relações biomorfométricas de *C. tulipa*;
- Caracterizar o crescimento da ostra cultivada;
- Estimar a taxa de crescimento absoluto;
- Determinar a taxa de crescimento individual diário;
- Calcular os parâmetros de crescimento von Bertalanffy K e L_{∞} ;
- Avaliar o impacto dos parâmetros físicos (temperatura da superfície de água, salinidade e pluviosidade, estação do ano) e biológico (gênero) ao crescimento;
- Comparar o crescimento de *C. tulipa* com dados disponíveis na literatura de outras ostras do gênero *Crassostrea* através de uma grade auximétrica; e,
- Atestar se a ostra-do-mangue pode ser utilizada como bioindicador para anomalias climáticas.

4 JUSTIFICATIVA

A ostreicultura, ou cultivo de ostras, é considerada um dos ramos da aquicultura menos impactantes, principalmente pela ausência de efluentes poluidores. Além disso, outra importância ecológica é o fato de, por tratar-se de uma aquicultura passiva, possibilita o cultivo de espécies nativas, o que diminui a sobrepesca e o equilíbrio nas populações costeiras. O conhecimento sobre a ecologia e biologia de organismos cultiváveis, possibilita inferências sobre um manejo adequado e que favoreça uma exploração sustentável dos recursos.

De acordo com Hernández-Deckers, Villegas e Málikov (2008), grande parte dos trabalhos unicamente apresentam uma descrição acerca das anomalias climáticas, com poucos analisando a influência em um caso pontual. Neste sentido, este trabalho corrobora futuros estudos sobre a influência anomalia climática El Niño na região amazônica, diretamente sobre o desenvolvimento de moluscos bivalves, por exemplo.

Além disso, este trabalho justifica-se principalmente pela existência de dados de parâmetros de crescimento da ostra-do-mangue obtidos por Cordeiro (*in prep.*) no ano de 2013 – período que antecedeu o El Niño 2015/16 –, referentes a mesma espécie (*Crassostrea tulipa*), realizado no mesmo local (rio Urindeua) e mesmo período de implantação (abril) e desenvolvimento deste estudo.

5 HIPÓTESES

Dentre as influências acometidas pela anomalia climática El Niño na Amazônia, este estudo visa testar as seguintes hipóteses:

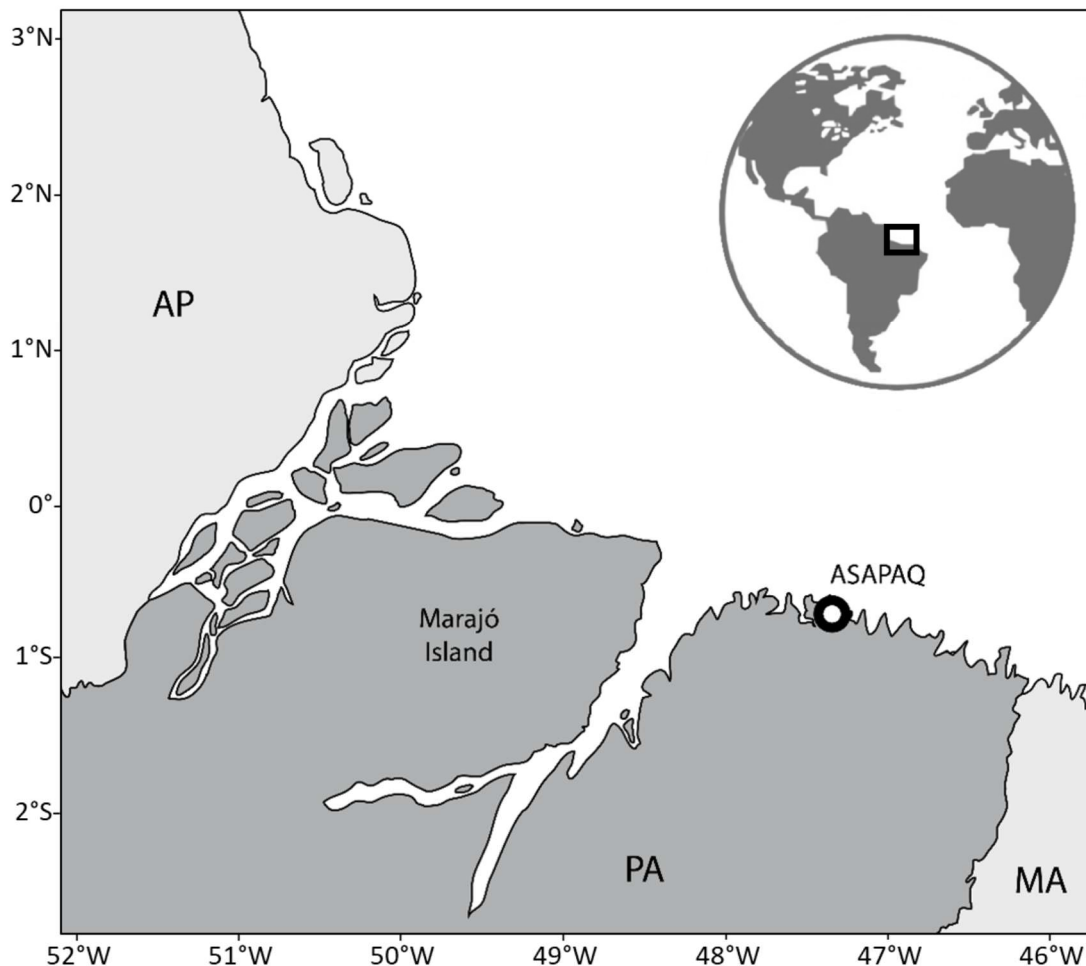
- i. Em períodos pós-El Niño altera-se positivamente (ou negativamente) os parâmetros de crescimento de *C. tulipa*;
- ii. A ostra-do-mangue é um possível bioindicador para estudos relacionados a anomalias climáticas.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Área de estudo

A área de estudo delimita-se no cultivo de ostras da Associação dos Agricultores, Pecuáristas e Aquicultores – ASAPAQ, situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio Urindeua, localizado na vila de Santo Antônio de Urindeua (Figura 23), município de Salinópolis, nordeste do estado do Pará, norte do Brasil.

Figura 23: Localização da ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuáristas e Aquicultores – ASAPAQ, situado no rio Urindeua, Amazônia Oriental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na ASAPAQ cultiva-se a ostra-do-mangue *C. tulipa*, comprando as sementes na Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA, situado município de Curuçá (MACEDO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017). De acordo com os autores, o sistema de cultivo utilizado na ASAPAQ é do tipo mesa fixa, utilizando travessieiros e lanternas. Segundo

os ostreicultores, as lanternas estão sendo substituídas por travesseiros e bolsas, principalmente por conta da quantidade de predadores (e.g. *Stramonita brasiliensis*) (CHAGAS, 2016).

Com a finalidade de uma comparação precisa, realizou-se este experimento na mesma região (Figura 24), utilizando a mesma espécie (*C. tulipa*), nas mesmas condições de implantação e desenvolvimento do experimento executado em 2013 por Cordeiro (*in prep.*). Observa-se a proximidade dos locais do experimento, havendo uma pequena transferência do cultivo por conta do assoreamento do rio (Figura 24).

Figura 24: As lanternas utilizadas durante o experimento em 2013 eram amarradas nas mesas fixas contendo os travesseiros de ostras (A). No atual experimento, dispôs as lanternas nas estruturas do trapiche do cultivo (B).



Fonte: Arquivo pessoal.

6.2 Delineamento experimental

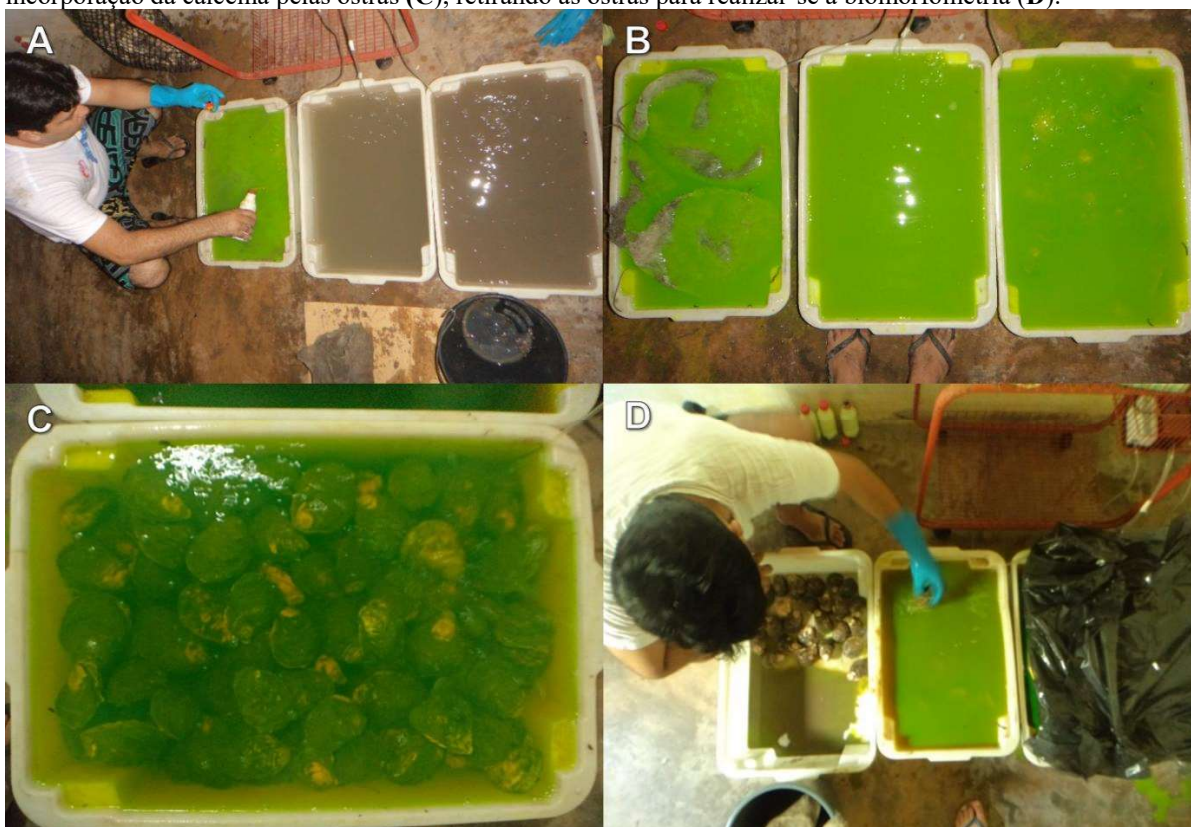
6.2.1 Marcação das ostras e implantação do experimento

Dos métodos utilizados em estudos de crescimento de moluscos bivalves (ver tópico 2.4.2 e 2.4.3), selecionou-se a marcação por fluorocromo calceína devido a eficácia na marcação e a inexistência de influência na taxa de sobrevivência dos moluscos (LEPORE, HERRMANN; PENCHASZADEH, 2007; RIASCOS et al., 2007; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; MAHÉ et al., 2010; CACERES-PUIG et al., 2011; LINARD et al., 2011; VAN DER GEEST et al., 2011; KLUNZINGER et al., 2014).

A implantação do experimento ocorreu-se no mês de abril de 2016, com a marcação de 600 ostras *C. tulipa* de cinco tamanhos comerciais disponíveis na ASAPAQ: semente (15 a 29 mm de comprimento), juvenil (30 a 59 mm), baby (60 a 79 mm), média (80 a 100 mm), e máster (>100 mm), separadas empiricamente pelos ostreicultores (ver CHAGAS et al., 2016a).

Para a marcação das ostras com calceína (Vetec, CAS 1461-15-0), organizou-se três bandejas experimentais de 20 litros cada (Figura 25A), com aeração constante, para a emersão das ostras na solução contendo 150 mg l^{-1} de calceína (Figura 25B). Distribuiu-se as ostras por classes de tamanho comerciais nas bandejas, permanecendo emersas por um período de 14 h, tempo suficiente para que os bivalves absorvessem o marcador fluorescente no carbonato de cálcio da concha. A eficácia preliminar da marcação na concha dos bivalves é evidenciada através da verificação absorção da substância pelos bivalves devido a tonalidade da solução após o tempo de emersão das ostras (Figura 25C-D).

Figura 25: Solução de calceína (150 mg.L^{-1}) sendo preparada (A) e bandejas com ostras emersas na solução de calceína (B). Verifica-se claramente a diferença na tonalidade da coloração da solução, apresentando indícios da incorporação da calceína pelas ostras (C), retirando as ostras para realizar-se a biomorfometria (D).

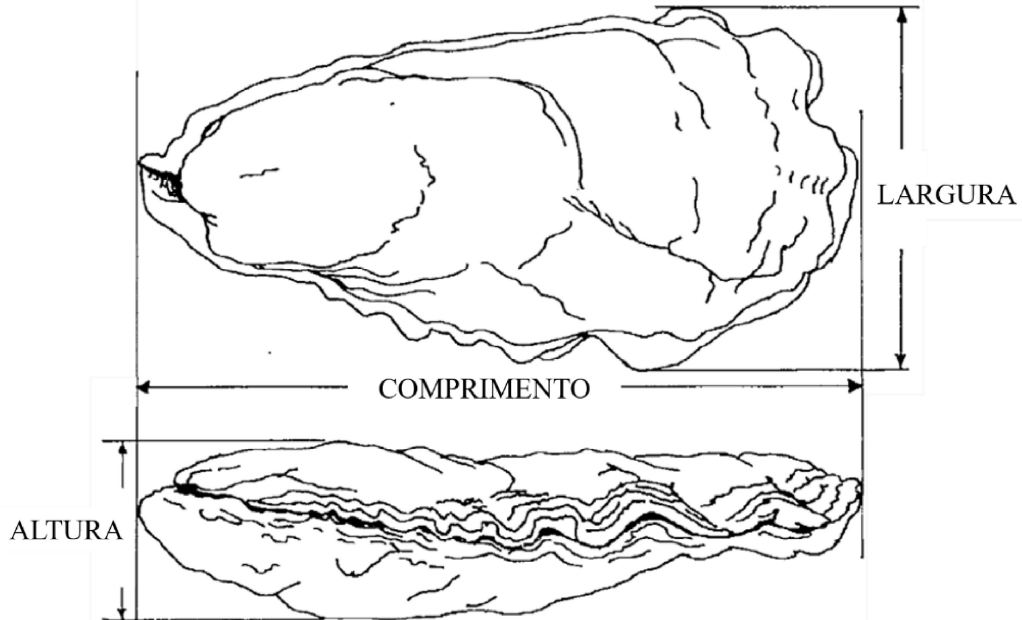


Fonte: Arquivo pessoal.

Após a marcação, mensurou-se a morfometria das ostras em comprimento total, largura e altura (mm) (Figura 26) e determinou-se da biomassa total (concha + massa visceral + líquido intervalvar) (g), utilizando paquímetro digital (Tesa-DATAdirect, de precisão de 0,01 mm) e balança digital de precisão 0,1 g, respectivamente. Após a morfometria, ostras foram dispostas em três lanternas, separadas por tamanho (conforme a Figura 27), inserido uma lanterna a mais

com ostras sem marcação química para servir como controle da mortalidade. Sequentemente, amarrou-se as lanternas nas estruturas do cultivo (Figura 24B).

Figura 26: Morfometria externa das ostras em comprimento, largura e altura.



Fonte: adaptado de Quayle (1988).

Figura 27: Disposição das ostras, por tamanho (prato 1: juvenil; prato 2: sementes e baby; prato 3: média; prato 4: máster), em cada lanterna amostral. Lanternas 1, 2 e 3 contendo 30 ostras marcadas de cada classe (por lanterna) com calceína e a lanterna 4, o controle, com ostras não marcadas.

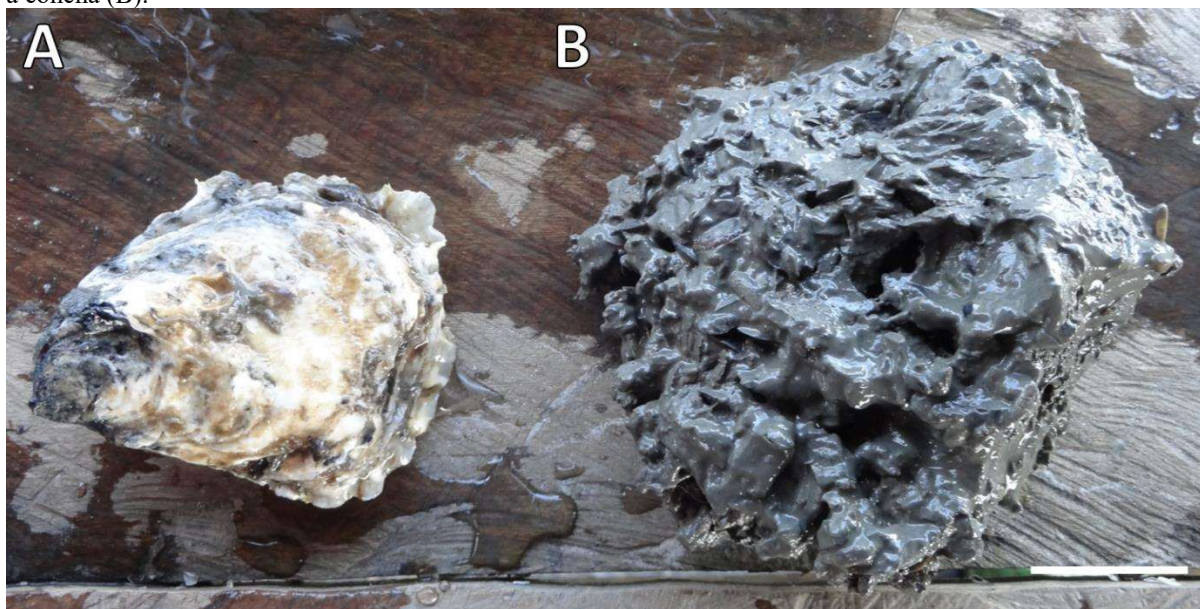


Fonte: Arquivo pessoal.

6.2.2 Coleta, preparação das conchas e detecção das marcas de crescimento

Após a implantação do experimento (abril/2016), realizou-se 10 coletas entre maio de 2016 e abril de 2017. Em cada coleta, amostrou-se cinco ostras marcadas de cada classe de tamanho e mais cinco ostras da lanterna controle, totalizando 30 indivíduos amostrados. Para cada ostra coletada, retirou-se a epifauna incrustante sobre as ostras (Figura 28) conforme Chagas (2016) e, posteriormente, determinou-se a biomorfometria (biomassa e morfometria), codificação e transporte das ostras ao laboratório de Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu).

Figura 28: Ostra recém limpa, após a retirada da epifauna (A) e ostra recém coletada coberta com epifauna sobre a concha (B).



Fonte: Arquivo pessoal.

Paralelamente as amostragens, durante maré baixa em cada coleta, mensurou-se a temperatura superficial da água e salinidade, com um auxílio de um termômetro de imersão digital e o uso de refratômetro portátil com escala de 1/100, respectivamente. Os dados de precipitação pluviométrica serão obtidos através de médias disponibilizadas no site do Distrito de Meteorologia do Pará. Obteve-se os dados pluviométricos no *webpage* da Agência Nacional de Águas (<http://www3.ana.gov.br/>).

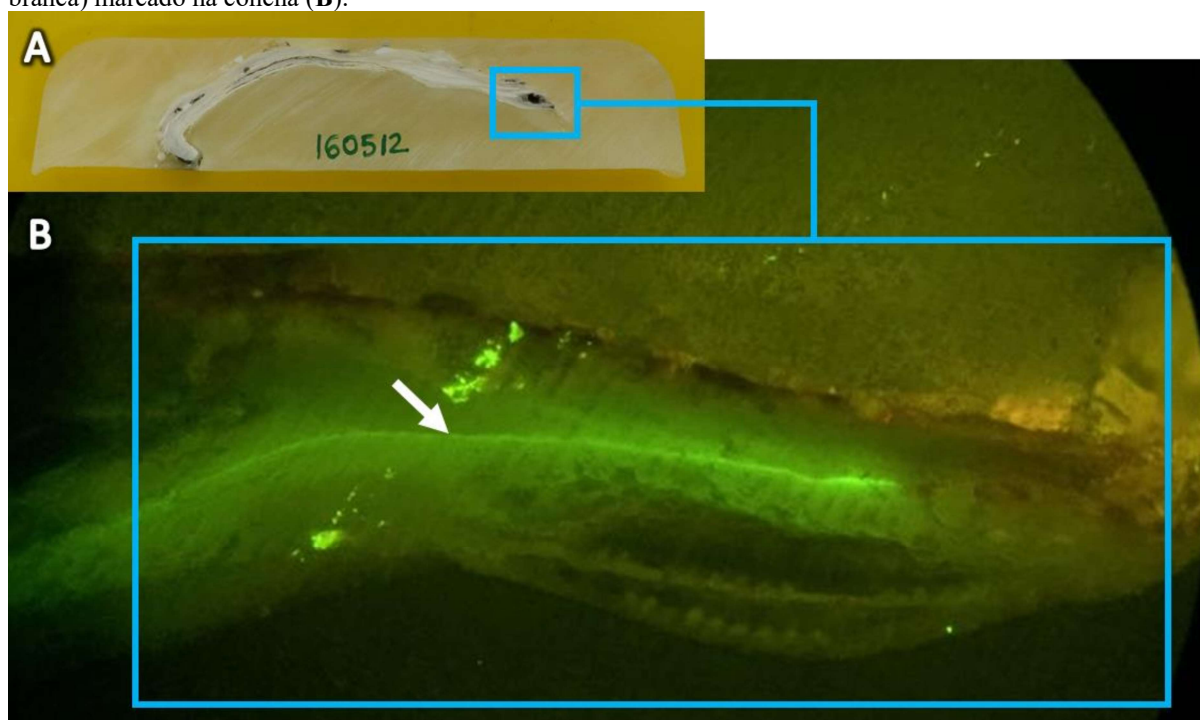
Em laboratório, seccionou-se as ostras trazidas para a retirada do corpo mole e, sequentemente, lavou-se as conchas para a retirada total do material orgânico. Após esse processo, dispôs as conchas para secar ao ar livre, protegido do sol, por no mínimo 24 h, para impedir o desenvolvimento de fungos. O processo seguinte delimitou-se na separação da valva

esquerda (ou inferior) para a formação de blocos em resina cristal, em proporção 100:1 (resina: catalizador), permanecendo por 24 horas para o endurecimento da resina (ver Figura 16).

O procedimento (ver Figura 16) seguinte constituiu-se no seccionamento longitudinal dos blocos – no sentido de maior eixo de crescimento –, com uma serra diamantada, para amostragem de uma secção de 1 cm espessura da concha. Posteriormente, poliu-se as amostras seccionadas sucessivamente sobre um painel de vidro com diferentes graus de carboneto de silício em pó (graus 400 e 800) e suspensão de óxido de alumínio (grau 1000).

Para a análise das marcas de crescimento, as secções das ostras foram observadas em um microscópio de fluorescência equipado com luz azul (Motic, filtro 450 a 490 μm), com ampliação de 10x, e deste modo, sendo possível a detecção das marcas com calceína através de microfotografias em câmera digital integrada (Figura 29).

Figura 29: Secção da concha de *Crassostrea tulipa* (A) e microfotográfica apresentando a marca de calceína (seta branca) marcado na concha (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3 Caracterização biomorfométrica

6.3.1 Relações biomorfométricas

A caracterização biomorfométrica da concha ocorreu através da determinação do comprimento total (mm), largura (mm) e altura (mm) e a biomassa (g) das ostras. A

morfometria dos indivíduos foram baseadas segundo Quayle (1988), mensuradas com o uso de um paquímetro digital (TESA Data-Direct, precisão de 0,01 mm) e a biomassa total úmida (concha + corpo mole do bivalve + líquido intervalvar) determinou-se em balança digital (MH-Series Pocket Scale, precisão de 0,01 g). Devido a presença do líquido intervalvar, analisou-se também a relação peso/comprimento da espécie considerando apenas a biomassa visceral da ostra, obtida após o desconchamento dos bivalves. O rendimento da carne comestível foi determinado através da relação biomassa visceral/biomassa total da ostra, utilizando indivíduos de todos os tamanhos disponíveis.

Para descrever os aspectos morfométricos de *C. tulipa*, seguiu-se a metodologia utilizada por Gaspar, Santos e Vasconcelos (2001) com bivalves. Deste modo, realizou-se relações morfométricas entre as medidas externas (comprimento total, largura e altura) da concha das ostras utilizando equações lineares, descrita na equação 1 abaixo:

$$Y = a + b.X \quad (1)$$

Para a relação peso/comprimento da espécie, relacionou-se as medidas externas da concha com as biomassas total e visceral, utilizando o modelo geométrico descrito na equação 2 abaixo:

$$Y = a.X^b \quad (2)$$

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) para avaliar a dependência estatística entre as variáveis das relações morfométricas e de peso/comprimento. Utilizou-se um teste t para verificar a significância dos valores de r conforme Rodrigues (2010). Utilizou-se análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$) para verificar possíveis diferenças entre os rendimentos da massa visceral dos tamanhos de ostras disponíveis.

Estimou-se os coeficientes linear (a) e angular (b) das regressões pelo método dos mínimos quadrados, sendo que para o modelo geométrico, utilizou-se a fórmula logarítmizada descrita na equação 3 abaixo:

$$\ln Y' = \ln a + b. \ln X \quad (3)$$

Posteriormente, classificou-se as equações conforme os valores do coeficiente angular (b) de acordo com Vasconcelos e Gaspar (2017). Segundo os autores, as equações que utilizam o mesmo tipo de variável, a isometria ocorre quando $b = 1$, enquanto que em relações entre diferentes tipos de variáveis a isometria ocorre quando $b = 3$. Deste modo, equações que

apresentam valores de b superiores são classificadas por alometria positiva e aquelas que apresentam valores de b inferiores são classificadas por alometria negativa.

6.3.2 Indicador de Estabilização da Forma – IEF

Para determinar o tamanho no qual a espécie atinge a forma definida da concha aplicou-se o método proposto por Gil, Troncoso e Thomé (2007), denominado Indicador de Estabilização da Forma (IEF) da concha. Este método constitui-se por uma análise simples e consiste em calcular as razões, expressas em porcentagem, entre as três medidas lineares da concha.

Para a análise de IEF o agrupou-se os exemplares amostrados em classes de comprimento, calculadas através da regra da raiz quadrada ($k = \sqrt{n}$, onde k é o número de classes e n é o número ostras) e o intervalo de classes calculado pela equação $IC = (Ls - Li)/k$, onde IC é o intervalo de classe e Ls e Li são os maiores e menores valores de comprimento total amostrado. Posteriormente, calculou-se a média das medidas lineares para cada intervalo, determinando-se as seguintes razões morfométricas: A/C , L/C e A/L , sendo A a altura, C o comprimento total e L a largura da concha.

6.4 Estimação de crescimento

6.4.1 Caracterização do crescimento de *Crassostrea tulipa*

Para a caracterização do crescimento de *C. tulipa* agrupou-se previamente os dados morfométricos por classes de tamanhos comerciais. A partir disso, estimou-se a taxa média de crescimento mensal (T_{cm}) e total (T_{ct}) conforme equação 4 e 5 abaixo:

$$T_{cm} = \frac{\sum(C_{mt} - C_{mi})}{N_{ostra}} \quad (4)$$

$$T_{ct} = \frac{C_{mf} - C_{mi}}{N_{meses}} \quad (5)$$

Onde, T_{cm} é a taxa média de crescimento mensal, C_{mt} o comprimento total de cada ostra mensurada no mês atual, C_{mi} média do comprimento total das ostras no início do experimento. T_{ct} representa a taxa média de crescimento total das ostras ao final do experimento, C_{mf} é o

comprimento total médio das ostras mensuradas no último mês e N_{meses} o número de meses do experimento.

A taxa de sobrevivência de *C. tulipa* foi estimada por classes de tamanho através da equação 6 abaixo:

$$S = \frac{N_t}{N_0} \cdot 100 \quad (6)$$

Onde, S é a sobrevivência percentual das ostras ao final do experimento, N_t o número de indivíduos sobreviventes e N_0 o número inicial de indivíduos no experimento.

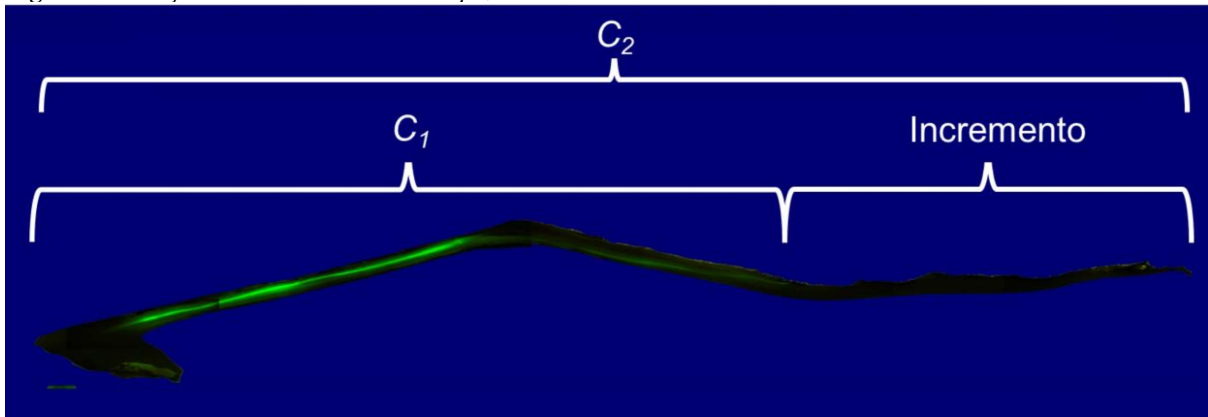
Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) para verificar a normalidade dos dados. Sequentemente, com a finalidade de comparar a T_{cm} obtidos de cada classe de comprimento total das ostras ao final do estudo, aplicando-se a Análise de Variância (ANOVA *one-way*). Sequentemente, formulou-se as seguintes hipóteses: H_0 (hipótese nula), onde não há diferença entre os valores de T_{cm} entre as classes; e H_1 (hipótese alternativa), que apresenta ao menos duas classes com T_{cm} diferentes no experimento. Quando evidenciado diferenças entre as T_{cm} , comparou-se as médias através do teste de Tukey, a um nível de significância de 5%.

Com a finalidade de verificar a correlação entre as variáveis abióticas (salinidade e TSA) e as classes das ostras cultivadas, submeteu-se os dados obtidos a análise de correlação. Para isso, realizou-se a regressões simples entre as variáveis (através da Equação 2), sendo variável dependente (Y) correspondente ao T_{cm} por classe de ostras e a variável independente (X) os fatores abióticos. Os dados foram log transformados com o intuito de diminuir a amplitude de variação entre as variáveis correlacionadas. Classificou-se os valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) de acordo com a classificação proposta por Hopkins (2000).

6.4.2 Cálculo das taxas de crescimentos absoluto e diário

A estimação de microcrescimento de *C. tulipa* ocorreu através das medidas micrométricas da distância entre a marca do fluorocromo calceína e a margem do crescimento (Figura 30) conforme Herrmann et al. (2009b).

Figura 30: Secção da ostra *Crassostrea tulipa*, indicando as medidas morfométricas efetuadas.



Fonte: Adaptado de Cordeiro (*in prep.*).

Determinou-se a taxa de crescimento absoluto (T_{Cab}) através da equação abaixo:

$$T_{Cab} = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (7)$$

Onde C_1 é o comprimento total (mm) da ostra no início do experimento (t_1), C_2 o comprimento total (mm) no mês amostrado (t_2), ΔC o incremento marginal (mm) e Δt o tempo de experimento (em dias).

6.4.3 Determinação dos parâmetros de crescimento von Bertalanffy

Para a determinação dos parâmetros de crescimento, ajustou-se a função geral de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1938) conforme Appeldoorn (1987) (Equação 8), e deste modo adequando-se a função para experimentos de marcação-recaptura.

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^D \quad (8)$$

A determinação dos parâmetros ocorreu através da utilização do *software* FiSAT II (GAYANILO JR, SPARRE; PAULY, 2005). Onde L_t é o comprimento total (mm) da ostra no tempo t ($t_1 + t_2$), L_∞ é a média do comprimento assintótico, K a constante de crescimento (ano^{-1}), D determina a forma da curva (ponto de inflexão se $D > 1$), e t_0 equivale ao t_1 .

6.5 Estimação da influência do El Niño no crescimento da ostra

Diversos autores evidenciam a influência do El Niño no crescimento de bivalves (ARNTZ et al., 1987; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HEILMAYER et al., 2004; HERRMANN et al.,

2009a; HERRMANN et al., 2009b). De acordo com esses estudos, é necessário o uso de uma Índice Geral de Performance de Crescimento – OGP (descrita a seguir no tópico 6.5.2), que utiliza dados de parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, e agrupa os dados correlacionado com as regiões climáticas mundial. A partir disso, verifica-se a importância desta análise para estudar os efeitos (negativos ou positivos) do El Niño sobre o crescimento de ostras *Crassostrea* spp.

6.5.1 Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro

Mencionou-se, anteriormente, a necessidade de parâmetros de crescimento de von Bertalanffy à análise da influência do El Niño dos bivalves. Chagas e Herrmann (2018b) citam apenas a existência de três estudos no litoral brasileiro que apresentem dados de parâmetros de crescimento, o que descarta inúmeros estudos realizados com ostras *Crassostrea* spp. por apresentar apenas dados de crescimento relativo das ostras em um determinado período.

Com o fim de evidenciar a influência do El Niño no crescimento da ostra do mangue no Brasil, compilou-se dados de crescimento das ostras do gênero *Crassostrea* cultivada no litoral brasileiro. A partir disso, para a determinação dos efeitos do El Niño utilizou-se a PCA (*Principal Coordinate Analysis*) com o intuito de correlacionar, através de combinações lineares, as variáveis analisadas. Sequentemente aplicou-se PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*) para testar as diferenças entre os dados de crescimento das ostras por período climático

As variáveis utilizadas nas análises foram: o Índice Relativo de Crescimento – RGI (do inglês: *Relative Growth Index*) (descrito na Equação 9), proposto por Beal et al. (1999); o tempo de experimento; o crescimento absoluto ao final do experimento e o incremento total médio (descrito na Equação 10). Adicionalmente, identificou-se os períodos de realização do estudo, ou seja, em anos “normais”, de “El Niño” e “posteriores ao El Niño”.

$$ICR = \frac{C_{mf} - C_{mi}}{C_{mi}} \cdot 100 \quad (9)$$

$$I_m = \frac{C_{mf} - C_{mi}}{t_{meses}} \quad (10)$$

Onde *ICR* é o Índice Relativo de Crescimento, *C_{mi}* o comprimento médio inicial, *C_{mf}* o crescimento médio final, *I_m* o incremento total médio e *t_{meses}* o tempo de cultivo em meses.

6.5.2 Performance do crescimento de ostras *Crassostrea*

Diversos autores apresentam o Índice Geral de Performance de Crescimento – OGP como método eficaz na verificação da influência do El Niño no crescimento de bivalves (ARNTZ et al., 1987; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HEILMAYER et al., 2004; HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b). Para isso, é primordial a utilização dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_∞ e K), conforme equação 11 abaixo.

$$OGP: \log(K[L_\infty])^3 \quad (11)$$

O OGP foi desenvolvido por Pauly (1979) e é apresentado em uma forma gráfica especial, denominada grade auximétrica. A utilização da grade auximétrica satisfaz comparações entre parâmetros de crescimento agrupando por padrões de crescimento de espécies, deste modo podendo verificar uma alteração nos padrões de uma espécie por uma anomalia climática.

Entretanto, neste estudo, a comparação da performance de crescimento utilizou-se o Índice de crescimento phi-prime (Φ'), descrito na equação 12, abaixo:

$$\Phi': 2\log_{10}(L_\infty) + \log_{10}K \quad (12)$$

Utilizou-se o Φ' devido a correlação negativa entre K e L_∞ invalida comparações diretas entre parâmetros individuais (PAULY; MUNRO, 1984).

6.6 Análises estatísticas

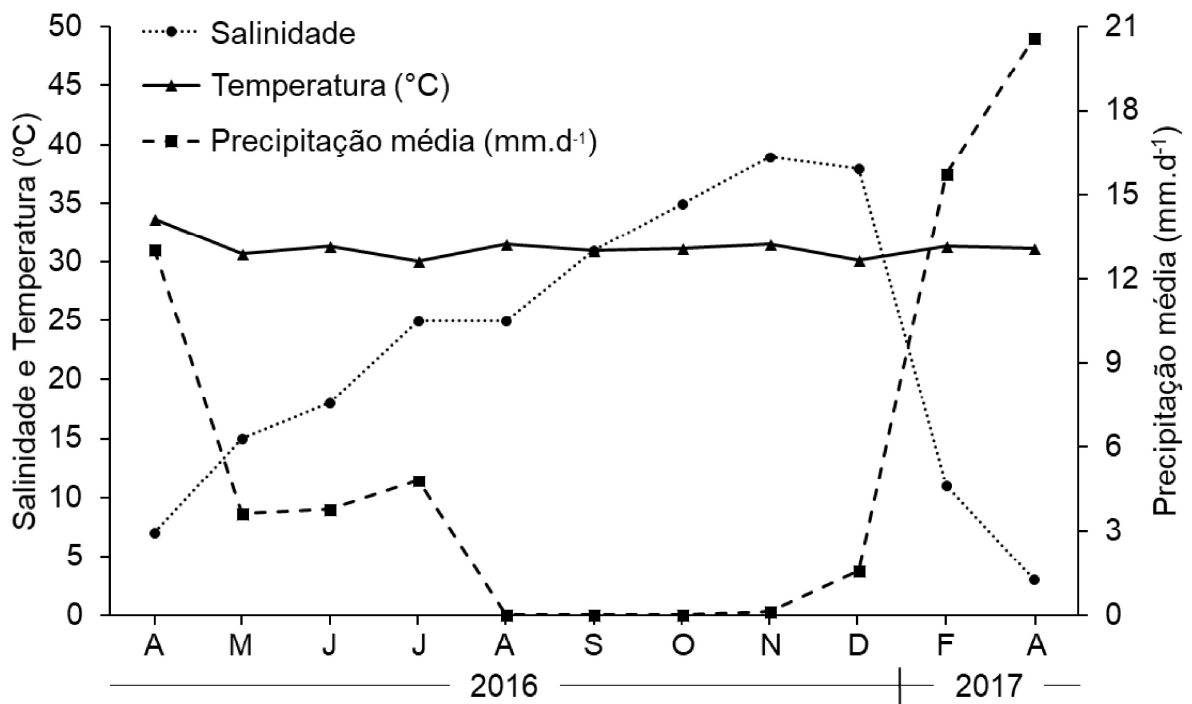
Todas as análises estatísticas foram consideradas a um nível de significância de 95 % ($\alpha = 0,05$) (ZAR, 2010), utilizando o *software* PAST – *Palaeontological STatistics* (Versão 3.18) (HAMMER, 2018).

7 RESULTADOS

7.1 Dados abióticos

Observa-se uma variabilidade nos dados abióticos ao longo dos meses de coleta. A maior variação foi evidenciada na salinidade, com média de $22,5 \pm 12,6$ (média \pm SD), valor mínimo de 3 (abr/16) e máxima de 39 (nov/16). A temperatura apresentou pouca variação, com $31,2 \pm 0,9^\circ\text{C}$, mínima de $30,1^\circ\text{C}$ (jul/16) e máxima de $33,7^\circ\text{C}$ (abr/16). A variação da pluviosidade média mensal comportou-se inversamente proporcional a salinidade, com média de $5,8 \pm 7,3 \text{ mm.dia}^{-1}$, apresentando meses com ausência de chuvas (set/16 e out/16) e máxima de $20,59 \text{ mm.dia}^{-1}$ (abr/17) (Figura 31).

Figura 31: Variação temporal dos dados abióticos (salinidade, temperatura superficial da água e pluviosidade média mensal) entre os meses abril e setembro de 2016.



7.2 Caracterização biomorfométrica

Os dados brutos da biomorfometria de *C. tulipa* estão disponíveis em Chagas et al. (2016b), na plataforma digital *Data Publisher for Earth & Environmental Science – PANGAEA* (www.pangaea.de/). As ostras coletadas apresentaram comprimento total de $58,8 \pm 25,7 \text{ mm}$ (média \pm SD), variando entre 16,0 e 116,9 mm, largura de $42,9 \pm 19,0 \text{ mm}$, entre

10,6 e 82,2 mm e altura de $23,7 \pm 13,5$ mm, entre 2,97 e 77,82 mm. A biomassa total das ostras apresentou média de $62,3 \pm 54,8$ g, variando entre 0,6 e 101,8 g e biomassa visceral de $6,14 \pm 4,24$ g, entre 0,1 e 15,52 g, com um rendimento média de 20,2 %.

A relação comprimento e largura da concha, quando analisado por classes de tamanho comercial, de acordo com os valores de r , foram classificadas por correlações “substanciais” ($0,41 > r < 0,70$), exceto a relação entre as ostras classificadas por *máster*, classificadas correlações “nulas” ($0 > r < 0,20$) (Tabela 4). As relações realizadas entre o comprimento e a altura da concha de *C. tulipa* foram distintos entre as classes de comprimento, sendo a correlação entre *sementes* e *babys* classificadas por correlação “fraca” ($0,21 > r < 0,40$), entre *juvenis* por “substanciais”, entre *médias* e *máster* por correlações “nulas” (Tabela 4).

Os valores de r apresentou-se bem divergente quando se relacionam as relações entre as medidas morfométricas com as biomassas total e visceral. Entretanto, destaca-se as relações da biomassa total com as medidas de comprimento e largura, classificadas por uma alometria negativa e positiva, respectivamente, porém com uma forte tendência a isometria ($b=3$).

Os indivíduos apresentaram biomassa total de $62,3 \pm 54,8$ g, variando entre 0,6 e 101,8 g e biomassa visceral de $6,14 \pm 4,24$ g, entre 0,1 e 15,52 g. Os rendimentos da biomassa visceral dos indivíduos analisados apresentaram média de 20,2 %, com variação entre 7 e 44,7%. Deste modo, calcula-se que, para adquirirmos 1kg de carne de ostra, deve-se aproximadamente adquirir-se 5kg de ostras inteiras.

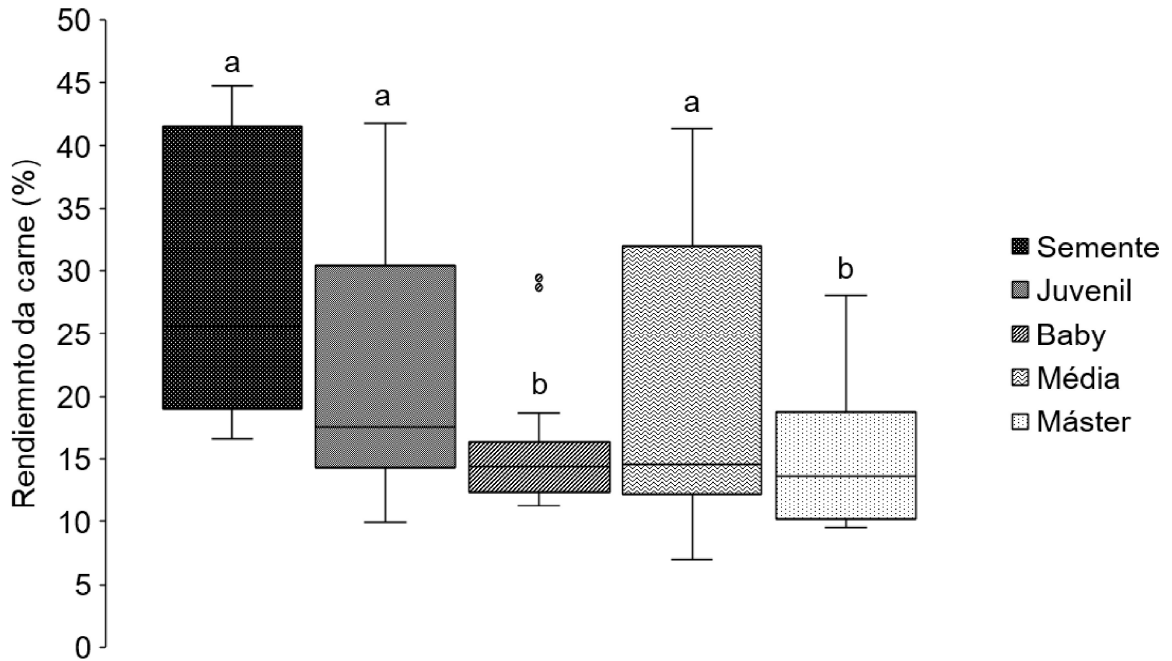
A ANOVA evidenciou diferença do rendimento da carne da ostra entre as classes de comprimento ($F=3,99$ e $p < 0,01$). Essa diferença foi evidente apenas ao relacionar-se as ostras classificadas por *semente* com aquelas classificadas por *baby* e *máster* (Figura 32). Os rendimentos da biomassa visceral de *C. tulipa* apresenta-se baixos ao compararmos com outros recursos aquáticos, tais como, peixes que possui de 30 a 50%

Os resultados na análise de IEF remete a uma oscilação entre as medidas morfométricas ao longo do desenvolvimento de *C. tulipa*, porém observa-se uma tendência a estabilização a partir de 60 mm (Figura 33). Evidencia-se que a maior variação na forma da concha dos indivíduos ocorre nos tamanhos *semente* e *juvenil* e que a estabilização coincide com o tamanho comercial da ostra cultivada.

Tabela 4: Dados da dispersão bivariada entre comprimento total (C), altura (A) e largura (L) da concha e biomassa total (Bt) e (Bv) de *Crassostrea tulipa*. São apresentados o número de indivíduos utilizados na relação (N), a equação da relação, os coeficientes de correlação (R^2), coeficientes de correlação de Pearson (r) e os valores de p , sendo * valores menores que 0,0001.

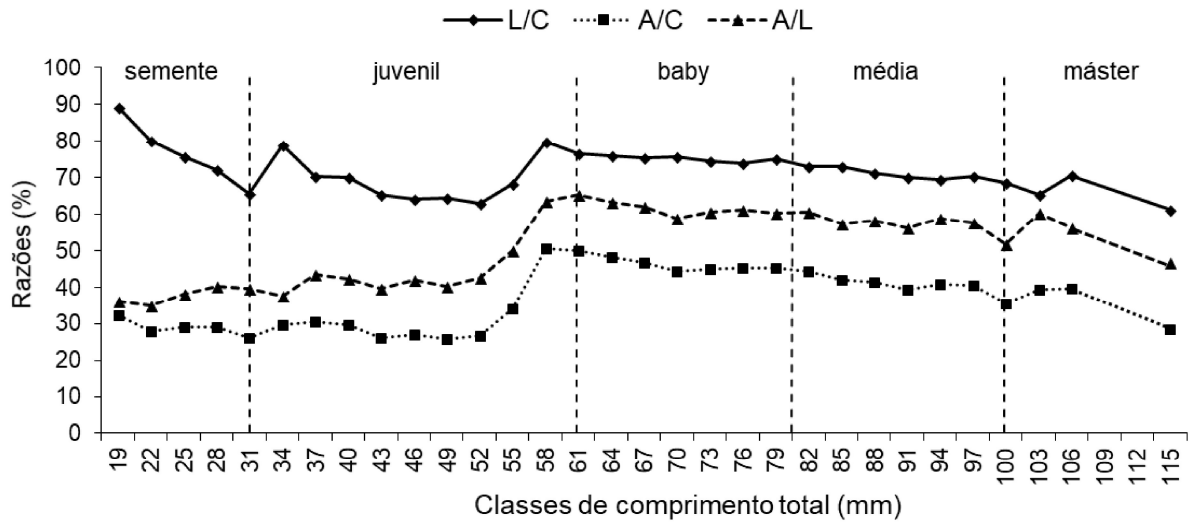
Classe	Relação	N	Equação	R^2	r	A	p
Semente	$C \times L$	234	$L = 1,33 + 0,48C$	0,21	0,47	-	*
	$C \times A$	234	$A = -0,85 + 0,84C$	0,14	0,38	-	*
	$L \times A$	234	$A = -0,11 + 0,66L$	0,09	0,31	-	*
	$C \times Bt$	234	$Bt = -4,50 + 1,74C$	0,43	0,66	-	*
	$L \times Bt$	234	$Bt = -2,83 + 1,32L$	0,26	0,51	-	*
	$A \times Bt$	234	$Bt = -0,22 + 0,64A$	0,28	0,53	-	*
	$C \times Bv$	8	$Bv = -12,17 + 3,68C$	0,55	0,78	+	0,0197
	$L \times Bv$	8	$Bv = -9,51 + 2,82L$	0,01	0,39	-	0,3306
	$A \times Bv$	8	$Bv = -4,39 + 2,06A$	0,96	0,98	-	*
Juvenil	$C \times L$	209	$L = 0,59 + 0,73C$	0,34	0,59	-	*
	$C \times A$	209	$A = -1,15 + 0,96C$	0,22	0,47	-	*
	$L \times A$	209	$A = -0,92 + 1,00L$	0,37	0,61	i	*
	$C \times Bt$	209	$Bt = -6,72 + 2,40C$	0,46	0,68	-	*
	$L \times Bt$	209	$Bt = -4,81 + 2,10L$	0,54	0,74	-	*
	$A \times Bt$	209	$Bt = -0,90 + 1,27A$	0,53	0,73	-	*
	$C \times Bv$	38	$Bv = -9,17 + 2,61C$	0,45	0,68	-	*
	$L \times Bv$	38	$Bv = -5,31 + 1,72L$	0,36	0,61	-	*
	$A \times Bv$	38	$Bv = -2,34 + 1,15A$	0,51	0,72	-	*
Baby	$C \times L$	320	$L = 0,28 + 0,86C$	0,40	0,63	-	*
	$C \times A$	320	$A = 0,87 + 0,60C$	0,09	0,31	-	*
	$L \times A$	320	$A = 1,87 + 0,40L$	0,07	0,28	-	*
	$C \times Bt$	320	$Bt = -4,63 + 2,12C$	0,47	0,69	-	*
	$L \times Bt$	320	$Bt = -1,28 + 1,43L$	0,39	0,63	-	*
	$A \times Bt$	320	$Bt = 0,99 + 0,98A$	0,37	0,61	-	*
	$C \times Bv$	23	$Bv = -11,24 + 3,12C$	0,13	0,41	+	0,0455
	$L \times Bv$	23	$Bv = 3,06 - 0,25L$	-0,04	0,06	-	0,7733
	$A \times Bv$	23	$Bv = -4,11 + 1,82A$	0,42	0,66	-	0,0007
Média	$C \times L$	248	$L = 1,40 + 0,61C$	0,16	0,41	-	*
	$C \times A$	248	$A = 2,13 + 0,32C$	0,01	0,15	-	0,0164
	$L \times A$	248	$A = 2,47 + 0,26L$	0,03	0,18	-	0,0039
	$C \times Bt$	248	$Bt = -3,23 + 1,80C$	0,31	0,55	+	*
	$L \times Bt$	248	$Bt = -0,32 + 1,24L$	0,32	0,56	+	*
	$A \times Bt$	248	$Bt = 1,44 + 0,93A$	0,39	0,63	-	*
	$C \times Bv$	41	$Bv = 1,24 + 0,38C$	-0,02	0,03	-	0,8334
	$L \times Bv$	41	$Bv = -2,15 + 1,22L$	0,01	0,17	+	0,2609
	$A \times Bv$	41	$Bv = -2,82 + 1,60A$	0,16	0,42	+	0,0055
Máster	$C \times L$	14	$L = 44,68 + 0,24C$	-0,04	0,17	-	0,5459
	$C \times A$	14	$A = 38,55 - 0,01C$	-0,08	0,01	-	0,9900
	$L \times A$	14	$A = 1,35 + 0,53L$	0,06	0,37	-	0,1886
	$C \times Bt$	14	$Bt = 3,86 - 0,04C$	-0,08	0,01	-	0,9555
	$L \times Bt$	14	$Bt = -3,22 + 1,96L$	0,65	0,82	-	0,0005
	$A \times Bt$	14	$Bt = 2,81 + 0,63A$	0,07	0,38	-	0,1724
	$C \times Bv$	5	$Bv = -21,26 + 5,22C$	0,45	0,76	+	0,1289
	$L \times Bv$	5	$Bv = -3,22 + 1,48L$	0,36	0,72	-	0,1686
	$A \times Bv$	5	$Bv = 2,82 + 0,06A$	-0,33	0,03	-	0,9572
Geral	$C \times L$	1025	$L = 0,46 + 0,71C$	0,95	0,97	-	*
	$C \times A$	1025	$A = -2,58 + 1,39C$	0,91	0,95	+	*
	$L \times A$	1025	$A = -2,18 + 1,40L$	0,92	0,95	+	*
	$C \times Bt$	1025	$Bt = -8,55 + 2,99C$	0,96	0,98	-	*
	$L \times Bt$	1025	$Bt = -7,66 + 3,02L$	0,96	0,98	+	*
	$A \times Bt$	1025	$Bt = -2,68 + 2,05A$	0,95	0,97	-	*
	$C \times Bv$	115	$Bv = -9,85 + 2,82C$	0,82	0,90	-	*
	$L \times Bv$	115	$Bv = -9,91 + 3,03L$	0,75	0,87	+	*
	$A \times Bv$	115	$Bv = -4,29 + 1,94A$	0,83	0,91	-	*

Figura 32: Rendimento percentual médio da carne (massa visceral) da ostra *Crassostrea tulipa* cultivada no litoral amazônico. Letras iguais indicam igualdade e diferentes indicam desigualdade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33: Abundância de indivíduos por classe de comprimento (mm) e representação gráfica do Índice de Estabilização da Forma (IEF) da concha de *Crassostrea tulipa*.



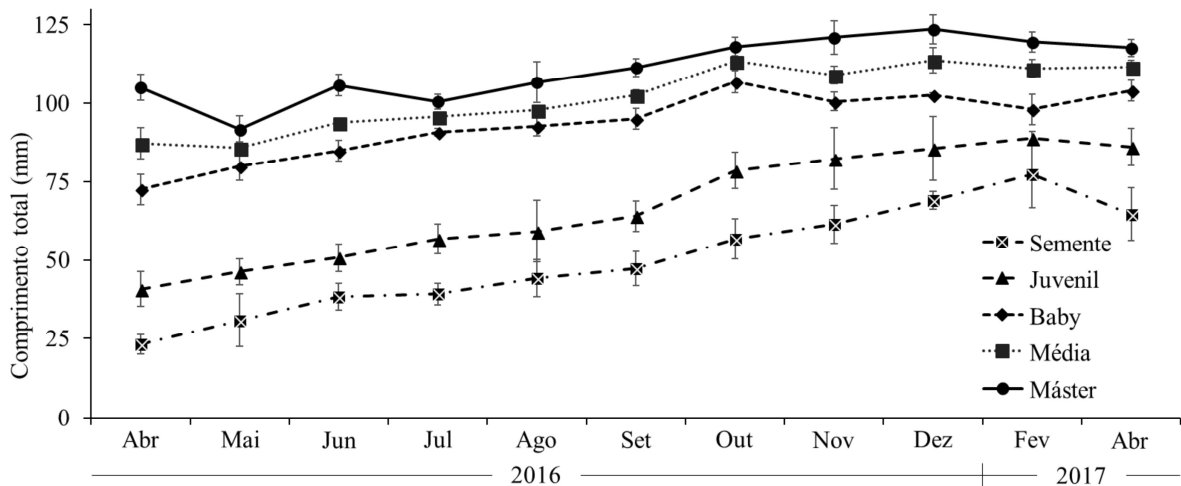
Fonte: Elaborado pelo autor.

7.3 Caracterização do crescimento de *Crassostrea tulipa*

A partir dos dados morfométricos mensais de *C. tulipa*, observa-se o crescimento das ostras em todas as classes comerciais, através das médias de comprimentos totais mensuradas mensalmente (Figura 34) e do percentual de crescimento ao longo do período amostrado (Figura 35), destacando-se um maior desempenho no crescimento das ostras classificadas por *sementes* (116%) no período do estudo.

As ostras classificadas por *sementes* apresentaram $T_{cm} = 5,17 \pm 1,42\text{mm}$ (média \pm SD), variando entre 3,07 e 7,63mm, *juvenis* com $T_{cm} = 5,03 \pm 0,88\text{mm}$, variando entre 3,61 e 6,46mm, *baby* com $T_{cm} = 4,19 \pm 1,64\text{mm}$, variando entre 2,01 e 7,42mm, *média* com $T_{cm} = 4,08 \pm 1,80\text{mm}$, variando entre 1,40 e 7,94mm, e *máster* com $T_{cm} = 6,22 \pm 4,10\text{mm}$, variando entre 2,36 e 14,12mm.

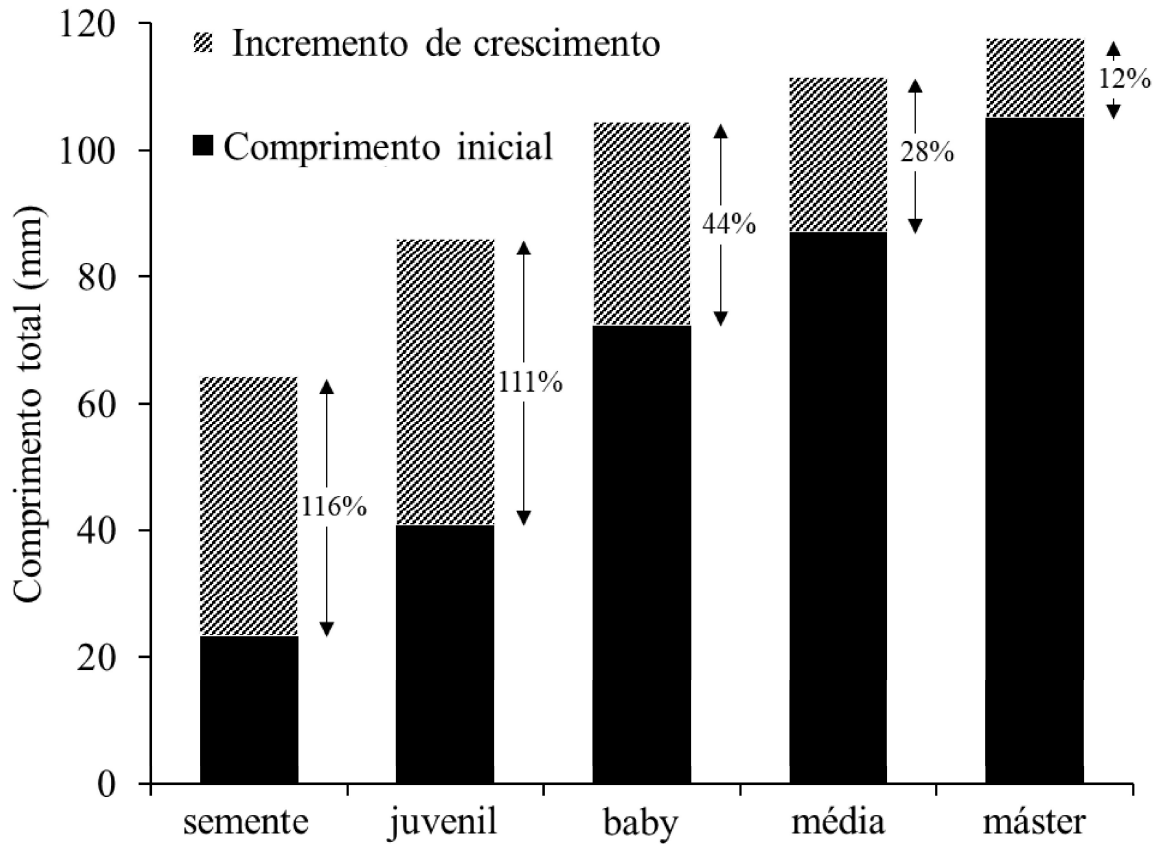
Figura 34: Valores médio de comprimento total das ostras coletadas mensalmente no cultivo da ASAPAQ no rio Urindeua, Salinópolis, Pará, entre os meses abril/2016 e abril/2017. Barras de erros (superiores e inferiores) representam o desvio padrão das médias de comprimento total mensurados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

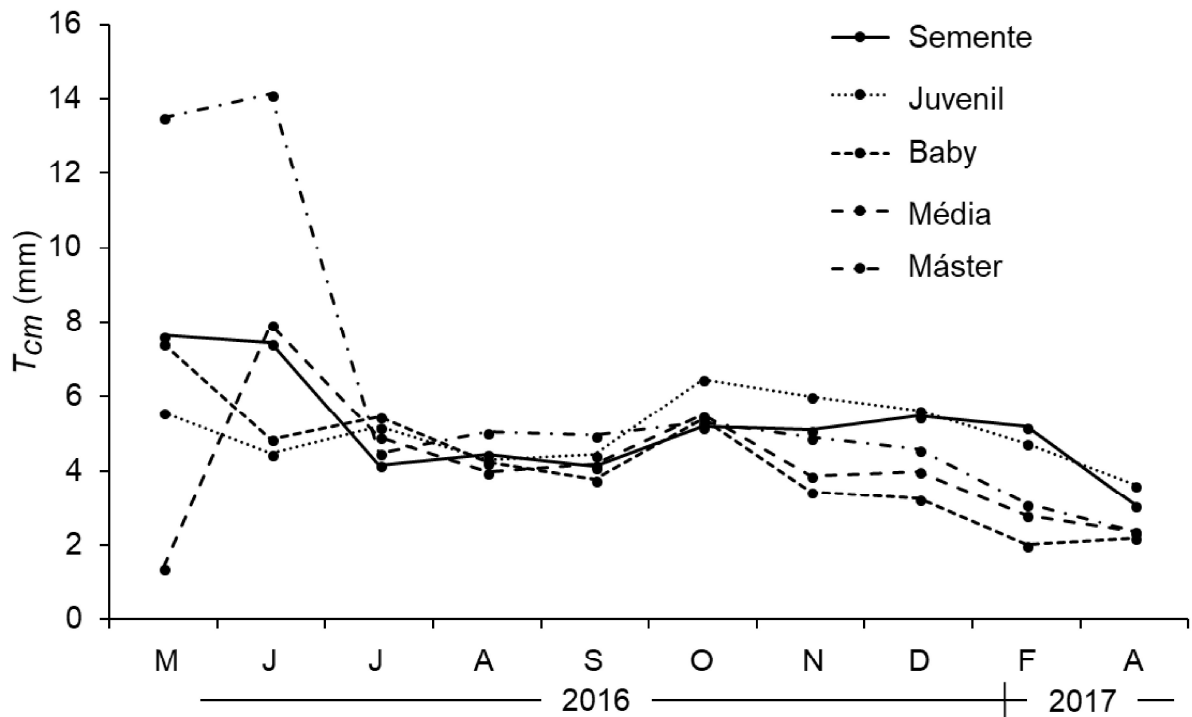
Nos três primeiros meses do experimento, verifica-se uma maior oscilação nas T_{cm} das ostras, com destaque as ostras *másters* que apresentaram uma diminuição brusca no T_{cm} entre os meses de junho e julho de 2016. Destaca-se a amplitude considerável de T_{cm} das ostras *médias* entre maio e junho, do mesmo ano. Após o mês de julho de 2016, observa-se um equilíbrio nas T_{cm} das ostras, apresentando pequenas variações nos meses seguintes. Ressalta-se as ostras *juvenis* apresentaram a menor variação T_{cm} no período do experimento (Figura 36).

Figura 35: Crescimento percentual, por tamanhos comerciais, de *Crassostrea tulipa* cultivadas no litoral amazônico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

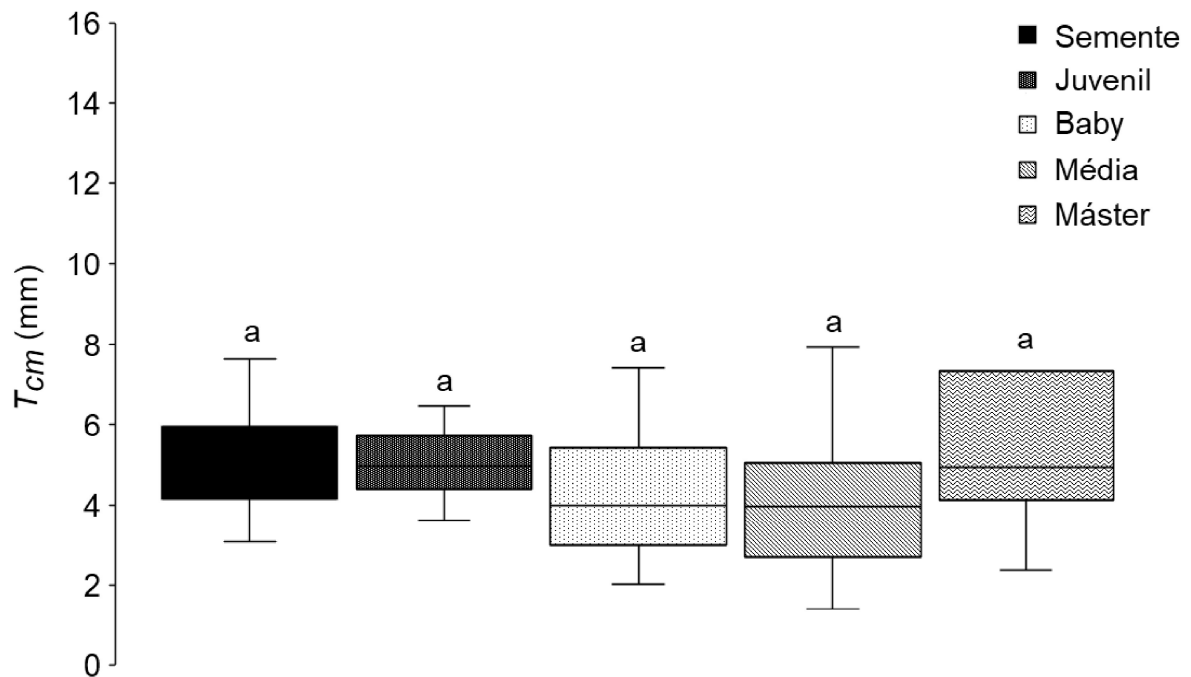
Figura 36: Variação das taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas respectivas classes de comprimento de ostras: sementes, juvenis, baby, médias e máster.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o resultado da ANOVA, não se encontrou evidências de diferenças significativas ($F_c=1,464 < F_t=2,578$; $\alpha=0,05$), aceitando-se a hipótese nula. Sendo assim, os valores de T_{cm} obtidos em cada classe de comprimento total das ostras ao final do estudo não apresentam diferenças (Figura 37, Tabela 5). Esse resultado perpetuou-se também no teste de Tukey, não apresentando diferenças significativas (Tabela 6).

Figura 37: Taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de ostras. Letras iguais indicam igualdade estatística a um nível de significância de 5%.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5: Dados e tabela da Análise de Variância (ANOVA) entre as taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de ostras.

Varição	Soma dos quadrados	df	Média dos quadrados	F_c	p
Entre grupos	30.02	4	7.5031	1.464	0.2289
Dentro de grupos	230.61	45	5.1248		
Total	260.63	49			

Tabela 6: Resultados do teste de Tukey (abaixo da diagonal) comparando as taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) em cada classe de comprimento total das ostras cultivadas. Evidencia-se os valores de p (acima da diagonal).

	Semente	Juvenil	Baby	Média	Máster
Semente		0.999	0.8694	0.8188	0.8352
Juvenil	0.1924		0.9204	0.8806	0.7646
Baby	1.364	1.172		1	0.2802
Média	1.519	1.327	0.1545		0.232
Máster	1.471	1.664	2.836	2.99	

De acordo com a classificação proposta por Hopkins (2000), a partir dos valores do coeficiente de correlação de Pearson (r), indicam uma baixa correlação entre a T_{cm} das classes de ostras e a TSA mensal (Tabela 7). Ao analisar a T_{cm} das ostras e a variação mensal da salinidade, verifica-se uma correlação classificada por “moderada” entre a variável abiótica e as classes *semente*, *baby*, *média* e *máster*. Destaca-se a relação entre a classe *juvenil* e a salinidade, classificando a correlação por “muito alta” (Tabela 7). Esse maior desempenho das ostras *juvenis* é evidente nas Figura 35, onde nos meses com a maiores salinidades (outubro, novembro e dezembro de 2016), a T_{cm} dessa classe apresentou-se superior as demais.

Tabela 7: Coeficientes de correlação de Pearson (r) obtidos a partir das correlações entre as classes de ostras comercializadas e as variáveis abióticas (salinidade e TSA) mensais, classificando-as em: a = muito baixa, b = baixa, c = moderada e d = muito alta.

Classes das ostras	Salinidade	TSA (°C)
Semente	0,35 ^c ($p = 0,31$)	0,03 ^a ($p = 0,92$)
Juvenil	0,71 ^d ($p = 0,02$)	0,24 ^b ($p = 0,47$)
Baby	0,46 ^c ($p = 0,17$)	0,28 ^b ($p = 0,40$)
Média	0,49 ^c ($p = 0,14$)	0,07 ^a ($p = 0,83$)
Máster	0,35 ^c ($p = 0,31$)	0,03 ^a ($p = 0,91$)

As taxas de sobrevivência das ostras foram altas destacando-se as ostras classificadas por *baby* com um melhor percentual de sobrevivência (~85%) e as *másters* o menor percentual (~66%) (Tabela 8).

Tabela 8: Desempenho das ostras do gênero *Crassostrea* em diferentes cultivos no litoral brasileiro, apresentando valores de comprimento inicial (C_0), comp. final (C_f), período de cultivo (T) em mês, taxa média de crescimento mensal (T_{ct}), sobrevivência percentual ($S\%$) e estado onde realizou-se o estudo (E). Legenda: ostras classificadas por sementes (**a**), juvenis (**b**), baby (**c**), média (**d**) e máster (**e**). Nome atualizado de *Crassostrea gasar* (*) and valores não disponíveis (**). Fonte: Chagas e Herrmann (2018a).

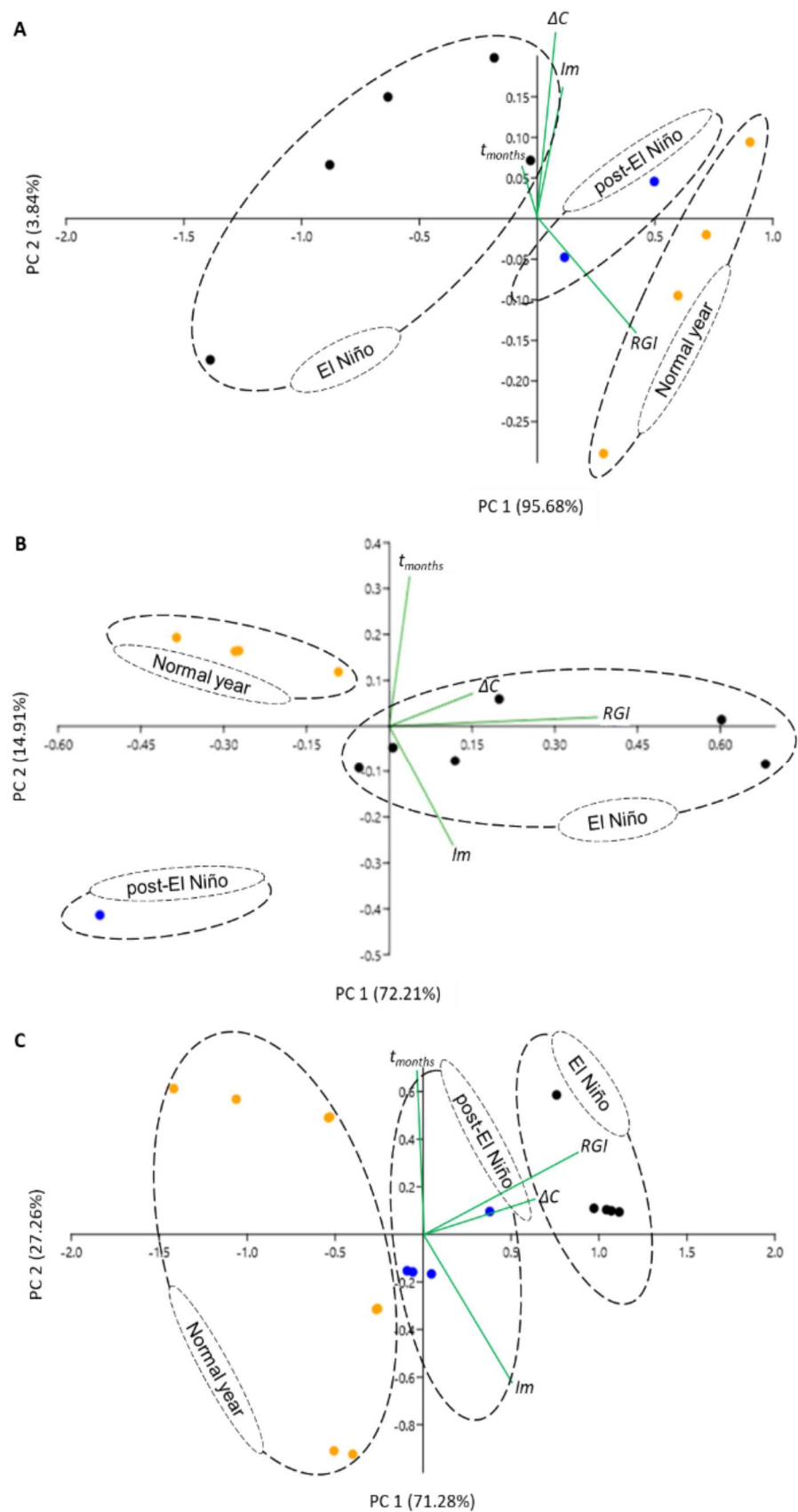
Espécie	C_0 (mm)	C_f (mm)	T	T_{ct} (mm/mês)	$S\%$	E	Referência
<i>C. tulipa</i> ^a	23,3±3,1	64,2±8,3	12	3,4	~74	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^b	40,7±5,5	86,0±5,9	12	3,7	~76	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^c	72,5±4,8	104,4±3,3	12	2,6	~85	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^d	87,2±5,0	111,7±1,9	12	2,0	~79	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^e	105,1±4,2	117,6±2,6	12	1,0	~66	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> *	13,7±5,5	49,6±7,3	11	**	**	SC	Lopes et al. (2013)
<i>C. tulipa</i> *	9,6±5,4	61,9±13,0	11	**	**	SC	Lopes et al. (2013)
<i>C. tulipa</i> *	5,8±2,0	71,9±8,0	13		~93	SC	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5,8±2,0	55,3±6,0	13		~91	SC	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5,8±2,0	46,9±9,1	13		~95	MA	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5,8±2,0	30,9±10,7	13		~87	MA	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> **	40,8±8,7	50,3±8,7	4	2,37	67	SE	Rosa (2014)
<i>C. brasiliiana</i>	32,2	60,5	12	2,36	~50	SP	Pereira, Akaboshi e Chagas Soares (1988)
<i>C. brasiliiana</i>	5,6±0,06	25,8±0,3	8			SP	Pereira, Galvão e Tanji (1991)
<i>C. brasiliiana</i>	19,8	59,1	12	3,3	~30	SP	Pereira e Chagas Soares (1996)
<i>C. brasiliiana</i>	~50	81,8	10	2,64	~90	SP	Pereira et al. (2001b)
<i>C. brasiliiana</i>	~50	76,8	10	2,16	~90	SP	Pereira et al. (2001b)
<i>C. brasiliiana</i>	~50	74,1	9	2,18	64	SP	Pereira et al. (2001b)
<i>C. brasiliiana</i>	~40	55,8	12	1,75	~87	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliiana</i>	~40	60,8	12	2,65	~91	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliiana</i>	~40	53,3	12	1,58	~87	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliiana</i>	~40	55,6	12	2,28	~94	BA	Oliveira (2014)
<i>C. gigas</i>	9,1±2,5	82,8±8,5	12	**	40	SC	Manzoni e Schmitt (2006)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	53,3	12	1,48	~73	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	53,1	12	1,51	~74	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	46,5	12	1,29	~80	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	44,0	12	1,08	~75	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	9	54,1±7,4	5	9,9	**	SC	Maccacchero, Guzinski e Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	55,8±7,4	5	10,2	**	SC	Maccacchero, Guzinski e Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	49,8±6,9	5	9	**	SC	Maccacchero, Guzinski e Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	58,8±8,5	5	10,8	**	SC	Maccacchero, Guzinski e Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	6,2±1,0	37,6±8,0	10	3,1	45	ES	Alvarenga e Nalesso (2006)
<i>C. rhizophorae</i>	42,4	55,5±5,8	3	4,3	~45	CE	Modesto et al. (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	42,4	55,7±4,2	3	4,4	~28	CE	Modesto et al. (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	42,4	55,7±6,3	3	4,4	~17	CE	Modesto et al. (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	24,8±0,7	41,3±4,8	3,5	5,5	28	PE	Cardoso Júnior et al. (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	24,8±0,6	39,0±5,0	3,5	4,7	~31	PE	Cardoso Júnior et al. (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	24,8±0,4	38,4±4,2	3,5	4,5	~24	PE	Cardoso Júnior et al. (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	~80	7	~6,6	**	AL	Vilar (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	46,5±3,4	54,7±2,7	1	6	~83	BA	Azevedo et al. (2015)
<i>C. rhizophorae</i>	46,0±3,8	53,1±2,7	1	5,1	~83	BA	Azevedo et al. (2015)
<i>Crassostrea</i> sp.	~10	60	5	9,9	~93	SC	Maccacchero, Ferreira e Guzinski (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64,1±1,7	65,1±1,7	8	**	~88	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64,5±1,8	66,0±1,7	8	**	~88	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64,3±1,8	65,5±1,7	8	**	~87	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64,1±1,8	65,6±1,8	8	**	~89	PR	Pinto (2007)

7.4 Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro

O agrupamento efetuado pela PCA relacionando os dados de crescimento de *C. tulipa* descrevem 99,52% da relação entre as variáveis. A leitura do gráfico indica que o *RGI* se apresenta como a principal variável pela ordenação dos dados na PC1 (95,68%), agrupando os dados de crescimento das ostras em estudos realizados em anos normais e posteriores ao El Niño. A PC2 (3,84%) agrupa os dados dos estudos realizados em ano de El Niño (Figure 38A). A PCA obtida através dos dados do crescimento de *C. brasiliana* descrevem 87,12% da relação entre as variáveis e, também, indica que o *RGI* como a principal variável pela ordenação dos dados na PC1 (72,21%). Entretanto, diferente da PCA com os dados da ostra *C. tulipa*, a PCA oriunda com os dados de crescimento de *C. brasiliana* agrupando os dados referente aos estudos realizados em anos de El Niño e a PC2 (14,91%) agrupa os dados dos estudos realizados em anos normais e posteriores ao El Niño (Figure 38B). Neste mesmo sentido, o ordenamento dos dados de crescimento de *C. rhizophorae* descrevem 99,62% da relação entre as variáveis e, assim como as análises de PCA anteriores, indica que o *RGI* como a principal variável pela ordenação dos dados na PC1 (71,28%). A PC2 (27,26%) agrupa os dados dos estudos realizados em anos normais e posteriores ao El Niño (Figure 38C).

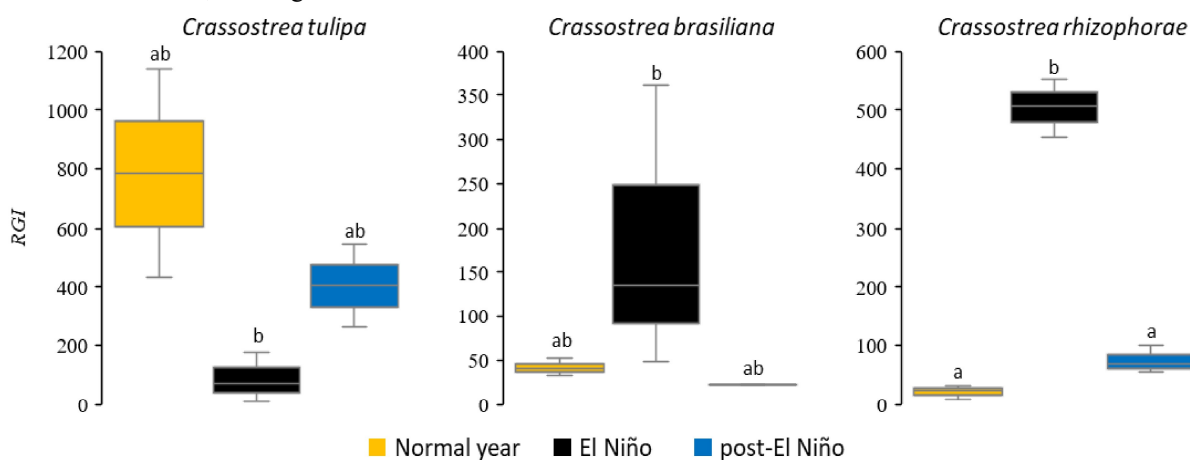
Os resultados da PERMANOVA ao comparar os estudos de crescimento entre os períodos, evidenciam diferenças significativas no desempenho das ostras cultivadas no litoral brasileiro. Deste modo, é possível inferir sobre a os efeitos do El Niño no crescimento das ostras independentemente da espécie. Em contrapartida, verifica-se um efeito positivo do El Niño do crescimento das ostras *C. brasiliana* ($F=6.693$ e $p=0.002$) e *C. rhizophorae* ($F=12.39$ e $p=0.0001$), e um efeito negativo no crescimento de *C. tulipa* ($F=9.094$ e $p=0.006$) sob influência do El Niño. Essa influência é clara ao analisarmos graficamente o desempenho do crescimento das ostras a partir o *RGI* (Figure 39).

Figura 38: Gráfico da análise de componentes principais dos dados de crescimento das ostras *Crassostrea tulipa* (A), *Crassostrea brasiliana* (B) e *Crassostrea rhizophorae* (C). As cores indicam os períodos nos quais foram efetuados os estudos: El Niño (preto), pós-El Niño (azul) e anos normais (laranja).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39: Valores mínimos e máximos do Relative Growth Index (RGI) das ostras *Crassostrea tulipa*, *Crassostrea brasiliana* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas no litoral brasileiro. As cores indicam os períodos nos quais foram efetuados os estudos: El Niño (preto), pós-El Niño (azul) e anos normais (laranja). Após análise de PERMANOVA, letras iguais indicam similaridades.

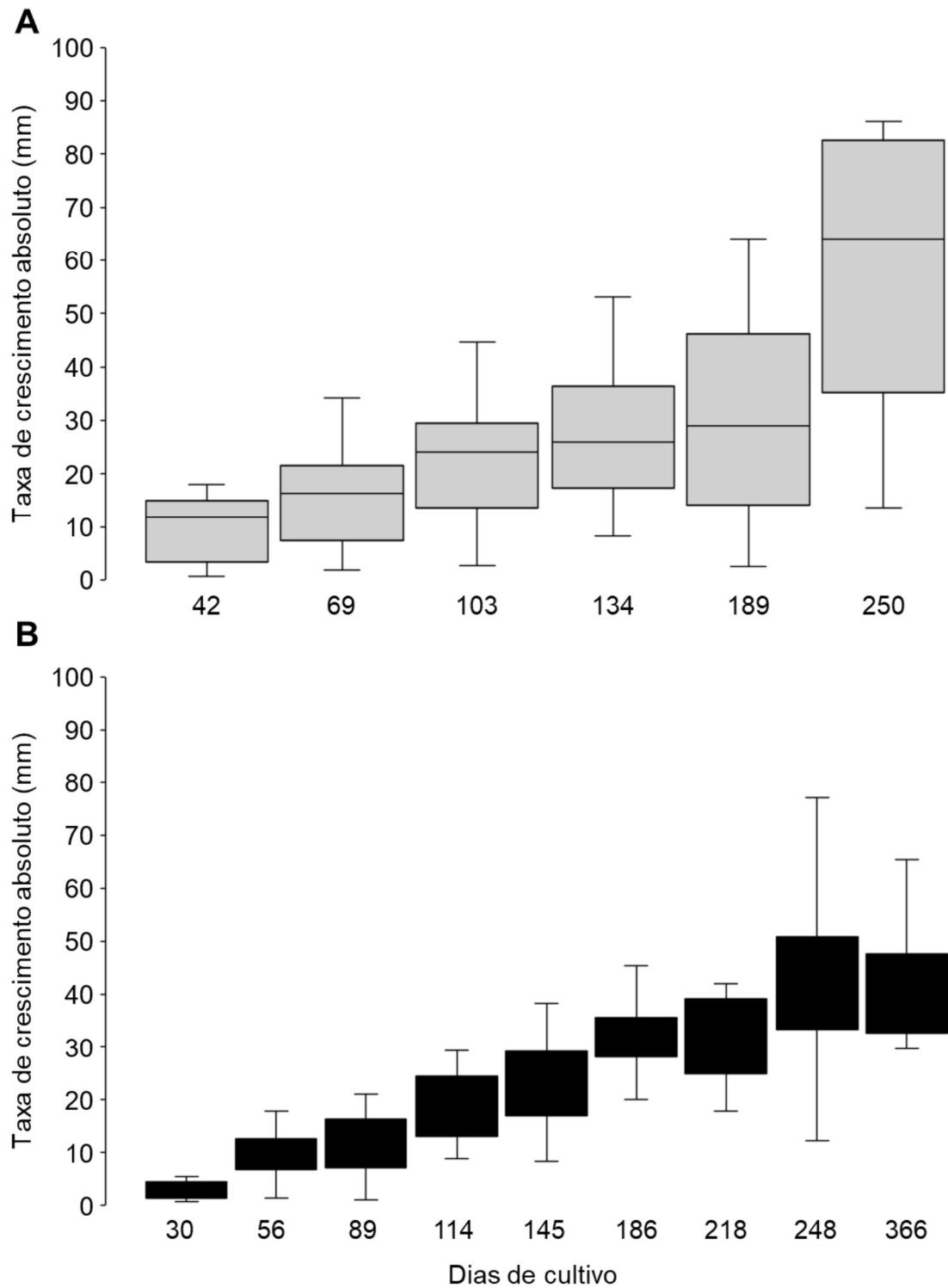


7.5 Performance do crescimento de ostras *Crassostrea*

Os dados morfométricos mensais de *C. tulipa* estão disponíveis em, na plataforma Data Publisher for Earth & Environmental Science - PANGAEA (<https://www.pangaea.de/>) (CHAGAS et al., 2018a; CHAGAS et al., 2018b). As taxas de sobrevivência das ostras foram altas destacando-se as ostras classificadas por *baby* com um melhor percentual de sobrevivência (~85%) e as *másters* o menor percentual (~66%).

No presente estudo, o crescimento absoluto médio das ostras foi de $23,10 \pm 15,48$ mm (média \pm SD), com 76,49 mm de amplitude máxima de crescimento. Já Cordeiro (*in prep.*), estimaram o crescimento absoluto médio de $25,95 \pm 19,66$ mm, com amplitude máxima de 85,43 mm. Deste modo, ao comparar os dois estudos, observa-se pouca diferença na taxa de crescimento absoluto das ostras (Figura 40A-B).

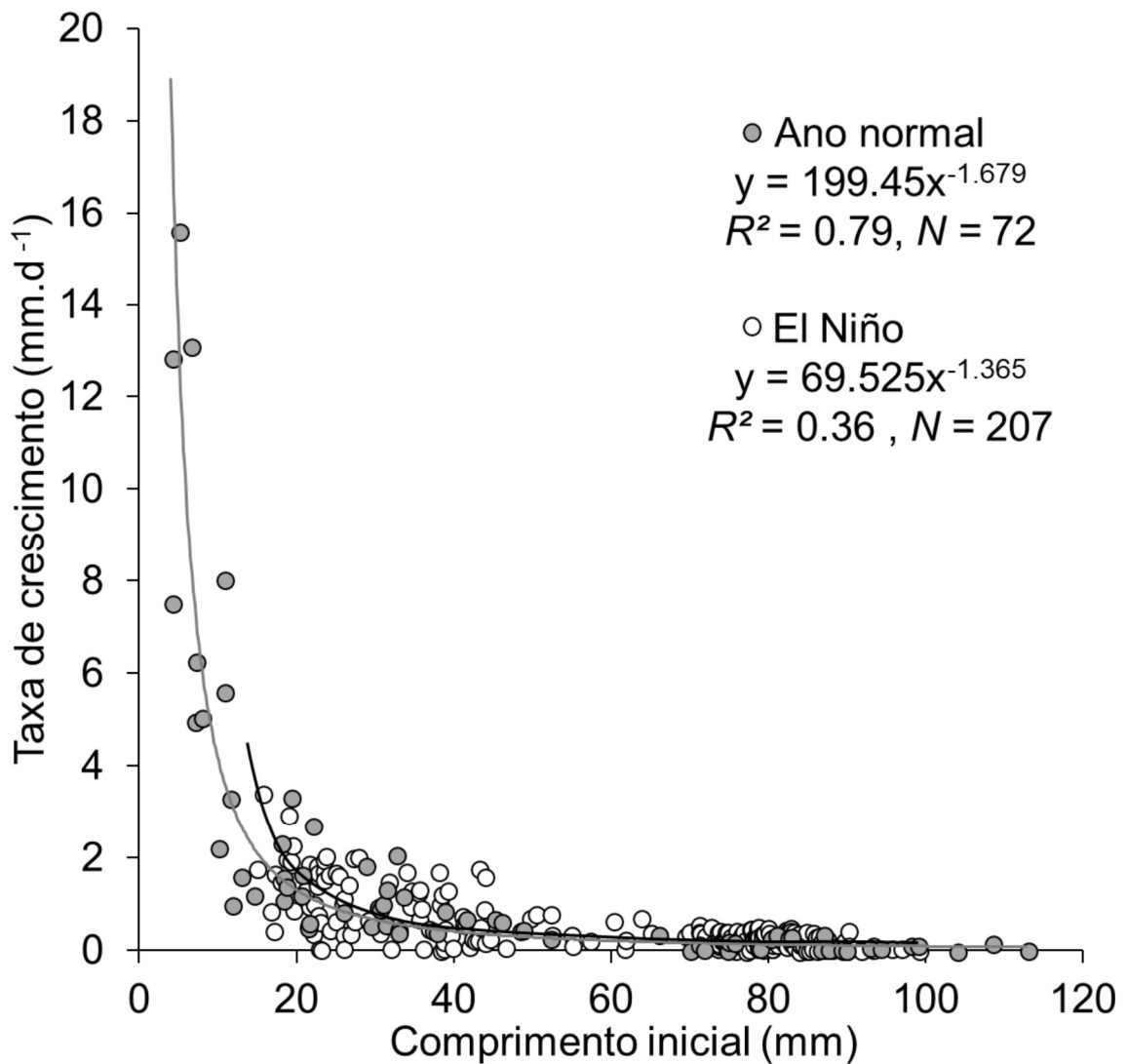
Figura 40: Crescimento absoluto de *Crassostrea tulipa* por tempo de experimento (mm.d^{-1}) em anos normais (A) (CORDEIRO, *in prep.*) e em ano de El Niño (presente estudo).



Fonte: Elaborado pelo autor

A comparação do crescimento de *C. tulipa* cultivadas em anos normais (CORDEIRO, *in prep.*) e anos de El Niño (presente estudo), por meio de relação entre as taxas de incremento (mm.d^{-1}) e o comprimento inicial das ostras, não distingue o desempenho das ostras (Figura 41).

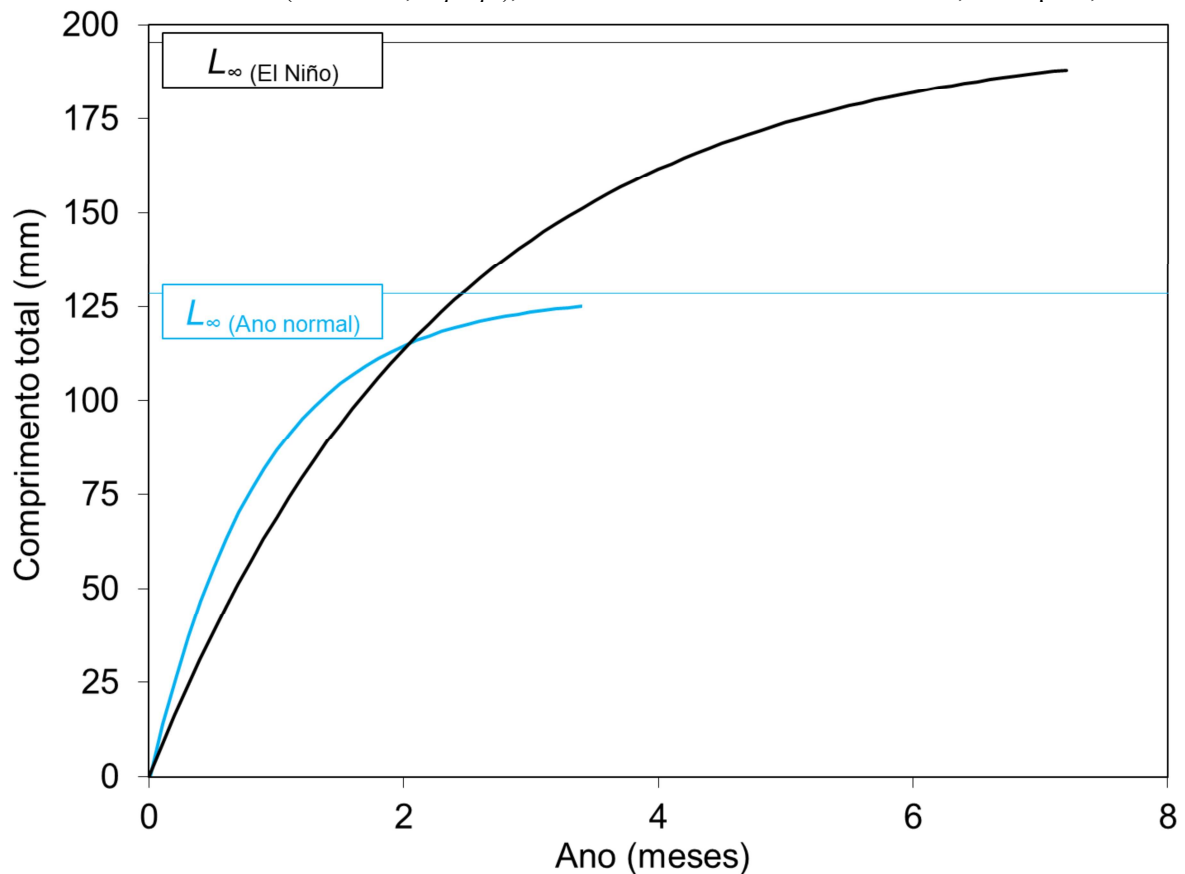
Figura 41: Relação entre o comprimento inicial (mm) e a taxa de crescimento diário (mm^{-1}) da ostra *Crassostrea tulipa* em anos normal (círculos de preenchimento cinza) e em ano de El Niño (círculos sem preenchimento).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os parâmetros de crescimento estimados no atual estudo foram: $K=0,43$ e $L_{\infty}=196,94$ mm, apresentando-se bem distinto da estimativa efetuada em anos normais ($K=1,14$ e $L_{\infty}=128,03$ mm) (Tabela 9, Figura 42). Deste modo, o período de cultivo nos quais atingem o tamanho comercial (60 mm) também são distintos. Deste modo, enquanto que, em anos de El Niño, *C. tulipa* leva 8,5 meses para atingirem o tamanho comercial, em anos de El Niño e em 5,5 meses em anos normais. Através da comparação das curvas de crescimento de *C. tulipa*, observa-se a influência do El Niño no desenvolvimento da ostra cultivada, pois em anos normais, o gráfico apresenta um crescimento rápido e, em anos de El Niño, um crescimento lento.

Figura 42: VBGFs de *Crassostrea tulipa* com os parâmetros $L_{\infty}=196,94$ e $K=0,43$ yr⁻¹ em ano de El Niño (2015/16) (cor preto: presente estudo) em comparação com os parâmetros de crescimento $L_{\infty}=128,03$ e $K=1,14$ yr⁻¹ (cor azul) estimado em anos normais (CORDEIRO, *in prep.*), ambos estudos realizado no rio Urindeua, Salinópolis, Pará.



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9: Lista de 87 estudos sobre crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* que apresentam parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_∞ e K), ordenados por espécie, indicando o país (e área) correspondente ao estudo, a região climática (**Tem.**: temperada; **Trop.**: tropical; **Res.**: área de ressurgência) e a metodologia de análise de crescimento (**M**: marcas de crescimento; e **F**: frequência de crescimento). Além disso, indicase os parâmetros de crescimento: constante de crescimento (K), estimada em anos; o comprimento máximo (L_∞), o índice de crescimento phi-prime (Φ') e o índice de desempenho de crescimento (**OGP**). São indicados, também, as referências aos estudos citados. Os nomes científicos das espécies estão atualizados segundo Horton et al. (2018) (<http://www.marinespecies.org>): *Crassostrea madrasensis* (Preston, 1916)¹ e *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)². Dados disponíveis em Chagas e Herrmann (2018b)

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L_∞ (mm)	Φ'	OGP	Referência
t1	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Rio Urindeua, PA	Trop.	M	0,43	196,94	4,22	6,52	Presente estudo
t2	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Rio Urindeua, PA	Trop.	M	1,14	128,03	4,27	6,38	Cordeiro (in prep.)
t3	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Morro do Meio, MA	Trop.	F	0,014	32,90	1,18	2,70	Legat et al. (2017)
t4	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Torto, MA	Trop.	F	0,019	47,54	1,63	3,31	Legat et al. (2017)
t5	<i>C. tulipa</i> ²	Gâmbia	Rio Banjul	Trop.	F	1,90	70,40	3,97	5,82	Vakily (1992)
t6	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Sambaqui, SC	Tem./Res.	F	0,020	55,75	1,79	3,54	Legat et al. (2017)
t7	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	São Francisco do Sul, SC	Tem./Res.	F	0,021	72,16	2,04	3,90	Legat et al. (2017)
a1	<i>C. ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,33	244,00	4,29	6,68	Harding e Mann (2006)
a2	<i>C. ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,55	183,00	4,27	6,53	Harding e Mann (2006)
a3	<i>C. ariakensis</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,58	250,59	4,56	6,96	Harding (2007)
b1	<i>C. brasiliana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,01	105,28	2,04	4,07	Pereira, Henriques e Machado (2003)
b2	<i>C. brasiliana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,36	65,69	3,19	5,01	Pereira, Henriques e Machado (2003)
b3	<i>C. brasiliana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,06	103,43	2,81	4,82	Pereira, Henriques e Machado (2003)
b4	<i>C. brasiliana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0,69	68,36	3,51	5,34	Pereira, Henriques e Machado (2003)
c1	<i>C. corteziensis</i>	México	Lagoa El Soldado	Tem./Res.	F	1,10	114,00	4,16	6,21	Chávez-Villalba et al. (2005)
c2	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,08	132,25	4,28	6,40	Chávez-Villalba et al. (2008)
c3	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,7	97,38	4,21	6,20	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
c4	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	4,19	90,29	4,53	6,49	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
c5	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	2,95	92,18	4,40	6,36	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
c6	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	17,30	128,29	5,45	7,56	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
c7	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1,69	98,17	4,21	6,20	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
c8	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	0,22	109,42	3,42	5,46	Chávez-Villalba e Aragón-Noriega (2015)
g1	<i>C. gigas</i>	França	Estuário de Oosterschelde	Tem.	M	0,002	68,00	0,97	2,80	Cardoso et al. (2007)
g2	<i>C. gigas</i>	Holanda	Estuário do mar de Wadden	Tem.	M	0,001	238,00	1,75	4,13	Cardoso et al. (2007)
g3	<i>C. gigas</i>	Alemanha	Königshafen, mar do Norte de Wadden	Tem.	F	0,26	180,00	3,93	6,18	Diederich (2006)

Tabela 10: Continuação.

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L _∞ (mm)	φ'	OGP	Referência
g4	<i>C. gigas</i>	Alemanha	Muntmarsch, mar do Norte de Wadden	Tem.	F	0,30	180,00	3,99	6,24	Diederich (2006)
g5	<i>C. gigas</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0,68	158,60	4,23	6,43	Harding e Mann (2006)
g6	<i>C. gigas</i>	México	Baía de La Paz	Tem.	F	0,0078	60,70	1,46	3,24	Ramírez-Filippini, Chavéz-Villalba e Cáceres-Martínez (1990)
g7	<i>C. gigas</i>	México	Baía de La Paz	Tem.	F	0,0057	78,90	1,55	3,45	Ramírez-Filippini, Chavéz-Villalba e Cáceres-Martínez (1990)
g8	<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de Keoje	Tem.	F	2,69	99,10	4,42	6,42	Vakily (1992)
g9	<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de Keoje	Tem.	F	2,35	103,70	4,40	6,42	Vakily (1992)
m1	<i>C. bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de Moheshkhali	Trop.	F	1,90	116,00	4,41	6,47	Alam e Das (1999)
m2	<i>C. bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de Moheshkhali	Trop.	F	0,35	208,80	4,18	6,50	Amin, Zafar e Halim (2008)
m3	<i>C. bilineata</i> ¹	Índia	Estuário de Adyar	Trop.	F	0,77	119,00	4,04	6,11	Vakily (1992)
m4	<i>C. bilineata</i> ¹	Índia	Madras harbour	Trop.	F	1,80	89,00	4,15	6,10	Vakily (1992)
r1	<i>C. rhizophorae</i>	Cuba	*	Trop.	F	3,12	56,00	3,99	5,74	Angell (1986)
r2	<i>C. rhizophorae</i>	Venezuela	*	Trop.	F	3,96	76,00	4,34	6,24	Angell (1986)
r3	<i>C. rhizophorae</i>	Venezuela	Ilha de La Tortuga	Tem.	F	1,59	103,41	4,23	6,25	Gonzalez et al. (2015)
r4	<i>C. rhizophorae</i>	Colômbia	Pântano de CGSM	Trop.	F	0,90	149,00	4,30	6,47	Mancera e Mendo (1996)
r5	<i>C. rhizophorae</i>	Jamaica	Port Morant	Trop.	F	2,79	86,90	4,32	6,26	Vakily (1992)
x1	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Arnolds, Baía de Delaware	Tem.	F	0,175	110,00	3,33	5,37	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x2	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Cohansey, Baía de Delaware	Tem.	F	0,26	125,00	3,61	5,71	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x3	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de Delaware	Tem.	F	0,20	120,00	3,46	5,54	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x4	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de Delaware	Tem.	F	0,275	140,00	3,73	5,88	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x5	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Estuário de Long Island	Tem.	F	0,346	140,00	3,83	5,98	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x6	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Middle, Baía de Delaware	Tem.	F	0,20	125,00	3,49	5,59	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x7	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	New Beds, Baía de Delaware	Tem.	F	0,23	140,00	3,65	5,80	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
x8	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Shell Rock, Baía de Delaware	Tem.	F	0,25	125,00	3,59	5,69	Kraeuter, Ford e Cummings (2007)
v1	<i>C. virginica</i>	Bangladesh	Ilha de St. Martin	Trop.	F	0,63	136,50	4,07	6,20	Amin, Zafar e Halim (2006)
v2	<i>C. virginica</i>	USA	Northern Bay (Baía do Norte)	Tem.	F	0,492	88,62	3,59	6,10	Coakley (2004)
v3	<i>C. virginica</i>	USA	Angra Broad	Tem.	F	0,573	85,52	3,62	5,55	Coakley (2004)
v4	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Chester	Tem.	F	0,881	83,39	3,79	5,74	Coakley (2004)
v5	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,519	92,67	3,65	5,48	Coakley (2004)
v6	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,520	91,43	3,64	5,62	Coakley (2004)

Tabela 10: Continuação.

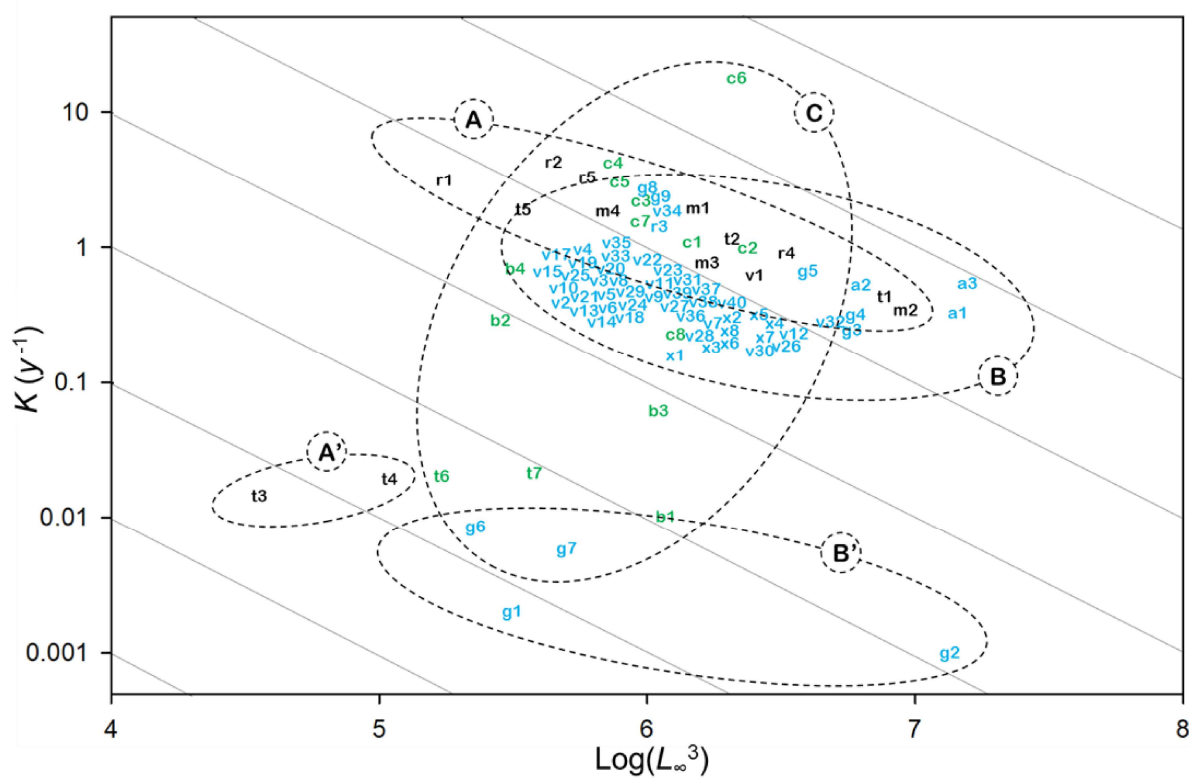
N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L_{∞} (mm)	ϕ'	OGP	Referência
v7	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,281	121,43	3,62	5,33	Coakley (2004)
v8	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tem.	F	0,573	87,28	3,64	6,01	Coakley (2004)
v9	<i>C. virginica</i>	USA	Eastern Bay (Baía Oriental)	Tem.	F	0,393	106,49	3,65	5,42	Coakley (2004)
v10	<i>C. virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tem.	F	0,542	80,47	3,55	5,82	Coakley (2004)
v11	<i>C. virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tem.	F	0,542	106,86	3,79	5,45	Coakley (2004)
v12	<i>C. virginica</i>	USA	Angra Harris	Tem.	F	0,261	152,15	3,78	5,50	Coakley (2004)
v13	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Honga	Tem.	F	0,513	90,69	3,63	6,26	Coakley (2004)
v14	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Honga	Tem.	F	0,546	88,68	3,63	5,61	Coakley (2004)
v15	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tem.	F	0,650	76,98	3,59	5,66	Coakley (2004)
v16	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tem.	F	0,429	91,12	3,55	5,29	Coakley (2004)
v17	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Manokin	Tem.	F	0,779	77,48	3,67	5,56	Coakley (2004)
v18	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Middle	Tem.	F	0,384	98,61	3,57	5,57	Coakley (2004)
v19	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,794	83,26	3,74	5,66	Coakley (2004)
v20	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,680	88,83	3,73	5,68	Coakley (2004)
v21	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tem.	F	0,538	90,81	3,65	5,61	Coakley (2004)
v22	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Nanticoke	Tem.	F	0,631	100,99	3,81	5,81	Coakley (2004)
v23	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Patuxent	Tem.	F	0,539	102,99	3,76	5,77	Coakley (2004)
v24	<i>C. virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,399	98,55	3,59	5,58	Coakley (2004)
v25	<i>C. virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,600	80,47	3,59	5,50	Coakley (2004)
v26	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Potomac	Tem.	F	0,237	148,97	3,72	5,89	Coakley (2004)
v27	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,346	116,02	3,67	5,73	Coakley (2004)
v28	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,252	115,21	3,52	5,59	Coakley (2004)
v29	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,490	95,64	3,65	5,63	Coakley (2004)
v30	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,230	140,86	3,66	5,81	Coakley (2004)
v31	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,613	115,60	3,91	5,98	Duke Jr (2008)
v32	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,280	174,30	3,93	6,17	Duke Jr (2008)
v33	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0,735	90,70	3,78	5,74	Duke Jr (2008)
v34	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1,80	101,93	4,27	6,28	Harding (2007)
v35	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1,12	95,50	4,01	5,99	Harding (2007)

Tabela 10: Conclusão.

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L_{∞} (mm)	ϕ'	OGP	Referência
v36	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,33	119,00	3,67	5,75	Prou, Gouilletquer e Bacher (1991)
v37	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,51	119,00	3,86	5,93	Prou, Gouilletquer e Bacher (1991)
v38	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0,36	119,00	3,71	5,78	Prou, Gouilletquer e Bacher (1991)
v39	<i>C. virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0,41	115,70	3,74	5,80	Vakily (1992)
v40	<i>C. virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0,50	125,80	3,90	6,00	Vakily (1992)

A grade auximétrica efetuada através dos parâmetros de crescimento de ostras *Crassostrea* spp. e o Índice de crescimento phi-prime (Φ') não permitem destacar um padrão distinto no padrão de crescimento destacando áreas climáticas (tropicais/subtropicais, temperada e ressurgência) (Figura 43). Deste modo, impossibilita a análise de efeitos do El Niño no crescimento de *C. tulipa*. Sendo assim, confeccionou-se uma segunda grade auximétrica apenas com os dados de crescimento da ostra *C. tulipa*, com a finalidade de analisar de modo mais restrito a influência do El Niño da ostra.

Figura 43: Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') das ostras *Crassostrea* spp., a partir da revisão de Chagas e Herrmann (2018b) com dados de crescimento de ostras de diversas áreas climáticas. O gráfico indica três grupos (em cores) representados por espécies de áreas tropicais/subtropicais (preto), temperadas (azul) e ressurgência (verde). Linhas pontilhadas diagonais indicam valores iguais de OGP (números em círculos). Para referência a fonte de dados, consulte a Tabela 9.

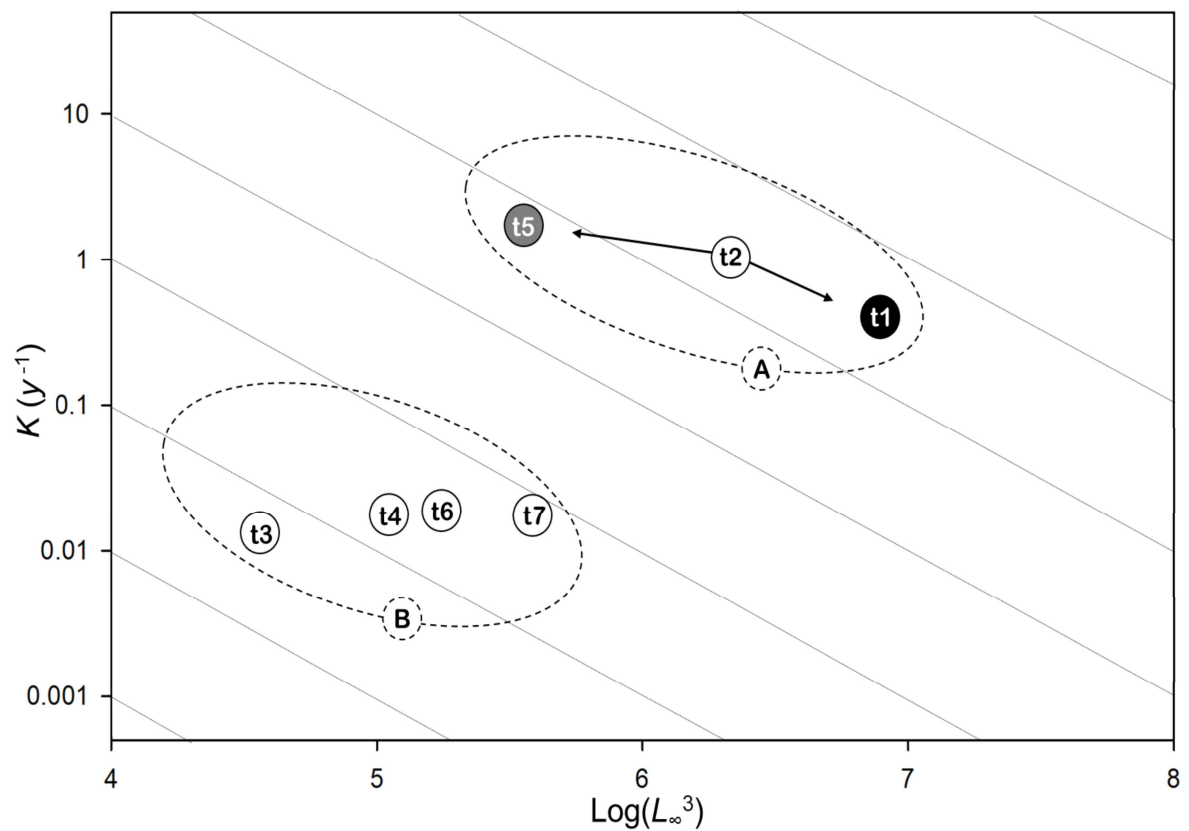


Fonte: Elaborado pelo autor.

A grade auximétrica com os dados de crescimento da ostra *C. tulipa* destaca dois grupos: um grupo caracterizado pelos dados de ostras oriundos de regiões tropicais e outro com dados de áreas de ressurgência e dois dados de regiões tropicais anômalos aos demais (Figura 44). A influência do El Niño no crescimento de *C. tulipa* é indicada pelo ordenamento dos dados dentro do grupo, sendo que próximo ao centro do grupo, destaca-se o desempenho da ostra estimada em anos normais e os demais (dispostos nas extremidades do grupo) em anos de El Niño. Adicionalmente, destaca-se também, a influência inversa do El Niño no crescimento da *C.*

tulipa ao analisar-se a força da anomalia climática, pois em ano de El Niño “fraco” (El Niño 1986/88), observa-se um melhor desempenho no crescimento quando comparado ao atual estudo (El Niño 2015/16), efetuado em ano de El Niño classificado como um dos mais fortes já registrado.

Figura 44: Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') de ostras *Crassostrea tulipa*, a partir da revisão de Chagas e Herrmann (2018b) e dos dados do presente estudo. O gráfico indica dois grupos (linhas tracejadas) representados por espécies de áreas tropicais/subtropicais (A) e de ressurgência (B). Linhas pontilhadas diagonais indicam valores Índice de crescimento phi-prime (Φ'). Para referência a fonte de dados, consulte a Tabela 9. Círculos sem preenchimento de cor, indica dados de crescimento de ostras *C. tulipa* em anos normais, e nas cores cinza e preto indicam dados em anos de El Niño, classificados respectivamente, por “fraco” (El Niño 1986/88) e “muito forte” (El Niño 2015/16). Setas indicam um deslocamento do desempenho do crescimento da ostra sob influência do El Niño.



Fonte: Elaborado pelo autor.

8 DISCUSSÃO

8.1 Dados abióticos

As taxas de crescimento de ostras estão relacionadas a fatores ambientais, principalmente a temperatura (BROWN, 1986; BROWN; HARTWICK, 1988; FLORES-VERGARA et al., 2004; CÁCERES-PUIG et al., 2007) e salinidade (BROWN, 1986; BROWN, 1988; BROWN; HARTWICK, 1988; BARTOL, MANN; LUCKENBACH, 1999; ANTONIO et al., 2009; BARILLÉ et al., 2011). Entretanto diversos estudos citam que é importante analisar o crescimento das ostras relacionando os fatores abióticos com outros fatores, tais como, a densidade de ostra estocada (MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; ANTONIO et al., 2009), as estruturas e o local do cultivo (BARTOL, MANN; LUCKENBACH, 1999; DEL ANGEL et al., 2004; CHÁVEZ-VILLALBA et al., 2008; CHÁVEZ-VILLALBA et al., 2010; LEVINTON, DOALL; ALLAM, 2013; POWELL et al., 2013), o sexo (BAGHURST; MITCHELL, 2002; BOUDRY et al., 2003; BOURLÈS et al., 2009) e o método de análise de crescimento (CORDEIRO, *in prep.*).

8.2 Marcas de crescimento

A marcação e recaptura com a utilização de marcador fluorescente calceína, apresenta-se como excelente método excelente para estudos de crescimento de bivalves oriundos de regiões tropicais e subtropicais (HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; CHAGAS; HERRMANN, 2016; CORDEIRO, *in prep.*). A facilidade no qual essa substância apresenta em se incorporar no carbonato de cálcio fornece, com eficácia, uma marcação verde fluorescente que possibilita a determinação de crescimento absoluto de indivíduos após leitura em microscópio de fluorescência (WILSON, BECKMAN; DEAN, 1987). Herrmann et al. (2009a) comenta que a marcação com calceína além de ser eficaz, apresenta-se um método relativamente econômico, além disso diversos autores citam que este método não afeta a sobrevivência dos indivíduos (HERRMANN et al., 2009a).

Com a dependência ambiental, principalmente fatores climáticos (GOSLING, 2015), os métodos de estimação de crescimento utilizando marcador fluorescente calceína *in situ* são eficazes para verificar a influência de anomalias climáticas nos parâmetros de crescimento de espécies (VAKILY, 1992). A possibilidade de comparação de parâmetros de crescimento é possível pois as espécies apresentam padrões de crescimento ligados diretamente a área climática no qual habitam, possibilitando a aplicação OGP (PAULY, 1979; MUNRO; PAULY,

1983; ARNTZ et al., 1987; LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HERRMANN, 2009; HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; HERRMANN, 2011; HERRMANN et al., 2011). Arntz et al. (1987) verificou através de OGP influência do El Niño no crescimento de espécies de bivalves do gênero *Donax*.

8.3 Caracterização biomorfométrica

Estudos biomorfométricos em bivalves apresentam equações que inferem a determinação de variáveis (biomassa e morfometria) importantes à gestão do recurso dos pesqueiros, principalmente de espécies de interesse comercial (VASCONCELOS; GASPAR, 2017). Na ostreicultura, diversos autores abordam as relações biomorfométricas de ostras do gênero *Crassostrea* (Tabela 4). Essas contribuições favorecem o cultivo, pois aferem dados importantes (e.g. estimação morfométricos e rendimento da carne) ao manejo durante a produção.

O resultado das relações entre o comprimento e largura são similares ao encontrado por Harding (2007), em seu estudo com as ostras *Crassostrea virginica* e *Crassostrea ariakensis* (Tabela 4). Assim como os resultados das relações ente o comprimento e a largura, que foram encontrados por Harding (2007) e Pereira, Akaboshi e Chagas Soares (1988). A divergência dos valores de r evidenciados neste estudo, entre as medidas morfométricas com as biomassa total e visceral, são similares a encontrada por outros autores (PEREIRA, AKABOSHI; CHAGAS SOARES, 1988; PEREIRA; CHAGAS SOARES, 1996; CÁRDENAS; ARANDA, 2007; AMIN, ZAFAR; HALIM, 2008; LIDDEL, 2008; NAGI, SHENAI-TIRODKAR; JAGTAP, 2011; GONZALEZ et al., 2015; OCTAVINA et al., 2015; GRIZZLE et al., 2016) (Tabela 4).

Os rendimentos da massa visceral encontrados neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Lenz (2008) em *C. tulipa* cultivadas na Baía de Camaru, no estado da Bahia, variando entre 8 a 17,7 % em exemplares de 30,4 a 94,6 mm. Galvão et al. (2000) observou que em *C. brasiliiana* os maiores rendimentos biomassa visceral de ostras são naquelas maduras sexualmente, devido a acumulação de reservas e em pleno desenvolvimento dos folículos. Considerando o resultado do atual trabalho e o verificado por Galvão et al. (2000), com a ostra *Crassostrea brasiliiana*, ressalta-se uma relação inversa ao rendimento encontrado por classes de tamanho.

Os rendimentos da biomassa visceral de *C. tulipa* apresenta-se baixos ao compararmos com outros recursos aquáticos, tais como, peixes que possui de 30 a 50% (MACEDO-VIEGAS; SOUZA, 2004) e camarões em torno de 50% (LIMA et al., 2007). Entretanto apresentou-se

superiores a rendimentos de outros invertebrados, tais como, caranguejos de 11 a 18 % (OGAWA et al., 2008) e bivalves como *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) com 10 % (CHAGAS et al., 2014b) e *Donax striatus* Linnaeus, 1767 com 12%(CHAGAS et al., 2014a).

Esta foi a primeira vez que se utilizou a análise de IEF para ostras do gênero *Crassostrea*. Os resultados apresentam uma tendência a dimorfismo da espécie a longo de seu crescimento, porém com uma tendência a estabilização da forma da concha a partir de 60 mm, coincidindo com o tamanho comercial da espécie (>60 mm) segundo Nascimento, Pereira e Souza (1980). As elevadas variações apresentadas em “sementes”, “juvenil” e “master” possivelmente deve-se ao número de indivíduos amostrados. Essa diferença entre as proporções entre as medidas de comprimento nos grupos iniciais de crescimento (semente e juvenil) pode ser explicado devido ao crescimento acelerado das ostras nos primeiros meses de vida (BUIRAGO et al., 2009).

Os aspectos biomorfométricos das ostras (e.g. a relação peso-comprimento), são influenciados diretamente por diversos fatores, dentre eles, a espécie estudada, o ambiente (e.g. natural ou em cultivo) (ANGELL, 1973; FERREIRA, 2003). Além dessas outras variáveis são importantes de analisar-se, tais como: fatores abióticos (temperatura e/ou salinidade) (BROWN; HARTWICK, 1988; VILLARROEL, BUIRAGO; LODEIROS, 2004; CÁCERES-PUIG et al., 2007; BRITO, 2008; GUIMARÃES et al., 2008; BUIRAGO et al., 2009; AREIAS, 2012; FUNO et al., 2015), local a ser cultivado (ambiente marinho ou estuarino) (CHÁVEZ-VILLALBA et al., 2010; NUÑEZ et al., 2010; LOPES et al., 2013), tipo de estrutura do cultivo (VALENTIM, 2005; FERRETTI, 2008; MÁRQUEZ et al., 2011; GÓNGORA-GÓMEZ et al., 2012), densidade estocada (PEREIRA et al., 2001b; ANTONIO, 2007; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; FONSECA, 2011), ambientes impactados (LEVINTON, DOALL; ALLAM, 2013) e o *biofouling* (LITTLEWOOD; MARSBE, 1990; PINTO, 2007; BONIFÁCIO, 2009; DÍAZ et al., 2009; CHAGAS, 2016; CHAGAS et al., 2018c). De acordo com esses estudos, elevadas temperaturas incrementam a biomassa das ostras, devido a maior disponibilidade de nutrientes na água o que está associado a um maior crescimento dos bivalves.

8.4 Caracterização do crescimento de *Crassostrea tulipa*

As taxas de sobrevivência de *C. tulipa* observadas no período do experimento (Tabela 8) são consideradas ótimas ao cultivo de ostra-do-mangue. Os dados obtidos em outros estudos com o mesmo período de cultivo corroboram tal afirmação, Legat et al. (2017) observou em seu experimento com *C. tulipa*, nos estados do Maranhão e Santa Catarina, uma taxa de

sobrevivência superior (>87% e 91%, respectivamente) à encontrada nesse estudo (entre 66 e 85%). Já Oliveira (2014), apresenta sobrevivências entre 73 e 80% da ostra *C. brasiliiana* e entre 87 e 94% de *C. rhizophorae*, ambas cultivadas no estado da Bahia. Entretanto, utilizando o mesmo período de cultivo, outros estudos apresentam uma baixa sobrevivência, como por exemplo, ~30% (PEREIRA; CHAGAS SOARES, 1996) e ~50% (PEREIRA, AKABOSHI; CHAGAS SOARES, 1988), ambos utilizando a ostra *C. brasiliiana* no estado de São Paulo, e sobrevivência de 40% encontrada no cultivo de *C. gigas* em Santa Catarina (MANZONI; SCHMITT, 2006).

Em contrapartida, alguns estudos, utilizando um menor período de cultivo, apresentam uma elevada taxa de sobrevivência de ostras do gênero *Crassostrea* no litoral brasileiro. Dentre esses estudos, destaca-se ~90% de sobrevivência, em dez meses de cultivo de *C. brasiliiana*, em São Paulo (PEREIRA et al., 2001b), ~88% em quatro meses de cultivo no Paraná (PINTO, 2007) e ~93% em cinco meses de cultivo em Santa Catarina (MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007), ambos utilizando ostras *Crassostrea* sp. em seus experimentos.

De acordo com a revisão efetuada por Chagas e Herrmann (2018a), observa-se que 46% dos trabalhos apresentam a classe *juvenil* como tamanho mínimo no início do experimento, 32% com *pré-ementes*, 12% com *ementes* e 10% com *babys*. Os estudos que abordam o desempenho no crescimento de ostras no litoral brasileiro efetuam comparações através do crescimento médio mensal sem distinção de classes (ROSA, 2014; LEGAT et al., 2017), o que acarreta em comparações tendenciosas ou equivocadas. Por conta disso, a nível de padronização, comparou-se os desempenhos das ostras cultivadas com estudos que utilizaram classes equivalentes.

O tamanho comercial da ostra está relacionado a forma de consumo, a espécie e a preferência regional (LEGAT et al., 2017). A *C. tulipa* apresenta 60mm como tamanho inicial a comercialização no estado do Pará (MACEDO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017) e neste estudo, as ostras classificadas por *semente* e *juvenis*, levaram em média sete e quatro meses, respectivamente, à atingir o tamanho comercial.

O desempenho do crescimento encontrado neste estudo é bem superior aos encontrados por outros autores nas regiões sul e sudeste (Tabela 10). Entretanto, Legat et al. (2017) citam que as ostras *C. tulipa* apresentam um melhor desempenho de crescimento cultivadas em Santa Catarina, quando comparadas aquelas cultivadas no estado do Maranhão.

Tabela 10: Desempenho de crescimento de ostras à atingir o tamanho comercial.

Espécie	Tamanho comercial	Tempo de cultivo (meses)	Estado	Referência
<i>C. tulipa</i>	60mm	6	PA	Atual estudo
<i>C. tulipa</i>	60mm	4	PA	Atual estudo
<i>C. tulipa</i>	50mm	9	SC	Lopes et al. (2013)
<i>C. rhizophorae</i>	70mm	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50mm	19,5	SP	Pereira, Henriques e Machado (2003)
<i>C. brasiliana</i>	70mm	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50mm	14	SP	Pereira e Chagas Soares (1996)
<i>C. gigas</i>	70mm	7	SC	Manzoni e Schimitt (2006)
<i>C. gigas</i>	60mm	5	SP	Akaboshi (1979)
<i>Crassostrea</i> sp.	50mm	18	SC	Maccacchero, Ferreira e Guzinski (2007)

Nos estudos pelo litoral brasileiro, as ostras classificadas por *pré-ementes* apresentam uma taxa média de crescimento (T_{ct}) de $6,08 \pm 2,65$ mm (média \pm SD), variando entre 2,53 e 9,96mm. Ao comparar o desempenho daquelas classificadas por *sementes*, observa-se que a média de T_{ct} encontrada neste estudo ($T_{ct}=3,41$ mm) apresentou-se bem inferior a média nacional ($T_{ct}=5,19 \pm 2,74$ mm). Tal resultado é semelhante ao encontrado por Pereira e Chagas Soares (1996), em seu experimento com *C. brasiliana*. Resultado bem diferente encontrou-se quando se compara o desempenho das *juvenis* e *baby*, que apresentaram T_{ct} bem superior à média encontrada em outras regiões ($T_{ct}=2,95 \pm 2,24$ mm e $T_{ct}=0,16 \pm 0,03$ mm, respectivamente). A ausência de experimentos referente ao crescimento de ostras *médias* e *máster* e o elevado número de publicações referente as *pré-ementes* e *juvenis*, ocorre por motivos distintos. No caso das ostras classificadas por *pré-ementes*, é importante a compreensão de seu desenvolvimento inicial, bem como sua relação aos parâmetros ambientais. Já as *juvenis*, representarem os comprimentos de ostras mais comercializadas no Brasil, e por conta disso, os maiores estudos destinam-se a essas classes de comprimento.

De acordo com Gosling (2015), diversos fatores estão relacionados ao crescimento de moluscos bivalves, entretanto a sinergia entre eles torna difícil estimar o efeito de um fator isolado. Pereira et al. (2001b) citam que as taxas de crescimento e sobrevivência das ostras estão diretamente influenciadas pelos fatores bióticos e abióticos (e.g. salinidade, amplitude de maré, produção primária, sistemas de cultivo). Tal afirmação é corroborada por diversos autores (MACCACCHERO, GUZENSKI; FERREIRA, 2005; MANZONI; SCHIMITT, 2006; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; CARDOSO JÚNIOR et al., 2012; VILAR, 2012; OLIVEIRA, 2014; ROSA, 2014; LEGAT et al., 2017).

Para uma estimação precisa das taxas de crescimento da ostra cultivada, Chagas e Herrmann (2016) recomendam um experimento de marcação-recaptura, usando o método de marcação fluorescente *in situ* (a base solução de calcéina) e análises de incremento de tamanho

subsequentes. Este método é eficaz por apresentar excelentes marcações e não influenciar negativamente na sobrevivência dos indivíduos marcados (HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; CHAGAS; HERRMANN, 2016).

8.5 Influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada no litoral brasileiro

A partir dos dados de crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* disponíveis na plataforma PANGAEA (ver CHAGAS; HERRMANN, 2018a; CHAGAS; HERRMANN, 2018b) e do levantamento bibliográfico efetuado, verifica-se a ausência de estudos sobre a influência climática no cultivo de ostras.

Além disso, os estudos relacionados as influências ambientais no crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas são atribuídos, principalmente, aos fatores abióticos (e.g. salinidade, temperatura local, amplitude das marés, entre outros) (MIRANDA; GUZENSKI, 1999; FLORES-VERGARA et al., 2004; ANTONIO et al., 2009; BUITRAGO et al., 2009; CASTILLO-DURÁN et al., 2010; CHÁVEZ-VILLALBA et al., 2010; LEVINTON, DOALL; ALLAM, 2013; LOPES et al., 2013; POWELL et al., 2013; FUNO et al., 2015), bióticos (e.g. produção primária, biofouling, entre outros) (FLORES-VERGARA et al., 2004; ORBAN et al., 2004; LODEIROS et al., 2007; BUITRAGO et al., 2009; MAYRAND, SONIER; COMEAU, 2015; GRIZZLE et al., 2016) e dos sistemas de cultivo (e.g. local do cultivo, densidade estocada, tipos de estruturas, entre outros) (MIRANDA; GUZENSKI, 1999; PEREIRA et al., 2001b; HONKOOP; BAYNE, 2002; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; ANTONIO et al., 2009; GALVÃO et al., 2009; CARDOSO JÚNIOR et al., 2012; ROSA, 2014; TURECK et al., 2014; LEGAT et al., 2017).

A nível mundial, os estudos que pretendem avaliar uma alteração do desempenho do crescimento de moluscos em banco natural utilizam o Overall Growth Performance – OGP, e necessitam dos dados de parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003; HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b; LEPORE et al., 2009; HERRMANN et al., 2011). Em tais estudos, os autores utilizam-se de métodos tradicionais (e.g. distribuição de frequências de comprimento e experimentos de marcação-recaptura) e inovadores (e.g. marcações com substâncias fluorescentes e análise de isótopos estáveis) (CHAGAS; HERRMANN, 2018b), determinando-se os dados de parâmetros de crescimento através do software FISAT II (GAYANILO JR, SPARRE; PAULY, 2005).

Deste modo, a ausência de estudos sobre os efeitos de anomalias climáticas em cultivos de moluscos é decorrente da metodologia utilizada, que em sua maioria utiliza-se de médias morfométricas periódicas para a determinação de crescimento da espécie cultivada (CHAGAS,

BARROS; HERRMANN, 2018). A utilização deste método é comum nos estudos realizados em ambiente de cultivo, pois seu foco delimita-se, principalmente, na determinação do crescimento relativo ou percentual da espécie cultivada e sua relação com as variáveis ambientais.

Por mais que exista, na literatura mundial, estudos que utilizam-se de análises multivariadas na determinação de influência ambiental no crescimento de ostras (BROWN, 1988). Este apresentou-se pioneiro na avaliação de efeitos da anomalia climática (e.g. El Niño) através de análises multivariadas na determinação no crescimento das ostras cultivadas. Além disso, é de consenso na literatura que a salinidade e temperatura são as principais variáveis que influenciam no crescimento das ostras cultivadas, sendo evidentes diferenças no crescimento em áreas dentro de um mesmo estado (LEGAT et al., 2017). Entretanto a sinergia dessas duas variáveis e outras mais (e.g. biofouling, densidade, poluição, produção primária, etc.) dificultam a determinação da influência dos efeitos de um variável de modo isolado (GOSLING, 2015).

Em contrapartida, o uso de análises multivariadas, permitem analisar a sinergia de uma gama de variáveis e, além de determinar a influência direta de uma determinada variável (CLARKE; WARWICK, 2001), possibilita inferir sobre os efeitos do El Niño. Deste modo, evidencia-se a importância deste estudo, pois além de avaliar os efeitos do El Niño no crescimento de bivalves, utiliza-se de dados históricos de crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas.

Neste estudo, o uso da análise de MDS impossibilitou evidenciar claramente os efeitos do El Niño no crescimento das ostras ao analisar-se os dados de modo geral, ou seja, sem distinguir as espécies. Harding (2007) e Castillo-Durán et al. (2010) já havia citado sobre a diferença no crescimento de ostras *Crassostrea* spp., entretanto, sem uma abordagem acerca da influência de anomalias climáticas. Por outro lado, através desta análise, destacou-se uma semelhança no desempenho do crescimento das ostras *C. tulipa*, *C. brasiliana* e a ostra exótica *C. gigas*, distinguindo-se do crescimento de *C. rhizophorae* independente do período de realização do estudo.

Em contrapartida, a partir da análise de Cluster permitiu, detalhadamente, evidenciar diferenças no crescimento de ostras, sugerindo uma análise separando previamente os dados de crescimento por espécie. As análises de PCA utilizadas ao analisar o crescimento de *C. tulipa*, *C. brasiliana* e *C. rhizophorae* satisfazem a avaliação dos efeitos do El Niño no crescimento dessas espécies. Além disso, destacaram o RGI como variável principal ao ordenamento dos dados disponíveis, fazendo com que, adicionalmente a análise de PERMANOVA, comprovasse estatisticamente os efeitos do El Niño no crescimento das ostras cultivadas no litoral brasileiro.

Destaca-se, através das análises efetuadas, os resultados encontrados por Chagas et al. (*in prep*), que apresentam um desempenho distinto no crescimento das ostras *C. tulipa* classificadas comercialmente por *baby*, *average* e *master*, quando comparadas com aquelas classificadas por *seed* e *juvenile*, assim como quando comparadas aos demais estudos realizados (ver Chagas e Herrmann (2018a)). Esse fato pode ser explicado devido o tamanho inicial das ostras *C. tulipa* no início do experimento de Chagas et al. (*in prep*), que foi superior aos demais estudos (LOPES et al., 2013; LEGAT et al., 2017) e por ser realizado em ano de El Niño, sendo os demais estudos, realizados em anos normais e posteriores ao El Niño.

O desempenho do crescimento das ostras *C. rhizophorae*, *C. brasiliana* sob influência do El Niño, apresentam-se distintos dos resultados de *C. tulipa*. Em anos de El Niño, Maccacchero, Guzenski e Ferreira (2005) e Alvarenga e Nalesso (2006) encontraram o melhor crescimento de *C. rhizophorae*. As análises estatísticas destacam os valores de *RGI* como determinante à evidências dos efeitos da anomalia climática no crescimento das ostras, sendo bem superior nos estudos realizado em anos de El Niño (MACCACCHERO, GUZENSKI; FERREIRA, 2005; ALVARENGA; NALESSO, 2006) quando comparado aos demais estudos, realizados em anos normais ou posteriores ao El Niño (MODESTO et al., 2010; CARDOSO JÚNIOR et al., 2012; AZEVEDO et al., 2015).

O melhor desempenho no crescimento da ostra *C. brasiliana* em anos de El Niño (PEREIRA, AKABOSHI; CHAGAS SOARES, 1988; PEREIRA, GALVÃO; TANJI, 1991; PEREIRA; CHAGAS SOARES, 1996) foi similar ao estimado de *C. rhizophorae*, entretanto a diferença dos valores de *RGI* são menores ao comparar aos estudos realizado nos outros períodos climático (CHAGAS; HERRMANN, 2018a).

Os resultados deste trabalho permitem inferir acerca da eficiência das análises multivariadas na determinação dos efeitos do El Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* cultivada no litoral brasileiro. Além disso, infere importantes informações a ostreicultura, dentre elas a recomendação do aumento na produção (em números de indivíduos) das ostras *C. brasiliana* e *C. rhizophorae* em anos de El Niño, com a certeza de que ocorrerá um desenvolvimento bem superior quando comparadas ao crescimento das ostras em aos anos normais ou posteriores a anomalia climática. Por outro lado, deve ter cautela no cultivo de ostras *C. tulipa* em anos de El Niño, pois evidenciou-se um efeito negativo em seu crescimento.

8.6 Performance do crescimento de ostras *Crassostrea*

Diversos outros fatores ambientais (e.g. produção primária, biofouling, densidade e estoque, tipo e estrutura do cultivo, entre outros) influenciam diretamente no crescimento das ostras (ANGELL, 1986; PEREIRA, GALVÃO; TANJI, 1991; KRAEUTER, FORD; CUMMINGS, 2007; MACCACCHERO, FERREIRA; GUZENSKI, 2007; PINTO, 2007; CHÁVEZ-VILLALBA et al., 2008; CARDOSO JÚNIOR et al., 2012; MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012; CHAGAS; HERRMANN, 2015; GONZALEZ et al., 2015; OSTRENSKY et al., 2015a; CHAGAS et al., 2018c; CHAGAS; HERRMANN, 2018b; CHAGAS et al., *in prep*). Neste sentido, a busca pela identificação da influência isolada de um fator no crescimento são altamente relevantes para o desenvolvimento dos cultivos de ostras.

As taxas de crescimento absoluto (mm.d^{-1}) de *C. tulipa* estimadas nos experimentos realizados em anos normais (CORDEIRO, *in prep.*) e de El Niño (presente estudo) apresentam-se próximas a média nacional ($25,86 \pm 18,10$ mm) (ver CHAGAS; HERRMANN, 2018a).

A nível mundial, o Overall Growth Performance – OGP é utilizado para caracterizar o desempenho de crescimento de inúmeras espécies (PAULY, 1979; MUNRO; PAULY, 1983). Em moluscos bivalves, apresenta-se historicamente eficaz na caracterização do crescimento, como por exemplo: *Donax marincovich* (ARNTZ et al., 1987), Mytilidae (e.g. *Mytilus* spp. e *Perna* spp.), Pectinidae (VAKILY, 1992), *Donax serra* (LAUDIEN, BREY; ARNTZ, 2003), *Aequipecten opercularis* (HEILMAYER et al., 2004), *Mesodesma mactroides* (LEPORE et al., 2009; HERRMANN et al., 2011), *Donax hanleyanus* (HERRMANN et al., 2009a; HERRMANN et al., 2009b).

O OGP apresenta-se eficiente, pois, no geral, as espécies apresentam padrões de crescimento ligados diretamente a área climática no qual habitam (PROU, GOULLETQUER; BACHER, 1991; VAKILY, 1992). Isso ocorre devido a variação da temperatura de acordo com a latitude, o que apresenta uma relação direta com crescimento dos bivalves (GOSLING, 2015). Segundo o autor, dados disponíveis na literatura mundial, citam que os bivalves oriundos de baixas latitudes tendem a crescer mais rapidamente à temperatura ambiente do que os membros da mesma espécie de latitudes mais elevadas.

A análise do desempenho do crescimento de ostras *Crassostrea* spp. com dados (K , L_{∞} , OGP e Φ') deste presente estudo e com os disponibilizados por Chagas e Herrmann (2018b), não permitem, através da grade auximétrica, a distinção de grupos claramente ordenados segundo área climática de origem (Figura 45). Esse fato pode ter ocorrido por tratar-se de dados de crescimento oriundos de ostras cultivadas e de ambiente naturais. Neste sentido, reformulou-

se a grade auximétrica, separando apenas os dados de crescimento de *C. tulipa*, espécie-alvo neste estudo.

A partir da segunda gra auximétrica efetuada, foi possível evidenciar a distinção dos dados em dois grupos (Figura 46) caracterizados pelas áreas tropical e de ressurgência. Nesta segunda análise, observa-se uma influência do El Niño no desempenho de crescimento de *C. tulipa* através da força do evento climático. Esta influência ocorre de modo inverso, ou seja, positivo em eventos climáticos classificados como “fracos” e negativo em eventos classificados por “extremamente fortes” (Figura 46).

A verificação da influência do El Niño, ocorre pois os parâmetros de crescimento de *C. tulipa* encontrado no presente estudo (em anos de El Niño classificado como “extremamente forte”) foi expressivamente menor do estimado por Cordeiro (*in prep.*) ($L_{\infty}=1,14$ mm), em anos normais. Além disso, os parâmetros estimas neste estudo são menores daqueles estimados por Vakily (1992) ($L_{\infty}=1,90$ mm), em anos de El Niño classificados como “anomalia climática fraca”. (ver Tabela 1 e CHAGAS; HERRMANN, 2018b).

Adicionalmente, destaca-se o comportamento anormal de *C. tulipa*, que ficou dentro do grupo das ostras de áreas de ressurgência. Isso ocorreu pois, de acordo com experimento efetuado por Legat et al. (2017) em Maranhão (região Nordeste do Brasil), *C. tulipa* não apresentou um crescimento satisfatório, não sendo recomendado o cultivo desta espécie para o local.

Os resultados deste estudo indicam uma influência negativa do El Niño no crescimento das ostras *C. tulipa* cultivada no litoral amazônico, levando aproximadamente três meses a mais para atingir seu tamanho comercial, quando comparadas ao crescimento em anos normais. Deste modo, recomenda-se que em anos de El Niño, aumente os cuidados no manejo do cultivo (e.g. retirada do biofouling, diminuir a densidade estocada), para reduzir os fatores que possam, também, influenciar no crescimento das ostras.

9 CONCLUSÕES

Dentre os objetivos deste trabalho, conclui-se que:

C. tulipa apresenta excelentes relações biomorfológicas, gerando equações que satisfazem estimação de medidas morfológicas da concha. O rendimento da carne comestível de *C. tulipa* é em média 20,2% da biomassa total, podendo ser calculada através da equação gerada com as medidas externas da concha (comprimento, largura e altura).

Com o conhecimento das relações biomorfológicas e da biomassa comestível de ostras cultivadas, ocorre um melhor aproveitamento e dinamização do manejo dos bivalves, podendo estimar, com exatidão, a quantidade de ostra consumida a partir do conhecimento de uma das medidas externas da concha.

Através da análise de IEF, evidencia-se que as ostras apresentam variação na forma da concha ao longo de todo seu desenvolvimento, entretanto observa-se uma tendência a estabilização ao atingir 60mm, tamanho ideal à comercialização.

Não há diferença entre as taxas de crescimento mensal das ostras ao final do experimento, contudo, observa-se diferenças no crescimento total e percentual, com destaque as ostras classificadas por juvenis e sementes, respectivamente.

A salinidade influencia positivamente no crescimento das ostras classificadas como juvenis, por conta das maiores taxas de crescimento mensal nos meses onde evidenciou os maiores valores de salinidades.

O período de cultivo da ostra até atingir o tamanho comercial é de quatro a seis meses, em ostras classificadas por sementes e juvenis, respectivamente.

As análises multivariadas são eficazes na determinação dos efeitos do El Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* cultivada no litoral brasileiro.

As ostras *C. brasiliiana* e *C. rhizophorae* em anos de El Niño apresentam um desenvolvimento bem superior quando comparadas ao crescimento das ostras em anos normais ou posteriores a anomalia climática. Por outro lado, *C. tulipa* em anos de El Niño, evidencia-se um efeito negativo em seu crescimento.

Este estudo indicam uma influência negativa do El Niño no crescimento das ostras *C. tulipa* cultivada no litoral amazônico, levando aproximadamente três meses a mais para atingir seu tamanho comercial, quando comparadas ao crescimento em anos normais.

Os resultados deste trabalho indicam uma possibilidade de *C. tulipa* ser utilizada como bioindicadora para anomalias climáticas.

10 RECOMENDAÇÕES

Após as inferências realizadas, recomenda-se:

- Iniciar uma estimativa da produção a partir da biomassa da carne comestível das ostras, assim estimando a comercialização em toneladas e não mais (apenas) por dúzia;
- Em estudos de crescimento de ostras, utilizar o máximo de amplitude de comprimento, pois assim possibilitará uma comparação mais eficaz;
- Aumentar o cultivo das ostras *C. brasiliana* e *C. rhizophorae* quando em anos de El Niño pois apresentam um desenvolvimento bem superior aos anos normais ou posteriores a anomalia climática. Por outro lado, os cultivos de ostras *C. tulipa* em anos de El Niño, deve-se elevar o monitoramento e manejo, pois evidencia-se um efeito negativo em seu crescimento;
- Devido a eficiência das análises multivariadas efetuadas, recomenda-se estudos acerca da influencia do El Niño em outras espécies de ostras cultivadas mundialmente.

11 PUBLICAÇÕES

Com os dados da presente dissertação (ou temas afins), entre março de 2016 a junho de 2018, confeccionou-se cinco artigos científicos¹ (Tabela 11), 18 trabalhos apresentados em eventos científicos (Tabela 12) e sete publicações dos dados na PANGAEA - *Data Publisher for Earth & Environmental Science* (<https://www.pangaea.de/>).

Tabela 11: Lista dos periódicos nos quais publicou-se ou será submetido artigos referentes a presente dissertação².

N	Revista	Origem	Classificação CAPES	Ano
1	Acta of Fisheries and Aquatic Resources	Nacional	B5	2016
2	Journal of Molluscan Studies	Internacional	B1	in prep..
3	Acta Amazônica	Nacional	B2	in prep.
4	Marine Ecology. Progress Series	Internacional	A2	in prep.
5	Aquaculture	Internacional	A2	in prep.
6	Aquaculture Brasil	Nacional	-	in prep.

Tabela 12: Lista dos eventos científico nos quais submeteu-se resumos (simples e expandidos) e trabalhos completos com dados referentes a presente dissertação. Legenda: **RS:** resumo simples; **RE:** resumo expandido; **TC:** trabalho completo; **L:** local; **R:** regional; **N:** nacional; e **I:** internacional.

N	Evento científico	Natureza	Origem	Quant.	Ano
1	Feira Nacional do Camarão (Fortaleza - CE)	RS	N	4	2016
2	III Congresso de Zootecnia da Amazônia (Parauapebas - PA)	RS	R	1	2016
3	Congresso Brasileiro de Oceanografia (Salvador - BA)	RS	N	1	2016
4	XIV Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA (Belém - PA)	RS	L	2	2016
5	8th European Congress of Malacological Societies (Polônia)	RS	I	1	2017
6	XXIX Semana Nacional de Oceanografia (São Luis -MA)	RS	N	1	2017
7	XX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (Florianópolis - SC)	TC	N	1	2017
8	Aquaciência (Natal - RN).	RS	N	6	2018
9	X Encontro Amazônico de Agrárias – ENAAG	RE	R	1	2018

a) Publicação I

- **Título:** Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e subtropicais: recomendação para um método padronizado.
- **Autores:** Rafael Anaisce das Chagas & Marko Herrmann
- **Nome da revista:** Acta of Fisheries and Aquatic Resources
- **Volume:** 4 **Número:** 2 **Páginas:** 28-38

¹ Os artigos serão apresentados posteriormente em português, estruturados de acordo com as normas das revistas mencionadas. Entretanto, ressalta-se que, os mesmos serão transcritos a língua inglesa para poder submeter;

² As revistas citadas estão previamente escolhidas, entretanto podem ser eventualmente substituídas posteriormente por outras similares ou superiores.

- **Síntese:** O estudo resume as informações disponíveis sobre as estimativas de crescimento dos bivalves tropicais e subtropicais e recomenda que para experimentos de marcação-recaptura deve-se utilizar o método de marcação fluorescente *in situ* (IFM) como um método padrão, pois de acordo com estudos, é o melhor apropriado para determinar, com eficácia, o crescimento de bivalves que habitam áreas climáticas tropicais e subtropicais.

b) Publicação II

- **Título:** Biomorphometric relationships of the mangrove oyster cultivated on the Amazonian coast.
- **Autores:** Rafael Anaisce das Chagas, Mara Rúbia Ferreira Barros, Rosana Esther Oliveira da Silva, Taiana Amanda Foncesa dos Passos, Alessandra Silva de Assis, Wagner César Rosa dos Santos e Marko Herrmann
- **Nome da revista:** Journal of Molluscan Studies
- **Síntese:** O estudo caracteriza as relações biomorfométricas, o Índice de Estabilização da Forma (IEF) da concha e o rendimento da carne comestível de *Crassostrea tulipa* cultivada em um litoral amazônico, estado do Pará, norte do Brasil. Os resultados apresentam (1) excelentes relações biomorfométricas, tanto entre as medidas externas, quanto as medidas da concha e as biomassas, gerando equações que satisfazem estimativa de morfométricas da espécie, (2) rendimento da carne comestível de 15% da biomassa total e (3) variação na forma da concha ao longo de seu desenvolvimento até a fase adulta, com tendência a estabilização ao atingir 60mm de comprimento.

c) Publicação III

- **Título:** Growth and survival of the mangrove oyster cultivated on the Amazonian coast.
- **Autores:** Rafael Anaisce das Chagas, Rosana Esther Oliveira da Silva, Valdo Sena de Abreu, Mara Rúbia Ferreira Barros, Wagner César Rosa dos Santos e Marko Herrmann
- **Nome da revista:** Acta Amazônica
- **Síntese:** O estudo caracteriza o crescimento e a sobrevivência da *Crassostrea tulipa*, cultivada no litoral amazônico entre os meses abril/2016 e abril/2017. Conclui-se que

não há diferença no crescimento entre as classes de ostras, entretanto ao comparar as nas taxas de crescimento total e percentual, destaca-se um maior desempenho nas ostras classificadas por juvenis e sementes, respectivamente. O tempo de cultivo necessário a obtenção de ostras no tamanho comercial variou entre quatro e sete meses, sendo superior ao encontrados em outras regiões brasileiras.

d) Publicação IV

- **Título:** Analysis of the influence of El Niño on oyster growth *Crassostea* spp. cultivated on the Brazilian coast.
- **Autores:** Rafael Anaisce das Chagas e Marko Herrmann
- **Nome da revista:** Marine Ecology. Progress Series
- **Síntese:** Neste estudo avaliou-se o uso de análises multivariadas na determinação da influência do El Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas no litoral brasileiro, através de dados compilados disponíveis na plataforma PANGAEA – Data Publisher for Earth & Environmental Science. Os resultados comprovam estatisticamente as diferenças nos crescimentos das ostras sob influência dos efeitos do El Niño. Adicionalmente, destaca-se um melhor desempenho do crescimento das ostras *C. rhizophorae*, *C. brasiliana* em anos de El Niño, quando comparadas as ostras *C. tulipa*.

e) Publicação V

- **Título:** Climatic influence on the growth performance of *Crassostrea tulipa* (Bivalvia: Ostreidae) cultivated on the Amazonian coast.
- **Autores:** Rafael Anaisce das Chagas e Marko Herrmann
- **Nome da revista:** Aquaculture
- **Síntese:** Neste estudo analisa-se a influência do El Niño n desempenho do crescimento de ostras *Crassostrea* cultivada no litoral amazônico, através do Overall Growth Performance – OGP. O OGP analisa os parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) das espécies e ordena os dados em uma grade auximétrica. Os resultados deste estudo apresentam distinção nos parâmetros de crescimento das ostras sob influência do El Niño. Além disso, essa influência ocorre de modo inverso quando relaciona-se com a força da anomalia climática. Neste estudo, evidenciou-se uma influência negativa no

crescimento das ostras *C. tulipa* cultivada no litoral amazônico, quando comparadas ao crescimento em anos normais.

f) Publicação VI

Título: O El Niño e o crescimento de ostras cultivada no litoral brasileiro.

Autores: Rafael Anaisce das Chagas e Marko Herrmann

Nome da revista: Aquaculture Brasil.

Síntese: Este manuscrito tem como objetivo apresentar os resultados desta dissertação à comunidade científica e aos ostreicultores brasileiros acerca dos efeitos do El Niño no crescimento das ostras cultivadas no litoral brasileiro.

11.1 Publicação I

Acta Fish. Aquat. Res. (2016) 4 (2): 28-38
DOI 10.2312/ActaFish.4016.4.2.28-38



ARTIGO DE REVISÃO

Acta of Fisheries and Aquatic Resources

Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e subtropicais: recomendação para um método padronizado

Growth estimations of tropical and subtropical bivalves: recommendation for a standardized method

Rafael Anaisce das Chagas & Marko Herrmann*

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

*E-mail: marko@benthos.eu

Recebido: 27 de junho de 2016 / Aceito: 7 de julho de 2016 / Publicado: 4 de agosto de 2016

Resumo - A sequência de uma coorte especial através da análise de distribuições de frequências de comprimento (LFD), proveniente de uma temporalmente extensa amostragem quantitativa, é uma técnica comum entre ecologistas para estimar o crescimento populacional de uma única espécie. Neste método, uma dada classe anual é seguida e a alteração na dimensão média do modo é equivalente a um crescimento médio. No entanto, a análise LFD só funciona bem em espécies de bivalves com um período de reprodução ou recrutamento muito estreito, o que é normalmente o caso de bivalves de regiões temperadas e polares. Pelo contrário, uma vez que em bivalves tropicais o período de recrutamento normalmente é prolongado ou taxas de crescimento são variáveis, a análise LFD tem aplicação limitada e não pode ser útil para estimação de crescimento em espécies tropicais e subtropicais. Por consequência, o presente estudo resume as informações disponíveis sobre as estimativas de crescimento dos bivalves tropicais e subtropicais e recomenda, principalmente para pesquisadores que não dominam o idioma inglês, experimentos de marcação-recaptura em tempo curtos, usando o método de marcação fluorescente *in situ* (IFM), para medir o crescimento absoluto como um método padrão apropriado para futuros estudos de bivalves de importância econômica e ecológica, que habitam áreas climáticas tropicais e subtropicais.

Palavras-chave: marcação-recaptura, marcação fluorescente *in situ*, fluorocromo calceína, taxa de crescimento, ostreicultura.

Abstract - Following a particular cohort by analyzing length-frequency distributions (LFD), originating from a time consuming quantitative sampling, is a common technique among ecologists to estimate the population growth of a single species. In this method, a given year class is followed, and the change in the average size of the mode is equivalent to average growth. Nevertheless, LFD analysis only works well in bivalve species with a very narrow reproductive or recruitment period, which is normally the case of temperate and polar bivalves. On the contrary, since in tropical bivalves the recruitment period is usually extended or growth rates are variable, LFD analysis has limited application and may not be useful for tropical and subtropical species to estimate growth. On this account, the present study summarizes the available information on growth estimations of tropical and subtropical bivalves and recommends, mainly for researchers who do not dominate the English language, short time tagging-recapture experiments, using the *in situ* fluorescent marking (IFM) method, for measuring absolute growth as an appropriate standard method for future studies of economically and ecologically important bivalves, inhabiting tropical and subtropical climate areas.

Keywords: tagging-recapture, *in situ* fluorescent marking, fluorochrome calcein, growth rate, ostreiculture.

ISSN: 2357-8068

Indexadores: Sumários (www.sumarios.org) - Diretórios: Diadorim (Diadorim.ibict.br) - Latindex (www.latindex.org)



Introdução

A pesca de bivalves (ostras, mexilhões, etc.) nas regiões litorâneas é fonte cotidiana de alimento e renda para milhares de famílias. No entanto, a sobrepesca, ou seja, a pesca acima do limite impede que os indivíduos adultos das populações naturais sejam repostos por novas gerações colocando em risco esta atividade econômica (Legat, Pereira, Legat & Fogaça, 2008). Neste sentido a malacocultura, cultivo de moluscos, surge no contexto mundial como uma alternativa viável para mitigar o possível colapso da pesca, uma vez que reduz a pressão sobre os estoques naturais (Gomes, Araújo & Neto, 2008). Neste contexto, a ostreicultura, merece destaque por apresentar uma atividade em ascensão, principalmente devido sua viabilidade socioeconômica e ambiental (Chagas, 2016).

Atualmente, a produção global de aquicultura de bivalves desempenha um papel importante na alimentação humana, com uma produção que quadruplicou nos últimos 20 anos. Verifica-se que até meados da década de 1980 a pesca e aquicultura de moluscos bivalves apresentavam-se com estimativas de produção pareadas, a partir da metade dessa mesma década a malacocultura inicia um rápido crescimento até o ano de 2014, ano no qual ocorreu a última estimativa da produção (FAO, 2016). Este crescimento na produção de bivalves é resultado, por exemplo, do sucesso da mitilicultura (cultivo de mexilhões) e da ostreicultura (cultivo de ostras). Verifica-se também que, devido ao crescimento descontrolado da população mundial desde a década de 1950, o cultivo destes animais apresenta-se como uma fonte viável à obtenção de alimento fresco, já que a pesca destes moluscos está estagnada a mais de três décadas (Figura 1).

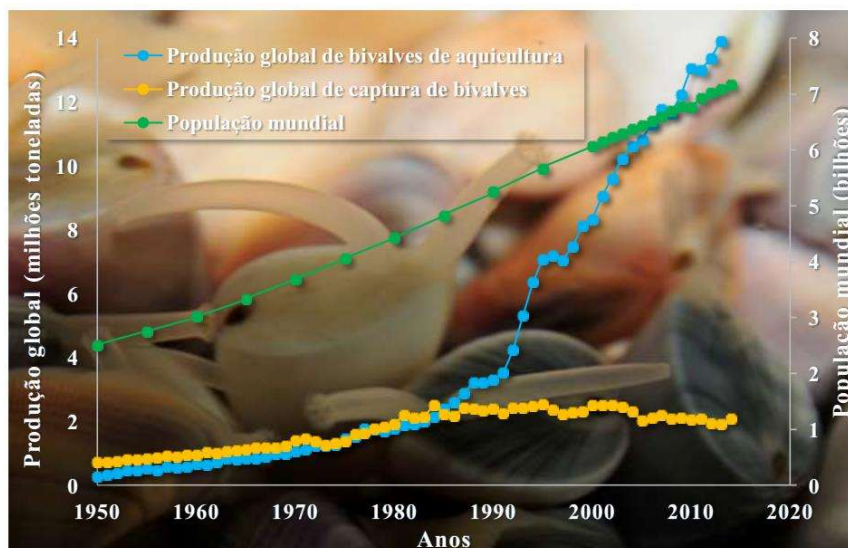


Figura 1. Desenvolvimento da produção global de aquicultura de bivalves no mundo (cor azul), chegando em 2014 a 14.507.196 toneladas movimentando US\$ 17.056.836.000 (mais de 17 bilhões dólares americanos), produção global de captura de bivalves (cor laranja) e número de habitantes no mundo, atingindo 7.174.611.000 bilhões de pessoas em 2014 (cor verde) (Fonte FAO, 2016).

Em 2014 o consumo mundial de bivalves superou 14,5 milhões de toneladas, movimentando mais de US\$ 17 bilhões (FAO, 2016). No Brasil, registros do IBGE de 2014, mostraram que naquele ano a malacocultura correspondeu em torno de 2 % da aquicultura nacional, com aproximadamente 20.000 toneladas e aproximadamente R\$ 60 milhões (CNA, 2015). No estado do Pará, a produção em 2013 ficou em torno de 156.000 unidades, gerando cerca de R\$ 96 mil (Guedes, 2014).

Um excelente exemplo do sucesso na aquicultura de moluscos bivalves é a ostreicultura, cultivo de ostras, que corresponde a aproximadamente 35 % da produção mundial. No Brasil, destacam-se os cultivos de mexilhões e ostras, ambos com elevado potencial de crescimento, com destaque a região sul (CNA, 2015). Em relação às ostras nativas cultivadas nas regiões estuarinas brasileiras, destacam-se a ostra-do-



mangue (*inglês*: mangrove cupped oyster) *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), a ostra-brasileira (*inglês*: Brazilian oyster) *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819). Além dessas, a ostra do Pacífico, espécie exótica, (*inglês*: Pacific cupped oyster) *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), também conhecida como ostra japonesa, apresenta um elevada importância principalmente no estado de Santa Catarina (CNA, 2015). Os dados sobre a produção da ostreicultura no Brasil podem estar subestimados, uma vez que os levantamentos estatísticos de produção são raros na maioria dos países latinoamericanos onde as espécies ocorrem. Neste sentido o Brasil consta como produtor de *Crassostrea* spp., mas as espécies não são especificadas (Raposo, 2004).

Determinação de crescimento de moluscos bivalves

A determinação da taxa de crescimento de um organismo fornece dados ecológicos básicos e é um dos principais parâmetros para descrever a dinâmica das populações respectivas. Na pesca, as taxas de crescimento ligadas com os dados de recrutamento são utilizadas para estimar o rendimento sustentável (Jennings, Kaiser & Reynolds, 2001; Hilborn & Walter, 2003; King, 2007). O crescimento é fortemente influenciado pelas condições ambientais, e qualquer variação no meio ambiente influenciará a sua taxa de crescimento. Estas alterações na taxa de crescimento podem ser visíveis como linhas de crescimento, ou descontinuidades abruptas no material calcificado sobre as partes duras de animais (Figura 2A).

As linhas de crescimento observadas na parte rígida podem também serem encontradas nas escamas, ossos operculares, vértebras, otólitos e espinhas de peixes, nas conchas de bivalves e gastrópodes, e em estatólitos de lulas. Estímulos ambientais que provocam uma desaceleração, interrupção ou cessação que influenciam a formação de linhas de crescimento, podem ser aleatórias ou periódicas. Eventos aleatórios tais como ciclones ou ataques malsucedidos por predadores podem causar o *stress* suficiente para produzir linhas de perturbação, embora o momento da formação dessas linhas seja desconhecido, torna-os inadequados para utilização em análises de crescimento (Figura 2B).

Eventos regulares ou periódicos podem produzir uma série de linhas periódicas, as quais, uma vez que são formadas em intervalos de tempo conhecidos, podem ser usados para estimar o crescimento. Períodos regulares resultam em linhas de crescimento ocasionados pelo movimento planetário/ dia, marés, meses lunares e anos. Eventos anuais que resultam em linhas de crescimento incluem a diminuição da temperatura das águas associados com o inverno em regiões mais frias, e a baixas salinidades associadas com a estação das chuvas em algumas regiões tropicais. As linhas podem também ser formadas durante a desova, que não pode ser considerado um evento anual. Linhas de crescimento podem também ser formadas em intervalos mais curtos, tais como o mês lunar e o dia solar, no qual as variações de crescimento podem estar associadas à alterações no comportamento ou à disponibilidade de alimento.

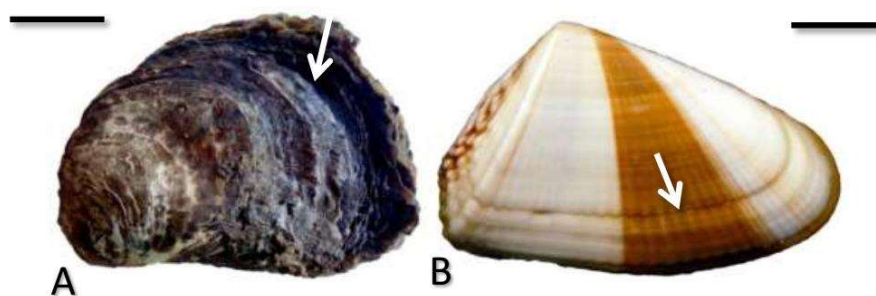


Figura 2. Conchas de *Crassostrea rhizophorae* destacando linhas periódicas de crescimento (seta) (A) e de *Donax hanleyanus* mostrando uma série de faixas concêntricas, as quais podem ter sido formadas, por exemplo, nas estações do ano (B). A segunda banda externa a partir do umbo (seta) de *D. hanleyanus* é provavelmente resultante de um ataque malsucedido por um predador ou uma diferença na composição dos alimentos. Escalas: A = 10 cm, B = 10 mm
Fonte: A: Arquivo próprio dos autores, B: Herrmann, 2009 (B).



As pesquisas concentram-se no desenvolvimento de métodos adequados para determinar o crescimento, principalmente devido à importância de muitas espécies de bivalves que são comercialmente e artesanalmente explorados (McLachlan et al., 1996). Vários métodos foram usados para medir as taxas de aumento do crescimento da concha, incluindo (I) análise de incremento de tamanho através de experimentos de marcação e recaptura, como por exemplo o método de marcação fluorescente *in situ* (inglês: *in situ* fluorescent marking [IFM] method), (II) análise de distribuições de frequência de comprimentos (inglês: length-frequency distributions [LFD] analysis), (III) análise do anel de crescimento da concha, (IV) análise dos isótopos estáveis e (V) análise de idade utilizando o pigmento autofluorescente lipofuscina (Tabela 1).

O conhecimento de novas técnicas em estudos de crescimento de organismos em regiões subtropicais ou tropicais, assim como as ostras o gênero *Crassostrea*, são de vital importância para o desenvolvimento do cultivo desses organismos. Ao determinar-se, com eficácia, as taxas de crescimento desses bivalves, pode-se maximizar a taxa de crescimento, com medidas de condições favoráveis conhecidas ao desenvolvimento dos moluscos e minimizar os custos de produção, possibilitando o a ampliação da produção nacional e a competição a nível mundial.

Tabela 1. Taxas de crescimento de bivalves artesanalmente coletados e comercialmente usados têm sido bem estudados por um grande número de autores, usando uma variedade de métodos: (I) análise de incremento de tamanho através de experimentos de marcação e recaptura, (II) análise de distribuições de frequência de comprimentos, (III) análise do anel de crescimento da concha, (IV) análise dos isótopos estáveis e (V) análise de idade utilizando o pigmento autofluorescente lipofuscina.

Análise	Referência
I (etiquetas)	Heald (1978); Mitchell, Crawford & Rushton (2000); Honkoop & Bayne (2002); Riascos & Urban (2002); Hart & Joll (2006); Kimbro, Largier & Grosholz (2009)
I (gravuras)	Ropes & Merrill (1970); Richardson (1989); Richardson, Seed & Naylor (1990); McQuaid & Lindsay (2000); Laudien, Brey & Arntz (2003)
I (marcas de tintas)	Seed (1969); Beal, Bayer, Kraus & Chapman (1999); Kesler, Newton & Green (2007); Hollebhone & Hay (2008)
I (corantes fluorescentes)	Hidu & Hanks (1968); Richardson, Crisp & Runham (1979); Parsons, Robinson, Roff & Dadswell (1993); Rowley & Mackinnon (1995); Kaehler & McQuaid (1999); Sato-Okoshi & Okoshi (2002); Heilmayer et al. (2005); Miyaji, Tanabe & Schöne (2007); Riascos et al. (2007); Herrmann, Lepore, et al. (2009); Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann (2009); Caceres-Puig, Huato-Soberanis, Melo-Barrera & Saucedo (2011); Linard et al. (2011)
II	Nayar (1955); Alagarswami (1966); Talikhedkar, Mane & Nagabhusanam (1976); Arntz, Brey, Tarazona & Robles (1987); Gaspar, Ferreira & Monteiro (1999); Herrmann, Carstensen, et al. (2009); Herrmann, Lepore, et al. (2009); Herrmann et al. (2011); Lopes, Gomes, Tureck & Melo (2013) Grizzle et al. (2016)
III	Capezzani, Oliver & Penchaszadeh (1971); Ansell & Lagardère (1980); Guillou & Le Moal (1980); Sasaki (1981); Richardson (1989); Ramon, Abello & Richardson (1995); Fiori & Morsán (2004); Morsán & Orensanz (2004)
IV	Jones, Williams & Arthur (1983); Brey & Mackensen (1997); Heilmayer et al. (2003); Carré et al. (2005); Jones, Quitmyer & Andrus (2005); Schöne & Giere (2005)
V	Lomovasky, Morriconi, Brey & Calvo (2002); Bosley & Dumbauld (2011); Guerra et al. (2012); Hiebenthal, Philipp, Eisenhauer & Wahl (2012)

Fonte: Tabela expandido de Herrmann, Lepore, et al. (2009).

As análises de distribuição da frequência de tamanho são amplamente utilizadas para estimar a taxa de crescimento em espécies de climas temperados com coortes identificáveis, regiões de pico e com um ciclo reprodutivo cíclico (Herrmann, Alfaya, et al., 2009; Herrmann, Carstensen, et al., 2009; Herrmann, Rocha Barreira de Almeida, et al., 2009; Herrmann et al., 2011). No entanto, em espécies subtropicais a reprodução e o crescimento, muitas vezes ocorrem durante o ano todo, resultando na ausência de coortes claramente definidos (Urban, 2001), devido a isso as análises de distribuição da frequência de tamanho podem não ser adequadas para estimar o crescimento de espécies em regiões tropicais (Sparre & Venema, 1998).

Nessas espécies, experimentos de marcação e recaptura parecem ser mais apropriados para estimar as taxas de crescimento, pois são mais baratos e fáceis de aplicar (Herrmann, Lepore, et al., 2009; Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009). No entanto, os métodos tradicionais de marcação mostrados na Tabela 1, envolvem a manipulação física das conchas, o que pode levar a interrupção do crescimento de



concha (Jones, Thompson & Ambrose, 1978). Além disso, bivalves juvenis muitas vezes não podem ser marcados do modo clássico devido ao seu pequeno tamanho e seu difícil manejo. No entanto, eles são necessários para o cálculo da curva de crescimento de von Bertalanffy (1938) da população estudada.

Recentemente, as técnicas químicas foram utilizadas para estudos de crescimento de moluscos, utilizando fluorocromos como, por exemplo, as tetraciclina, laranja de xilenol, vermelho de alizarina e calceína (Day, Williams & Hawkes, 1995; Rowley & Mackinnon, 1995; Kaehler & McQuaid, 1999; Moran, 2000; Thébault et al., 2006; Riascos et al., 2007; Lucas et al., 2008; Herrmann, Lepore, et al., 2009; Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009; Caceres-Puig, Huato-Soberanis, Melo-Barrera & Saucedo, 2011; Linard et al., 2011; van der Geest et al., 2011). Os fluorocromos são incorporados no carbonato de cálcio recém mineralizado que compõe a concha, fornecendo uma marca de crescimento de referência verde, fluorescente e brilhante, que é visível sob um microscópio de fluorescência equipado com luz azul e a partir do qual o crescimento da concha pode ser medido (Wilson, Beckman & Dean, 1987). Obviamente, para ser um marcador de crescimento adequado, fluorocromos não devem ser tóxicos e não devem afetar negativamente o crescimento ou a sobrevivência. Uma série de estudos sobre moluscos bivalves indicam que o fluorocromo calceína proporciona marcas fluorescentes de longa duração sem efeitos negativos detectáveis sobre o desempenho do crescimento e sobrevivência (Eads & Layzer, 2002; Heilmayer et al., 2005; Moran & Marko, 2005; Riascos et al., 2007; Lucas et al., 2008; Herrmann, Lepore, et al., 2009; Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009).

Técnicas de marcação com calceína

A análise de crescimento das populações de ostras subtropicais do gênero *Crassostrea* sp., pode ser realizado num experimento de marcação *in situ*, utilizando o marcador de fluorescência calceína. As ostras podem ser coletadas no manguezal ou utilizadas de um cultivo (no total mínimo de 320 indivíduos). Para evitar altas taxas de mortalidade durante a marcação (Figura 3A), recomenda-se levar os indivíduos para testes (por ex. 240 indivíduos), a um laboratório com condições controlado. Estes indivíduos devem ser mantidos em água a temperatura ambiente, em tanques aerados e escuros para prevenir a degradação química da fluorescência durante o período de imersão.

Além deste, deve-se manter um grupo controle não marcado de, por exemplo, 80 espécimes, onde devem ser mantidos nas mesmas condições. A concentração e o período de imersão do marcador de calceína (50 mg L⁻¹ por 3 h) devem ser escolhidos de acordo com estudos realizados com outros bivalves (Heilmayer et al., 2005; Riascos et al., 2007; Herrmann, Lepore, et al., 2009; Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009; van der Geest et al., 2011). Após a imersão, os animais testes devem ser soltos *in situ* em berçários experimentais tipo caixa flutuante (Figura 3B), travesseiros (Figura 3C), lanternas (Figura 3D) ou qualquer outro sistema que facilite o manuseio durante o experimento, em quadruplicata, por pelo menos 42 dias. A cada sete dias durante oito semanas, os bivalves em teste devem ser sacrificados e as conchas vazias devem ser limpas e secas.

Para a análise das marcas de crescimento já incorporadas, os animais devem ser levados ou a um laboratório equipado com o sistema esclerocronologia, necessário para observação das marcas. Uma seção transversal da concha deve ser cortada do eixo maior do crescimento com uma serra com disco de diamante após ser embebido em resina em base de epoxiure, catalisado com endurecedor. Posteriormente, as amostras seccionadas devem ser sucessivamente polidas sobre um painel de vidros com diferentes graus de carboneto de silício em pó, e finalmente com uma suspensão de óxido de alumínio. As marcas devem ser detectadas através de fotografias sobre um microscópio fluorescente, usando luz azul do comprimento de onda de 460 a 490 nm (Figura 3E e 3F). O crescimento das ostras deve ser determinado com medidas micrométricas da distância entre a marca corada e a margem do crescimento. O crescimento absoluto deve ser medido através do crescimento da concha ao longo do tempo. Uma função de crescimento de von Bertalanffy (1938) deve ser ajustada para dados de crescimento, derivados das marcas fluorescentes (Figura 3G), usando o software FiSAT II (Gayaniilo, Sparre & Pauly, 2005).

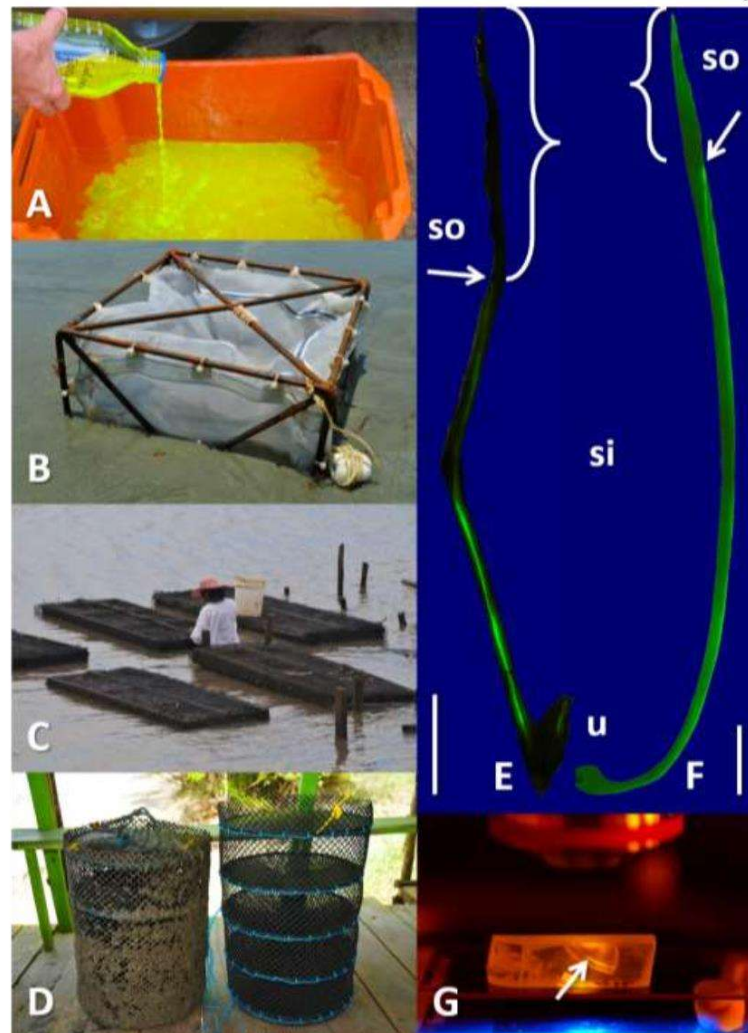


Figura 3 - Experimentos *in situ* de estudos do crescimento de bivalves, apresentando (A) calceína diluída em água (50-150 mg/litro, depende da espécie experimental e do tempo da marcação), desenhos de berçários experimentais tipo (B) gaiola de 40x40x40cm revestido internamente com uma malha de nylon de um milímetro na zona internareal de uma praia arenosa, (C) mesas de tamanho variados, assim como a profundidade, geralmente a uma altura de 1,50 m do sedimento e (D) lanternas de 80x40cm, exemplificando uma lanterna suja (esquerda) após um período mensal exposto à água e um exemplo de lanterna nova (direita). Seções transversais das conchas, observado através de um microscópio de fluorescência, equipado com luz azul, de (E) *Crassostrea rhizophorae* com comprimento total da concha de 80,23 mm, cresceu em 104 dias experimentais *in situ* 25,47 mm (chave), autofluorescência da concha visível, (F) *Amarilladesma mactroides* com comprimento total da concha de 9,93 mm, depois do experimento de crescimento *in situ* de 45 dias, amostrando o incremento de crescimento de 1,83 mm (chave) e a autofluorescência da concha (so: exterior da concha, si: interior da concha, u: umbo, setas: marca de calceína, escalas: E = 10 mm, F = 1 mm) e (G) *Donax hanleyanus* embutido em um bloco de resina em base de epoxiure, coletado após 45 dias de tempo experimental, mostrando a marca de calceína, visível a olho nu (a seta indica o novo material acumulado no tempo experimental). Fontes: A, B e G (Herrmann, Alfaya, et al., 2009), C, D e E arquivos próprios dos autores, e F (Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009).



Considerações finais

Desde que os bivalves tropicais e subtropicais exibem eventos de desova contínua durante o ano e podem recrutar durante um período mais longo, em comparação com os bivalves de regiões temperadas, a análise de distribuições de frequências de comprimento (LFD) não é útil para estimar o crescimento destes bivalves (Sparre & Venema, 1998; Herrmann, 2009; Herrmann, Lepore, et al., 2009; Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann, 2009; Herrmann, 2011; Gosling, 2015). Consequentemente, experimentos de marcação-recaptura em tempo curtos, utilizando o método de marcação fluorescente *in situ* (IFM), são recomendados para estimar o crescimento adequado de bivalves tropicais e subtropicais. Os autores deste trabalho gostariam de destacar que editores das revistas nacionais e internacionais não deveriam mais aceitar manuscritos para publicar estudos de crescimentos de bivalves tropicais e/ou subtropicais aplicando a LFD.

A aplicação do IFM, o fluorocromo calceína pode ser usado como marcador de fluorescência, que é adequado para estimar o crescimento de bivalves tropicais e subtropicais, nativos e cultivados. O método é relativamente econômico, pode ser aplicado num curto período de tempo e não afeta a sobrevivência dos organismos que forem marcados. A eficiência na marcação de vários bivalves estudados atesta que a calceína produz marcas evidentes em moluscos o que torna possíveis estudos de crescimento de curta duração e de alta resolução.

Estudos realizados por Day, Williams & Hawkes (1995) com *Haliotis rubra* Leach, 1814, Kaehler & McQuaid (1999) com *Perna perna* (Linnaeus, 1758), Heilmayer et al. (2005) com *Adamussium colbecki*, Riascos et al. (2007) com *Concholepas concholepas* e *Mesodesma mactroides*, Herrmann, Lepore, et al. (2009) com *Donax hanleyanus*, Lepore, Penchaszadeh, Alfaya & Herrmann (2009) com *Mesodesma mactroides* e van der Geest et al. (2011) com *Loripes lacteus* sustentam que a calceína pode ser recomendada como um marcador não letal para bivalves naturais e cultivadas, habitando áreas climáticas tropicais e subtropicais.

Apesar do alto valor comercial de ostras, até hoje existem apenas dois estudos publicados utilizando o marcador calceína para estimar o crescimento da ostra perlifera *Pteria sterna* no México (Caceres-Puig, Huato-Soberanis, Melo-Barrera & Saucedo, 2011) da ostra-dos-lábios-negros *Pinctada margaritifera* na Polinésia Francesa (Linard et al., 2011). Entretanto, a análise de incremento de tamanho através de experimentos de marcação e recaptura, utilizando calceína como marcador é, como já mencionado nesse trabalho, a mais apropriada para estimar o crescimento de espécies subtropicais e tropicais, incluindo as ostras naturais. Além disso, este método possibilita a estimação bem exata de crescimento, e até identificar o crescimento diário (micro-crescimento) do organismo que realmente é interessante e muito útil para que a aquicultura de ostras seja rentável.

Referências

- Alagarwami, K. (1966). Studies on some aspects of biology of the wedge-clam *Donax faba* Gmelin from Mandapam coast in the Gulf of Mannar. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 8: 56-75.
- Ansell, A. D., & Lagardère, F. (1980). Observations on the biology of *Donax trunculus* and *D. vittatus* at Ile d'Oleron (French Atlantic Coast). *Marine Biology*. 57: 287-300.
- Arntz, W. E., Brey, T., Tarazona, J., & Robles, A. (1987). Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. *South African Journal of Marine Science*. 5: 645-58.
- Beal, B. F., Bayer, R., Kraus, G. M., & Chapman, S. R. (1999). A unique shell marker in juvenile, hatchery-reared individuals of the softshell clam, *Mya arenaria* L. *Fishery Bulletin*. 97: 380-86.
- Bosley, K. M., & Dumbauld, B. R. (2011). Use of extractable lipofuscin to estimate age structure of ghost shrimp populations in west coast estuaries of the USA. *Marine Ecology Progress Series*. 428: 161-76.
- Brey, T., & Mackensen, A. (1997). Stable isotopes prove shell growth bands in the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* to be formed annually. *Polar Biology*. 17: 465-68.
- Caceres-Puig, J. I., Huato-Soberanis, L., Melo-Barrera, F. N., & Saucedo, P. E. (2011). Use of calcein to estimate and validate age in juveniles of the winged pearl oyster *Pteria sterna*. *Aquatic Living Resources*. 243: 329-35.
- Capezzani, D. A. A., Oliver, S. R., & Penchaszadeh, P. E. (1971). Capítulo III: Dinámica de población. *In:*



S. R. Olivier, D. Capezzani, J. Carreto, H. Christiansen, V. Moreno, J. A. de Moreno, & P. E. Penchaszadeh (Ed.). *Estructura de la Comunidad, Dinámica de la Población y Biología de la Almeja Amarilla (Mesodesma mactroides) en Mar Azul* (pp. 49-64).

Carré, M., Bentaleb, I., Blamart, D., Ogle, N., Cardenas, F., Zevallos, S., Kalin, M. R., Ortlieb, L., & Fontigne, M. (2005). Stable isotopes and sclerochronology of the bivalve *Mesodesma donacium*: Potential application to Peruvian paleoceanographic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 228: 4-25.

Chagas, R. A. (2016). *Biofouling no cultivo da ostra-do-mangue Crassostrea rhizophorae (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um estuário amazônico* [Monografia de Graduação]. Belém (PA): Universidade Federal Rural da Amazônia.

CNA (2015). Aquicultura: atividade em ascensão. *Boletim Ativos Aquicultura*. 1 ed., junho. 1(1): 1-4

Day, R. W., Williams, M. C., & Hawkes, G. P. (1995). A comparison of fluorochromes for marking abalone shells. *Marine and Freshwater Research*. 46: 599-605.

Eads, C. B., & Layzer, J. B. (2002). How to pick your mussels out of a crowd: Using fluorescence to mark juvenile freshwater mussels. *Journal of the North American Benthological Society*. 213: 476-86.

FAO. (2016). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. Acesso em: 20/07/2016.

Fiori, S. M., & Morsán, E. M. (2004). Age and individual growth of *Mesodesma mactroides* (Bivalvia) in the southernmost range of its distribution. *Journal of Marine Science*. 61: 1253-59.

Gaspar, M. B., Ferreira, R., & Monteiro, C. C. (1999). Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca: Bivalvia) off Faro, southern Portugal. *Fisheries Research*. 41: 309-16.

Gayanilo, F. C., Sparre, P., & Pauly, D. (2005). *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). User's guide*. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, Revised version. Rome: FAO.

Gomes, R. S., Araújo, R. C. P., & Neto, M. P. D. (2008). Contribuição da ostreicultura para formação da renda familiar: Estudo de caso do projeto de ostreicultura comunitário da Fundação Alphaville, Eusébio - Ceará. *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. 21.

Gosling, E. (2015). *Marine Bivalve Molluscs*. Pondicherry, Índia: John Wiley & Sons, Ltda.

Guedes, S. (2014). *Ostreicultura gera renda para famílias paraenses*. SEBRAE/PA. Acessado em: 28 de novembro de 2015 Disponível em: <http://www.pa.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/PA/Ostreicultura-gera-renda-para-fam%C3%ADlias-do-nordeste-paraense>. Acesso em: 13 de junho de 2016.

Guerra, C., Zenteno-Savin, T., Maeda-Martinez, A. N., Philipp, E. E., & Abele, D. (2012). Changes in oxidative stress parameters in relation to age, growth and reproduction in the short-lived catarina scallop *Argopecten ventricosus* reared in its natural environment. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 1624: 421-30.

Guillou, J., & Le Moal, Y. (1980). Aspects de la dynamique des populations de *Donax trunculus* et *Donax vittatus* en baie de Douarnenez. *Annales de l'Institut Océanographique (Paris)*. 561: 55-64.

Hart, A. M., & Joll, L. M. (2006). Growth, mortality, recruitment and sex-ratio in wild stocks of silver-lipped pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae), in Western Australia. *Journal of Shellfish Research*. 251: 201-10.

Heald, D. (1978). A successful marking method for the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 29: 845-51.

Heilmayer, O., Brey, T., Chiantore, M., Cattaneo-Vietti, R., & Arntz, W. E. (2003). Age and productivity of the Antarctic scallop, *Adamussium colbecki*, in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 288: 239-56.

Heilmayer, O., Honnen, C., Jacob, U., Chiantore, M., Cattaneo-Vietti, R., & Brey, T. (2005). Temperature effects on summer growth rates in the Antarctic scallop, *Adamussium colbecki*. *Polar Biology*. 28: 523-27.

Herrmann, M. (2009). Population dynamics of the surf clams *Donax hanleyanus* and *Mesodesma mactroides* from open-Atlantic beaches off Argentina. *Reports on Polar and Marine Research*. 585: 235.



Herrmann, M. (2011). *Population dynamics of the Argentinean surf clams: Population dynamics of the surf clams Donax hanleyanus and Mesodesma mactroides from open-Atlantic beaches off Argentina*. Saarbrücken, Germany: Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften.

Herrmann, M., Alfaya, J. E. F., Lepore, M. L., Penchaszadeh, P. E., & Arntz, W. E. (2011). Population structure, growth and production of the yellow clam *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae) from a high-energy, temperate beach in northern Argentina. *Helgoland Marine Research*. 653: 285-97.

Herrmann, M., Alfaya, J. E. F., Lepore, M. L., Penchaszadeh, P. E., & Laudien, J. (2009). Reproductive cycle and gonad development of the Northern Argentinean *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae). *Helgoland Marine Research*. 633: 207-18.

Herrmann, M., Carstensen, D., Fischer, S., Laudien, J., Penchaszadeh, P. E., & Arntz, W. E. (2009). Population structure, growth and production of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) from northern Argentinean beaches. *Journal of Shellfish Research*. 283: 511-26.

Herrmann, M., Lepore, M. L., Laudien, J., Arntz, W. E., & Penchaszadeh, P. E. (2009). Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 3791-2: 8-15.

Herrmann, M., Rocha Barreira de Almeida, C., Arntz, W. E., Laudien, J., & Penchaszadeh, P. E. (2009). Testing the habitat harshness hypothesis: Reproductive biology of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) on three Argentinean sandy beaches with contrasting morphodynamics. *Journal of Molluscan Studies*. 761: 33-47.

Hidu, H., & Hanks, J. E. (1968). Vital staining of bivalve mollusk shells with alizarin sodium monosulfonate. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*. 58: 37-41.

Hiebenthal, C., Philipp, E. E. R., Eisenhauer, A., & Wahl, M. (2012). Interactive effects of temperature and salinity on shell formation and general condition in Baltic Sea *Mytilus edulis* and *Arctica islandica*. *Aquatic Biology*. 143: 289-98.

Hilborn, R., & Walter, C. J. (2003). *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Springer US.

Hollebone, A. L., & Hay, M. E. (2008). An invasive crab alters interaction webs in a marine community. *Biological Invasions [Biol. Invasions]*. 103: 347-58.

Honkoop, P. J. C., & Bayne, B. L. (2002). Stocking density and growth of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in Port Stephens, Australia. *Aquaculture*. 2131-4: 171-86.

Jennings, S., Kaiser, M. J., & Reynolds, J. D. (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Hong Kong: Wiley-Blackwell.

Jones, D. S., Quitmyer, I. R., & Andrus, F. T. (2005). Oxygen isotopic evidence for greater seasonality in Holocene shells of *Donax variabilis* from Florida. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 228: 96-108.

Jones, D. S., Thompson, I., & Ambrose, W. (1978). Age and growth rate determinations for the Atlantic surf clam *Spisula solidissima* (Bivalvia: Mactracea), based on internal growth lines in shell cross-sections. *Marine Biology*. 471: 63-70.

Jones, D. S., Williams, D. F., & Arthur, M. A. (1983). Growth history and ecology of the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn), as revealed by stable isotopes and annual shell increments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 73: 225-42.

Kaehler, S., & McQuaid, C. D. (1999). Use of the fluorochrome calcein as an *in situ* growth marker in the brown mussel *Perna perna*. *Marine Biology*. 133: 455-60.

Kesler, D. H., Newton, T. J., & Green, L. (2007). Long-term monitoring of growth in the Eastern Elliptio, *Elliptio complanata* (Bivalvia: Unionidae), in Rhode Island: a transplant experiment. *Journal of the North American Benthological Society*. 261: 123-33.

Kimbrow, D. L., Largier, J., & Grosholz, E. D. (2009). Coastal oceanographic processes influence the



growth and size of a key estuarine species, the Olympia oyster. *Limnology and Oceanography*. 545: 1425-37.

King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Singapore: Blackwell Science.

Laudien, J., Brey, T., & Arntz, W. E. (2003). Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 58: 105-15.

Legat, J. F. A., Pereira, A. M. L., Legat, A. P., & Fogaça, F. H. d. S. (2008). *Programa de Cultivo de Moluscos Bivalves da Embrapa Meio-Norte*. Teresina - PI: Embrapa Meio-Norte.

Lepore, M. L., Penchaszadeh, P. E., Alfaya, J. E. F., & Herrmann, M. (2009). Aplicación de calceína para la estimación del crecimiento de la almeja amarilla *Mesodesma mactroides* Reeve, 1854. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 443: 767-74.

Linard, C., Gueguen, Y., Moriceau, J., Soyez, C., Hui, B., Raoux, A., Cuif, J. P., Cochard, J.-C., Le Penec, M., & Le Moullac, G. (2011). Calcein staining of calcified structures in pearl oyster *Pinctada margaritifera* and the effect of food resource level on shell growth. *Aquaculture*. 3131-4: 149-55.

Lomovasky, B. J., Morriconi, E., Brey, T., & Calvo, J. (2002). Individual age and connective tissue lipofuscin in the hard clam *Eurhomalea exalbida*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 276: 83-94.

Lopes, G. R., Gomes, C. H. A. d. M., Tureck, C. R., & Melo, C. M. R. d. (2013). Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 487: 975-82.

Lucas, T., Palmer, P. J., Wang, S., Scoones, R., & O'Brien, E. (2008). Marking the shell of the saucer scallop *Amusium balloti* for sea ranching using oxytetracycline, calcein and alizarin red S. *Journal of Shellfish Research*. 275: 1183-88.

McLachlan, A., Dugan, J. E., Defeo, O., Ansell, A. D., Hubbard, D. M., Jaramillo, E., & Penchaszadeh, P. E. (1996). Beach clam fisheries. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 34: 163-232.

McQuaid, C. D., & Lindsay, T. L. (2000). Effect of wave exposure on growth and mortality rates of the mussel *Perna perna*: Bottom-up regulation of intertidal populations. *Marine Ecology Progress Series*. 206: 147-54.

Mitchell, I. M., Crawford, C. M., & Rushton, M. J. (2000). Flat oyster (*Ostrea angasi*) growth and survival rates at Georges Bay, Tasmania (Australia). *Aquaculture*. 1914: 309-21.

Miyaji, T., Tanabe, K., & Schöne, B. R. (2007). Environmental controls on daily shell growth of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from Japan. *Marine Ecology Progress Series*. 336: 141-50.

Moran, A. L. (2000). Calcein as a marker in experimental studies newly-hatched gastropods. *Marine Biology*. 137: 893-98.

Moran, A. L., & Marko, P. B. (2005). A simple technique for physical marking of larvae of marine bivalves. *Journal of Shellfish Research*. 242: 567-71.

Morsán, E. M., & Orensanz, J. M. L. (2004). Age structure and growth in an unusual population of purple clams, *Amiantis purpuratus* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Veneridae), from Argentine Patagonia. *Journal of Shellfish Research*. 231: 73-80.

Nayar, K. N. (1955). Studies on the growth of the wedge clam, *Donax (Latona) cuneatus* L. *Indian Journal of Fisheries*. 2: 325-48.

Parsons, G. J., Robinson, S. M. C., Roff, J. C., & Dadswell, M. J. (1993). Daily growth rates as indicated by valve ridges in postlarval giant scallop (*Placopeten magellanicus*) (Bivalvia: Pectinidae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 50: 456-64.

Ramon, M., Abello, P., & Richardson, C. A. (1995). Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Marine Biology*. 1214: 665-71.

Raposo, R. S. (2004). *Estudo do mercado varejista de moluscos bivalves em Fortaleza, Ceará*



[Monografia]. Fortaleza (CE): Universidade Federal do Ceará.

Riascos, J. M., Guzman, N., Laudien, J., Heilmayer, O., & Oliva, M. (2007). Suitability of three stains to mark shells of *Concholepas concholepas* (Gastropoda) and *Mesodesma donacium* (Bivalvia). *Journal of Shellfish Research*. 26(1): 43-49.

Riascos, J. M., & Urban, H.J. (2002). Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroida: Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1997/1998. *Revista de biología tropical*. 50(3/4): 1113-23.

Richardson, C. A. (1989). An analysis of microgrowth bands in the shell of the common mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 69: 477-91.

Richardson, C. A., Crisp, D. J., & Runham, N. W. (1979). Tidally deposited growth bands in the shell of the common cockle, *Cerastoderma edule* (L.). *Malacologia*. 18: 277-90.

Richardson, C. A., Seed, R., & Naylor, E. (1990). Use of internal growth bands for measuring individual and population growth rates in *Mytilus edulis* from offshore production platforms. *Marine Ecology Progress Series*. 66(3): 259-65.

Ropes, J. W., & Merrill, A. S. (1970). Marking surf clams. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*. 60: 99-106.

Rowley, R. J., & Mackinnon, D. I. (1995). Use of the fluorescent marker calcein in biomineralisation studies of brachiopods and other marine organisms. *Bulletin de l'Institut Océanographique (Monaco). Spec. Issue 14 part 2*: 111-20.

Sasaki, K. (1981). Growth of the sakhalin surf clam, *Spisula sachalinensis* (Scherenck), in Sendai Bay. *Tohoku Journal of Agricultural Research*. 32: 168-80.

Sato-Okoshi, W., & Okoshi, K. (2002). Application of fluorescent substance to the analysis of growth performance in Antarctic bivalve, *Laternula elliptica*. *Polar Bioscience*. 15: 66-74.

Schöne, B., & Giere, O. (2005). Growth increments and stable isotope variation in shells of the deep-sea hydrothermal vent bivalve mollusk from the North Fiji Basin, Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*. 52(10): 1896-910.

Seed, R. (1969). The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. *Oecologia*. 3: 317-50.

Sparre, P., & Venema, S. C. (1998). Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper 306/1*. Rev. 2: 407.

Talikhedkar, P. M., Mane, U. H., & Nagabhushanam, R. (1976). Growth rate of the wedge clam *Donax cuneatus* at Miriya Bay, Ratnagiri. *Indian Journal of Fisheries*. 23: 183-93.

Thébault, J., Chauvaud, L., Clavier, J., Fichez, R., & Morize, E. (2006). Evidence of a 2-day periodicity of striae formation in the tropical scallop *Comptopallium radula* using calcein marking. *Marine Biology*. 149(2): 257-67.

Urban, H.-J. (2001). Reproductive strategies in tropical bivalves (*Pteria colymbus*, *Pinctada imbricata* and *Pinna carnea*): Temporal coupling of gonad production and spat abundance related to environmental variability. *Journal of Shellfish Research*. 20(3): 1127-1134.

van der Geest, M., van Gils, J. A., van der Meer, J., Olf, H., & Piersma, T. (2011). Suitability of calcein as an in situ growth marker in burrowing bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 399(1): 1-7.

von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*. 10(2): 181-213.

Wilson, C. A., Beckman, D. W., & Dean, J. M. (1987). Calcein as a fluorescent marker of otoliths of larval and juvenile fish. *Transactions of the American Fisheries Society*. 116: 668-70.

11.2 Publicação II

1

1 **Biomorphometric relationships of the mangrove oyster cultivated on the amazonian**
2 **coast**

3

4 Short running head: **Biomorphometric relationships of the mangrove oyster**

5

6 Rafael Anaisce das Chagas

7 Mara Rúbia Ferreira Barros

8 Rosana Esther Oliveira da Silva

9 Taiana Amanda Foncesa dos Passos

10 Alessandra Silva de Assis

11 Wagner César Rosa dos Santos

12 Marko Herrmann

13

14

ABSTRACT

15

16

17 A ostreicultura surge no contexto mundial como uma das alternativas mais viáveis ao
18 declínio da pesca e o fornecimento de recurso alimentício fresco. No Brasil, cultiva-se
19 ostras do gênero *Crassostrea* e, no estado do Pará, cultiva-se a *Crassostrea tulipa*,
20 conhecida por ostra-do-mangue. O presente estudo tem como objetivo caracterizar a
21 biomorfometria da concha, estimar o Índice de Estabilização da Forma (IEF) da concha
22 e o rendimento da carne comestível de *C. tulipa*, a partir de 1.028 ostras coletadas na
23 ostreicultura da Associação de Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ),
24 situada no rio Urindeua, litoral amazônico, estado do Pará, no mês de abril de 2016.
25 Realizou-se relações biomorfométricas entre a morfometria da concha (comprimento,
26 largura e altura) e a biomassa (total e visceral), estimou-se o rendimento percentual da
27 carne comestível e descreveu-se o IEF através de razões entre a morfometria da concha.
28 *C. tulipa* apresenta excelentes relações biomorfométricas, gerando equações que
29 satisfazem estimativa de medidas morfométricas. Além disso, apresenta mais de 20% de
30 rendimento da carne. A análise de IEF, indica uma tendência a estabilização da forma da
31 concha ao atingir 60mm. Recomenda-se uma análise de IEF em ostras oriundas de
32 ambientes naturais e sob influência da densidade de ostras e/o tipo de estrutura no qual a
33 ostra está sendo cultivada. este trabalho possibilita a estimativa de carne de ostras
34 comercializadas apenas da mensuração da medida da altura da concha (mm) através da
35 equação $Bv = -4.29 + 1.94A$.

36

37 **Keywords:** Bivalve mollusc, Oyster farming, Weight-length ratio, Edible meat, IEF.

38

39

40

INTRODUÇÃO

41
42 O extrativismo descontrolado tem levado a uma redução mundial nos estoques de
43 ostras (97.9% according to Beck *et al.*, 2011; Castilho-Westphal & Ostrensky, 2016),
44 neste contexto, o cultivo de moluscos, torna-se a alternativa mais viável a fim de mitigar
45 o declínio dos estoques naturais (Shumway *et al.*, 2003). Em 2015, a malacocultura
46 contribuiu com 15,5% (~16,5 milhões de toneladas) da produção total da aquicultura
47 (continental, costeira e marinha) a nível mundial, movimentando ~18 bilhões de USD.
48 Neste contexto, a ostreicultura corresponde a 32,4% (~cinco mi ton.) da produção,
49 movimentando ~quatro bilhões de USD (FAO, 2016). No Brasil, o cultivo de moluscos
50 bivalves contribuiu, em 2016, com 1,5 % (~21 mil ton.) da aquicultura nacional,
51 movimentando ~R\$ 68,5 milhões. Neste mesmo ano, a ostreicultura do estado do Pará
52 contribuiu com apenas 0,2% (~42 ton.) da produção nacional, gerando cerca de R\$ 322
53 mil (IBGE, 2017).

54 As ostras mais difundidas e comercializadas no mundo são a ostra-plana-chilena,
55 *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), ostra norte-americana *Crassostrea virginica* (Gmelin,
56 1791) e a ostra introduzida *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), conhecida como e ostra-
57 japonesa (Chagas, 2016). Hernandez, Troccoli & Millán (1998) acrescenta a ostra-do-
58 mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) como uma das espécies com maior
59 perspectiva para o desenvolvimento da ostreicultura nos países tropicais da costa atlântica
60 americana.

61 O Brasil consta, a nível mundial, como produtor de *Crassostrea* sp., ou seja, sem
62 espécie especificada devido a divergência taxonômica das ostras nativas cultivadas,
63 entretanto estudos recentes discutem a filogenia das ostras nativas (Baldez *et al.*, 2016;
64 Melo *et al.*, 2010; Melo *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2012; Varela *et al.*, 2007). A ostreicultura
65 nacional é presente em todas as regiões, entretanto no Norte e Nordeste acontecem de
66 forma artesanal e, nas regiões Sul e Sudeste, de forma industrial (Macedo *et al.*, 2016;
67 Sampaio *et al.*, 2017), com destaque ao estado de Santa Catarina, responsável por quase
68 toda produção brasileira (97.9% according to IBGE, 2017). No estado do Pará, a atividade
69 é recente e apresenta-se como uma atividade secundária para os pescadores artesanais e
70 os agricultores familiares (Hoshino, 2009; Macedo, *et al.*, 2016; Sampaio, *et al.*, 2017),
71 principalmente pela dependência da produção e da coleta de sementes no meio ambiente,
72 que não é contínua ao longo do ano (Chagas & Herrmann, 2015).

73 Funo e colaboradores (2015) citam que é necessário intensificar os estudos sobre
74 as espécies nativas de importância comercial, bem como forma de desenvolver técnicas
75 de cultivo adequadas a cada região e otimizar os esforços dos produtores em cada etapa
76 do processo de cultivo. Neste sentido, a ostreicultura apresenta estudos desde a década de
77 1970 (Nascimento, Pereira & Souza, 1980), que possibilitaram seu rápido
78 desenvolvimento, dentre esses estudos, destacam-se a dinâmica reprodutiva (*e.g.* indução
79 a desova, aspectos reprodutivos), do crescimento, além das influências ambientais no
80 desenvolvimento da ostreicultura e eventuais predadores naturais (Chagas *et al.*, 2018;
81 Chagas & Herrmann, 2015; Montanhini-Neto & Ostrensky, 2012). Entretanto observa-
82 se, através da revisão bibliográfica efetuada, que não existe dados que possibilite a
83 estimação da produção da biomassa (em toneladas) de ostra comercializa, pois as
84 estatísticas delimitam-se a produção em dúzia.

85 Partindo do exposto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar as
86 relações biomorfológicas e o rendimento da carne comestível da ostra-do-mangue
87 *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819) cultivada no litoral amazônico, região Norte do
88 Brasil.

89

90 MATERIAL E MÉTODOS

91 *Área de estudo*

92 O estudo desenvolveu-se na ostreicultura da Associação dos Agricultores,
93 Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), localizado na zona estuarina da bacia hidrográfica
94 do rio Urindeua, na vila de Santo Antônio de Urindeua (Figura 1), município de
95 Salinópolis, estado do Pará, Amazônia Oriental, região Norte do Brasil.

96

97 Na ASAPAQ cultiva-se a ostra-do-mangue *C. tulipa*, comprando as sementes na
98 Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA, situado município
99 de Curuçá – PA (Macedo, *et al.*, 2016; Sampaio, *et al.*, 2017). Os membros da ASAPAQ
100 adquirem entre 10 a 50 mil sementes de ostras por ano, que são dispostas em apetrechos
101 (lanternas, bolsas e/ou travesseiros) de acordo com o estágio de desenvolvimento da ostra,
102 utilizando a malha utilizada no apetrecho como seletor de tamanho. De acordo com os
103 ostreicultores, as ostras atingem tamanho comercial (>60 mm) após aproximadamente
104 seis meses e a produção de cada ostreicultor varia entre 10 a 15 mil unidades.

105

106 *Metodologia de amostragem*

107 Utilizou-se neste estudo um total de 1.028 ostras, adquiridas na ASAPAQ no mês
108 de abril de 2016. Buscando uma maior amplitude nas classes dos indivíduos amostrados,
109 utilizou-se cinco tamanhos disponíveis no cultivo: semente (15 a 29 mm de
110 comprimento), juvenil (30 a 59 mm), baby (60 a 79 mm), média (80 a 100 mm), e máster
111 (>100 mm), separadas empiricamente pelos ostreicultores. Paralelamente aos dados
112 biométricos, mensurou-se a salinidade e a temperatura superficial da água no instante da
113 coleta das ostras no cultivo, com um refratômetro manual e termômetro de imersão,
114 respectivamente.

115

116 *Caracterização biomorfolométrica*

117 A caracterização biométrica ocorreu com a determinação do comprimento total
118 (mm), largura (mm) e altura (mm) e a biomassa (g) das ostras coletadas. A morfometria
119 dos indivíduos efetuou-se segundo Quayle (1988), mensuradas com o uso de um
120 paquímetro digital (marca: TESA Data-Direct, precisão: 0,01 mm) e a biomassa total
121 úmida (concha + corpo mole do bivalve + líquido intervalvar) determinou-se em balança
122 digital (marca: MH-Series Pocket Scale, precisão: 0,01 g). Devido a presença do líquido
123 intervalvar, efetuou-se também a relação peso/comprimento da espécie considerando
124 apenas a biomassa visceral da ostra, obtida após o desconchamento dos bivalves. O
125 rendimento da carne comestível foi determinado através da relação biomassa
126 visceral/biomassa total da ostra, utilizando indivíduos de todos os tamanhos disponíveis.
127

128 *Análise dos dados*

129 Para descrever os aspectos morfométricos de *C. tulipa*, seguiu-se a metodologia
130 utilizada por Gaspar, Santos & Vasconcelos (2001) com bivalves. Deste modo, efetuou-
131 se relações morfométricas entres as medidas externas (comprimento total, largura e
132 altura) da concha das ostras utilizando equações lineares, descrita na equação 1 abaixo:

133

$$Y = a + b.X \quad (1)$$

134

135 Para a relação peso/comprimento da espécie, efetuou-se relações entre as medidas
136 externas da concha com as biomassas total e visceral, utilizando o modelo geométrico
137 descrito na equação 2 abaixo:

138

$$Y = a \cdot X^b \quad (2)$$

139

140 Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) para testar a existência de
141 dependência estatística entre as variáveis das relações morfométricas e de
142 peso/comprimento. Utilizou-se um test t para verificar a significância dos valores de r
143 conforme Rodrigues (2010). Utilizou-se análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$) para
144 verificar possíveis diferenças entre os rendimentos da massa visceral dos tamanhos de
145 ostras disponíveis.

146 Estimou-se os coeficientes linear (a) e angular (b) das regressões pelo método dos
147 mínimos quadrados, sendo que para o modelo geométrico, utilizou-se a fórmula
148 logarítmizada descrita na equação 3 abaixo:

149

$$\ln Y' = \ln a + b \cdot \ln X \quad (3)$$

150

151 Posteriormente, classificou-se as equações conforme os valores do coeficiente
152 angular (b) de acordo com Vasconcelos & Gaspar (2017). Segundo os autores, as
153 equações que utilizam o mesmo tipo de variável, a isometria ocorre quando $b = 1$,
154 enquanto que em relações entre diferentes tipos de variáveis a isometria ocorre quando
155 $b = 3$. Deste modo, equações que apresentam valores de b superiores são classificadas por
156 alometria positiva e aquelas que apresentam valores de b inferiores são classificadas por
157 alometria negativa.

158

159

RESULTADOS

160 Os dados brutos da biomorfometria de *C. tulipa* estão disponíveis em Chagas *et*
161 *al.* (2016), na plataforma digital *Data Publisher for Earth & Environmental Science –*
162 *PANGAEA* (www.pangaea.de). Os indivíduos coletados apresentaram comprimento
163 total de $58,8 \pm 25,7$ mm (média \pm SD), variando entre 16,0 e 116,9 mm, largura de
164 $42,9 \pm 19,0$ mm, entre 10,6 e 82,2 mm e altura de $23,7 \pm 13,5$ mm, entre 2,97 e 77,82 mm.

165 A relação comprimento e largura da concha, quando analisado por classes de
166 tamanho comercial, de acordo com os valores de r , foram classificadas por correlações
167 “substanciais” ($0,41 > r < 0,70$), exceto a relação entre as ostras classificadas por *máster*,
168 classificadas correlações “nulas” ($0 > r < 0,20$) (Tabela 1).

169 Os resultados das relações efetuadas entre o comprimento e a altura da concha de
170 *C. tulipa* foram distintos entre as classes de comprimento, sendo a correlação entre
171 *sementes* e *babys* classificadas por correlação “fraca” ($0,21 > r < 0,40$), entre *juvenis* por
172 “substanciais”, entre *médias* e *máster* por correlações “nulas” (Tabela 1). A correlação
173 entre as variáveis, sem distinção de classes, classificou-se por “extremamente fortes”,
174 sendo superior a encontrada pelos autores citados (Tabela 2).

175 Os valores de r apresentou-se bem divergente quando se relacionam as relações
176 entre as medidas morfométricas com as biomassas totais e viscerais. Entretanto, destaca-
177 se a relações da biomassa total com as medidas de comprimento e largura, classificadas
178 por uma alometria negativa e positiva, respectivamente, porém com uma forte tendência
179 a isometria ($b=3$).

180 Os indivíduos apresentaram biomassa total de $62,3 \pm 54,8$ g, variando entre 0,6 e
181 $101,8$ g e biomassa visceral de $6,14 \pm 4,24$ g, entre 0,1 e $15,52$ g. Os rendimentos da
182 biomassa visceral dos indivíduos analisados apresentaram média de $20,2$ %, com variação
183 entre 7 e $44,7$ %. Deste modo, calcula-se que, para adquirirmos 1 kg de carne de ostra sem
184 conchas, deve-se aproximadamente adquirir-se 5 kg de ostras inteiras. A ANOVA
185 evidenciou diferença do rendimento da carne da ostra entre as classes de comprimento
186 ($F=3,99$ e $p < 0,01$). Essa diferença foi evidente apenas ao relacionar-se as ostras
187 classificadas por *semente* com aquelas classificadas por *baby* e *máster* (Figura 2).

188 Os resultados na análise de IEF remete a uma oscilação entre as medidas
189 morfométricas ao longo do desenvolvimento de *C. tulipa*, porém observa-se uma
190 tendência a estabilização a partir de 60 mm (Figura 3). Evidencia-se que a maior variação
191 na forma da concha dos indivíduos ocorre nos tamanhos *semente* e *juvenil* e que a
192 estabilização coincide com o tamanho comercial da ostra cultivada. Esta foi a primeira
193 vez que se utilizou a análise de IEF para ostras do gênero *Crassostrea*. Tais resultados
194 são importantes pois, a nível comercial, a “aparência” externa da concha é primordial na
195 decisão na aquisição pelos consumidores.

196

DISCUSSÃO

197

198 Estudos biomorfolométricos em bivalves apresentam equações que inferem a
199 determinação de variáveis (biomassa e morfometria) importantes à gestão do recurso dos
200 pesqueiro, principalmente de espécies de interesse comercial (Vasconcelos & Gaspar,
201 2017). Na ostreicultura, diversos autores abordam as relações biomorfolométricas de ostras
202 do gênero *Crassostrea* (Tabela 2). Essas contribuições favorecem o cultivo, pois aferem
203 dados importantes (e.g. estimativa morfolométricos e rendimento da carne) ao manejo
204 durante a produção.

205 Os resultados das relações entre o comprimento e largura são similares ao
206 encontrado por Harding (2007), em seu estudo com as ostras *Crassostrea virginica* e
207 *Crassostrea ariakensis* (Tabela 2). Entretanto ao analisar a relação entre as variáveis de
208 um modo geral (sem distinção de classes), este atual estudo apresentou resultados
209 melhores do que encontrado por esse autor, evidenciando uma correlação classificada por
210 “extremamente forte” ($0,91 > r < 1,0$). Resultados das relações entre comprimento e altura
211 também foram similares aos encontrados por Harding (2007) e Pereira, Akaboshi &
212 Chagas Soares (1988).

213 Os valores de r divergentes entre relações entre as medidas morfolométricas com as
214 biomassas totais e viscerais são similares a encontrada por outros autores (Amin, Zafar &
215 Halim, 2008; Cárdenas & Aranda, 2007; Gonzalez *et al.*, 2015; Grizzle *et al.*, 2016;
216 Liddel, 2008; Nagi, Shenai-Tirodkar & Jagtap, 2011; Octavina *et al.*, 2015; Pereira, *et al.*,
217 1988; Pereira & Chagas Soares, 1996) (Tabela 2).

218 O rendimento da carne comestível neste estudo, foram semelhantes aos
219 encontrados por Lenz (2008) em *C. tulipa* cultivadas na Baía de Camaru, no estado da
220 Bahia, variando entre 8 a 17,7 % em exemplares de 30,4 a 94,6 mm. Galvão *et al.* (2000)
221 observou que em *C. brasiliana* os maiores rendimentos biomassa visceral de ostras são
222 naquelas maduras sexualmente, devido a acumulação de reservas e em pleno
223 desenvolvimento dos folículos. Considerando o resultado do atual trabalho e o verificado
224 por Galvão, *et al.* (2000), com a ostra *Crassostrea brasiliana*, ressalta-se uma relação
225 inversa ao rendimento encontrado por classes de tamanho. Sendo assim, enquanto esses
226 autores evidenciaram maiores rendimento da carne em indivíduos adultos, neste estudo,
227 os maiores rendimentos forma encontrados na classe *semente* (Figura 2).

228 Os rendimentos da biomassa visceral de *C. tulipa* apresenta-se baixos ao
229 compararmos com outros recursos aquáticos, tais como, peixes que possui de 30 a 50%
230 (Macedo-Viegas & Souza, 2004) e camarões em torno de 50% (Lima *et al.*, 2007).
231 Entretanto apresentou-se superiores a rendimentos de outros invertebrados, tais como,
232 caranguejos de 11 a 18 % (Ogawa *et al.*, 2008) e bivalves como *Anomalocardia flexuosa*
233 (Linnaeus, 1767) com 10 % (Chagas *et al.*, 2014) e *Donax striatus* Linnaeus, 1767 com
234 12%(Chagas *et al.*, 2014).

235 Os resultados apresentam uma tendência a dimorfismo da espécie a longo de seu
236 crescimento (Figura 2), porém com uma tendência a estabilização da forma da concha a
237 partir de 60 mm, coincidindo com o tamanho comercial da espécie (>60 mm) segundo
238 Nascimento, *et al.* (1980). As elevadas variações apresentadas em “sementes”, “juvenil”
239 e “master” possivelmente deve-se ao número de indivíduos amostrados. Essa diferença
240 entre as proporções entre as medidas de comprimento nos grupos iniciais de crescimento
241 (semente e juvenil) pode ser explicado devido ao crescimento acelerado das ostras nos
242 primeiros meses de vida (Buitrago *et al.*, 2009).

243 Os aspectos biomorfolométricos das ostras (e.g. a relação peso-comprimento), são
244 influenciados diretamente por diversos fatores, dentre eles, a espécie estudada, o ambiente
245 (e.g. natural ou em cultivo) (Angell, 1973; Ferreira, 2003). Além desses outras variáveis
246 são importantes de analisar-se, tais como: fatores abióticos (temperatura e/ou salinidade)
247 (Areias, 2012; Brito, 2008; Brown & Hartwick, 1988; Buitrago, *et al.*, 2009; Cáceres-
248 Puig *et al.*, 2007; Funo, *et al.*, 2015; Guimarães *et al.*, 2008; Villarroel, Buitrago &
249 Lodeiros, 2004), local a ser cultivado (ambiente marinho ou estuarino) (Chávez-Villalba
250 *et al.*, 2010; Lopes *et al.*, 2013; Nuñez *et al.*, 2010), tipo de estrutura do cultivo (Ferretti,
251 2008; Góngora-Gómez *et al.*, 2012; Márquez *et al.*, 2011; Valentim, 2005), densidade
252 estocada (Antonio, 2007; Fonseca, 2011; Maccacchero, Ferreira & Guzinski, 2007;
253 Pereira *et al.*, 2001), ambientes impactados (Levinton, Doall & Allam, 2013) e o
254 *biofouling* (Bonifácio, 2009; Chagas, 2016; Chagas, *et al.*, 2018; Díaz *et al.*, 2009;
255 Littlewood & Marsbe, 1990; Pinto, 2007). De acordo com esses estudos, elevadas
256 temperaturas incrementam a biomassa das ostras, devido a maior disponibilidade de
257 nutrientes na água o que está associado a um maior crescimento dos bivalves.

258

259

260 CONCLUSÃO

261 *C. tulipa* apresenta excelentes relações biomorfométricas, gerando equações que
262 satisfazem estimação de medidas morfométricas da concha. O rendimento da carne
263 comestível de *C. tulipa* é em média 20,2% da biomassa total, podendo ser calculada
264 através da equação gerada com as medidas externas da concha comprimento, largura e
265 altura).

266 Com o conhecimento das relações biomorfométricas e da biomassa comestível de
267 ostras cultivadas, ocorre um melhor aproveitamento e dinamização do manejo dos
268 bivalves, podendo estimar, com exatidão, a quantidade de ostra consumida a partir do
269 conhecimento de uma das medidas externas da concha.

270 Através da análise de IEF, evidencia-se que as ostras apresentam variação na
271 forma da concha ao longo de todo seu desenvolvimento, entretanto observa-se uma
272 tendência a estabilização ao atingir 60mm, tamanho ideal à comercialização. Recomenda-
273 se uma análise de IEF em ostras oriundas de ambientes naturais, para verificar-se o
274 comportamento biomorfométrico, principalmente, durante as fases iniciais de
275 crescimento (classes *semente e juvenil*). Paralelamente, recomenda-se também, a análise
276 de IEF sob influência da densidade de ostras e/o tipo de estrutura no qual a ostra está
277 sendo cultivada.

278

279 AGRADECIMENTOS

280 Os autores agradecem a Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores
281 (ASAPAQ) da Vila de Santo Antônio de Urindeua, pelo apoio ao desenvolvimento da
282 pesquisa. em especial aos ostreicultores: a Dona Maria (presidente em exercício), Tito,
283 Miro e seu Antônio (ex-presidente) Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento
284 Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas para a realização desta
285 pesquisa. A Universidade Federal Rural da Amazônia, sobretudo ao Instituto
286 Socioambiental e dos Recursos Hídricos, pelo apoio logístico na cessão do transporte ao
287 deslocamento dos autores ao local da pesquisa.

288

289 REFERÊNCIAS

290 AMIN, S.M.N., ZAFAR, M. & HALIM, A. 2008. Age, growth, mortality and population
291 structure of the oyster, *Crassostrea madrasensis*, in the Moheskhali Channel
292 (southeastern coast of Bangladesh). *Journal of Applied Ichthyology*, **24**: 18-25.

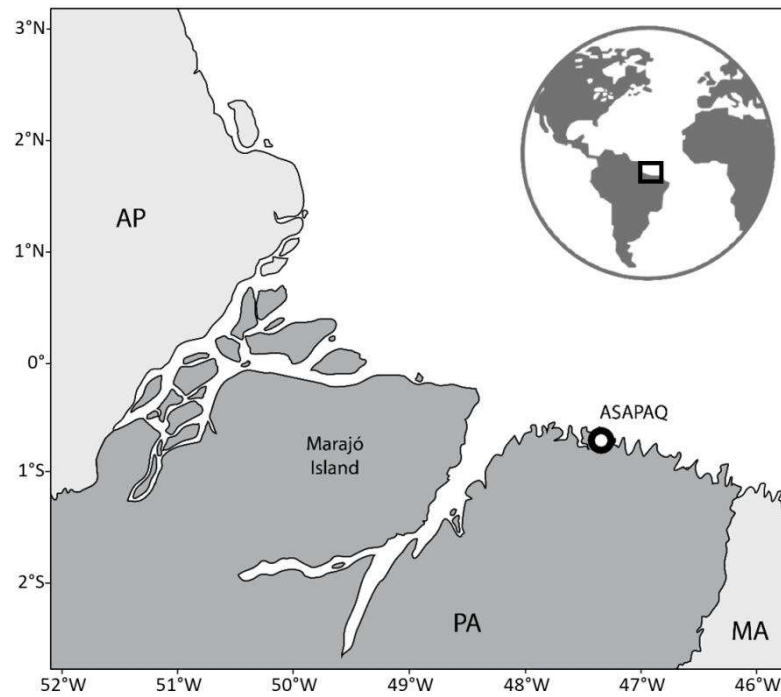
- 293 ANGELL, C.L. 1973. Crecimiento y mortalidad de la ostra de mangle cultivada
294 (*Crassostrea rhizophorae*). *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales la Salle*, **33**:
295 152-162.
- 296 ANTONIO, Í.G. 2007. Efeitos da salinidade e densidade de estocagem no crescimento e
297 sobrevivência larval da ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) sob
298 diferentes tempos de troca de água. In: Vol. Dissertação (Mestrado em Recursos
299 Pesqueiros e Aquicultura), pp. 52. Universidade Federal Rural de Pernambuco,
300 Recife/PE.
- 301 AREIAS, D.L.L. 2012. Efeito da salinidade e temperatura no assentamento da ostra
302 *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) e indução da desova da ostra *Crassostrea gigas*
303 (Thundberg, 179). In), pp. 74. Universidade de Porto, Porto.
- 304 BALDEZ, R.D.S.C., MELO, M.A.D., SAMPAIO, I. & TAGLIARO, C.H. 2016. Novel
305 Microsatellite Markers for Brazilian Mangrove Oysters (*Crassostrea gasar*) and their
306 Cross-Amplification in *Crassostrea rhizophorae*. *Brazilian Archives of Biology and*
307 *Technology*, **59**.
- 308 BECK, M.W., BRUMBAUGH, R.D., AIROLDI, L., CARRANZA, A., COE, L.D.,
309 CRAWFORD, C., DEFEO, O., EDGAR, G.J., HANCOCK, B., KAY, M.C., LENIHAN,
310 H.S., LUCKENBACH, M.W., TOROPOVA, C.L., ZHANG, G. & GUO, X. 2011. Oyster
311 Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration, and Management.
312 *BioScience*, **61**: 107-116.
- 313 BONIFÁCIO, P.H.D.O. 2009. Polidorídeos (Polychaeta: Spionidae) em *Crassostrea*
314 *rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) de cinco rios da costa pernambucana. In: *Centro de*
315 *Ciências Biológicas*, Vol. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal)), pp. 47.
316 Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.
- 317 BRITO, L.D. 2008. Efeito da salinidade sobre o crescimento da ostra nativa *Crassostrea*
318 sp. como subsídio ao desenvolvimento da maricultura de espécies nativas em mar aberto.
319 In: Vol. Dissertação (Mestrado em Sistema Costeiro e Oceânico)), pp. 47. Universidade
320 Federal do Paraná, Portal do Paraná - PR.
- 321 BROWN, J.R. & HARTWICK, E.B. 1988. Influences of Temperature, Salinity and
322 Available Food Upon Suspended Culture of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* L.
323 Absolute and Allometric Growth. *Aquaculture*, **70**: 231-251.
- 324 BUITRAGO, E., BUITRAGO, J., FREITES, L. & LODEIROS, C. 2009. Identificación
325 de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle,
326 *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la
327 laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, **27**: 79-90.
- 328 CÁCERES-PUIG, J.I., ABASOLO-PACHECO, F., MAZÓN-SUÁSTEGUI, J.M.,
329 MAEDA-MARTINEZ, A.N. & SAUCEDO, P.E. 2007. Effect of temperature on growth
330 and survival of *Crassostrea corteziensis* spat during late-nursery culturing at the hatchery.
331 *Aquaculture*, **272**: 417-422.
- 332 CÁRDENAS, E.R.B. & ARANDA, D.A. 2007. Differences in the exploited oyster
333 (*Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791)) populations from different coastal lagoons of the
334 Gulf of Mexico. *Transitional Waters Bulletin*, **2**: 21-35.
- 335 CASTILHO-WESTPHAL, G.G. & OSTRENSKY, A. 2016. Use of side-scan sonar for
336 estimations of *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) stocks in subtidal banks on the
337 south coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **64**: 49-56.
- 338 CHAGAS, R.A.D. 2016. *Biofouling* no cultivo da ostra-do-mangue *Crassostrea*
339 *rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um estuário amazônico. In:

- 340 *Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos*, Vol. Monografia (Bacharel em
341 Engenharia de Pesca)), pp. 116. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- 342 CHAGAS, R.A.D., BARROS, M.R.F., ASSIS, A.S.D., SILVA, R.E.O.D., PASSOS,
343 T.A.F.D., SANTOS, W.C.R.D. & HERRMANN, M. 2016. Morphometry and biomass of
344 the cultured mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* at the Urindeua river, eastern
345 Amazonia, northern Brazil. In). PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental
346 Science.
- 347 CHAGAS, R.A.D., BARROS, M.R.F., SANTOS, W.C.R.D. & HERRMANN, M. 2018.
348 Composition of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon
349 estuary, Para state, Northern Brazil. *Revista de Biologia Marina y Oceanografia*, **53**: 9-
350 17.
- 351 CHAGAS, R.A.D. & HERRMANN, M. 2015. Indução a desova de *Crassostrea*
352 *rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) através de métodos físico-químicos
353 em condições controladas. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, **3**: 24-30.
- 354 CHAGAS, R.A.D., SILVA, F.B.A., VALE, A.V.P. & HERRMANN, M. 2014.
355 Morphometry and biomass of the bivalve *Donax striatus* at the beach Ajuruteua, State of
356 Pará, Brazil. In). PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science.
- 357 CHAGAS, R.A.D., SILVA, F.B.A.D., VALE, A.V.P.D. & HERRMANN, M. 2014.
358 Morphometry and biomass of the bivalve *Anomalocardia flexuosa* at the beach Ajuruteua,
359 State of Para, Brazil. In). PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental
360 Science.
- 361 CHÁVEZ-VILLALBA, J., ARREOLA-LIZÁRRAGA, A., BURROLA-SÁNCHEZ, S.
362 & HOYOS-CHAIREZ, F. 2010. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster
363 *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture*, **300**:
364 128-136.
- 365 DÍAZ, O.D., LIÑERO-ARANA, I., VILLAFRANCA, S. & ALLEN, T. 2009. Epizoic
366 polychaetes (Annelida: Polychaeta) on *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from
367 the restinga lagoon, Margarita Island, Venezuela. *Ecotrópicos*, **22**: 13-22.
- 368 FAO. 2016. *The state of world fisheries and aquaculture*. FAO, Rome.
- 369 FERREIRA, I.M.M.M.G. 2003. Crescimento e qualidade da ostra (*Crassostrea gigas*)
370 em viveiros da Ria Formosa sujeitos a diferentes condições de cultura e situações
371 ambientais. In: Vol. Dissertação (Mestrado em Ciência do Mar)), pp. 73. Universidade
372 do Porto, Porto.
- 373 FERRETTI, P.M.A. 2008. Avaliação comparativa da sobrevivência e do crescimento de
374 ostras da espécie *Crassostrea gigas* com o emprego de diferentes estruturas de cultivo.
375 In: Vol. Monografia (Graduação em Agronomia)), pp. 68. Universidade Federal de Santa
376 Catarina, Floeianópolis - SC.
- 377 FONSECA, B.P.V. 2011. Efecto de la densidad de siembra y los factores ambientales en
378 el cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en la península de Lucernilla, Navolato,
379 Sinaloa. In: Vol. Dissertação (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente)), pp.
380 103. Instituto Politécnico Nacional, Guase, Sinaloa, México.
- 381 FUNO, I.C.D.S.A., ANTONIO, Í.G., MARINHO, Y.F. & GÁLVEZ, A.O. 2015.
382 Influência da salinidade sobre a sobrevivência e crescimento de *Crassostrea gasar*.
383 *Boletim do Instituto de Pesca*, **41**: 837-847.
- 384 GALVÃO, M.S.N., PEREIRA, O.M., MACHADO, I.C. & HENRIQUES, M.B. 2000.
385 Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de
386 cananéia, SP (25°S; 48°W). *Boletim de Instituto de Pesca*, **26**: 147-162.

- 387 GASPAR, M.B., SANTOS, M.N. & VASCONCELOS, P. 2001. Weight-length
388 relationships of 25 bivalve species (Mollusca: Bivalvia) from the Algarve coast (southern
389 Portugal). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **81**: 805-
390 807.
- 391 GÓNGORA-GÓMEZ, A.M., HERNÁNDEZ-SEPÚLVEDA, J.A., GARCÍA-ULLOA,
392 M. & DOMÍNGUEZ-OROZCO, A.L. 2012. Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas*
393 (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. *Avances en*
394 *Investigación Agropecuaria*, **16**: 91-104.
- 395 GONZALEZ, C., CRESCINI, R., VILLALBA, W., MALDONADO, A., VÁSQUEZ, G.
396 & SOTO, G. 2015. Estructura de tallas, crecimiento y mortalidad de *Crassostrea*
397 *rhizophorae* en la laguna de la Restinga, isla de Margarita, Venezuela. *SABER. Revista*
398 *Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, **27**: 328-
399 333.
- 400 GRIZZLE, R.E., WARD, K.M., PETER, C.R., CANTWELL, M., KATZ, D. &
401 SULLIVAN, J. 2016. Growth, morphometrics and nutrient content of farmed eastern
402 oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin), in New Hampshire, USA. *Aquaculture*
403 *Research*: 1-13.
- 404 GUIMARÃES, I.M., ANTONIO, Í.G., PEIXOTO, S. & OLIVERA, A. 2008. Influência
405 da salinidade sobre a sobrevivência da ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae*.
406 *Arquivo de Ciências do Mar*, **41**: 118-122.
- 407 HARDING, J.M. 2007. Comparison of growth rates between diploid deby eastern oysters
408 (*Crassostrea virginica*, Gmelin 1791), triploid eastern oysters, and triploid suminoe
409 oysters (*C. ariakensis*, Fugita 1913). *Journal of Shellfish Research*, **26**: 961-972.
- 410 HERNANDEZ, O.D., TROCCOLI, L.G. & MILLÁN, J.Q. 1998. Crecimiento, engorde y
411 sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en la Isla
412 de Cubagüa, Venezuela. *Caribbean Journal of Science*, **34**: 243-249.
- 413 HOSHINO, P. 2009. Avaliação e comparação de projetos comunitários de ostreicultura
414 localizados no nordeste paraense. In: *Centro de Ciências Biológicas*, Vol. Dissertação
415 (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca), pp. 99. Universidade Federal do Pará, Belém.
416 IBGE. 2017. *Produção da pecuária municipal 2016*. IBGE, Rio de Janeiro.
- 417 LENZ, T.D.M. 2008. Biologia reprodutiva da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae*
418 (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) como subsídio à implantação de ostreicultura na
419 Baía de Camamu (BA). In: Vol. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais
420 - Ecologia), pp. 54. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus - BA.
- 421 LEVINTON, J., DOALL, M. & ALLAM, B. 2013. Growth and Mortality Patterns of the
422 Eastern Oyster *Crassostrea virginica* in Impacted Waters in Coastal Waters in New York,
423 USA. *Journal of Shellfish Research*, **32**: 417-427.
- 424 LIDDEL, M.K. 2008. A von bertalanffy based model for the estimation of oyste
425 (*Crassostrea virginica*) growth on restored oyster reefs in chesapeake bay. In: Vol. Thesis
426 (Doctor of Philosophy), pp. 171f. University of Maryland.
- 427 LIMA, S.B.P.D., RABELLO, C.B.-V., DUTRA-JUNIOR, W.M., LUDKE, M.D.C.M.M.
428 & COSTA, F.G.P. 2007. Avaliação nutricional da farinha da cabeça de camarão marinho
429 (*Litopenaeus vannamei*) para frangos de corte. *Revista Caatinga*, **20**: 35-39.
- 430 LITTLEWOOD, D.T.J. & MARSBE, L.A. 1990. Predation on cultivated oysters,
431 *Crassostrea rhizophorae* (Guilding), by the polyclad turbellarian flatworm, *Stylochus*
432 (*Stylochus) frontalis* Verrill. *Aquaculture*, **88**: 145-150.

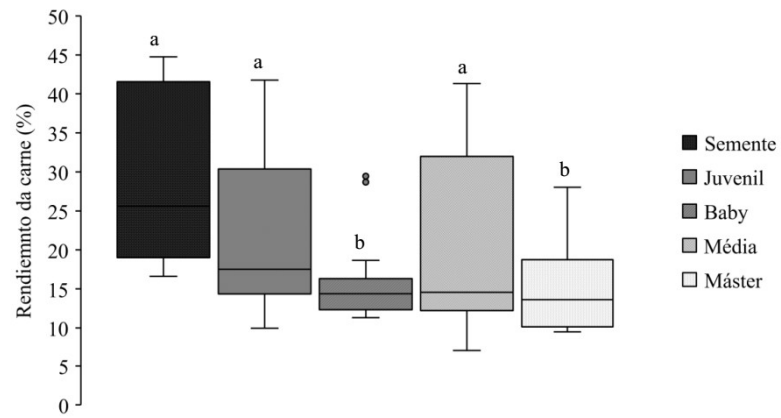
- 433 LOPES, G.R., GOMES, C.H.A.D.M., TURECK, C.R. & MELO, C.M.R.D. 2013.
434 Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian
435 waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **48**: 975-982.
- 436 MACCACCHERO, G.B., FERREIRA, J.F. & GUZENSKI, J. 2007. Influence of stocking
437 density and culture management on growth and mortality of the mangrove native oyster
438 *Crassostrea* sp. in southern Brazil. *Biotemas*, **20**: 47-53.
- 439 MACEDO-VIEGAS, E.M. & SOUZA, M.L.R. 2004. Pré-processamento e conservação
440 do pescado produzido em piscicultura. In: *Tópicos especiais em piscicultura de água doce*
441 *tropical intensiva*: (Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M. and Castagnolli, N.,
442 eds), pp. 405-480. Funep, São Paulo.
- 443 MACEDO, A.R.G., SILVA, F.L.D., RIBEIRO, S.D.C.A., TORRES, M.F., SILVA,
444 F.N.L. & MEDEIROS, L.R. 2016. Perfil da ostreicultura na comunidade de Santo
445 Antônio do Urindeua, Salinópolis, nordeste do Pará/Brasil. *Revista Observatorio de la*
446 *Economía Latinoamericana*, **marzo**.
- 447 MÁRQUEZ, A., LODEIROS, C., SEMIDEY, D., CARPIO, M. & GRAZIANI, C. 2011.
448 Crecimiento y supervivencia de la ostra perlfífera *Pinctada imbricata* (Röding 1798), bajo
449 diferentes sistemas de confi namiento en cultivo suspendido. *Zootecnia Tropical*, **29**: 337-
450 351.
- 451 MELO, A.G.C.D., VARELA, E.S., BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I.,
452 GAFFNEY, P.M., REECE, K.S. & TAGLIARO, C.H. 2010. Molecular identification,
453 phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*).
454 *Genetics and Molecular Biology*, **33**: 564-572.
- 455 MELO, M.A.D., DA SILVA, A.R.B., BEASLEY, C.R. & TAGLIARO, C.H. 2013.
456 Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters
457 (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock
458 management. *Aquaculture International*, **21**: 1325-1332.
- 459 MELO, M.D., SILVA, A.R.B.D., VARELA, E.S., SAMPAIO, I. & TAGLIARO, C.H.
460 2012. Development and characterization of ten microsatellite markers for population
461 studies of the native Brazilian oyster *Crassostrea gasar*. *Conservation Genetics*
462 *Resources*, **4**: 582-586.
- 463 MONTANHINI-NETO, R. & OSTRENSKY, A. 2012. Revisão: Uso de modelos
464 matemáticos para avaliação da influência de variáveis ambientais sobre o
465 desenvolvimento de ostras no Brasil. *PUBVET*, **6**: 1-33.
- 466 NAGI, H.M., SHENAI-TIRODKAR, P.S. & JAGTAP, G. 2011. Dimensional
467 relationships in *Crassostrea madrasensis* (Preston) and *C. gryphoides* (Schlotheim) in
468 mangrove ecosystem. *The Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, **40**: 559-566.
- 469 NASCIMENTO, I.A., PEREIRA, S.A. & SOUZA, R.C. 1980. Determination of the
470 optimum comercial size for the magrove oysters *Crassostrea rhizophorae* in Todos os
471 Santos Bay, Brazil. *Aquaculture*, **20**: 1-8.
- 472 NUÑEZ, M.P., LODEIROS, C., RAMIREZ, E., NARVÁEZ, N. & GRAZIANI, C. 2010.
473 Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo
474 condición de cultivo intermareal y submareal. *Zootecnia Tropical*, **28**: 239-254.
- 475 OCTAVINA, C., YULIANDA, F., KRISANTI, M. & MUCHLISIN, Z.A. 2015. Length-
476 weight relationship of Ostreidae in the Kuala Gigieng estuary, Aceh Besar District,
477 Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal*
478 *of the Bioflux Society*, **8**: 817-823.

- 479 OGAWA, M., SILVA, A.I.M.D., OGAWA, N.B.P., MALA, E.L. & NUNES, M.L. 2008.
 480 Adequações tecnológicas no processamento da carne de caranguejo. *Ciência e*
 481 *Tecnologia de Alimentos*, **28**: 78-82.
- 482 PAYNTER, K.T. & DIMICHELE, L. 1990. Growth of tray-cultured oyster (*Crassostrea*
 483 *virginica* Gmelin) in Chesapeake Bay. *Aquaculture*, **87**: 289-297.
- 484 PEREIRA, O.M., AKABOSHI, S. & CHAGAS SOARES, F.D. 1988. Cultivo
 485 experimental de *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no canal da Bertioga, São Paulo,
 486 Brasil (23°54'30"S, 45°13'42"W). *Boletim do Instituto de Pesca*, **15**: 55-65.
- 487 PEREIRA, O.M. & CHAGAS SOARES, F.D. 1996. Análise da criação de ostra
 488 *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina
 489 de Cananéia-SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, **23**: 135-142.
- 490 PEREIRA, O.M., MACHADO, I.C., HENRIQUES, M.B. & YAMANAKA, N. 2001.
 491 Crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes
 492 densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25° s, 48° w). *Boletim do*
 493 *Instituto de Pesca*, **27**: 163-174.
- 494 PINTO, F.M.V.S. 2007. Efeito de organismos incrustantes sobre o crescimento e a
 495 sobrevivência de ostras nativas do gênero *Crassostrea* em um cultivo suspenso na Baía
 496 de Guaratuba (Paraná – Brasil). In: Vol. Monografia (Bacharel em Oceanografia), pp.
 497 53. Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná.
- 498 QUAYLE, D.B. 1988. *Pacific oyster culture in British Columbia*. Canadian Bulletin of
 499 Fisheries and Aquatic Sciences 218.
- 500 RODRIGUES, W.C. 2010. *Estatística Aplicada*.
- 501 SAMPAIO, D.D.S., TAGLIARO, C.H., SCHNEIDER, H. & BEASLEY, C.R. 2017.
 502 Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging
 503 sector. *Reviews in Aquaculture*, **0**: 1-17.
- 504 SHUMWAY, S.E., DAVIS, C., DOWNEY, R., KARNEY, R., KRAEUTER, J.,
 505 PARSONS, J., RHEAULT, R. & WIKFORS, G. 2003. Shellfish aquaculture in praise of
 506 sustainable economies and environments. *World aquaculture*, **34**: 15-18.
- 507 VALENTIM, F.T. 2005. Avaliação do crescimento de sementes de ostras *Crassostrea*
 508 *gigas* utilizando dois tipos de berçários, na Praia da Cerca, Guarapari - ES. In: Vol.
 509 Monografia), pp. 44. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, ES.
- 510 VARELA, E.S., BEASLEY, C.R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., MARQUES-
 511 SILVA, N.D.S. & TAGLIARO, C.H. 2007. Molecular phylogeny of mangrove oyster
 512 (*Crassostrea*) from Brazil. *Journal of Molluscan Studies*, **73**: 229-234.
- 513 VASCONCELOS, P. & GASPAS, M. 2017. A importância e utilidade dos estudos
 514 morfométricos e do crescimento relativo em bivalves e gastrópodes. *Portugala*, **20**: 10-
 515 11.
- 516 VILLARROEL, E., BUITRAGO, E. & LODEIROS, C. 2004. Identificación de factores
 517 ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae*
 518 (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco,
 519 Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*, **14**: 28-35.
- 520
 521



522
523 **Figura 1.** Localização do no cultivo de ostras da Associação dos Agricultores, Pecuáristas
524 e Aquicultores – ASAPAQ, situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio
525 Urindeua.
526

527



528

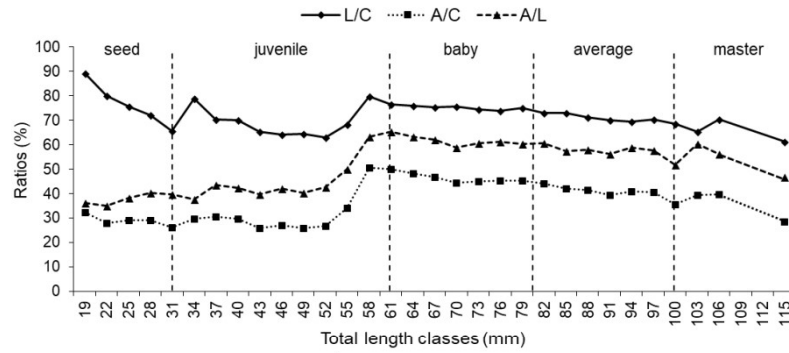
529

530

531

Figura 2. Gráfico do rendimento percentual médio da carne (massa visceral) da ostra *Crassostrea tulipa* cultivada no litoral amazônico.

532



533

534

535

536

Figura 3. Representação gráfica do Índice de Estabilização da Forma (IEF) da concha de *Crassostrea tulipa*. Legenda: comprimento (C), largura (L) e altura (A).

537
 538 **Tabela 1.** Dados da dispersão bivariada entre comprimento total e largura da concha de
 539 *Crassostrea tulipa*. São apresentados o total de indivíduos utilizados na relação (N), a
 540 equação da relação, os coeficientes de correlação (R^2), coeficientes de correlação de
 541 Pearson (r) e os valores de p , sendo * valores menores que 0,0001. Legenda: comprimento
 542 (C), largura (L), altura (A), biomassa total (Bt) e biomassa visceral (Bv).

Classe	Relação	N	Equação	R^2	r	Alometria	p
Semente	C x L	234	$L = 1.33 + 0.48C$	0.21	0.47	-	*
	C x A	234	$A = -0.85 + 0.84C$	0.14	0.38	-	*
	L x A	234	$A = -0.11 + 0.66L$	0.09	0.31	-	*
	C x Bt	234	$Bt = -4.50 + 1.74C$	0.43	0.66	-	*
	L x Bt	234	$Bt = -2.83 + 1.32L$	0.26	0.51	-	*
	A x Bt	234	$Bt = -0.22 + 0.64A$	0.28	0.53	-	*
	C x Bv	8	$Bv = -12.17 + 3.68C$	0.55	0.78	+	0.0197
	L x Bv	8	$Bv = -9.51 + 2.82L$	0.01	0.39	-	0.3306
	A x Bv	8	$Bv = -4.39 + 2.06A$	0.96	0.98	-	*
	C x L	209	$L = 0.59 + 0.73C$	0.34	0.59	-	*
Juvenil	C x A	209	$A = -1.15 + 0.96C$	0.22	0.47	-	*
	L x A	209	$A = -0.92 + 1.00L$	0.37	0.61	i	*
	C x Bt	209	$Bt = -6.72 + 2.40C$	0.46	0.68	-	*
	L x Bt	209	$Bt = -4.81 + 2.10L$	0.54	0.74	-	*
	A x Bt	209	$Bt = -0.90 + 1.27A$	0.53	0.73	-	*
	C x Bv	38	$Bv = -9.17 + 2.61C$	0.45	0.68	-	*
	L x Bv	38	$Bv = -5.31 + 1.72L$	0.36	0.61	-	*
	A x Bv	38	$Bv = -2.34 + 1.15A$	0.51	0.72	-	*
	C x L	320	$L = 0.28 + 0.86C$	0.40	0.63	-	*
	C x A	320	$A = 0.87 + 0.60C$	0.09	0.31	-	*
Baby	L x A	320	$A = 1.87 + 0.40L$	0.07	0.28	-	*
	C x Bt	320	$Bt = -4.63 + 2.12C$	0.47	0.69	-	*
	L x Bt	320	$Bt = -1.28 + 1.43L$	0.39	0.63	-	*
	A x Bt	320	$Bt = 0.99 + 0.98A$	0.37	0.61	-	*
	C x Bv	23	$Bv = -11.24 + 3.12C$	0.13	0.41	+	0.0455
	L x Bv	23	$Bv = 3.06 - 0.25L$	-0.04	0.06	-	0.7733
	A x Bv	23	$Bv = -4.11 + 1.82A$	0.42	0.66	-	0.0007
	C x L	248	$L = 1.40 + 0.61C$	0.16	0.41	-	*
	C x A	248	$A = 2.13 + 0.32C$	0.01	0.15	-	0.0164
	L x A	248	$A = 2.47 + 0.26L$	0.03	0.18	-	0.0039
Média	C x Bt	248	$Bt = -3.23 + 1.80C$	0.31	0.55	+	*
	L x Bt	248	$Bt = -0.32 + 1.24L$	0.32	0.56	+	*
	A x Bt	248	$Bt = 1.44 + 0.93A$	0.39	0.63	-	*
	C x Bv	41	$Bv = 1.24 + 0.38C$	-0.02	0.03	-	0.8334
	L x Bv	41	$Bv = -2.15 + 1.22L$	0.01	0.17	+	0.2609
	A x Bv	41	$Bv = -2.82 + 1.60A$	0.16	0.42	+	0.0055
	C x L	14	$L = 44.68 + 0.24C$	-0.04	0.17	-	0.5459
	C x A	14	$A = 38.55 - 0.01C$	-0.08	0.01	-	0.9900
	L x A	14	$A = 1.35 + 0.53L$	0.06	0.37	-	0.1886
	C x Bt	14	$Bt = 3.86 - 0.04C$	-0.08	0.01	-	0.9555
Máster	L x Bt	14	$Bt = -3.22 + 1.96L$	0.65	0.82	-	0.0005
	A x Bt	14	$Bt = 2.81 + 0.63A$	0.07	0.38	-	0.1724
	C x Bv	5	$Bv = -21.26 + 5.22C$	0.45	0.76	+	0.1289
	L x Bv	5	$Bv = -3.22 + 1.48L$	0.36	0.72	-	0.1686
	A x Bv	5	$Bv = 2.82 + 0.06A$	-0.33	0.03	-	0.9572
	C x L	1025	$L = 0.46 + 0.71C$	0.95	0.97	-	*
	C x A	1025	$A = -2.58 + 1.39C$	0.91	0.95	+	*
	L x A	1025	$A = -2.18 + 1.40L$	0.92	0.95	+	*
	C x Bt	1025	$Bt = -8.55 + 2.99C$	0.96	0.98	-	*
	L x Bt	1025	$Bt = -7.66 + 3.02L$	0.96	0.98	+	*
Geral	A x Bt	1025	$Bt = -2.68 + 2.05A$	0.95	0.97	-	*
	C x Bv	115	$Bv = -9.85 + 2.82C$	0.82	0.90	-	*
	L x Bv	115	$Bv = -9.91 + 3.03L$	0.75	0.87	+	*
	A x Bv	115	$Bv = -4.29 + 1.94A$	0.83	0.91	-	*

543

544

545

546 **Tabela 2.** Relações biomorfométricas de ostras *Crassostrea* spp. Apresentando o total de
 547 ostras utilizadas no estudo (N), a equação da relação, os coeficientes de correlação (R^2),
 548 coeficientes de correlação de Pearson (r). Legenda: comprimento (C), largura (L), altura
 549 (A), biomassa total (Bt) e biomassa visceral (Bv).

Classe	Local	Relação	N	Equação	R^2	r	Referência
<i>C. angulata</i>	Estuário Kuala Gigieng, Indonésia	Bt x C	442	$Bt = 0.21 \times C^{1.48}$	0.62	0.78	Octavina, et al. (2015)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	936	$L = 1.27 - 12.89C$	0.85	0.92	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	226	$L = 0.54 + 33.35C$	0.69	0.83	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	337	$L = 0.66 + 25.15C$	0.56	0.74	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	399	$L = 0.67 + 0.45C$	0.43	0.65	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	176	$L = 0.48 + 22.65C$	0.47	0.68	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	186	$L = 0.55 + 17.25C$	0.55	0.74	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	936	$L = 0.31 - 0.12C$	0.77	0.87	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	226	$L = 0.47 - 6.64C$	0.72	0.84	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	337	$L = 0.30 + 18.53C$	0.29	0.53	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	399	$L = 0.15 + 10.97C$	0.17	0.41	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	176	$L = 0.44 - 6.23C$	0.59	0.76	Harding (2007)
<i>C. ariakensis</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	186	$L = 0.33 + 5.10C$	0.57	0.75	Harding (2007)
<i>C. brasiliiana</i>	Bertioga - SP, Brasil	C x A	202	$A = 9.46 + 1.02C$	0.64	0.80	Pereira, et al. (1988)
<i>C. brasiliiana</i>	Bertioga - SP, Brasil	C x A	215	$A = 11.01 + 0.98C$	0.56	0.75	Pereira, et al. (1988)
<i>C. brasiliiana</i>	Bertioga - SP, Brasil	Bv x C	86	$Bv = 3.2 \times 10^4 \times C^{2.08}$	0.65	0.80	Pereira, et al. (1988)
<i>C. brasiliiana</i>	Bertioga - SP, Brasil	Bv x A	88	$Bv = 2.7 \times 10^4 \times A^{2.58}$	0.71	0.84	Pereira, et al. (1988)
<i>C. brasiliiana</i>	Cananéia - SP, Brasil	Bv x C	126	$Bv = -2.83 + 2.66C$	-	-	Pereira & Chagas Soares (1996)
<i>C. brasiliiana</i>	Cananéia - SP, Brasil	Bt x C	126	$Bt = -1.32 + 2.71C$	-	-	Pereira & Chagas Soares (1996)
<i>C. gigas</i>	Estuário Kuala Gigieng, Indonésia	Bt x C	446	$Bt = 4.5 \times 10^4 \times C^{1.86}$	0.77	0.87	Octavina, et al. (2015)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x C	82	$Bt = -1.24 + 1.46C$	0.39	0.63	Nagi, et al. (2011)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x L	82	$Bt = -0.73 + 1.24L$	0.30	0.55	Nagi, et al. (2011)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x A	82	$Bt = -0.67 + 1.34A$	0.50	0.71	Nagi, et al. (2011)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x C	82	$Bv = -2.01 + 1.24C$	0.20	0.45	Nagi, et al. (2011)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x L	82	$Bv = -1.15 + 0.76L$	0.07	0.28	Nagi, et al. (2011)
<i>C. gryphoides</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x A	82	$Bv = -1.27 + 0.94A$	0.17	0.42	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Canal Moeshkali, Bangladesh	Bt x C	1470	$Bt = 0.305 \times C^{2.70}$	0.99	0.99	Amin, et al. (2008)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x C	219	$Bt = -2.22 + 2.06C$	0.60	0.78	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x L	219	$Bt = -1.15 + 1.53L$	0.44	0.67	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bt x A	219	$Bt = -0.80 + 1.41A$	0.47	0.69	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x C	219	$Bv = -3.29 + 2.07C$	0.40	0.64	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x L	219	$Bv = -1.99 + 1.39L$	0.25	0.50	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Ilha Choroa, Índia	Bv x A	219	$Bv = -1.94 + 1.48A$	0.36	0.60	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x C	203	$Bt = -1.64 + 1.72C$	0.51	0.72	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x L	203	$Bt = -0.79 + 1.29L$	0.36	0.60	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x A	203	$Bt = -0.44 + 1.17A$	0.34	0.59	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x C	203	$Bv = -2.77 + 1.70C$	0.24	0.49	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x L	203	$Bv = -1.60 + 1.06L$	0.10	0.33	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x A	203	$Bv = -1.69 + 1.24A$	0.18	0.43	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x C	115	$Bt = -2.11 + 1.99C$	0.54	0.74	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x L	115	$Bt = -1.18 + 1.52L$	0.40	0.64	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bt x A	115	$Bt = -0.64 + 1.29A$	0.43	0.66	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x C	115	$Bv = -2.12 + 1.23C$	0.16	0.41	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x L	115	$Bv = -2.01 + 1.27L$	0.23	0.48	Nagi, et al. (2011)
<i>C. madrasensis</i>	Nerul Creek, Índia	Bv x A	115	$Bv = -1.37 + 0.93A$	0.18	0.43	Nagi, et al. (2011)
<i>C. rhizophorae</i>	Ilha de Margarita, Venezuela	Bt x C	-	$Bt = 3.3 \times 10^3 \times C^{1.86}$	0.43	0.66	Gonzalez, et al. (2015)
<i>C. iridescens</i>	Estuário Kuala Gigieng, Indonésia	Bt x C	286	$Bt = 0.40 \times C^{1.27}$	0.71	0.84	Octavina, et al. (2015)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	Bt x C	-	$Bt = 6.79 \times 10^4 \times C^{2.49}$	0.94	0.96	Paynter & Dimichele (1990)
<i>C. virginica</i>	Machona, México	Bt x C	-	$Bt = 0.06 \times C^{1.56}$	0.90	0.95	Cárdenas & Aranda (2007)
<i>C. virginica</i>	Cascajal, México	Bt x C	-	$Bt = 0.04 \times C^{2.13}$	0.60	0.78	Cárdenas & Aranda (2007)
<i>C. virginica</i>	Puente de Osió, México	Bt x C	-	$Bt = 0.01 \times C^{2.03}$	0.39	0.63	Cárdenas & Aranda (2007)
<i>C. virginica</i>	Pama I, México	Bt x C	-	$Bt = 0.01 \times C^{2.01}$	0.49	0.70	Cárdenas & Aranda (2007)
<i>C. virginica</i>	Pama II, México	Bt x C	-	$Bt = 0.62 \times C^{0.92}$	0.21	0.46	Cárdenas & Aranda (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	399	$L = 0.63 + 2.71C$	0.51	0.71	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	168	$L = 0.50 + 18.82C$	0.53	0.72	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x L	166	$L = 0.45 + 26.05C$	0.36	0.60	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	399	$L = 0.18 + 5.30C$	0.36	0.60	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	168	$L = 0.38 - 3.10C$	0.60	0.77	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	C x A	166	$L = 0.23 + 10.75C$	0.32	0.56	Harding (2007)
<i>C. virginica</i>	Baía Chesapeake, EUA	Bt x C	-	$Bt = 3e-05 \times C^{2.35}$	0.73	0.85	Liddel (2008)
<i>C. virginica</i>	New Hampshire, USA	Bt x C	-	$Bt = 1.8 \times 10^6 \times C^{3.37}$	0.92	0.95	Grizzle, et al. (2016)
<i>C. virginica</i>	Estuário Kuala Gigieng, Indonésia	Bt x C	377	$Bt = 5.4 \times 10^2 \times C^{1.86}$	0.70	0.83	Octavina, et al. (2015)

550

11.3 Publicação III

1

1 **Growth performance of the mangrove oyster cultivated on the Amazonian coast**

2

3 **Desempenho do crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral amazônico**

4

5 Rafael Anaisce das CHAGAS*, Rosana Esther Oliveira da SILVA, Valdo Sena de

6 ABREU, Mara Rúbia Ferreira BARROS, Wagner César Rosa dos SANTOS, Marko

7

HERRMANN

8

9 Amazon Rural Federal University (UFRA), Institute of Social Environmental and Water

10 Resources (ISARH), research group Tropical Benthic Ecology (<http://www.benthos.eu>),

11 Av. Presidente Tancredo Neves, 2501 – Post Box nº 917, Bairro: Montese, CEP: 66077-

12 530, Belém, Pará – Brazil.

13

14 * Corresponding author: rafael@benthos.eu

15

16 **Abstract**

17 In the last decades the ostreiculture stands out as the main mitigating measure to the
18 decline of the fishery, as it presents socio-economic and environmental viability.
19 However, for the success of the activity, it is necessary to understand the stages of
20 cultivation, as well as the growth performance of the species to be cultivated. The present
21 work aims to characterize the growth and survival of *Crassostrea tulipa*, cultivated on the
22 Amazonian coast between April/2016 and April/2017. For this purpose, oysters were
23 grouped by commercial size class (*seed*, *juvenile*, *baby*, *average* and *masters*) and
24 compared the growth rates and their relationships with the abiotic variables (temperature
25 and salinity). At the end of the study, there was no difference in the average growth
26 between the oyster classes, however, when comparing them in the total and percentage
27 growth rates, a higher performance was observed in the oysters classified by *juveniles*
28 and *seeds*, respectively. The relationship of salinity to oyster growth was evidenced only
29 in the class of *juvenile* oysters. The survival rates of oysters in this study were satisfactory
30 and correlated to those found in other studies in the Brazilian coast. The cultivation time
31 required to obtain native oysters in the commercial size varied between four and seven
32 months, being inferior to those found in other Brazilian regions.

33

34 **Keywords:** Amazon region, aquaculture, oyster farming, native oyster.

35

36 **Resumo**

37 Nas últimas décadas a ostreicultura destaca-se como principal medida mitigatória ao
38 declínio da pesca, por apresentar viabilidade socioeconômica e ambiental. Entretanto,
39 para o sucesso da atividade, faz-se necessário compreender as etapas do cultivo, bem

40 como o desempenho do crescimento da espécie a ser cultivada. O presente trabalho tem
41 como objetivo caracterizar o crescimento e a sobrevivência da *Crassostrea tulipa*,
42 cultivada no litoral amazônico entre os meses abril/2016 e abril/2017. Para esse fim,
43 agrupou-se as ostras por classe de tamanho comerciais (*semente, juvenil, baby, média e*
44 *máster*) e comparou as taxas de crescimento e suas relações com as variáveis abióticas
45 (temperatura e salinidade). Ao final do estudo, verificou-se não há diferença no
46 crescimento médio entre as classes de ostras, entretanto ao comparar as nas taxas de
47 crescimento total e percentual, destaca-se um maior desempenho nas ostras classificadas
48 por *juvenis* e *sementes*, respectivamente. A relação da salinidade com o crescimento das
49 ostras foi evidenciada apenas na classe de ostras *juvenis*. As taxas de sobrevivência das
50 ostras neste estudo foram satisfatórias e correlatas a encontradas em outros estudos no
51 litoral brasileiro. O tempo de cultivo necessário a obtenção de ostras nativas no tamanho
52 comercial variou entre quatro e sete meses, sendo inferior aos encontrados em outras
53 regiões brasileiras.

54

55 **Palavras-chave:** Região Amazônica, aquicultura, cultivo de ostras, ostra nativa.

56

57

58 INTRODUÇÃO

59 A produção mundial oriunda da aquicultura de moluscos bivalves desempenha um
60 papel importante na alimentação humana, apresentando a partir da década de 1980, um
61 rápido crescimento até o ano de 2014 (FAO 2016). Este crescimento na produção de
62 bivalves é resultado, por exemplo, do sucesso da mitilicultura (cultivo de mexilhões) e da
63 ostreicultura (cultivo de ostras), que surgem como uma alternativa viável para mitigar o
64 declínio da pesca, reduzindo a pressão sobre os estoques naturais (Montanhini-Neto and
65 Ostrensky 2012) e tornando-se uma fonte de renda para as comunidades litorâneas
66 (Ostrensky *et al.* 2008; Legat *et al.* 2009; Sampaio *et al.* 2017).

67 No Brasil, a ostreicultura restringe-se ao cultivo de quatro ostras do gênero
68 *Crassostrea* Sacco, 1897: as ostras nativas *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819) (sin.
69 *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)), *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828),
70 *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) e a ostra exótica *Crassostrea gigas* (Thunberg,
71 1793) (Chagas 2016; Legat *et al.* 2017). Contudo, o Brasil consta apenas como produtor
72 de ostras *Crassostrea* sp., por conta da instabilidade taxonômica das ostras cultivadas (see
73 Melo *et al.* 2013 and their references).

74 Existem cultivos de ostras em todo litoral brasileiro, entretanto nas regiões Norte
75 e Nordeste acontecem de forma artesanal e, nas regiões Sul e Sudeste, de forma industrial
76 (Macedo *et al.* 2016). Neste cenário, destaca-se o estado de Santa Catarina (Maccacchero
77 *et al.* 2007; Montanhini-Neto and Ostrensky 2012), responsável por 97,9% da produção
78 brasileira em 2016 (IBGE 2017). Neste mesmo ano, ostreicultura do estado do Pará
79 apresentou uma produtividade de ~42 toneladas, (0,2% da produção nacional) (IBGE
80 2017).

81 O sucesso na ostreicultura depende fortemente das condições ambientais da área
82 de cultivo, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas do ambiente (Pereira
83 *et al.* 1991; Alvarenga and Nalesso 2006; Manzoni and Schimitt 2006; Maccacchero,
84 Ferreira & Guzenski 2007; Pinto 2007; Legat *et al.* 2009; Azevedo *et al.* 2015; Ostrensky
85 *et al.* 2015; Chagas 2016; Chagas, Barros, *et al.* 2018; Oliveira *et al.* 2018). Tais fatores
86 influenciam diretamente no crescimento da ostra cultivada, e por conta disso, diversos
87 estudos foram realizados (Pereira, Galvão & Tanji 1991; Pereira *et al.* 2001; Pereira *et al.*
88 2003; Cardoso Júnior *et al.* 2012; Vilar 2012; Lopes *et al.* 2013; Rosa 2014; Azevedo,
89 Tonini, Santos & Braga 2015; Legat *et al.* 2017; Oliveira *et al.* 2018).

90 Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar o crescimento
91 da ostra-do-mangue *C. tulipa*, cultivada no litoral amazônico, e comparar com o
92 desempenho de ostras cultivadas no litoral brasileiro.

93

94 MATERIAL E MÉTODOS

95 O local de estudo delimita-se na ostreicultura da Associação dos Agricultores,
96 Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situado na zona estuarina da bacia hidrográfica
97 do rio Urindeua, município de Salinópolis, estado do Pará, região Norte do Brasil (Figura
98 1).

99 Na ASPAQ cultiva-se a ostra-do-mangue *C. tulipa*, comprando as sementes na
100 Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA, situado município
101 de Curuçá (Macedo *et al.* 2016; Sampaio, Tagliaro, Schneider & Beasley 2017). De
102 acordo com os autores, o sistema de cultivo utilizado na ASPAQ é do tipo mesa fixa,
103 utilizando travesseiros e lanternas. Segundo os ostreicultores, as lanternas estão sendo

104 susbtuídas por travesseiros e bolsas, principalmente por conta da quantidade de
105 predadores (e.g. *Stramonita brasiliensis*) (Chagas 2016).

106 Em abril de 2016 inseriu-se no cultivo da ASAPAQ 600 *C. tulipa*, dispostas em
107 quatro lanternas e distribuídas por classes de tamanhos comerciais (semente: 15 a 29 mm
108 de comprimento; juvenil: 30 a 59 mm; baby: 60 a 79 mm; média: 80 a 100 mm; e máster:
109 > 100 mm). Mensalmente, durante um ano, as conchas das ostras foram limpas, conforme
110 Chagas (2016), sendo posteriormente mensurados o comprimento total da concha,
111 segundo Quayle (1988), utilizando um paquímetro digital (marca: TESA – Datadirect,
112 precisão: 0,01 mm).

113 Para a caracterização do crescimento de *C. tulipa* agrupou-se previamente os
114 dados morfométricos por classes de tamanhos comerciais. A partir disso, estimou-se a
115 taxa média de crescimento mensal (T_{cm}) e total (T_{ct}) conforme equação 4 e 5 abaixo:

116

$$T_{cm} = \frac{\sum(C_{mt} - C_{mi})}{N_{ostra}} \quad (4)$$

$$T_{ct} = \frac{C_{mf} - C_{mi}}{N_{meses}} \quad (5)$$

117

118 Onde, T_{cm} é a taxa média de crescimento mensal, C_{mi} o comprimento total de cada
119 ostra mensurada no mês atual, C_{mi} média do comprimento total das ostras no início do
120 experimento. T_{ct} representa a taxa média de crescimento total das ostras ao final do
121 experimento, C_{mf} é o comprimento total médio das ostras mensuradas no último mês e
122 N_{meses} o número de meses do experimento.

123 A taxa de sobrevivência de *C. tulipa* foi estimada por classes de tamanho através
124 da equação 6 abaixo:

125

$$S = \frac{N_t}{N_0} \cdot 100 \quad (6)$$

126

127 Onde, S é a sobrevivência percentual das ostras ao final do experimento, N_t o
128 número de indivíduos sobreviventes e N_0 o número inicial de indivíduos no experimento.

129 Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) para verificar a normalidade dos
130 dados. Sequentemente, com a finalidade de comparar a T_{cm} obtidos de cada classe de
131 comprimento total das ostras ao final do estudo, efetuou-se a Análise de Variância
132 (ANOVA *one-way*). Sequentemente, formulou-se as seguintes hipóteses: H_0 (hipótese
133 nula), onde não há diferença entre os valores de T_{cm} entre as classes; e H_1 (hipótese
134 alternativa), que apresenta ao menos duas classes com T_{cm} diferentes no experimento.
135 Quando evidenciado diferenças entre as T_{cm} , comparou-se as médias através do teste de
136 Tukey, a um nível de significância de 5%.

137 Com a finalidade de verificar a correlação entre as variáveis abióticas (salinidade
138 e TSA) e as classes das ostras cultivadas, submeteu-se os dados obtidos a análise de
139 correlação. Para isso, realizou-se a regressões simples entre as variáveis (através da
140 Equação 2), sendo variável dependente (Y) correspondente ao T_{cm} por classe de ostras e
141 a variável independente (X) os fatores abióticos. Os dados foram log transformados com
142 o intuito de diminuir a amplitude de variação entre as variáveis correlacionadas.
143 Classificou-se os valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) de acordo com a
144 classificação proposta por Hopkins (2000).

145 Todas as análises estatísticas foram consideradas a um nível de significância de
146 95 % ($\alpha = 0,05$) (Zar 2010), utilizando o *software* PAST – *Palaeontological Statistics*
147 (Versão 3.18) (Hammer 2018).

148 Paralelamente, mensurou-se os dados abióticos (salinidade e TSA) durante a maré
149 vazante em cada mês, com auxílio de uma refratômetro manual e termômetro de imersão
150 digital, respectivamente. Obteve-se os dados pluviométricos no *webpage* da Agência
151 Nacional de Águas (<http://www3.ana.gov.br/>).

152

153 **Resultados**

154 Observa-se uma variabilidade nos dados abióticos ao longo dos meses de coleta.
155 A maior variação foi evidenciada na salinidade, com média de $22,5 \pm 12,6$ (média \pm SD),
156 valor mínimo de 3 (abr/16) e máxima de 39 (nov/16). A temperatura apresentou pouca
157 variação, com $31,2 \pm 0,9^\circ\text{C}$, mínima de $30,1^\circ\text{C}$ (jul/16) e máxima de $33,7^\circ\text{C}$ (abr/16). A
158 variação da pluviosidade média mensal comportou-se inversamente proporcional a
159 salinidade, com média de $5,8 \pm 7,3$ mm.dia⁻¹, apresentando meses com ausência de chuvas
160 (set/16 e out/16) e máxima de $20,59$ mm.dia⁻¹ (abr/17).

161 Os dados morfométricos mensais de *C. tulipa* estão disponíveis em Chagas,
162 Abreu, *et al.* (2018), na plataforma *Data Publisher for Earth & Environmental Science -*
163 *PANGAEA* (<https://www.pangaea.de/>). A partir desses dados, observa-se o crescimento
164 das ostras, em todas as classes comerciais, através das médias de comprimentos totais
165 mensuradas mensalmente (Figura 3) e do percentual de crescimento ao longo do período
166 amostrado (Figura 4), destacando-se um maior desempenho no crescimento das ostras
167 classificadas por *sementes* (116%) no período do estudo.

168 As ostras classificadas por *sementes* apresentaram $T_{cm} = 5,17 \pm 1,42$ mm
169 (média \pm SD), variando entre 3,07 e 7,63mm, *juvenis* com $T_{cm} = 5,03 \pm 0,88$ mm, variando
170 entre 3,61 e 6,46mm, *baby* com $T_{cm} = 4,19 \pm 1,64$ mm, variando entre 2,01 e 7,42mm,

171 *média* com $T_{cm} = 4,08 \pm 1,80$ mm, variando entre 1,40 e 7,94mm, e *máster* com
172 $T_{cm} = 6,22 \pm 4,10$ mm, variando entre 2,36 e 14,12mm.

173 Nos três primeiros meses do experimento, verifica-se uma maior oscilação nas
174 T_{cm} das ostras, com destaque as ostras *másters* que apresentaram uma diminuição brusca
175 no T_{cm} entre os meses de junho e julho de 2016. Destaca-se a amplitude considerável de
176 T_{cm} das ostras *médias* entre maio e junho, do mesmo ano. Após o mês de julho de 2016,
177 observa-se um equilíbrio nas T_{cm} das ostras, apresentando pequenas variações nos meses
178 seguintes. Ressalta-se as ostras *juvenis* apresentaram a menor variação T_{cm} no período do
179 experimento (Figura 5).

180 De acordo com o resultado da ANOVA, não se encontrou evidências de diferenças
181 significativas ($F_c = 1,464 < F_r = 2,578$; $\alpha = 0,05$), aceitando-se a hipótese nula. Sendo assim,
182 os valores de T_{cm} obtidos em cada classe de comprimento total das ostras ao final do
183 estudo não apresentam diferenças (Figura 6, Tabela 1). Esse resultado perpetuou-se
184 também no teste de Tukey, não apresentando diferenças significativas (Tabela 2).

185 De acordo com a classificação proposta por Hopkins (2000), a partir dos valores
186 do coeficiente de correlação de Pearson (r), indicam uma baixa correlação entre a T_{cm} das
187 classes de ostras e a TSA mensal (Tabela 3). Ao analisar a T_{cm} das ostras e a variação
188 mensal da salinidade, verifica-se uma correlação classificada por “moderada” entre a
189 variável abiótica e as classes *semente*, *baby*, *média* e *máster*. Destaca-se a relação entre a
190 classe *juvenil* e a salinidade, classificando a correlação por “muito alta” (Tabela 3). Esse
191 maior desempenho das ostras *juvenis* é evidente nas Figura 5, onde nos meses com a
192 maiores salinidades (outubro, novembro e dezembro de 2016), a T_{cm} dessa classe
193 apresentou-se superior as demais.

194

195 As taxas de sobrevivência das ostras foram altas destacando-se as ostras
196 classificadas por *baby* com um melhor percentual de sobrevivência (~85%) e as *másters*
197 o menor percentual (~66%) (Tabela 4).

198

199 **Discussão**

200 A temperatura é uma variável que depende da hora da coleta e da estação sazonal,
201 entretanto a média da temperatura superficial da água encontrada no rio Urindeua está de
202 acordo com outros rios da Amazônia (Miranda *et al.* 2009). A ascensão da salinidade e o
203 declínio da pluviosidade está relacionado ao início da estação menos chuvosa (estação
204 seca), delimitada pelos autores entre junho a novembro.

205 As taxas de sobrevivência de *C. tulipa* observadas no período do experimento (Tabela
206 4) são consideradas ótimas ao cultivo de ostra-do-mangue. Os dados obtidos em outros
207 estudos com o mesmo período de cultivo corroboram tal afirmação, Legat *et al.* (2017)
208 observou em seu experimento com *C. tulipa*, nos estados do Maranhão e Santa Catarina,
209 uma taxa de sobrevivência superior (>87% e 91%, respectivamente) à encontrada nesse
210 estudo (entre 66 e 85%). Já Oliveira (2014), apresenta sobrevivências entre 73 e 80% da
211 ostra *C. brasiliana* e entre 87 e 94% de *C. rhizophorae*, ambas cultivadas no estado da
212 Bahia. Entretanto, utilizando o mesmo período de cultivo, outros estudos apresentam uma
213 baixa sobrevivência, como por exemplo, ~30% (Pereira and Chagas Soares 1996) e ~50%
214 (Pereira *et al.* 1988), ambos utilizando a ostra *C. brasiliana* no estado de São Paulo, e
215 sobrevivência de 40% encontrada no cultivo de *C. gigas* em Santa Catarina (Manzoni and
216 Schmitt 2006).

217 Em contrapartida, alguns estudos, utilizando um menor período de cultivo,
218 apresentam uma elevada taxa de sobrevivência de ostras do gênero *Crassostrea* no litoral

219 brasileiro. Dentre esses estudos, destaca-se ~90% de sobrevivência, em dez meses de
220 cultivo de *C. brasiliiana*, em São Paulo (Pereira, Machado, Henriques & Yamanaka
221 2001), ~88% em quatro meses de cultivo no Paraná (Pinto 2007) e ~93% em cinco meses
222 de cultivo em Santa Catarina (Maccacchero, Ferreira & Guzenski 2007), ambos
223 utilizando ostras *Crassostrea* sp. em seus experimentos.

224 De acordo com a revisão elaborada por Chagas and Herrmann (2018), observa-se que
225 46% dos trabalhos apresentam a classe *juvenil* como tamanho mínimo no início do
226 experimento, 32% com *pré-ementes*, 12% com *ementes* e 10% com *babys*. Os estudos
227 que abordam o desempenho no crescimento de ostras no litoral brasileiro comparam o
228 crescimento médio mensal sem distinção de classes (Rosa 2014; Legat et al. 2017), o que
229 acarreta em comparações tendenciosas ou equivocadas. Por conta disso, a nível de
230 padronização, comparou-se os desempenhos das ostras cultivadas com estudos que
231 utilizaram classes equivalentes.

232 O tamanho comercial da ostra está relacionado a forma de consumo, a espécie e a
233 preferência regional (Legat et al. 2017). A *C. tulipa* apresenta 60 mm como tamanho
234 inicial a comercialização no estado do Pará (Macedo et al. 2016; Sampaio, Tagliaro,
235 Schneider & Beasley 2017) e neste estudo, as ostras classificadas por *semente* e *juvenis*,
236 levaram em média sete e quatro meses, respectivamente, à atingir o tamanho comercial
237 (Figura 3).

238 Legat et al. (2017) citam que as ostras *C. tulipa* apresentam um melhor desempenho
239 de crescimento cultivadas em Santa Catarina, quando comparadas aquelas cultivadas no
240 estado do Maranhão. Entretanto, o desempenho do crescimento encontrado neste estudo
241 é bem superior aos encontrados por outros autores nas regiões sul e sudeste (Tabela 5).

242

243 Nos estudos pelo litoral brasileiro, as ostras classificadas por *pré-ementes*
244 apresentam uma taxa média de crescimento (T_{ct}) de $6,08 \pm 2,65$ mm (média \pm SD), variando
245 entre 2,53 e 9,96mm. Ao comparar o desempenho daquelas classificadas por *ementes*,
246 observa-se que a média de T_{ct} encontrada neste estudo ($T_{ct}=3,41$ mm) apresentou-se bem
247 inferior a média nacional ($T_{ct}=5,19 \pm 2,74$ mm). Tal resultado é semelhante ao encontrado
248 por Pereira and Chagas Soares (1996), em seu experimento com *C. brasiliiana*. Resultado
249 bem diferente encontrou-se quando se compara o desempenho das *juvenis* e *baby*, que
250 apresentaram T_{ct} bem superior à média encontrada em outras regiões ($T_{ct}=2,95 \pm 2,24$ mm
251 e $T_{ct}=0,16 \pm 0,03$ mm, respectivamente). A ausência de experimentos referente ao
252 crescimento de ostras *médias* e *máster* e o elevado número de publicações referente as
253 *pré-ementes* e *juvenis*, ocorre por motivos distintos. No caso das ostras classificadas por
254 *pré-ementes*, é importante a compreensão de seu desenvolvimento inicial, bem como sua
255 relação aos parâmetros ambientais. Já as *juvenis*, representam os comprimentos de
256 ostras mais comercializadas no Brasil, e por conta disso, os maiores estudos destinam-se
257 a essas classes de comprimento.

258 De acordo com Gosling (2015), diversos fatores estão relacionados ao crescimento
259 de moluscos bivalves, entretanto a sinergia entre eles torna difícil estimar o efeito de um
260 fator isolado. Pereira, Machado, Henriques & Yamanaka (2001) citam que as taxas de
261 crescimento e sobrevivência das ostras estão diretamente influenciadas pelos fatores
262 bióticos e abióticos (e.g. salinidade, amplitude de maré, produção primária, sistemas de
263 cultivo). Tal afirmação é corroborada por diversos autores (Maccacchero *et al.* 2005;
264 Manzoni and Schimitt 2006; Maccacchero, Ferreira & Guzenski 2007; Cardoso Júnior et
265 al. 2012; Vilar 2012; Oliveira 2014; Rosa 2014; Legat et al. 2017).

266 Para uma estimação precisa das taxas de crescimento da ostra cultivada numa área
267 climática tropical, recomendam Chagas and Herrmann (2016) um experimento de
268 marcação-recaptura, usando o método de marcação fluorescente *in situ* (a base solução
269 de calceína) e análises de incremento de tamanho subsequentes. Este método é eficaz por
270 apresentar excelentes marcações e não influenciar negativamente na sobrevivência dos
271 indivíduos marcados (Herrmann, Carstensen, *et al.* 2009; Herrmann, Lepore, *et al.* 2009;
272 Lepore *et al.* 2009; Chagas and Herrmann 2016; Herrmann 2018).

273

274 **Conclusão**

275 A variabilidade nas taxas de crescimento das ostras *C. tulipa* nos primeiros meses
276 do cultivo evidenciam-se um estresse às condições ambientais. Entretanto, a partir da
277 minimização desse estresse (ocorrido no terceiro mês de cultivo), ocorre a equilíbrio das
278 taxas de crescimento. Conclui-se, através das análises estatísticas efetuadas, que não há
279 diferença entre as taxas de crescimento das ostras ao final do experimento, contudo,
280 observa-se diferenças nas taxas de crescimento total e percentual, com destaque as ostras
281 classificadas por *juvenis* e *sementes*, respectivamente. A salinidade influenciou apenas no
282 crescimento das ostras *juvenis*, principalmente por essas ostras apresentarem as maiores
283 taxas de crescimento mensal nos meses onde evidenciou os maiores valores de
284 salinidades.

285 As taxas de sobrevivência das ostras neste estudo foram satisfatórias e correlatas
286 a encontradas em outros estudos no litoral brasileiro.

287 Neste estudo, o período de cultivo da ostra até atingir o tamanho comercial foi
288 menor (de quatro a sete meses) do que os encontrados em outras regiões (e.g. sul e
289 sudeste), inclusive quando compara-se com a mesma espécie.

290

291 **Agradecimentos**

292 Os autores agradecem a Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores
293 (ASAPAQ) da Vila de Santo Antônio de Urindeua, pelo apoio ao desenvolvimento da
294 pesquisa. em especial aos ostreicultores: a Dona Maria (presidente em exercício), Tito,
295 Miro e seu Antônio (ex-presidente). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento
296 Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas para a realização desta
297 pesquisa. A Universidade Federal Rural da Amazônia, sobretudo ao Instituto
298 Socioambiental e dos Recursos Hídricos, pelo apoio logístico na cessão do transporte ao
299 deslocamento dos autores ao local da pesquisa.

300

301 **Referência**

- 302 Akaboshi, S. 1979. Notas sobre o comportamento da ostra japonesa, *Crassostrea gigas*
303 (Thunberg, 1795), no litoral do estado do São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto*
304 *de Pesca*. 6único: 93-104.
- 305 Alvarenga, L.; Nalesso, R. C. 2006. Preliminary assessment of the potential for mangrove
306 oyster cultivation in Piraquê-açu River Estuary (Aracruz, ES). *Brazilian Archives*
307 *of Biology and Technology*. 491: 163-69.
- 308 Azevedo, R. V. d.; Tonini, W. C. T.; Santos, M. J. M. d.; Braga, L. G. T. 2015.
309 Biofiltration, growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in
310 effluents from shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Revista Ciência Agronômica*. 461:
311 193-203.
- 312 Cardoso Júnior, L. O.; Lavander, H. D.; Silva Neto, S. R. d.; Souza, A. B. d.; Silva, L. O.
313 B. d.; Gálvez, A. O. 2012. Crescimento da ostra *Crassostrea rhizophorae*
314 cultivada em diferentes densidades de estocagem no Litoral Norte de
315 Pernambuco. *Revista Pesquisa Agropecuária Pernambucana*. 17único: 10-14.
- 316 Chagas, R. A. d. 2016. *Biofouling no cultivo da ostra-do-mangue Crassostrea*
317 *rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um estuário amazônico.
318 Monografia (Bacharel em Engenharia de Pesca), Instituto Socioambiental e dos
319 Recursos Hídricos/ Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 116p.
- 320 Chagas, R. A. d.; Abreu, V. S.; Silva, R. E. O. d.; Assis, A. S. d.; Passos, T. A. F. d.;
321 Barros, M. R. F.; Santos, W. C. R. d.; Herrmann, M. 2018. Morphometric data of
322 *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast.
323 <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890779>
- 324 Chagas, R. A. d.; Barros, M. R. F.; Santos, W. C. R. d.; Herrmann, M. 2018. Composition
325 of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary,

- 326 Para state, Northern Brazil. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 531: 9-
327 17.
- 328 Chagas, R. A. d.; Herrmann, M. 2016. Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e
329 subtropicais: recomendação para um método padronizado. *Acta of Fisheries and*
330 *Aquatic Resources*. 42: 28-38.
- 331 Chagas, R. A. d.; Herrmann, M. 2018. Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the
332 Brazilian coast: A review. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>
- 333 FAO. 2016. *Fishery and Aquaculture Statistics*. FAO, Rome, 105p.
- 334 Gosling, E. 2015. *Marine Bivalve Molluscs*. 2. ed. John Wiley & Sons, Ltd, 537p.
- 335 Hammer, Ø. 2018. *PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20*. Natural History
336 Museum: University of Oslo, 262p.
- 337 Herrmann, M. (2018). A aptidão de calceína como mrcador de crescimento *in situ* nas
338 ostras cultivadas e nativas em regiões subtropicais e tropicais do Brasil. In:R. A.
339 L. d. Souza (Ed.). *Ecosistemas aquáticos: Tópicos especiais*. ^Edufra, Belém,
340 p.239-46).
- 341 Herrmann, M.; Carstensen, D.; Fischer, S.; Laudien, J.; Penchaszadeh, P. E.; Arntz, W.
342 E. 2009. Population structure, growth and production of the wedge clam *Donax*
343 *hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) from northern Argentinean beaches. *Journal of*
344 *Shellfish Research*. 283: 511-26.
- 345 Herrmann, M.; Lepore, M. L.; Laudien, J.; Arntz, W. E.; Penchaszadeh, P. E. 2009.
346 Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A
347 comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis.
348 *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 3791-2: 8-15.
- 349 Hopkins, W. G. 2000. Correlation coefficient: a new view of statistics.
350 (<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>). Acesso em 21 de fev. de
- 351 IBGE. 2017. *Produção da pecuária municipal 2016*. IBGE, Rio de Janeiro, 51p.
- 352 Legat, A. P.; Oliveira, J. A. d.; Lazoski, C. V. d. S.; Sole-Cava, A. M.; Melo, C. M. R. d.;
353 Galvéz, A. O. 2009. *Caracterização genética de ostras nativas do gênero*
354 *Crassostrea no Brasil: base para o estabelecimento de um programa nacional de*
355 *melhoramento*. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 21p.
- 356 Legat, J. F. A.; Puchnick-Legat, A.; Fogaça, F. H. d. S.; Tureck, C. R.; Suhnel, S.; Melo,
357 C. M. R. d. 2017. Growth and survival of bottom oyster *Crassostrea gasar*
358 cultured in the northeast and south of Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*. 432:
359 172-84.
- 360 Lepore, M. L.; Penchaszadeh, P. E.; Alfaya, J. E. F.; Herrmann, M. 2009. Aplicación de
361 calceína para la estimación del crecimiento de la almeja amarilla *Mesodesma*
362 *mactroides* Reeve, 1854. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 443: 767-
363 74.
- 364 Lopes, G. R.; Gomes, C. H. A. d. M.; Tureck, C. R.; Melo, C. M. R. d. 2013. Growth of
365 *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian
366 waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 487: 975-82.
- 367 Maccacchero, G. B.; Ferreira, J. F.; Guzinski, J. 2007. Influence of stocking density and
368 culture management on growth and mortality of the mangrove native oyster
369 *Crassostrea* sp. in southern Brazil. *Biotemas*. 203: 47-53.
- 370 Maccacchero, G. B.; Guzinski, J.; Ferreira, J. F. 2005. Allometric growth on mangrove
371 oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultured in Southern Brazil.
372 *Revista Ciência Agrônômica*. 363: 400-03.

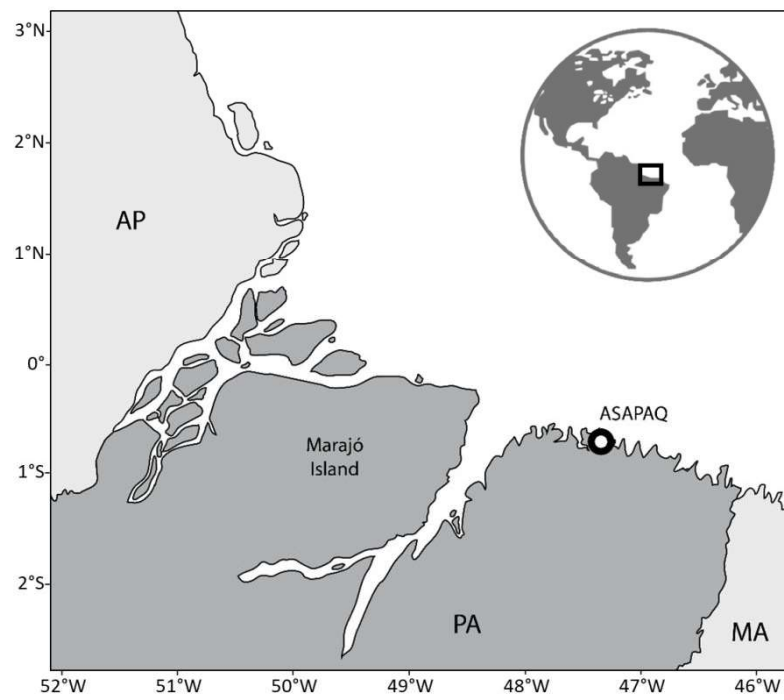
- 373 Macedo, A. R. G.; Silva, F. L. d.; Ribeiro, S. d. C. A.; Torres, M. F.; Silva, F. N. L.;
374 Medeiros, L. R. 2016. Perfil da ostreicultura na comunidade de Santo Antônio do
375 Urindeua, Salinópolis, nordeste do Pará/Brasil. *Revista Observatorio de la*
376 *Economía Latinoamericana*. marzo:
- 377 Manzoni, G. C.; Schimitt, J. F. (2006). Capítulo 17: Cultivo de ostras japonesas
378 *Crassostrea gigas* (Mollusca: Bivalvia), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC.
379 In: *Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em*
380 *Penha, SC*. ^Penha, p.p. 245-52).
- 381 Melo, M. A. D.; da Silva, A. R. B.; Beasley, C. R.; Tagliaro, C. H. 2013. Multiplex
382 species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*)
383 in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management.
384 *Aquaculture International*. 216: 1325-32.
- 385 Miranda, R. G.; Pereira, S. d. F. P.; Alves, D. T. V.; Oliveira, G. R. F. 2009. Qualidade
386 dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação
387 aos elementos químicos e parâmetros físico-químico. *Revista Ambiente & Água*.
388 42: 75-92.
- 389 Modesto, G. A.; Maia, E. P.; Olivera, A.; Brito, L. O. 2010. Utilização de *Crassostrea*
390 *rhizophorae* (Guilding 1828) no tratamento dos efluentes do cultivo de
391 *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*.
392 53: 367-75.
- 393 Montanhini-Neto, R.; Ostrensky, A. 2012. Revisão: Uso de modelos matemáticos para
394 avaliação da influência de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento de ostras
395 no Brasil. *PUBVET*. 64: 1-33.
- 396 Nascimento, I. A. (1991). *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliana*
397 (Lamarck) in South and Central America. In: W. Menzel (Ed.). *Estuarine and*
398 *marine bivalve mollusk culture*. ^CRC Press, Boston, p.125-34).
- 399 Oliveira, L. F. S.; Ferreira, M. A. P.; Juen, L.; Nunes, Z. M. P.; Pantoja, J. C. D.; Paixão,
400 L. F. d.; Lima, M. d. N. B. d.; Rocha, R. M. d. 2018. Influence of the proximity to
401 the ocean and seasonality on the growth performance of farmed mangrove oysters
402 (*Crassostrea gasar*) in tropical environments. *Aquaculture*. 496: 661-67.
- 403 Oliveira, N. L. d. 2014. *Avaliação do crescimento da ostra nativa Crassostrea (Sacco,*
404 *1897) cultivada em estruturas de sistemas fixos nas localidades de Ponta Grossa*
405 *(município de Vera Cruz) e Iguape (município de Cachoeira), região do*
406 *Recôncavo, na Baía de Todos os Santos, Bahia*. Dissertação (Mestrado em
407 Ciência Animal), Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas/
408 Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 70p.
- 409 Ostrensky, A.; Borghetti, J. R.; Soto, D. 2008. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*.
410 FAO, Brasília, 276p.
- 411 Ostrensky, A.; Castilho-Westphal, G. G.; Giroto, M. V. F.; Hungria, D. B. 2015.
412 *Ostreicultura: Manual de boas práticas: Qualidade e segurança para nons*
413 *negócios*. Sebrae, Brasília, 54p.
- 414 Pereira, O. M.; Akaboshi, S.; Chagas Soares, F. d. 1988. Cultivo experimental de
415 *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) no canal da Bertiooga, São Paulo, Brasil
416 (23°54'30"S, 45°13'42"W). *Boletim do Instituto de Pesca*. 151: 55-65.
- 417 Pereira, O. M.; Chagas Soares, F. d. 1996. Análise da criação de ostra *Crassostrea*
418 *brasiliana* (Lamarck, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de
419 Cananéia-SP. *Boletim do Instituto de Pesca*. 23único: 135-42.

- 420 Pereira, O. M.; Galvão, M. S. N.; Tanji, S. 1991. Época e método de seleção de sementes
421 de ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino - Laguna
422 de Cananéia, estado de São Paulo (25° S; 048° W). *Boletim do Instituto de Pesca*.
423 *18*único: 41-49.
- 424 Pereira, O. M.; Henriques, M. B.; Machado, I. C. 2003. Estimativa da curva de
425 crescimento da ostra *Crassostrea brasiliana* em bosques de mangue e proposta
426 para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. *Boletim de*
427 *Instituto de Pesca*. 291: 19-28.
- 428 Pereira, O. M.; Machado, I. C.; Henriques, M. B.; Yamanaka, N. 2001. Crescimento da
429 ostra *Crassostrea brasiliana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na
430 região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25° s, 48° w). *Boletim do Instituto de*
431 *Pesca*. 272: 163-74.
- 432 Pinto, F. M. V. S. 2007. *Efeito de organismos incrustantes sobre o crescimento e a*
433 *sobrevivência de ostras nativas do gênero Crassostrea em um cultivo suspenso*
434 *na Baía de Guaratuba (Paraná – Brasil)*. Monografia (Bacharel em
435 Oceanografia), Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná. 53p.
- 436 Quayle, D. B. 1988. *Pacific oyster culture in British Columbia*. Canadian Bulletin of
437 Fisheries and Aquatic Sciences 218, 241p.
- 438 Rosa, L. C. 2014. Crescimento e sobrevivência da ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck,
439 1819) mantida em um viveiro de cultivo de camarão. *Arquivo de Ciências do Mar*.
440 471: 64-68.
- 441 Sampaio, D. d. S.; Tagliaro, C. H.; Schneider, H.; Beasley, C. R. 2017. Oyster culture on
442 the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector.
443 *Reviews in Aquaculture*. 0: 1-17.
- 444 Vilar, T. C. 2012. *Crescimento da ostra-do-mangue Crassostrea rhizophorae (Guilding,*
445 *1828) cultivada em Barra de São Miguel, Alagoas, Brasil*. Dissertação (Mestrado
446 em Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE. 23p.
- 447 Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5th Edition. Prentice Hall, New Jersey, 960p.

448

449

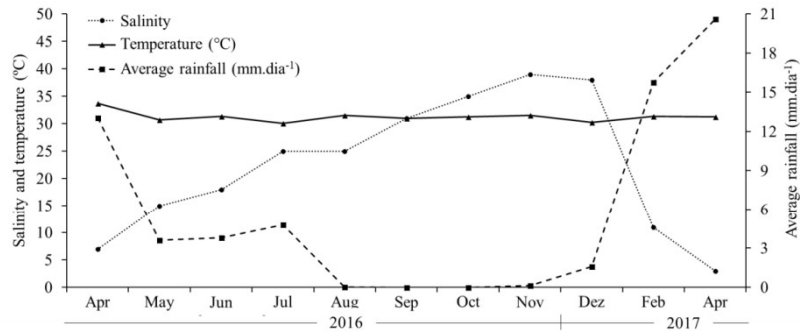
450 **Figura 1.** Localização da ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e
451 Aqüicultores – ASAPAQ, situado no rio Urindeua, litoral amazônico.



452

453

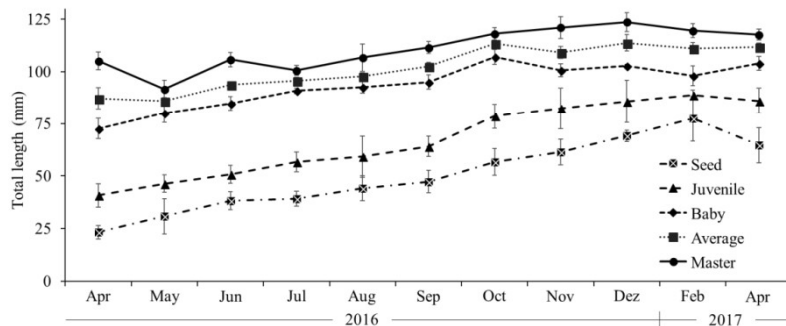
454 **Figura 2.** Variação mensal da salinidade e temperatura superficial da água (TSA) durante
 455 marés de sizígia e de pluviosidade média mensal no cultivo de ostras da ASAPAQ no rio
 456 Urindeua, Salinópolis, Pará, entre os meses abril/2016 e abril/2017.



457

458

459 **Figura 3.** Valores médio de comprimento total das ostras coletadas mensalmente no
 460 cultivo da ASAPAQ no rio Urindeua, Salinópolis, Pará, entre os meses abril/2016 e
 461 abril/2017. Barras de erros (superiores e inferiores) representam o desvio padrão das
 462 médias de comprimento total mensurados.

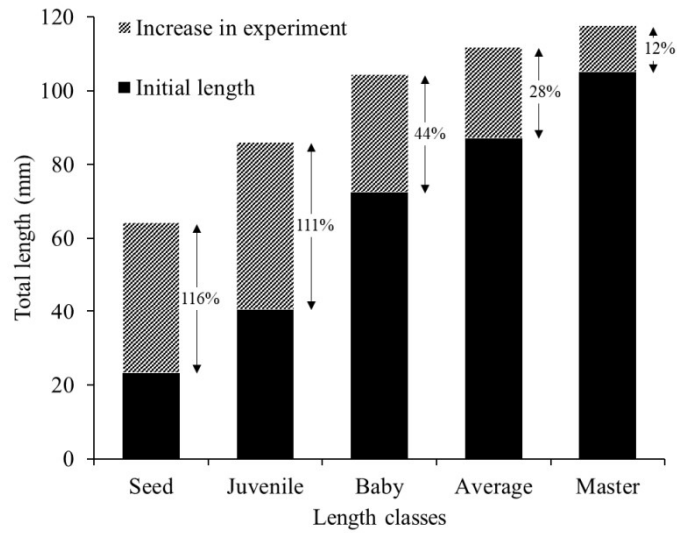


463

464

465

466 **Figura 4:** Crescimento percentual das ostras durante o experimento.

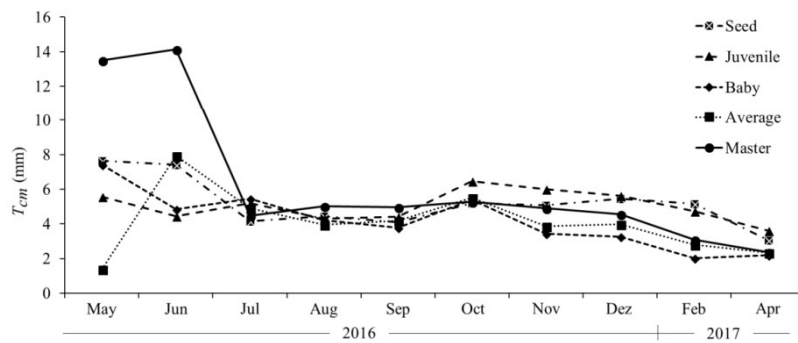


467

468

469 **Figura 5.** Variação das taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas respectivas classes

470 de comprimento de ostras: sementes, juvenis, baby, médias e máster.



471

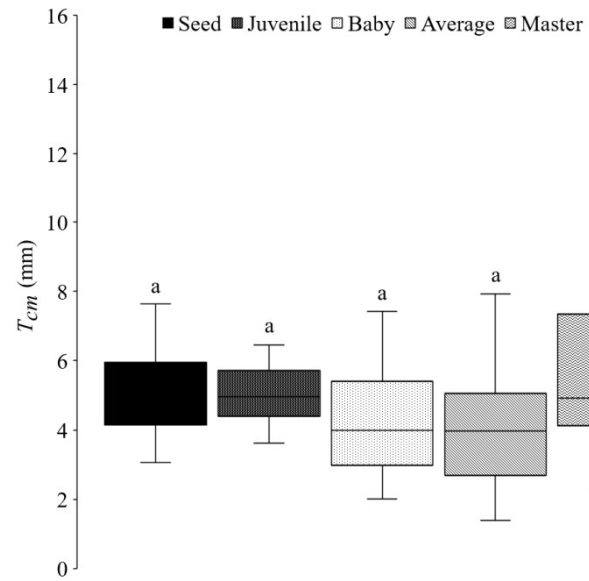
472

473

474

475 **Figura 6.** Taxas médias de crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de

476 ostras. Letras iguais indicam igualdade estatística a um nível de significância de 5%.



477

478

479

480 **Tabela 1.** Dados e tabela da Análise de Variância (ANOVA) entre as taxas médias de
 481 crescimento mensal (T_{cm}) nas classes de comprimento de ostras.

Source	Sum of square	df	Mean square	F_c	p
Between groups	30.02	4	7.5031	1.464	0.2289
Within groups	230.61	45	5.1248		
Total	260.63	49			

482

483 **Tabela 2.** Resultados do test de Tukey (abaixo da diagonal) comparando as taxas médias
 484 de crescimento mensal (T_{cm}) em cada classe de comprimento total das ostras cultivadas.
 485 Evidencia-se os valores de p (acima de diagonal).

	Seed	Juvenile	Baby	Average	Master
Seed		0.999	0.8694	0.8188	0.8352
Juvenile	0.1924		0.9204	0.8806	0.7646
Baby	1.364	1.172		1	0.2802
Average	1.519	1.327	0.1545		0.232
Master	1.471	1.664	2.836	2.99	

486

487

488 **Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson (r) obtidos a partir das correlações entre
 489 as classes de ostras comercializadas e as variáveis abióticas (salinidade e TSA) mensais,
 490 classificando-as em: a = muito baixa, b = baixa, c = moderada e d = muito alta. / **Table**
 491 **1.** Pearson correlation coefficients (r) obtained from the correlations between the size of
 492 oysters marketed and the abiotic variables (salinity and TSA) monthly, classifying them
 493 in: a = very low, b = low, c = moderate and d = very high.

Oyster classes	Salinity	TSA (°C)
Seed	0.35 ^c ($p = 0.31$)	0.03 ^a ($p = 0.92$)
Juvenile	0.71 ^d ($p = 0.02$)	0.24 ^b ($p = 0.47$)
Baby	0.46 ^c ($p = 0.17$)	0.28 ^b ($p = 0.40$)
Average	0.49 ^c ($p = 0.14$)	0.07 ^a ($p = 0.83$)
Master	0.35 ^c ($p = 0.31$)	0.03 ^a ($p = 0.91$)

494

495

496

497 **Tabela 4:** Desempenho das ostras do gênero *Crassostrea* em diferentes cultivos no litoral
 498 brasileiro, apresentando valores de comprimento inicial (C_0), comp. final (C_f), período de
 499 cultivo (T) em mês, taxa média de crescimento mensal (T_c) e sobrevivência percentual
 500 (S). Legenda: ostras classificadas por semente (**a**), juvenil (**b**), baby (**c**), média (**d**) e máster
 501 (**e**). Nome atualizado de *Crassostrea gasar* (*) e valores não disponíveis (**). Fonte:
 502 Chagas and Herrmann (2018).

Espécie	C_0 (mm)	C_f (mm)	T	T_c (mm/mês)	$S\%$	E	Referência
<i>C. tulipa</i> ^a	23.3±3,1	64.2±8.3	12	3.4	~74	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^b	40.7±5,5	86.0±5.9	12	3.7	~76	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^c	72.5±4,8	104.4±3.3	12	2.6	~85	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^d	87.2±5,0	111.7±1.9	12	2.0	~79	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> ^e	105.1±4,2	117.6±2.6	12	1.0	~66	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> *	13.7±5,5	49.6±7.3	11	**	**	SC	Lopes, Gomes, Tureck & Melo (2013)
<i>C. tulipa</i> *	9.6±5,4	61.9±13.0	11	**	**	SC	Lopes, Gomes, Tureck & Melo (2013)
<i>C. tulipa</i> *	5.8±2,0	71.9±8.0	13		~93	SC	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5.8±2,0	55.3±6.0	13		~91	SC	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5.8±2,0	46.9±9.1	13		~95	MA	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> *	5.8±2,0	30.9±10.7	13		~87	MA	Legat et al. (2017)
<i>C. tulipa</i> **	40.8±8,7	50.3±8.7	4	2.37	67	SE	Rosa (2014)
<i>C. brasiliana</i>	32.2	60.5	12	2.36	~50	SP	Pereira, Akaboshi & Chagas Soares (1988)
<i>C. brasiliana</i>	5.6±0,06	25.8±0.3	8			SP	Pereira, Galvão & Tanji (1991)
<i>C. brasiliana</i>	19.8	59.1	12	3.3	~30	SP	Pereira and Chagas Soares (1996)
<i>C. brasiliana</i>	~50	81.8	10	2.64	~90	SP	Pereira, Machado, Henriques & Yamanaka (2001)
<i>C. brasiliana</i>	~50	76.8	10	2.16	~90	SP	Pereira, Machado, Henriques & Yamanaka (2001)
<i>C. brasiliana</i>	~50	74.1	9	2.18	64	SP	Pereira, Machado, Henriques & Yamanaka (2001)
<i>C. brasiliana</i>	~40	55.8	12	1.75	~87	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliana</i>	~40	60.8	12	2.65	~91	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliana</i>	~40	53.3	12	1.58	~87	BA	Oliveira (2014)
<i>C. brasiliana</i>	~40	55.6	12	2.28	~94	BA	Oliveira (2014)
<i>C. gigas</i>	9.1±2,5	82.8±8.5	12	**	40	SC	Manzoni and Schmitt (2006)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	53.3	12	1.48	~73	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	53.1	12	1.51	~74	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	46.5	12	1.29	~80	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	44.0	12	1.08	~75	BA	Oliveira (2014)
<i>C. rhizophorae</i>	9	54.1±7.4	5	9.9	**	SC	Maccacchero, Guzinski & Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	55.8±7.4	5	10.2	**	SC	Maccacchero, Guzinski & Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	49.8±6.9	5	9	**	SC	Maccacchero, Guzinski & Ferreira (2005)
<i>C. rhizophorae</i>	9	58.8±8.5	5	10.8	**	SC	Maccacchero, Guzinski & Ferreira (2005)

<i>C. rhizophorae</i>	6.2±1.0	37.6±8.0	10	3.1	45	ES	Alvarenga and Nalesso (2006)
<i>C. rhizophorae</i>	42.4	55.5±5.8	3	4.3	~45	CE	Modesto <i>et al.</i> (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	42.4	55.7±4.2	3	4.4	~28	CE	Modesto, Maia, Olivera & Brito (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	42.4	55.7±6.3	3	4.4	~17	CE	Modesto, Maia, Olivera & Brito (2010)
<i>C. rhizophorae</i>	24.8±0.7	41.3±4.8	3.5	5.5	28	PE	Cardoso Júnior <i>et al.</i> (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	24.8±0.6	39.0±5.0	3.5	4.7	~31	PE	Cardoso Júnior <i>et al.</i> (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	24.8±0.4	38.4±4.2	3.5	4.5	~24	PE	Cardoso Júnior <i>et al.</i> (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	~40	~80	7	~6.6	**	AL	Vilar (2012)
<i>C. rhizophorae</i>	46.5±3.4	54.76±2.7	1	6	~83	BA	Azevedo, Tonini, Santos & Braga (2015)
<i>C. rhizophorae</i>	46.0±3.8	53.1±2.7	1	5.1	~83	BA	Azevedo, Tonini, Santos & Braga (2015)
<i>Crassostrea</i> sp.	~10	60	5	9.9	~93	SC	Maccacchero, Ferreira & Guzenski (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64.1±1.7	65.1±1.7	8	**	~88	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64.5±1.8	66.0±1.7	8	**	~88	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64.3±1.8	65.5±1.7	8	**	~87	PR	Pinto (2007)
<i>Crassostrea</i> sp.	64.1±1.8	65.6±1.8	8	**	~89	PR	Pinto (2007)

503

504 **Tabela 5:** Desempenho de crescimento de ostras à atingir o tamanho comercial.

Espécie	Tamanho comercial	Tempo de cultivo (meses)	Estado	Referência
<i>C. tulipa</i> (seed)	60 mm	7	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i> (juvenile)	60 mm	4	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i>	50 mm	9	SC	Lopes, Gomes, Tureck & Melo (2013)
<i>C. rhizophorae</i>	70 mm	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50 mm	19,5	SP	Pereira, Henriques & Machado (2003)
<i>C. brasiliana</i>	70 mm	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50 mm	14	SP	Pereira and Chagas Soares (1996)
<i>C. gigas</i>	70 mm	7	SC	Manzoni and Schimitt (2006)
<i>C. gigas</i>	60 mm	5	SP	Akaboshi (1979)
<i>Crassostrea</i> sp.	50 mm	18	SC	Maccacchero, Ferreira & Guzenski (2007)

505

11.4 Publicação IV

1

1 **Influence of El Niño on oyster growth *Crassostea* spp. cultivated on the Brazilian coast**

2

3 Running title: **Influence of El Niño on oyster growth**

4

5 *Rafael Anaise das Chagas, Mara Rúbia Ferreira Barros, Wagner César Rosa dos Santos,*

6 *Marko Herrmann*

7

8 Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA (Av. Presidente Tancredo Neves 2501, Post

9 Box nº 917, Bairro Montese, CEP: 66077-530, Belém, Pará, Brasil), corresponding author:

10 rafael@benthos.eu

11

12 ABSTRACT

13 Neste estudo avaliou-se o uso de análises multivariadas na determinação da influência do El

14 Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas no litoral brasileiro, através de

15 dados compilados disponíveis na plataforma PANGAEA – *Data Publisher for Earth &*

16 *Environmental Science*. Para a determinação dos efeitos do El Niño no crescimento das ostras

17 correlacionou-se os seguintes dados: o Relative Growth Index – RGI; o crescimento absoluto e

18 o incremento total médio; o tempo de cultivo; e o período climático de realização do estudo

19 (“anos normais”, “anos de El Niño” e “pós-El Niño”). As análises de PCA, indicaram

20 claramente a diferença no crescimento das ostras *C. tulipa*, *C. brasiliana* e *C. rhizophorae*

21 avaliando os períodos climáticos. Além disso, indicaram o RGI como variável principal ao

22 ordenamento dos dados. Adicionalmente, a análise de PERMANOVA, comprovou

23 estatisticamente as diferenças nos crescimentos das ostras sob influência dos efeitos do El Niño.

24 Os resultados deste estudo, indicam um melhor desempenho do crescimento das ostras

25 *C. rhizophorae*, *C. brasiliana* em anos de El Niño, quando comparadas as ostras *C. tulipa*.

26 Neste sentido, recomenda-se um aumento na produção cultivada de *C. rhizophorae*,
27 *C. brasiliiana* em anos de El Niño e um monitoramento no cultivo de *C. tulipa*. Além disso,
28 propõe o uso de análises multivariadas na verificação dos efeitos do El Niño no crescimento de
29 moluscos bivalves cultivados.

30

31 Keywords: Climatic anomaly, Brazilian coast, Bivalve mollusc, Oyster farming, Relative
32 Growth Index

33

34 INTRODUCTION

35 O sucesso na ostreicultura depende fortemente das condições ambientais da área de
36 cultivo, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas do ambiente (Azevedo et al.
37 2015, Pereira et al. 1991, Alvarenga & Nalesso 2006, Nalesso et al. 2008, Chagas et al. 2018b).
38 Tais fatores influenciam diretamente no crescimento da ostra cultivada, e por conta disso,
39 constantemente diversos estudos são realizados (Azevedo et al. 2015, Pereira et al. 1991,
40 Pereira et al. 2003, Legat et al. 2017, Lopes et al. 2013).

41 Neste contexto, a partir de revisões de literatura realizadas (Chagas et al. 2018a, Chagas
42 & Herrmann 2018b, Chagas & Herrmann 2018a), constatou-se a ausência de estudos de ostras
43 sob influência do El Niño. Contudo, tal resposta é importante ao cultivo de ostras, pois pode
44 inferir medidas de manejo e produção a partir da constatação da influência negativa ou positiva
45 da anomalia climática sobre o crescimento das ostras cultivadas.

46 Os estudos que avaliam alterações do desempenho do crescimento de moluscos utilizam
47 o Overall Growth Performance – OGP, proposto originalmente por Pauly (1979) e revisado por
48 Munro and Pauly (1983). Para esta análise, faz-se necessária dados de parâmetros de
49 crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (von Bertalanffy 1938). A nível mundial, o OGP é um
50 método utilizado na determinação da influência do El Niño do crescimento de moluscos

51 bivalves (Herrmann et al. 2011, Herrmann et al. 2009a, Herrmann et al. 2009b, Laudien et al.
52 2003, Arntz et al. 1987), apresentando excelentes resultados.

53 Entretanto, como mencionado, o uso do OGP torna-se inviável naqueles estudos onde
54 obtém-se apenas dados de crescimento relativo ou percentual de moluscos bivalves, que são
55 efetuados, geralmente, em experimentos realizados em cultivos (Chagas et al. 2018a). Deste
56 modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de análises multivariadas na
57 determinação da influência do El Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea*
58 cultivadas no litoral brasileiro e, futuramente, poder estender tal metodologia a ostras cultivadas
59 a nível mundial.

60

61 MATERIAL AND METHODS

62 Neste estudo, utilizou-se 46 dados de crescimento de ostras do gênero *Crassostrea*
63 cultivadas no litoral brasileiro disponíveis por Chagas and Herrmann (2018a), na plataforma
64 PANGAEA – *Data Publisher for Earth & Environmental Science* (<https://www.pangaea.de/>).
65 Os autores compilaram dados de crescimento das ostras nativas *C. brasiliana*, *C. tulipa*,
66 *C. rhizophorae* e da ostra exótica *C. gigas*. Contudo, neste trabalho utilizou-se apenas dados
67 das ostras nativas, sendo a taxonomia atualizada a partir da plataforma WoRMS – *World*
68 *Register of Marine Species* (<http://www.marinespecies.org>).

69 Para a determinação dos efeitos do El Niño no crescimento das ostras correlacionou-se
70 os seguintes dados: o Relative Growth Index – RGI (descrito na Equação 1), proposto por Beal
71 et al. (1999); o crescimento absoluto e o incremento total médio (ambos descritos na Equação
72 2); o tempo de cultivo; e o período climático de realização do estudo (“anos normais”, “anos de
73 El Niño” e “pós-El Niño”).

$$RGI = \frac{C_f - C_i}{C_i} \cdot 100 \quad (1)$$

$$I_m = \frac{\Delta C}{t_{meses}} = \frac{C_f - C_i}{t_{meses}} \quad (2)$$

74

75 Onde *RGI* é o Relative Growth Index, ΔC o crescimento absoluto, C_i o comprimento
76 médio inicial, C_f o crescimento médio final, I_m o incremento total médio e t_{meses} o tempo de
77 cultivo em meses.

78 Para a verificação da influência do El Niño utilizou-se a PCA (Principal Components
79 Analysis) com o intuito de correlacionar, através de combinações lineares, as variáveis
80 analisadas. Sequentemente, aplicou-se PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of
81 Variance) para evidenciar diferenças significativas entre os dados de crescimento das ostras por
82 período climático e quais fatores que influenciam no ordenamento (Anderson et al. 2008).

83 Os dados foram previamente logaritmizados e analisados a um nível de significância de
84 95 % (p -value = 0.05) (Zar 2010), utilizando o *software* PAST – *PA*laeontological *ST*atistics
85 (Versão 3.18) (Hammer 2018).

86

87 RESULTS

88 O agrupamento efetuado pela PCA relacionando os dados de crescimento de *C. tulipa*
89 descrevem 99,52% da relação entre as variáveis. A leitura do gráfico indica que o *RGI* se
90 apresenta como a principal variável pela ordenação dos dados na PC1 (95,68%), agrupando os
91 dados de crescimento das ostras em estudos realizados em anos normais e posteriores ao El
92 Niño. A PC2 (3,84%) agrupa os dados dos estudos realizados em ano de El Niño (Figure 1A).
93 A PCA obtida através dos dados do crescimento de *C. brasiliiana* descrevem 87,12% da relação
94 entre as variáveis e, também, indica que o *RGI* como a principal variável pela ordenação dos
95 dados na PC1 (72,21%). Entretanto, diferente da PCA com os dados da ostra *C. tulipa*, a PCA
96 oriunda com os dados de crescimento de *C. brasiliiana* agrupando os dados referente aos estudos
97 realizados em anos de El Niño e a PC2 (14,91%) agrupa os dados dos estudos realizados em

98 anos normais e posteriores ao El Niño (Figure 1B). Neste mesmo sentido, o ordenamento dos
99 dados de crescimento de *C. rhizophorae* descrevem 99,62% da relação entre as variáveis e,
100 assim como as análises de PCA anteriores, indica que o *RGI* como a principal variável pela
101 ordenação dos dados na PC1 (71,28%). A PC2 (27,26%) agrupa os dados dos estudos realizados
102 em anos normais e posteriores ao El Niño (Figure 1C).

103 Os resultados da PERMANOVA ao comparar os estudos de crescimento entre os
104 períodos, evidenciam diferenças significativas no desempenho das ostras cultivadas no litoral
105 brasileiro. Deste modo, é possível inferir sobre a os efeitos do El Niño no crescimento das ostras
106 independentemente da espécie. Em contrapartida, verifica-se um efeito positivo do El Niño do
107 crescimento das ostras *C. brasiliana* ($F=6.693$ e $p=0.002$) e *C. rhizophorae* ($F=12.39$ e
108 $p=0.0001$), e um efeito negativo no crescimento de *C. tulipa* ($F=9.094$ e $p=0.006$) sob influência
109 do El Niño. Essa influência é clara ao analisarmos graficamente o desempenho do crescimento
110 das ostras a partir o *RGI* (Figure 2).

111 brasileiro. As cores indicam dados de crescimento estimando em anos do El Niño (preto), pós-
112 El Niño (azul) e anos normais (laranja).

113

114 DISCUSSION

115 A partir dos dados de crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* disponíveis na
116 plataforma PANGAEA (see Chagas & Herrmann 2018a, Chagas & Herrmann 2018b), verifica-
117 se a ausência de estudos sobre a influência climática no cultivo de ostras. Além disso, os estudos
118 relacionados as influências ambientais no crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas são
119 atribuídos, principalmente, aos fatores abióticos (e.g. salinidade, temperatura local, amplitude
120 das marés, entre outros) (Lopes et al. 2013, Castillo-Durán et al. 2010, Buitrago et al. 2009,
121 Antonio et al. 2009, Flores-Vergara et al. 2004), bióticos (e.g. produção primária, biofouling,
122 entre outros) (Grizzle et al. 2016, Mayrand et al. 2015, Buitrago et al. 2009, Lodeiros et al.

123 2007, Flores-Vergara et al. 2004) e dos sistemas de cultivo (*e.g.* local do cultivo, densidade
124 estocada, tipos de estruturas, entre outros) (Tureck et al. 2014, Antonio et al. 2009, Legat et al.
125 2017, Honkoop & Bayne 2002).

126 A nível mundial, os estudos que pretendem avaliar uma alteração do desempenho do
127 crescimento de moluscos em banco natural utilizam o Overall Growth Performance – OGP, e
128 necessitam dos dados de parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (Herrmann et
129 al. 2011, Herrmann et al. 2009a, Herrmann et al. 2009b, Laudien et al. 2003). Em tais estudos,
130 os autores utilizam-se de métodos tradicionais (*e.g.* distribuição de frequências de comprimento
131 e experimentos de marcação-recaptura) e inovadores (*e.g.* marcações com substâncias
132 fluorescentes e análise de isótopos estáveis) (Chagas & Herrmann 2018b). Deste modo, a
133 ausência de estudos sobre os efeitos de anomalias climáticas em cultivos de moluscos é
134 decorrente da metodologia utilizada, que em sua maioria utiliza-se de médias morfométricas
135 periódicas para a determinação de crescimento da espécie cultivada (Chagas et al. 2018a). A
136 utilização deste método é comum nos estudos realizados em ambiente de cultivo, pois seu foco
137 delimita-se, principalmente, na determinação do crescimento relativo ou percentual da espécie
138 cultivada e sua relação com as variáveis ambientais.

139 Por mais que exista, na literatura mundial, estudos que utilizam-se de análises
140 multivariadas na determinação de influência ambiental no crescimento de ostras (Brown 1988).
141 Este apresentou-se pioneiro na avaliação de efeitos da anomalia climática (*e.g.* El Niño) através
142 de análises multivariadas na determinação no crescimento das ostras cultivadas. Além disso, é
143 de consenso na literatura que a salinidade e temperatura são as principais variáveis que
144 influenciam no crescimento das ostras cultivadas, sendo evidentes diferenças no crescimento
145 em áreas dentro de um mesmo estado (Legat et al. 2017). Entretanto a sinergia dessas duas
146 variáveis e outras mais (*e.g.* biofouling, densidade, poluição, produção primária, etc.)

147 dificultam a determinação da influência dos efeitos de um variável de modo isolado (Gosling
148 2015).

149 Em contrapartida, o uso de análises multivariadas, permitem analisar a sinergia de uma
150 gama de variáveis e, além de determinar a influência direta de uma determinada variável,
151 possibilita inferir sobre os efeitos do El Niño. Deste modo, evidencia-se a importância deste
152 estudo, pois além de avaliar os efeitos do El Niño no crescimento de bivalves, utiliza-se de
153 dados históricos de crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas.

154 Harding (2007) e Castillo-Durán et al. (2010) já havia citado sobre a diferença no
155 crescimento de ostras *Crassostrea* spp., entretanto, sem uma abordagem acerca da influência
156 de anomalias climáticas. Por outro lado, através desta análise, destacou-se uma semelhança no
157 desempenho do crescimento das ostras *C. tulipa*, *C. brasiliana* e a ostra exótica *C. gigas*,
158 distinguindo-se do crescimento de *C. rhizophorae* independente do período de realização do
159 estudo.

160 As análises de PCA utilizadas ao analisar o crescimento de *C. tulipa*, *C. brasiliana* e
161 *C. rhizophorae* satisfazem a avaliação dos efeitos do El Niño no crescimento dessas espécies.
162 Além disso, destacaram o RGI como variável principal ao ordenamento dos dados disponíveis,
163 fazendo com que, adicionalmente a análise de PERMANOVA, comprovasse estatisticamente
164 os efeitos do El Niño no crescimento das ostras cultivadas no litoral brasileiro.

165 Destaca-se, através das análises efetuadas, os resultados encontrados por Chagas RA
166 (unpubl. data), que apresentam um desempenho distinto no crescimento das ostras *C. tulipa*
167 classificadas comercialmente por *baby* (60 a 80 mm), *average* (80 a 100 mm) e *master*
168 (>100 mm), quando comparadas com aquelas classificadas por *seed* (15 a 30 mm) e *juvenile*
169 (30 a 60 mm), assim como quando comparadas aos demais estudos realizados (see Chagas and
170 Herrmann (2018a). Esse fato pode ser explicado devido o tamanho inicial das ostras *C. tulipa*
171 no início do experimento de Chagas RA (unpubl. data), que foi superior aos demais estudos

172 (Legat et al. 2017, Lopes et al. 2013) e por ser realizado em ano de El Niño, sendo os demais
173 estudos, realizados em anos normais e posteriores ao El Niño.

174 O desempenho do crescimento das ostras *C. rhizophorae*, *C. brasiliana* sob influência
175 do El Niño, apresentam-se distintos dos resultados de *C. tulipa*. Em anos de El Niño,
176 Maccacchero et al. (2005) e Alvarenga and Nalesso (2006) encontraram o melhor crescimento
177 de *C. rhizophorae*. As análises estatísticas destacam os valores de *RGI* como determinante à
178 evidências dos efeitos da anomalia climática no crescimento das ostras, sendo bem superior nos
179 estudos realizado em anos de El Niño (Alvarenga & Nalesso 2006, Maccacchero et al. 2005)
180 quando comparado aos demais estudos, realizados em anos normais ou posteriores ao El Niño
181 (Modesto et al. 2010, Azevedo et al. 2015).

182 O melhor desempenho no crescimento da ostra *C. brasiliana* em anos de El Niño
183 (Pereira et al. 1991, Pereira & Chagas Soares 1996) foi similar ao estimado de *C. rhizophorae*,
184 entretanto a diferença dos valores de *RGI* são menores ao comparar aos estudos realizado nos
185 outros períodos climático (Chagas & Herrmann 2018a).

186 Os resultados deste trabalho permitem inferir acerca da eficiência das análises
187 multivariadas na determinação dos efeitos do El Niño no crescimento de ostras do gênero
188 *Crassostrea* cultivada no litoral brasileiro. Além disso, infere importantes informações a
189 ostreicultura, dentre elas a recomendação do aumento na produção (em números de indivíduos)
190 das ostras *C. brasiliana* e *C. rhizophorae* em anos de El Niño, com a certeza de que ocorrerá
191 um desenvolvimento bem superior quando comparadas ao crescimento das ostras em aos anos
192 normais ou posteriores a anomalia climática. Por outro lado, deve ter cautela no cultivo de ostras
193 *C. tulipa* em anos de El Niño, pois evidenciou-se um efeito negativo em seu crescimento.

194

195 ACKNOWLEDGMENT

196 To the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), for
197 scholarship granted to the first author.

198

199 REFERENCES

200 Alvarenga, L & Nalesso, RC (2006). Preliminary assessment of the potential for mangrove
201 oyster cultivation in Piraquê-açu River Estuary (Aracruz, ES). 49: 163-169

202 Anderson, MJ, Gorley, RN & Clarke, KR (2008). PERMANOVA + for PRIMER: Guide to
203 software and statistical methods, Plymouth: PRIMER-E,

204 Antonio, ÍG, Guimarães, IM, Peixoto, S & Oliveira, A (2009). The combined effects of salinity,
205 stocking density and frequency of water exchange on growth and survival of mangrove
206 oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) larvae. 42: 74-80

207 Arntz, WE, Brey, T, Tarazona, J & Robles, A (1987). Changes in the structure of a shallow
208 sandy-beach community in Peru during an El Niño event. S. Afr. J. mar. Sci., 5: 645-
209 658

210 Azevedo, RVD, Tonini, WCT, Santos, MJMD & Braga, LGT (2015). Biofiltration, growth and
211 body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in effluents from shrimp
212 *Litopenaeus vannamei*. 46: 193-203

213 Beal, BF, Bayer, R, Kraus, GM & Chapman, SR (1999). A unique shell marker in juvenile,
214 hatchery-reared individuals of the softshell clam, *Mya arenaria* L. Fish. Bull., 97: 380-
215 386

216 Brown, JR (1988). Multivariate analyses of the role of environmental factors in seasonal and
217 site-related growth variation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. 45: 225-236

218 Buitrago, E, Buitrago, J, Freitas, L & Lodeiros, C (2009). Identificación de factores que afectan
219 al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*

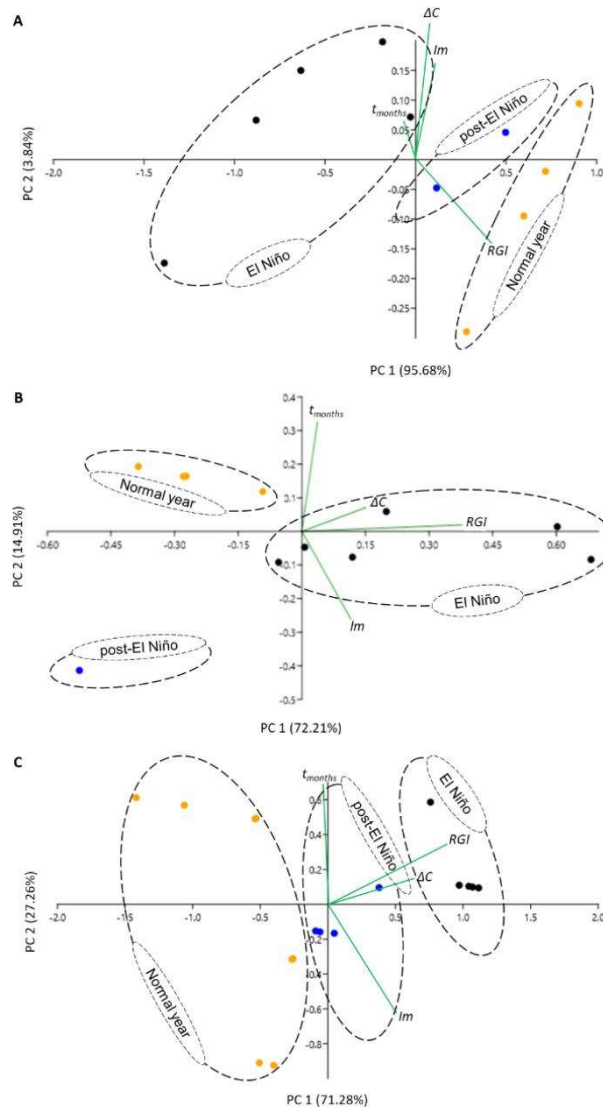
- 220 (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga,
221 Isla de Margarita, Venezuela. 27: 79-90
- 222 Castillo-Durán, A, Chávez-Villalba, J, Arreola-Lizárraga, A & Barraza-Guardado, R (2010).
223 Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C.*
224 *corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. 36: 29-39
- 225 Chagas, RaD, Barros, MRF & Herrmann, M (2018a). Review of methods of growth estimates
226 for bivalve molluscs. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science,
227 <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889594>
- 228 Chagas, RaD, Barros, MRF, Santos, WCRD & Herrmann, M (2018b). Composition of the
229 biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary, Para state,
230 Northern Brazil. Rev. Biol. Mar. Oceanogr., 53: 9-17
- 231 Chagas, RaD & Herrmann, M (2018a). Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the
232 Brazilian coast: A review. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental
233 Science, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>
- 234 Chagas, RaD & Herrmann, M (2018b). Review on oyster growth *Crassostrea* sp.: data from
235 von Bertalanffy (K and L_{∞}) growth parameters, phi-prime growth index (Φ') and growth
236 performance index (OGP). PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental
237 Science, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889957>
- 238 Flores-Vergara, C, Cordero-Esquivel, B, Cerón-Ortiz, AN & Arredondo-Vega, BO (2004).
239 Combined effects of temperature and diet on growth and biochemical composition of
240 the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat. 35: 1131-1140
- 241 Gosling, E (2015). Marine Bivalve Molluscs, John Wiley & Sons, Ltd,
- 242 Grizzle, RE, Ward, KM, Peter, CR, Cantwell, M, Katz, D & Sullivan, J (2016). Growth,
243 morphometrics and nutrient content of farmed eastern oysters, *Crassostrea virginica*
244 (Gmelin), in New Hampshire, USA. 1-13

- 245 Hammer, Ø (2018). PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20, Natural History Museum:
246 University of Oslo
- 247 Harding, JM (2007). Comparison of growth rates between diploid deby eastern oysters
248 (*Crassostrea virginica*, Gmelin 1791), triploid eastern oysters, and triploid suminoe
249 oysters (*C. ariakensis*, Fugita 1913). 26: 961-972
- 250 Herrmann, M, Alfaya, JEF, Lepore, ML, Penchaszadeh, PE & Arntz, WE (2011). Population
251 structure, growth and production of the yellow clam *Mesodesma mactroides* (Bivalvia:
252 Mesodesmatidae) from a high-energy, temperate beach in northern Argentina. Helg.
253 Mar. Res., 65: 285-297
- 254 Herrmann, M, Carstensen, D, Fischer, S, Laudien, J, Penchaszadeh, PE & Arntz, WE (2009a).
255 Population structure, growth and production of the wedge clam *Donax hanleyanus*
256 (Bivalvia: Donacidae) from northern Argentinean beaches. J. Shellfish Res., 28: 511-
257 526
- 258 Herrmann, M, Lepore, ML, Laudien, J, Arntz, WE & Penchaszadeh, PE (2009b). Growth
259 estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A comparison between
260 length-frequency distribution and size-increment analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 379:
261 8-15
- 262 Honkoop, PJC & Bayne, BL (2002). Stocking density and growth of the Pacific oyster
263 (*Crassostrea gigas*) and the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in Port
264 Stephens, Australia. Aquaculture, 213: 171-186
- 265 Laudien, J, Brey, T & Arntz, WE (2003). Population structure, growth and production of the
266 surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. Estuar.
267 Coast. Shelf Sci., 58S: 105-115

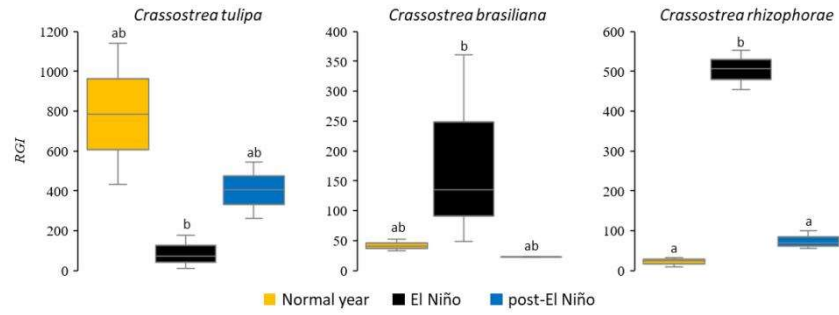
- 268 Legat, JFA, Puchnick-Legat, A, Fogaça, FHDS, Tureck, CR, Suhnel, S & Melo, CMRD (2017).
269 Growth and survival of bottom oyster *Crassostrea gasar* cultured in the northeast and
270 south of Brazil. B. Inst. Pesca, 43: 172-184
- 271 Lodeiros, C, Galino, L, Buitrago, E & Himmelman, JH (2007). Effects of mass and position of
272 artificial fouling added to the upper valve of the mangrove oyster *Crassostrea*
273 *rhizophorae* on its growth and survival. Aquaculture, 262: 168-171
- 274 Lopes, GR, Gomes, CHaDM, Tureck, CR & Melo, CMRD (2013). Growth of *Crassostrea*
275 *gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian waters. 48: 975-982
- 276 Maccacchero, GB, Guzenski, J & Ferreira, JF (2005). Allometric growth on mangrove oyster
277 *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultured in Southern Brazil. 36: 400-403
- 278 Mayrand, E, Sonier, T & Comeau, LA (2015). Hot water immersion lowers survival, shell
279 growth rate and lysosomal membrane stability of oysters *Crassostrea virginica*
280 (Gmelin). 46: 1974-1987
- 281 Modesto, GA, Maia, EP, Olivera, A & Brito, LO (2010). Utilização de *Crassostrea rhizophorae*
282 (Guilding 1828) no tratamento dos efluentes do cultivo de *Litopenaeus vannamei*
283 (Boone 1931). 5: 367-375
- 284 Munro, JL & Pauly, D (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and
285 invertebrates. 1: 5-6
- 286 Nalesso, RC, Paresque, K, Piumbini, PP, Tonini, JFR, Almeida, LG & Nickel, VM (2008).
287 Oyster spat recruitment in Espírito Santo state, Brazil, using recycled materials. 56:
288 281-288
- 289 Pauly, D (1979). Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization
290 of the von Bertalanffy's growth formula. 63: 1-156

- 291 Pereira, OM & Chagas Soares, FD (1996). Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliana*
292 (Lamarck, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia-SP. 23:
293 135-142
- 294 Pereira, OM, Galvão, MSN & Tanji, S (1991). Época e método de seleção de sementes de ostra
295 *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino - Laugna de Cananéia,
296 estado de São Paulo (25° S; 048° W). 18: 41-49
- 297 Pereira, OM, Henriques, MB & Machado, IC (2003). Estimativa da curva de crescimento da
298 ostra *Crassostrea brasiliana* em bosques de mangue e proposta para sua extração
299 ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. 29: 19-28
- 300 Tureck, CR, Vollrath, F, Melo, CMRD & Ferreira, JF (2014). Rendimento de sementes da ostra
301 *Crassostrea gasar* produzidas em laboratório e cultivadas em Santa Catarina - Brasil.
302 40: 281-290
- 303 Von Bertalanffy, L (1938). A quantitative theory of organic growth. 10: 181-213
- 304 Zar, JH (2010). Biostatistical Analysis, Prentice Hall, New Jersey
- 305
- 306

307 **Figure 1.** Gráfico da análise de componentes principais dos dados de crescimento das ostras
 308 *Crassostrea tulipa* (A), *Crassostrea brasiliana* (B) e *Crassostrea rhizophorae* (C). As cores
 309 indicam dados de crescimento estimado em anos do El Niño (preto), pós-El Niño (azul) e anos
 310 normais (laranja).



312 **Figure 2.** Gráfico com valores mínimos e máximos do Relative Growth Index (RGI) das ostras
313 *Crassostrea tulipa*, *Crassostrea brasiliana* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas no litoral



314

315

11.5 Publicação V

1 **Title page**

2

3 Running title: Effect of El-Nino on the growth performance of oysters

4

5 **Effect of El-Nino on the growth performance of *Crassostrea tulipa* (Bivalvia:**
6 **Ostreidae) cultivated on the Amazonian coast**

7

8

9 Rafael Anaisce das Chagas, Marko Herrmann

10

11 Laboratory of Tropical Ecology Benthic, Amazon Rural Federal University (UFRA),

12 Institute of Social Environmental and Water Resources (ISARH), Av. Presidente

13 Tancredo Neves 2501, Post Box nº 917, Bairro Montese, CEP: 66077-530, Belém, Pará,

14 Brazi

15

16 * Corresponding authors: E-mail addresses: rafael@benthos.eu (R. A. das Chagas)

17

18

19 **ABSTRACT (400 palavras)**

20

21 A nível mundial, é crescente o interesse em analisar de maneira eficaz o crescimento de
22 molusco bivalves. Na ostreicultura, diversos parâmetros ambientais (e.g. temperatura e
23 salinidade) influenciam no crescimento das ostras. Neste sentido, o presente estudo visa
24 analisar os efeitos do El Niño no crescimento da ostra *Crassostrea tulipa* cultivada no
25 litoral amazônico através do Overall Growth Performance (OGP) index. Este índice
26 compara as funções gerais de crescimento de von Bertalanffy (*general von Bertalanffy*
27 *growth functions* [gVBGFs]) de diversos estudos, analisando os parâmetros de
28 crescimento (K e L_{∞}) das espécies e ordenando os dados em uma grade auximétrica. Os
29 resultados deste presente estudo amostram uma distinção significativa nos parâmetros de
30 crescimento das ostras sob influência do El Niño. Essa influência ocorre de modo distinto,
31 correlacionada com a força da anomalia climática. Em conclusão, evidenciou-se uma
32 influência negativa do El Niño no crescimento das ostras *C. tulipa*, cultivada no litoral
33 amazônico, quando comparadas ao crescimento em anos normais. Além disso, estima-se
34 que as ostras cultivadas em ano de El Niño, demora aproximadamente três meses a mais
35 para atingir seu tamanho comercial. Deste modo, recomenda-se que, em anos de El Niño,
36 intensifique o manejo do cultivo (e.g. retirada do biofouling, diminuir a densidade
37 estocada) para reduzir os fatores ambientais adicionais que, também, influenciam no
38 crescimento das ostras.

39

40 **Key words:** Molusco bivalve, oyster farming, parâmetros de crescimento, El Niño

41

42 **Highlights of the manuscript**

43

44 • Observou-se uma influência negativa do El Niño no crescimento das ostras *C.*
45 *tulipa* cultivada no litoral amazônico, quando comparadas ao crescimento em anos
46 normais;

47 • Ostras cultivadas em ano de El Niño classificados por extremamente fortes,
48 demoram aproximadamente três meses a mais para atingir seu tamanho comercial;

49 • Recomenda-se que, em anos de El Niño, intensifique o manejo na ostreicultura
50 (e.g. retirada do biofouling, diminuir a densidade estocada) para reduzir os fatores
51 ambientais adicionais que, também, influenciam no crescimento das ostras.

52

53

54 **1 Introduction**

55

56 A produção mundial oriunda da aquicultura de moluscos bivalves desempenha um
57 papel importante na alimentação humana, apresentando a partir da década de 1980, um
58 rápido crescimento até o ano de 2014 (FAO, 2016). Este crescimento na produção de
59 bivalves é resultado, por exemplo, do sucesso da mitilicultura (cultivo de mexilhões) e da
60 ostreicultura (cultivo de ostras), que surgem como uma alternativa viável para mitigar o
61 declínio da pesca, reduzindo a pressão sobre os estoques naturais (Beck, et al., 2011;
62 Castilho-Westphal and Ostrensky, 2016; Montanhini-Neto and Ostrensky, 2012) e
63 tornando-se uma fonte de renda para as comunidades litorâneas (Legat, et al., 2009;
64 Ostrensky, et al., 2008; Sampaio, et al., 2017).

65 No Brasil, a ostreicultura restringe-se ao cultivo de quatro ostras do gênero
66 *Crassostrea* Sacco, 1897: as ostras nativas *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819) (sin.
67 *Crassostrea gasar* [Deshayes, 1830]), *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e
68 *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819), e a ostra introduzida *Crassostrea gigas*
69 (Thunberg, 1793) (Chagas, 2016; Legat, et al., 2017). Contudo, o Brasil consta apenas
70 como produtor de ostras *Crassostrea* sp., por conta da instabilidade taxonômica das ostras
71 cultivadas (Amaral and Simone, 2014; Galvão, et al., 2013; Lazoski, et al., 2011; Melo,
72 et al., 2010; Melo, et al., 2013).

73 Existem cultivos de ostras em todo litoral brasileiro, entretanto nas regiões Norte
74 e Nordeste acontecem de forma artesanal e, nas regiões Sul e Sudeste, de forma industrial
75 (Macedo, et al., 2016). Neste cenário, destaca-se o estado de Santa Catarina
76 (Maccacchero, et al., 2007; Montanhini-Neto and Ostrensky, 2012), responsável por
77 quase toda produção brasileira em 2016 (97.9% according IBGE, 2017). Neste mesmo

78 ano, ostreicultura do estado do Pará apresentou uma produtividade de ~42 toneladas,
79 (0,2% da produção nacional) (IBGE, 2017).

80 O sucesso na ostreicultura depende fortemente das condições ambientais da área
81 de cultivo, ou seja, as características abióticas, biológicas (Alvarenga and Nalesso, 2006;
82 Chagas, 2016; Chagas, et al., 2018a) e tipo de manejo/cultivo (Azevedo, et al., 2015)
83 (Alvarenga and Nalesso, 2006; Azevedo, et al., 2015; Chagas, 2016; Chagas and
84 Herrmann, 2015; Chagas, et al., 2018a; Legat, et al., 2009; Maccacchero, et al., 2007;
85 Manzoni and Schimitt, 2006; Ostrensky, et al., 2015; Pereira, et al., 1991; Pinto, 2007).
86 Tais fatores influenciam diretamente no crescimento da ostra cultivada, e por conta disso,
87 diversos estudos foram realizados (Azevedo, et al., 2015; Cardoso Júnior, et al., 2012;
88 Chagas, et al., *in prep*; Legat, et al., 2017; Lopes, et al., 2013; Pereira, et al., 1991; Pereira,
89 et al., 2003; Pereira, et al., 2001; Rosa, 2014; Vilar, 2012).

90 Os estudos que avaliam o desempenho do crescimento de organismos (e.g.
91 moluscos) utilizam o Overall Growth Performance (OGP) índices (Heilmayer, et al.,
92 2004; Herrmann, et al., 2009a; Herrmann, et al., 2011; Herrmann, et al., 2009b; Laudien,
93 et al., 2003; Lepore, et al., 2009; Vakily, 1992). O OGP, que precisa para sua análise
94 dados de parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938),
95 foi proposto originalmente por Pauly (1979), tem com objetivo principal tornar o
96 crescimento individual comparável. Este índice foi, posteriormente, revisado por Munro
97 and Pauly (1983) e adaptado mundialmente por diversos estudos (Arntz, et al., 1987;
98 Herrmann, et al., 2009a; Herrmann, et al., 2009b; Laudien, et al., 2003), apresentando
99 excelentes resultados na determinação da influência do El Niño do crescimento de
100 moluscos bivalves. Para sua análise faz-se necessária dados de parâmetros de crescimento
101 (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938).

102 Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar, através o OGP, a
103 influência do El Niño no crescimento da ostra-do-mangue *C. tulipa* cultivada no litoral
104 amazônico, utilizando a análise de incrementos de tamanho após um experimento de
105 marcação-recaptura, usando o corante fluorescente calceína, realizado no El Niño de
106 2015/16.

107

108 **2 Materials and Methods**

109

110 *2.1 Study site and experimental conditions*

111 O local de estudo delimita-se na ostreicultura da Associação dos Agricultores,
112 Pecuaristas e Aquicultores – ASAPAQ, situado na zona estuarina da bacia hidrográfica
113 do rio Urindeua, município de Salinópolis, estado do Pará, região Norte do Brasil (Figura
114 1). Na ASAPAQ cultiva-se a ostra-do-mangue *C. tulipa*, comprando as sementes na
115 Associação de Aquicultores de Vila de Lauro Sodré – AQUAVILA, situado município
116 de Curuçá (Macedo, et al., 2016; Sampaio, et al., 2017). De acordo com os autores, o
117 sistema de cultivo utilizado na ASAPAQ é do tipo mesa fixa, utilizando apetrechos, tais
118 como: travesseiros e lanternas. Segundo os ostreicultores, as lanternas estão sendo
119 substituídas por travesseiros e bolsas, principalmente por conta da quantidade de
120 predadores (e.g. *Stramonita brasiliensis*) presentes no local do cultivo (Chagas, et al.,
121 2018a).

122 O experimento iniciou-se com a separação de 600 *C. tulipa* no cultivo da
123 ASAPAQ, em abril de 2016, realizando a marcação na concha conforme a metodologia
124 proposta por Chagas and Herrmann (2016), que recomendam a utilização de fluorocromo
125 calceína (solução de 150ml L⁻¹, por um período de 24h) estudos de crescimento de
126 moluscos bivalves. Após a marcação, dispôs-se as ostras em quatro lanternas, distribuídas

127 por classes de tamanhos comerciais (semente: 15 a 29 mm de comprimento; juvenil: 30 a
128 59 mm; baby: 60 a 79 mm; média: 80 a 100 mm; e máster: > 100 mm), sendo uma
129 lanterna contendo 25% (150 ind.) de ostras não-marcadas, consideradas indivíduos
130 controle.

131 Com a finalidade de uma comparação precisa, realizou-se este experimento na
132 mesma região, utilizando ostras da mesma espécie, em condições semelhantes de
133 implantação e desenvolvimento do experimento executado no ano de 2013 por Cordeiro,
134 et al. (*in prep.*).

135 Após a implantação do experimento, realizou-se 10 coletas entre maio de 2016 e
136 abril de 2017. Em cada coleta, retirou-se a epifauna incrustante sobre as ostras, conforme
137 Chagas (2016), amostrando-se cinco ostras marcadas de cada classe de tamanho e mais
138 cinco ostras da lanterna controle, totalizando 30 indivíduos coletados. Posteriormente,
139 determinou-se as medidas morfométrica (according Quayle, 1988), utilizando um
140 paquímetro digital (TESA – Datadirect), com precisão de 0,01 mm. Após esse processo,
141 codificou-se as ostras e, sequentemente, transportou-as ao laboratório de Ecologia
142 Bentônica Tropical (www.benthos.eu).

143 Paralelamente as amostragens, durante maré baixa em cada coleta, mensurou-se
144 da temperatura superficial da água e salinidade, com um auxílio de um termômetro de
145 imersão digital e o uso de refratômetro portátil com escala de 1/100, respectivamente.
146 Obteve-se os dados pluviométricos no *webpage* da Agência Nacional de Águas
147 (<http://www3.ana.gov.br/>).

148

149 2.2. *Shell preparation and detection of growth marks*

150 Em laboratório, seccionou-se as ostras para a retirada do corpo mole e,
151 sequentemente, lavou as conchas para a remoção total do material orgânico. Após esse

152 processo, dispôs as conchas para secar ao ar livre, protegido do sol, por aproximadamente
153 24h, para impedir o desenvolvimento de fungos. O processo seguinte delimitou-se na
154 separação da valva esquerda (ou inferior) para a formação de blocos em resina cristal, em
155 proporção 100:1 (resina:catalizador), permanecendo por 24h para o endurecimento da
156 resina.

157 O procedimento seguinte constituiu-se no seccionamento longitudinal dos blocos
158 –no sentido de maior eixo de crescimento–, com uma serra diamantada, para amostragem
159 de uma secção de 0,5 cm espessura do bloco. Posteriormente, poliu-se as secções
160 sucessivamente sobre um painel de vidro com diferentes graus de pó de carboneto de
161 silício (125, 68, 30, 12 e 5 μm) e, finalmente, com suspensão de óxido de alumínio de
162 1 μm .

163 Para a análise das marcas de crescimento, observou-se as secções das ostras em
164 um microscópio de fluorescência (marca: Motic, modelo: ??) sob luz azul (450 a 490 nm)
165 por meio de fotografias digitais e exames através do uso do programa de processamento
166 Imagens digitais AxioVision (2018) versão SE64 Rel. 4.9.1 SP2.

167 A estimação de crescimento de *C. tulipa* ocorreu através das medidas
168 micrométricas da distância entre a marca do fluorocromo calceína e a margem do
169 crescimento conforme Herrmann, et al. (2009a).

170

171 *2.3 Determination of absolute growth rate*

172 Após preparo e análise das conchas amostradas (conforme descrito na seção 2.2),
173 determinou-se a taxa de crescimento absoluto através da mensuração do incremento de
174 crescimento da concha entre a marca de calceína e a margem de concha ao longo tempo
175 (t):

$$\text{absolute growth rate} = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (1)$$

176

177 Onde L_1 é o comprimento total (mm) da ostra no início do experimento (t_1), L_2 o
178 comprimento total (mm) no mês amostrado (t_2), ΔL o incremento marginal (mm) e Δt o
179 tempo de experimento (em dias).

180

181 2.4 Determination of von Bertalanffy growth parameters

182 Para a determinação dos parâmetros de crescimento, ajustou-se a função geral de
183 von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938) conforme Appeldoorn (1987) (Equação 2), e
184 deste modo adequando-se a função para experimentos de marcação-recaptura.

185

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^D \quad (2)$$

186

187 A determinação dos parâmetros ocorreu através da utilização do *software* FiSAT
188 II (Gayanilo Jr, et al., 2005). Onde L_t é o comprimento total (mm) da ostra no tempo t
189 ($t_1 + t_2$), L_∞ é a média do comprimento assintótico, K a constante de crescimento (ano⁻¹),
190 D determina a forma da curva (ponto de inflexão se $D > 1$), e t_0 equivale ao t_1 .

191

192 2.5 Determination of growth performance

193 Diversos autores apresentam o Índice Geral de Performance de Crescimento –
194 OGP como método eficaz na verificação da influência do El Niño no crescimento de
195 bivalves (Arntz, et al., 1987; Heilmayer, et al., 2004; Herrmann, et al., 2009a; Herrmann,
196 et al., 2009b; Laudien, et al., 2003). Para isso, é primordial a utilização dos parâmetros
197 de crescimento de von Bertalanffy (L_∞ e K), conforme equação 3 abaixo.

198

$$OGP: \log(K[L_\infty])^3 \quad (3)$$

199

200 O OGP foi desenvolvido por Pauly (1979) e é apresentado em uma forma gráfica
 201 especial, denominada grade auximétrica. A utilização da grade auximétrica satisfaz
 202 comparações entre parâmetros de crescimento agrupando por padrões de crescimento de
 203 espécies, deste modo podendo verificar uma alteração nos padrões de uma espécie por
 204 uma anomalia climática.

205 Entretanto, neste estudo, a comparação da performance de crescimento utilizou-
 206 se o Índice de crescimento phi-prime (Φ'), descrito na equação 4, abaixo:

207

$$\Phi': 2\log_{10}(L_\infty) + \log_{10}K \quad (4)$$

208

209 Utilizou-se o Φ' devido a correlação negativa entre K e L_∞ invalida comparações
 210 diretas entre parâmetros individuais (Pauly and Munro, 1984).

211

212 *2.6 Statistical analysis*

213 Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote estatístico
 214 PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20 (Hammer, 2018). As diferenças foram
 215 consideradas significativas a um nível de $\alpha = 5\%$ (Zar, 2010). A relação entre o a taxa de
 216 crescimento e o comprimento inicial foi estimada pela análise de regressão exponencial,
 217 comparando, posteriormente, com dados de Cordeiro, et al. (*in prep.*), realizados em anos
 218 normais.

219

220 **3 Results**

221 Observa-se uma variabilidade nos dados abióticos ao longo dos meses de coleta.
222 A maior variação foi evidenciada na salinidade, com média de $22,5 \pm 12,6$ (média \pm SD),
223 valor mínimo de 3 (abr/16) e máxima de 39 (nov/16). A temperatura apresentou pouca
224 variação, com $31,2 \pm 0,9^\circ\text{C}$, mínima de $30,1^\circ\text{C}$ (jul/16) e máxima de $33,7^\circ\text{C}$ (abr/16). A
225 variação da pluviosidade média mensal comportou-se inversamente proporcional a
226 salinidade, com média de $5,8 \pm 7,3$ mm.dia⁻¹, apresentando meses com ausência de chuvas
227 (set/16 e out/16) e máxima de $20,59$ mm.dia⁻¹ (abr/17).

228 Os dados morfométricos mensais de *C. tulipa* estão disponíveis em, na plataforma
229 Data Publisher for Earth & Environmental Science - PANGAEA
230 (<https://www.pangaea.de/>) (Chagas, et al., 2018b; c). As taxas de sobrevivência das ostras
231 foram altas destacando-se as ostras classificadas por *baby* com um melhor percentual de
232 sobrevivência (~85%) e as *masters* o menor percentual (~66%).

233 No presente estudo, o crescimento absoluto médio das ostras foi de
234 $23,10 \pm 15,48$ mm (média \pm SD), com $76,49$ mm de amplitude máxima de crescimento. Já
235 Cordeiro, et al. (*in prep.*), estimaram o crescimento absoluto médio de $25,95 \pm 19,66$ mm,
236 com amplitude máxima de $85,43$ mm. Deste modo, ao comparar os dois estudos, observa-
237 se pouca diferença na taxa de crescimento absoluto das ostras (Figura 3A-B).

238 A comparação do crescimento de *C. tulipa* cultivadas em anos normais (Cordeiro,
239 et al., *in prep.*) e anos de El Niño (presente estudo), através de relação entre as taxas de
240 incremento (mm.d⁻¹) e o comprimento inicial das ostras, não distingue o desempenho das
241 ostras (Figura 4).

242 Os parâmetros de crescimento estimados no atual estudo foram: $K=0,43$ e
243 $L_\infty=196,94$ mm, apresentando-se bem distinto dos estimados em anos normais ($K=1,14$
244 e $L_\infty=128,03$ mm) (Tabela 1, Figura 5). Deste modo, o período de cultivo nos quais
245 atingem o tamanho comercial (60 mm) também são distintos. Deste modo, enquanto que,

246 em anos de El Niño, *C. tulipa* leva 8,5 meses para atingirem o tamanho comercial, em
247 anos de El Niño e em 5,5 meses em anos normais. Através da comparação das curvas de
248 crescimento de *C. tulipa*, observa-se a influência do El Niño no desenvolvimento da ostra
249 cultiva, pois em anos normais, o gráfico apresenta um crescimento rápido e, em anos de
250 El Niño, um crescimento lento.

251 A grade auximétrica elaborada através dos parâmetros de crescimento de ostras
252 *Crassostrea* spp. e o Índice de crescimento phi-prime (Φ') não permitem destacar um
253 padrão distinto no padrão de crescimento destacando áreas climáticas
254 (tropicais/subtropicais, temperada e ressurgência) (Figura 6). Deste modo, impossibilita
255 a análise de efeitos do El Niño no crescimento de *C. tulipa*. Sendo assim, confeccionou-
256 se uma segunda grade auximétrica apenas com os dados de crescimento da ostra *C. tulipa*,
257 com a finalidade de analisar de modo mais restrito a influência do El Niño da ostra.

258 A grade auximétrica com os dados de crescimento da ostra *C. tulipa* destaca dois
259 grupos: um grupo caracterizado pelos dados de ostras oriundos de regiões tropicais e outro
260 com dados de áreas de ressurgência e dois dados de regiões tropicais anômalos aos demais
261 (Figura 7). A influência do El Niño no crescimento de *C. tulipa* é indicada pelo
262 ordenamento dos dados dentro do grupo, sendo que próximo ao centro do grupo, destaca-
263 se o desempenho da ostra estimada em anos normais e os demais (dispostos nas
264 extremidades do grupo) em anos de El Niño. Adicionalmente, destaca-se também, a
265 influência inversa do El Niño no crescimento da *C. tulipa* ao analisar-se a força da
266 anomalia climática, pois em ano de El Niño “fraco” (El Niño 1986/88), observa-se um
267 melhor desempenho no crescimento quando comparado ao atual estudo (El Niño
268 2015/16), realizado em ano de El Niño classificado como um dos mais fortes já registrado.

269

270 **4 Discussion**

271

272 A variabilidade dos parâmetros abióticos encontrados neste estudo, corroboram
273 aos resultados de Cordeiro, et al. (*in prep.*) e Paixão, et al. (2013), mensurados em
274 ambientes de cultivos no estado do Pará.

275 A temperatura apresenta-se como uma variável que depende da hora da medição,
276 estação sazonal, quantidade de chuva e anomalias climáticas (e.g. El Niño) (Bastos and
277 Pachêco, 2005; Liebmann and Marengo, 2001; Miranda, et al., 2009; Moraes, et al.,
278 2005). Além disso, a oscilação pouco expressiva da temperatura neste estudo está de
279 acordo com a média de outros rios da Amazônia (Miranda, et al., 2009; Paixão, et al.,
280 2013).

281 Esse comportamento da temperatura é bem diferente dos encontrados cultivos
282 dispostos na região Nordeste, com variação de 25 a 31°C (Legat, et al., 2017; Rosa, 2014;
283 Vilar, 2012), e nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, entre 15 e 29,5°C (Legat, et al., 2017;
284 Pereira, et al., 1991; Pereira, et al., 2003; Pereira, et al., 2001), observando-se assim uma
285 variação expressiva deste parâmetro nessas regiões. Além disso, Manzoni and Schmitt
286 (2006) citam que nos meses de verão, devido temperaturas superiores a 28°C não são
287 propícios para o início do cultivo de ostras, pois altas temperaturas provocam
288 retardamento no crescimento e mortalidade das sementes, e deste modo, temperaturas
289 amenas (< 26°C) possibilitam maiores taxas de sobrevivência e de crescimento.

290 A média da salinidade encontrada neste estudo é próxima as de outras regiões do
291 Brasil, porém apresenta uma elevada oscilação anual. A variabilidade encontrada
292 apresenta-se próximas as encontradas na região Nordeste, entre 5 e 32 (Legat, et al., 2017;
293 Rosa, 2014; Vilar, 2012), entretanto, bem superior as demais regiões brasileiras (Sul e
294 Sudeste), entre 8 e 34 (Legat, et al., 2017; Pereira, et al., 1991; Pereira, et al., 2003;
295 Pereira, et al., 2001). No Brasil, os estudos citam que a variação da salinidade ótima para

296 o desenvolvimento das ostras *Crassostrea* spp. em cultivos é entre 15 e 25 (Cardoso
297 Júnior, et al., 2012; Guimarães, et al., 2008; Modesto, et al., 2010; Pereira and Chagas
298 Soares, 1996; Pereira, et al., 1988; Pereira, et al., 2001), entretanto em ambiente natural
299 sobrevive em salinidades de 8 a 34 (Pereira, et al., 2001). Nesse contexto, Alvarenga and
300 Nalesso (2006) citam que alta salinidade (> 30) não favorecem o cultivo de ostras e, de
301 acordo com Guimarães, et al. (2008), salinidades entre 30 e 35 aumentam a mortalidade.

302 A ascensão da salinidade e o declínio da pluviosidade está relacionado ao início
303 da estação menos chuvosa (estação seca), delimitada pelos autores entre junho a
304 novembro.

305 Diversos outros fatores ambientais (e.g. produção primária, biofouling, densidade
306 e estoque, tipo e estrutura do cultivo, entre outros) influenciam diretamente no
307 crescimento das ostras (Angell, 1986; Cardoso Júnior, et al., 2012; Chagas and Herrmann,
308 2015; 2018a; Chagas, et al., 2018a; Chagas, et al., *in prep*; Chávez-Villalba, et al., 2008;
309 Gonzalez, et al., 2015; Kraeuter, et al., 2007; Maccacchero, et al., 2007; Montanhini-Neto
310 and Ostrensky, 2012; Ostrensky, et al., 2015; Pereira, et al., 1991; Pinto, 2007). Neste
311 sentido, a busca pela identificação da influência isolada de um fator no crescimento é
312 altamente relevante para o desenvolvimento dos cultivos de ostras.

313 As taxas de sobrevivência de *C. tulipa* observadas no período do experimento
314 (Tabela 4) são consideradas ótimas ao cultivo de ostra-do-mangue. Os dados obtidos em
315 outros estudos com o mesmo período de cultivo corroboram tal afirmação, Legat, et al.
316 (2017) observou em seu experimento com *C. tulipa*, nos estados do Maranhão e Santa
317 Catarina, uma taxa de sobrevivência superior (>87% e 91%, respectivamente) à
318 encontrada nesse estudo (entre 66 e 85%). Já Oliveira (2014), apresenta sobrevivências
319 entre 73 e 80% da ostra *C. brasiliana* e entre 87 e 94% de *C. rhizophorae*, ambas
320 cultivadas no estado da Bahia. Entretanto, utilizando o mesmo período de cultivo, outros

321 estudos apresentam uma baixa sobrevivência, como por exemplo, ~30% (Pereira and
322 Chagas Soares, 1996) e ~50% (Pereira, et al., 1988), ambos utilizando a ostra
323 *C. brasiliana* no estado de São Paulo, e sobrevivência de 40% encontrada no cultivo de
324 *C. gigas* em Santa Catarina (Manzoni and Schimitt, 2006).

325 Em contrapartida, alguns estudos, utilizando um menor período de cultivo,
326 apresentam uma elevada taxa de sobrevivência de ostras do gênero *Crassostrea* no litoral
327 brasileiro. Dentre esses estudos, destaca-se ~90% de sobrevivência, em dez meses de
328 cultivo de *C. brasiliana*, em São Paulo (Pereira, et al., 2001), ~88% em quatro meses de
329 cultivo no Paraná (Pinto, 2007) e ~93% em cinco meses de cultivo em Santa Catarina
330 (Maccacchero, et al., 2007), ambos utilizando ostras *Crassostrea* sp. em seus
331 experimentos.

332 O tamanho comercial da ostra está relacionado a forma de consumo, a espécie e a
333 preferência regional (Legat, et al., 2017). A *C. tulipa* apresenta 60mm como tamanho
334 inicial à comercialização no estado do Pará (Macedo, et al., 2016; Sampaio, et al., 2017)
335 e neste estudo, sob influência do El Niño 2015/16, o tempo de cultivo necessário para que
336 as ostras cultivadas atinjam o tamanho comercial foi superior ao estimado por Cordeiro,
337 et al. (*in prep.*). Entretanto, ambos resultados se apresentam melhores (em tempo de
338 cultivo) aos encontrados por diversos autores em cultivos situados em outras regiões do
339 Brasil (Tabela 2).

340 As taxas de crescimento absoluto (mm d^{-1}) de *C. tulipa* estimadas nos
341 experimentos realizados em anos normais (Cordeiro, et al., *in prep.*) e de El Niño
342 (presente estudo) apresentam-se próximas a média nacional ($25,86 \pm 18,10$ mm) (see
343 Chagas and Herrmann, 2018b).

344 A nível mundial, o Overall Growth Performance – OGP é utilizado para
345 caracterizar o desempenho de crescimento de inúmeras espécies (Munro and Pauly, 1983;

346 Pauly, 1979). Em moluscos bivalves, apresenta-se historicamente eficaz na caracterização
347 do crescimento, como por exemplo: *Donax marincovich* (Arntz, et al., 1987), Mytilidae
348 (e.g. *Mytilus* spp. e *Perna* spp.), Pectinidae (Vakily, 1992), *Donax serra* (Laudien, et al.,
349 2003), *Aequipecten opercularis* (Heilmayer, et al., 2004), *Mesodesma mactroides*
350 (Herrmann, et al., 2011; Lepore, et al., 2009), *Donax hanleyanus* (Herrmann, et al., 2009a;
351 Herrmann, et al., 2009b).

352 O OGP apresenta-se eficiente, pois, no geral, as espécies apresentam padrões de
353 crescimento ligados diretamente a área climática no qual habitam (Prou, et al., 1991;
354 Vakily, 1992). Isso ocorre devido a variação da temperatura de acordo com a latitude, o
355 que apresenta uma relação direta com crescimento dos bivalves (Gosling, 2015). Segundo
356 o autor, dados disponíveis na literatura mundial, citam que os bivalves oriundos de baixas
357 latitudes tendem a crescer mais rapidamente à temperatura ambiente do que os membros
358 da mesma espécie de latitudes mais elevadas.

359 A análise do desempenho do crescimento de ostras *Crassostrea* spp. com dados
360 (K , L_{∞} , OGP e Φ') deste presente estudo e com os disponibilizados por Chagas and
361 Herrmann (2018a), não permitem, através da grade auximétrica, a distinção de grupos
362 claramente ordenados segundo área climática de origem (Figura 6). Esse fato pode ter
363 ocorrido por tratar-se de dados de crescimento oriundos de ostras cultivadas e de ambiente
364 naturais. Neste sentido, reformulou-se a grade auximétrica, separando apenas os dados de
365 crescimento de *C. tulipa*, espécie-alvo neste estudo.

366 A segunda grade auximétrica possibilitou a evidência da distinção dos dados em
367 dois grupos (Figura 7) caracterizados pelas áreas tropical e de ressurgência. Nesta
368 segunda análise, observa-se uma influência do El Niño no desempenho de crescimento
369 de *C. tulipa* através da força da evento climático. Esta influência ocorre de modo inverso,
370 ou seja, positivo em eventos climáticos classificados como “fracos” e negativo em

371 eventos classificados por “extremamente fortes” (Figura 7). A verificação da influência
372 do El Niño, ocorre pois os parâmetros de crescimento de *C. tulipa* encontrado no presente
373 estudo (em anos de El Niño classificado como “extremamente forte”) foi expressivamente
374 menor do estimado por Cordeiro, et al. (*in prep.*) ($L_{\infty}=1,14$ mm), em anos normais. Além
375 disso, os parâmetros estimas neste estudo são menores daqueles estimados por Vakily
376 (1992) ($L_{\infty}=1,90$ mm), em anos de El Niño classificados como “anomalia climática
377 fraca”. (see Table 1 and Chagas and Herrmann, 2018a). Adicionalmente, destaca-se o
378 comportamento anormal de *C. tulipa*, que ficou dentro do grupo das ostras de áreas de
379 ressurgência. Isso ocorreu pois, de acordo com experimento realizado por Legat, et al.
380 (2017) no Maranhão (região Nordeste do Brasil), *C. tulipa* não apresentou um
381 crescimento satisfatório, não sendo recomendado o cultivo desta espécie para o local.

382

383 **5 Conclusion**

384 Os resultados deste estudo indicam uma influência negativa do El Niño no
385 crescimento das ostras *C. tulipa* cultivada no litoral amazônico, levando
386 aproximadamente três meses a mais para atingir seu tamanho comercial, quando
387 comparadas ao crescimento em anos normais. Deste modo, recomenda-se que em anos
388 de El Niño, aumente os cuidados no manejo do cultivo (e.g. retirada do biofouling,
389 diminuir a densidade estocada), para reduzir os fatores que possam, também, influenciar
390 no crescimento das ostras.

391

392 **Acknowledgements**

393

394 The authors thank to the members of the Farmers, Fishermen and Aqua Farmers
395 Association of the River Urindeua (ASAPAQ) of St. Anthony Village Urindeua on behalf

396 of its former president Mr. Anthony and the current president D^a Maria, the National
397 Counsel of Technological and Scientific Development (CNPq) for partial funding, the
398 Amazon Rural Federal (UFRA) for supplying the transport for fieldwork, the Dr^a. M^a
399 Auxiliadora Ferreira for granting the use of the fluorescence microscope in his laboratory
400 of Developmental Biology and Immunohistochemistry and the members of the research
401 group Tropical Benthic Ecology.

402

403 **Referencias**

- 404 Akaboshi, S., 1979. Notas sobre o comportamento da ostra japonesa, *Crassostrea gigas*
405 (Thunberg, 1795), no litoral do estado do São Paulo, Brasil. B. Inst. Pesca. 6, 93-
406 104.
- 407 Alam, M.D., Das, N.G., 1999. Growth and age determination of an intertidal cupped
408 oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston) (Bivalvia: Ostreidae) around
409 Moheshkhali Channel, Bay of Bengal. Indian J. Mar. Sci. 28, 329-331.
- 410 Alvarenga, L., Nalesso, R.C., 2006. Preliminary assessment of the potential for mangrove
411 oyster cultivation in Piraquê-açu River Estuary (Aracruz, ES). Braz. Arch. Biol.
412 Technol. 49, 163-169. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132006000100019>
- 413 Amaral, V.S.d., Simone, L.R.L., 2014. Revision of genus *Crassostrea* (Bivalvia:
414 Ostreidae) of Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 94, 811-836.
415 DOI:10.1017/S0025315414000058
- 416 Amin, S.M.N., Zafar, M., Halim, A., 2006. Population dynamics of the oyster
417 *Crassostrea virginica* from the offshore Island of St. Martin in the coast of
418 Bangladesh. 1, 65-78.
- 419 Amin, S.M.N., Zafar, M., Halim, A., 2008. Age, growth, mortality and population
420 structure of the oyster, *Crassostrea madrasensis*, in the Moheshkhali Channel

- 421 (southeastern coast of Bangladesh). J. Appl. Ichthyol. 24, 18-25.
422 <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.01007.x>
- 423 Angell, C.L., 1986. The biology and culture of tropical oysters. International Center for
424 Living Aquatic Resources Management - ICLARM, Manila, Philippines.
- 425 Appeldoorn, R.S., 1987. Modification of a seasonally oscillating growth function for use
426 with mark-recapture data. J. Cons. Int. Explor. Mer. 43, 194-198.
427 <https://doi.org/10.1093/icesjms/43.3.194>
- 428 Arntz, W.E., Brey, T., Tarazona, J., Robles, A., 1987. Changes in the structure of a
429 shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. S. Afr. J. mar.
430 Sci. 5, 645-658. DOI: 10.2989/025776187784522504
- 431 Azevedo, R.V.d., Tonini, W.C.T., Santos, M.J.M.d., Braga, L.G.T., 2015. Biofiltration,
432 growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in effluents from
433 shrimp *Litopenaeus vannamei*. Rev. Ciênc. Agron. 46, 193-203.
434 <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100023>
- 435 Bastos, T.X., Pachêco, N.A., 2005. Frequencias de chuva no Estado do Pará no plano
436 microrregional. Embrapa, Belém.
- 437 Beck, M.W., Brumbaugh, R.D., Airoidi, L., Carranza, A., Coe, L.D., Crawford, C.,
438 Defeo, O., Edgar, G.J., Hancock, B., Kay, M.C., Lenihan, H.S., Luckenbach,
439 M.W., Toropova, C.L., Zhang, G., Guo, X., 2011. Oyster Reefs at Risk and
440 Recommendations for Conservation, Restoration, and Management. BioScience.
441 61, 107-116. doi:10.1525/bio.2011.61.2.5
- 442 Cardoso, J.F.M.F., Langlet, D., Loff, J.F., Martins, A.R., Witte, J.I.J., Santos, P.T., van
443 der Veer, H.W., 2007. Spatial variability in growth and reproduction of the Pacific
444 oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) along the west European coast. J. Sea
445 Res. 57, 303-315. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2006.11.003>

- 446 Cardoso Júnior, L.O., Lavander, H.D., Silva Neto, S.R.d., Souza, A.B.d., Silva, L.O.B.d.,
447 Gálvez, A.O., 2012. Crescimento da ostra *Crassostrea rhizophorae* cultivada em
448 diferentes densidades de estocagem no Litoral Norte de Pernambuco. *Pesq.*
449 *Agropec. Pernamb.* 17, 10-14. <http://dx.doi.org/10.4322/pap.2012.003>
- 450 Castilho-Westphal, G.G., Ostrensky, A., 2016. Use of side-scan sonar for estimations of
451 *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) stocks in subtidal banks on the south
452 coast of Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* 64, 49-56. [http://dx.doi.org/10.1590/S1679-](http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016104506401)
453 [87592016104506401](http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016104506401)
- 454 Chagas, R.A.d., 2016. *Biofouling* no cultivo da ostra-do-mangue *Crassostrea*
455 *rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um estuário amazônico,
456 Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos. Universidade Federal Rural da
457 Amazônia, Belém, pp. 116.
- 458 Chagas, R.A.d., Herrmann, M., 2015. Indução a desova de *Crassostrea rhizophorae*
459 (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) através de métodos físico-químicos em
460 condições controladas. *Acta Fish. Aquat. Res.* 3, 24-30. DOI
461 10.2312/ActaFish.2015.3.2.24-30
- 462 Chagas, R.A.d., Herrmann, M., 2016. Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e
463 subtropicais: recomendação para um método padronizado. *Acta Fish. Aquat. Res.*
464 4, 28-38. DOI 10.2312/ActaFish.4016.4.2.28-38
- 465 Chagas, R.A.d., Herrmann, M., 2018a. Review on oyster growth *Crassostrea* sp.: data
466 from von Bertalanffy (K and L_{∞}) growth parameters, phi-prime growth index (Φ')
467 and growth performance index (OGP). PANGAEA - Data Publisher for Earth &
468 Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889957>

- 469 Chagas, R.A.d., Herrmann, M., 2018b. Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the
470 Brazilian coast: A review. PANGAEA - Data Publisher for Earth &
471 Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>
- 472 Chagas, R.A.d., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R.d., Herrmann, M., 2018a. Composition
473 of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary,
474 Para state, Northern Brazil. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 53, 9-17.
- 475 Chagas, R.A.d., Silva, R.E.O.d., Abreu, V.S., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R.d.,
476 Herrmann, M., *in prep.* Growth performance of the mangrove oyster cultivated on
477 the Amazonian coast. *Acta Amazonica*.
- 478 Chagas, R.A.d., Abreu, V.S., Silva, R.E.O.d., Assis, A.S.d., Passos, T.A.F.d., Barros,
479 M.R.F., Santos, W.C.R.d., Herrmann, M., 2018b. Morphometric data of
480 *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast. PANGAEA - Data
481 Publisher for Earth & Environmental Science.
482 <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890779>
- 483 Chagas, R.A.d., Abreu, V.S., Silva, R.E.O.d., Assis, A.S.d., Passos, T.A.F.d., Barros,
484 M.R.F., Santos, W.C.R.d., Herrmann, M., 2018c. Micro-growth data of
485 *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast. PANGAEA - Publishing
486 Network for Geoscientific & Environmental Data.
487 <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890707>
- 488 Chávez-Villalba, J., Aragón-Noriega, E.A., 2015. Modeling the individual growth of the
489 Cortez oyster *Crassostrea corteziensis* (Bivalvia: Ostreidae) from central Gulf of
490 California. *Cah. Biol. Mar.* 56, 231-236.
- 491 Chávez-Villalba, J., López-Tapia, M., Mazón-Suástegui, J., Robles-Mungaray, M., 2005.
492 Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) in Sonora, Mexico.
493 *Aquacult. Res.* 36, 1337-1344. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01345.x

- 494 Chávez-Villalba, J., Hernández-Ibarra, A., López-Tapia, M.R., Mazón-Suástegui, J.M.,
495 2008. Prospective Culture of the Cortez Oyster *Crassostrea corteziensis* from
496 Northwestern Mexico: Growth, Gametogenic Activity, and Condition Index. J.
497 Shellfish Res. 27, 711-720. [http://dx.doi.org/10.2983/0730-](http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000(2008)27[711:PCOTCO]2.0.CO;2)
498 [8000\(2008\)27\[711:PCOTCO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000(2008)27[711:PCOTCO]2.0.CO;2)
- 499 Coakley, J.M., 2004. Growth of eastern oyster, *Crassostrea virginica*, in Chesapeake
500 Bay. University of Maryland, pp. 273.
- 501 Cordeiro, C.M., Chagas, R.A.d., Herrmann, M., *in prep.* Rapid growth rates of the
502 mangrove cupped oyster *Crassostrea rhizophorae* confirmed by in situ
503 fluorescent marking scope the potential of aquaculture in northern Brazil.
- 504 Diederich, S., 2006. High survival and growth rates of introduced Pacific oysters may
505 cause restrictions on habitat use by native mussels in the Wadden Sea. J. Exp.
506 Mar. Biol. Ecol. 328, 211-227. 10.1016/j.jembe.2005.07.012
- 507 Duke Jr, R.W., 2008. Oyster survival and growth within the Barataria estuary. Faculty of
508 Nicholls State University, pp. 121.
- 509 FAO, 2016. Fishery and Aquaculture Statistics. FAO, Rome.
- 510 Galvão, M.S.N., Pereira, O.M., Hilsdorf, A.W.S., 2013. Molecular identification and
511 distribution of mangrove oysters (*Crassostrea*) in an estuarine ecosystem in
512 Southeast Brazil: implications for aquaculture and fisheries management.
513 Aquacult. Res. 44, 1589-1601.
- 514 Gayanilo Jr, F.C., Sparre, P., Pauly, D., 2005. FAO - ICLARM Stock assessment tools
515 II: User's guide. FAO, Rome.
- 516 Gonzalez, C., Crescini, R., Villalba, W., Maldonado, A., Vásquez, G., Soto, G., 2015.
517 Estructura de tallas, crecimiento y mortalidad de *Crassostrea rhizophorae* en la
518 laguna de la Restinga, isla de Margarita, Venezuela. 27, 328-333.

- 519 Gosling, E., 2015. Marine Bivalve Molluscs, 2. ed. ed. John Wiley & Sons, Ltd.
- 520 Guimarães, I.M., Antonio, Í.G., Peixoto, S., Olivera, A., 2008. Influência da salinidade
521 sobre a sobrevivência da ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae*. Arq. Ciênc.
522 Mar. 41, 118-122.
- 523 Hammer, Ø., 2018. PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20, Natural History
524 Museum: University of Oslo.
- 525 Harding, J.M., 2007. Comparison of growth rates between diploid deby eastern oysters
526 (*Crassostrea virginica*, Gmelin 1791), triploid eastern oysters, and triploid
527 suminoe oysters (*C. ariakensis*, Fugita 1913). J. Shellfish Res. 26, 961-972.
528 [http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000\(2007\)26\[961:COGRBD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000(2007)26[961:COGRBD]2.0.CO;2)
- 529 Harding, J.M., Mann, R., 2006. Age and growth of wild suminoe (*Crassostrea ariakensis*,
530 Fugita 1913) and pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou bay,
531 China. J. Shellfish Res. 25, 73-82. [https://doi.org/10.2983/0730-](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2006)25[73:AAGOWS]2.0.CO;2)
532 [8000\(2006\)25\[73:AAGOWS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2983/0730-8000(2006)25[73:AAGOWS]2.0.CO;2)
- 533 Heilmayer, O., Brey, T., Storch, D., Mackensen, A., Arntz, W.E., 2004. Population
534 dynamics and metabolism of *Aequipecten opercularis* (L.) from the western
535 English Channel (Roscoff, France). J. Sea Res. 52, 33-44.
536 doi:10.1016/j.seares.2003.07.005
- 537 Herrmann, M., Lepore, M.L., Laudien, J., Arntz, W.E., Penchaszadeh, P.E., 2009a.
538 Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A
539 comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis. J.
540 Exp. Mar. Biol. Ecol. 379, 8-15. 10.1016/j.jembe.2009.07.031
- 541 Herrmann, M., Alfaya, J.E.F., Lepore, M.L., Penchaszadeh, P.E., Arntz, W.E., 2011.
542 Population structure, growth and production of the yellow clam *Mesodesma*

- 543 *mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae) from a high-energy, temperate beach in
544 northern Argentina. *Helg. Mar. Res.* 65, 285-297. 10.1007/s10152-010-0222-3
- 545 Herrmann, M., Carstensen, D., Fischer, S., Laudien, J., Penchaszadeh, P.E., Arntz, W.E.,
546 2009b. Population structure, growth and production of the wedge clam *Donax*
547 *hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) from northern Argentinean beaches. *J.*
548 *Shellfish Res.* 28, 511-526. 10.2983/035.028.0313
- 549 IBGE, 2017. Produção da pecuária municipal 2016. IBGE, Rio de Janeiro.
- 550 Kraeuter, J.N., Ford, S., Cummings, M., 2007. Oyster growth analysis: A comparison of
551 methods. *J. Shellfish Res.* 26, 479-491. [http://dx.doi.org/10.2983/0730-](http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000(2007)26[479:OGAACO]2.0.CO;2)
552 [8000\(2007\)26\[479:OGAACO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2983/0730-8000(2007)26[479:OGAACO]2.0.CO;2)
- 553 Laudien, J., Brey, T., Arntz, W.E., 2003. Population structure, growth and production of
554 the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches.
555 *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58S, 105-115. doi:10.1016/S0272-7714(03)00044-1
- 556 Lazoski, C., Gusmão, J., Boudry, P., Solé-Cava, A.M., 2011. Phylogeny and
557 phylogeography of Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic
558 connectivity and isolation by distance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 426, 197-212. doi:
559 10.3354/meps09035
- 560 Legat, A.P., Oliveira, J.A.d., Lazoski, C.V.d.S., Solé-Cava, A.M., Melo, C.M.R.d.,
561 Galvéz, A.O., 2009. Caracterização genética de ostras nativas do gênero
562 *Crassostrea* no Brasil: base para o estabelecimento de um programa nacional de
563 melhoramento. Embrapa Meio-Norte, Teresina.
- 564 Legat, J.F.A., Puchnick-Legat, A., Fogaça, F.H.d.S., Tureck, C.R., Suhnel, S., Melo,
565 C.M.R.d., 2017. Growth and survival of bottom oyster *Crassostrea gasar* cultured
566 in the northeast and south of Brazil. *B. Inst. Pesca.* 43, 172-184. Doi:
567 10.20950/1678-2305.2017v43n2p172

- 568 Lepore, M.L., Penchaszadeh, P.E., Alfaya, J.E.F., Herrmann, M., 2009. Aplicación de
569 calceína para la estimación del crecimiento de la almeja amarilla *Mesodesma*
570 *mactroides* Reeve, 1854. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 44, 767-774. 10.4067/S0718-
571 19572009000300022
- 572 Liebmann, B., Marengo, J.A., 2001. Interannual variability of the rainy season and
573 rainfall in the Brazilian Amazon Basin. J. Clim. 14, 4308-4318.
574 [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<4308:IVOTRS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<4308:IVOTRS>2.0.CO;2)
- 575 Lopes, G.R., Gomes, C.H.A.d.M., Tureck, C.R., Melo, C.M.R.d., 2013. Growth of
576 *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian
577 waters. Pesq. Agropec. Bras. 48, 975-982. DOI: 10.1590/S0100-
578 204X2013000800024
- 579 Maccacchero, G.B., Ferreira, J.F., Guzinski, J., 2007. Influence of stocking density and
580 culture management on growth and mortality of the mangrove native oyster
581 *Crassostrea* sp. in southern Brazil. Biotemas. 20, 47-53.
- 582 Macedo, A.R.G., Silva, F.L.d., Ribeiro, S.d.C.A., Torres, M.F., Silva, F.N.L., Medeiros,
583 L.R., 2016. Perfil da ostreicultura na comunidade de Santo Antônio do Urindeua,
584 Salinópolis, nordeste do Pará/Brasil. marzo.
- 585 Mancera, E., Mendo, J., 1996. Population dynamics of the oyster *Crassostrea*
586 *rhizophorae* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Fish. Res. 26,
587 139-148. [http://dx.doi.org/10.1016/0165-7836\(95\)00401-7](http://dx.doi.org/10.1016/0165-7836(95)00401-7)
- 588 Manzoni, G.C., Schimitt, J.F., 2006. Capítulo 17: Cultivo de ostras japonesas *Crassostrea*
589 *gigas* (Mollusca: Bivalvia), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC, Bases
590 ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC.,
591 Penha, pp. p. 245-252.

- 592 Melo, A.G.C.d., Varela, E.S., Beasley, C.R., Schneider, H., Sampaio, I., Gaffney, P.M.,
593 Reece, K.S., Tagliaro, C.H., 2010. Molecular identification, phylogeny and
594 geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). Genet. Mol.
595 Biol. 33, 564-572.
- 596 Melo, M.A.D., da Silva, A.R.B., Beasley, C.R., Tagliaro, C.H., 2013. Multiplex species-
597 specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in
598 Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management.
599 Aquacult. Int. 21, 1325-1332. 10.1007/s10499-013-9635-8
- 600 Miranda, R.G., Pereira, S.d.F.P., Alves, D.T.V., Oliveira, G.R.F., 2009. Qualidade dos
601 recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos
602 elementos químicos e parâmetros físico-químico. Ambi-Agua. 4, 75-92.
603 doi:10.4136/ambi-agua.88
- 604 Modesto, G.A., Maia, E.P., Olivera, A., Brito, L.O., 2010. Utilização de *Crassostrea*
605 *rhizophorae* (Guilding 1828) no tratamento dos efluentes do cultivo de
606 *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). PanamJAS. 5, 367-375.
- 607 Montanhini-Neto, R., Ostrensky, A., 2012. Revisão: Uso de modelos matemáticos para
608 avaliação da influência de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento de ostras
609 no Brasil. PUBVET. 6, 1-33.
- 610 Moraes, B.C.d., Costa, J.M.N.d., Costa, A.C.L.d., Costa, M.H., 2005. Variação espacial
611 e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amazonica. 35, 207-214.
612 <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- 613 Munro, J.L., Pauly, D., 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and
614 invertebrates. Fishbyte. 1, 5-6.

- 615 Nascimento, I.A., 1991. *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliana* (Lamarck)
616 in South and Central America. in: Menzel, W. (Ed.), Estuarine and marine bivalve
617 mollusk culture. CRC Press, Boston, pp. 125-134.
- 618 Oliveira, N.L.d., 2014. Avaliação do crescimento da ostra nativa *Crassostrea* (Sacco,
619 1897) cultivada em estruturas de sistemas fixos nas localidades de Ponta Grossa
620 (município de Vera Cruz) e Iguape (município de Cachoeira), região do
621 Recôncavo, na Baía de Todos os Santos, Bahia, Centro de Ciências Agrárias
622 Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das
623 Almas, pp. 70.
- 624 Ostrensky, A., Borghetti, J.R., Soto, D., 2008. Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer.
625 FAO, Brasília.
- 626 Ostrensky, A., Castilho-Westphal, G.G., Giroto, M.V.F., Hungria, D.B., 2015.
627 Ostricultura: Manual de boas práticas: Qualidade e segurança para nons
628 negócios. Sebrae, Brasília.
- 629 Paixão, L., Ferreira, M.A., Nunes, Z., Fonseca-Sizo, F., Rocha, R., 2013. Effects of
630 salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster
631 (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. 6-13.
632 <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.019>
- 633 Pauly, D., 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a
634 generalization of the von Bertalanffy's growth formula. Ber. Inst. Meereskd.
635 Christian-Albrechts-Univ. Kiel. 63, 1-156.
- 636 Pauly, D., Munro, J.L., 1984. Once more on the comparison of growth in fish and
637 invertebrates. Fishbyte. 2, 21.

- 638 Pereira, O.M., Chagas Soares, F.d., 1996. Análise da criação de ostra *Crassostrea*
639 *brasiliiana* (Lamarck, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de
640 Cananéia-SP. B. Inst. Pesca. 23, 135-142.
- 641 Pereira, O.M., Akaboshi, S., Chagas Soares, F.d., 1988. Cultivo experimental de
642 *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no canal da Bertiooga, São Paulo, Brasil
643 (23°54'30"S, 45°13'42"W). B. Inst. Pesca. 15, 55-65.
- 644 Pereira, O.M., Galvão, M.S.N., Tanji, S., 1991. Época e método de seleção de sementes
645 de ostra *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino - Laugna
646 de Cananéia, estado de São Paulo (25° S; 048° W). B. Inst. Pesca. 18, 41-49.
- 647 Pereira, O.M., Henriques, M.B., Machado, I.C., 2003. Estimativa da curva de crescimento
648 da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua
649 extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. B. Inst. Pesca. 29, 19-28.
- 650 Pereira, O.M., Machado, I.C., Henriques, M.B., Yamanaka, N., 2001. Crescimento da
651 ostra *Crassostrea brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na
652 região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25° s, 48° w). B. Inst. Pesca. 27, 163-
653 174. https://www.pesca.sp.gov.br/27%5B2%5D-art_06.pdf
- 654 Pinto, F.M.V.S., 2007. Efeito de organismos incrustantes sobre o crescimento e a
655 sobrevivência de ostras nativas do gênero *Crassostrea* em um cultivo suspenso na
656 Baía de Guaratuba (Paraná – Brasil). Universidade Federal do Paraná, Pontal do
657 Paraná, pp. 53.
- 658 Prou, J., Gouletquer, P., Bacher, C., 1991. Modelisation of oyster shell growth at 3 station
659 in the Patuxent river (Chesapeake Bay), pp. 41-60.
- 660 Quayle, D.B., 1988. Pacific oyster culture in British Columbia, Canadian Bulletin of
661 Fisheries and Aquatic Sciences 218.

- 662 Ramírez-Filippini, D., Chávez-Villalba, J., Cáceres-Martínez, C., 1990. Cultivo de ostión
663 en costales sobre estantes en la zona intermareal en la Bahía de La Paz, B.C.S.:
664 Estudio comparativo de crecimiento y resistencia, con el cultivo en suspensión.
665 in: de la Lanza-Espino, G., Arredondo-Figueroa, J.L. (Eds.), La Acuicultura en
666 México: De los conceptos a la Producción. Instituto de Biología, Universidad
667 Autónoma de México, Mexico, pp. 152–161.
- 668 Rosa, L.C., 2014. Crescimento e sobrevivência da ostra *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck,
669 1819) mantida em um viveiro de cultivo de camarão. Arq. Ciên. Mar. 47, 64-68.
- 670 Sampaio, D.d.S., Tagliaro, C.H., Schneider, H., Beasley, C.R., 2017. Oyster culture on
671 the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector.
672 Rev. Aquacult. 0, 1-17. DOI: 10.1111/raq.12227
- 673 Vakily, J.M., 1992. Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on
674 Thailand and other tropical areas. ICLARM. Tech. Rep. 36, 137.
- 675 Vilar, T.C., 2012. Crescimento da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding,
676 1828) cultivada em Barra de São Miguel, Alagoas, Brasil. Universidade Federal
677 de Pernambuco, Recife - PE, pp. 23.
- 678 von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol. 10, 181-
679 213.
- 680 WoRMS Editorial Board, 2018. World Register of Marine Species.
- 681 Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, 5th Edition ed. Prentice Hall, New Jersey.
- 682
- 683

684 **Tabela 2:** Desempenho de crescimento de ostras *Crassostrea* spp. para atingir o tamanho
 685 comercial.

Espécie	Tamanho comercial (mm)	Tempo de cultivo (meses)	Estado	Referência
<i>C. tulipa</i>	60	8.5	PA	Presente estudo
<i>C. tulipa</i>	60	5.5	PA	Cordeiro, et al. (<i>in prep.</i>)
<i>C. tulipa</i>	50	9	SC	Lopes, et al. (2013)
<i>C. rhizophorae</i>	70	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50	~19.1	SP	Pereira, et al. (2003)
<i>C. brasiliana</i>	50	~26.9	SP	Pereira, et al. (2003)
<i>C. brasiliana</i>	70	18	SC	Nascimento (1991)
<i>C. brasiliana</i>	50	14	SP	Pereira and Chagas Soares (1996)
<i>C. gigas</i>	70	7	SC	Manzoni and Schmitt (2006)
<i>C. gigas</i>	60	5	SP	Akaboshi (1979)
<i>Crassostrea</i> sp.	50	18	SC	Maccacchero, et al. (2007)

686

687

688

Tabela 1: Lista de 87 estudos sobre crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* que apresentam parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} e K), ordenados por espécie, indicando o país (e área) correspondente ao estudo, a região climática (**Tem.**: temperada; **Trop.**: tropical; **Res.**: área de ressurgência) e a metodologia de análise de crescimento (**M**: marcas de crescimento; e **F**: frequência de crescimento). Além disso, indica-se os parâmetros de crescimento: constante de crescimento (**K**), estimada em anos; o comprimento máximo (L_{∞}), o índice de crescimento phi-prime (Φ') e o índice de desempenho de crescimento (**OGP**) – do inglês Overall Growth Performance. São indicados, também, as referências aos estudos citados. Os nomes científicos das espécies estão atualizados segundo (WoRMS Editorial Board, 2018) (<http://www.marinespecies.org>): *Crassostrea madrasensis* (Preston, 1916)¹ e *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830)². Dados disponíveis em Chagas and Herrmann (2018a)

N	Espécies	País	Área	Região climática	Método	K (ano ⁻¹)	L_{∞} (mm)	Φ'	OGP	Referência
t1	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Rio Urindena, PA	Trop.	M	0.43	196.94	4.22	6.52	Present study
t2	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Rio Urindena, PA	Trop.	M	1.14	128.03	4.27	6.38	Cordeiro, et al. (<i>in prep.</i>)
t3	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Morro do Meio, MA	Trop.	F	0.014	32.90	1.18	2.70	Legat, et al. (2017)
t4	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Torto, MA	Trop.	F	0.019	47.54	1.63	3.31	Legat, et al. (2017)
t5	<i>C. tulipa</i> ²	Gâmbia	Rio Banjul	Trop.	F	1.90	70.40	3.97	5.82	Vakily (1992)
t6	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	Sambaqui, SC	Tem./Res.	F	0.020	55.75	1.79	3.54	Legat, et al. (2017)
t7	<i>C. tulipa</i> ²	Brasil	São Francisco do Sul, SC	Tem./Res.	F	0.021	72.16	2.04	3.90	Legat, et al. (2017)
a1	<i>C. ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0.33	244.00	4.29	6.68	Harding and Mann (2006)
a2	<i>C. ariakensis</i>	China	Baía de Laizhou	Tem.	M	0.55	183.00	4.27	6.53	Harding and Mann (2006)
a3	<i>C. ariakensis</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0.58	250.59	4.56	6.96	Harding (2007)
b1	<i>C. brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0.01	105.28	2.04	4.07	Pereira, et al. (2003)
b2	<i>C. brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0.36	65.69	3.19	5.01	Pereira, et al. (2003)
b3	<i>C. brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0.06	103.43	2.81	4.82	Pereira, et al. (2003)
b4	<i>C. brasiliiana</i>	Brasil	Cananéia, SP	Tem./Res.	F	0.69	68.36	3.51	5.34	Pereira, et al. (2003)
c1	<i>C. corteziensis</i>	México	Lagooa El Soldado	Tem./Res.	F	1.10	114.00	4.16	6.21	Chavez-Villalba, et al. (2005)
e2	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1.08	132.25	4.28	6.40	Chavez-Villalba, et al. (2008)
c3	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1.7	97.38	4.21	6.20	Chavez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)
e4	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	4.19	90.29	4.53	6.49	Chavez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)
c5	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	2.95	92.18	4.40	6.36	Chavez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)
e6	<i>C. corteziensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	17.30	128.29	5.45	7.56	Chavez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)

689

690

691

692

693

694

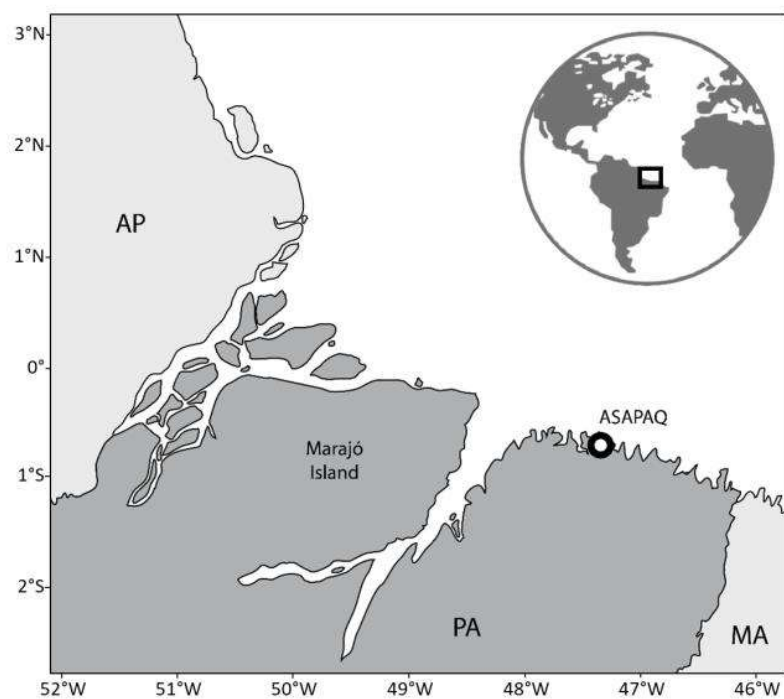
695

c7	<i>C. cortezensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	1.69	98.17	4.21	6.20	Chávez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)
c8	<i>C. cortezensis</i>	México	Baía de Guásimas	Tem./Res.	F	0.22	109.42	3.42	5.46	Chávez-Villalba and Aragón-Noriega (2015)
g1	<i>C. gigas</i>	França	Estuário de <i>Oosterschelde</i>	Tem.	M	0.002	68.00	0.97	2.80	Cardoso, et al. (2007)
g2	<i>C. gigas</i>	Holanda	Estuário do mar de <i>Wadden</i>	Tem.	M	0.001	238.00	1.75	4.13	Cardoso, et al. (2007)
g3	<i>C. gigas</i>	Alemanha	<i>Königslofen</i> , mar do Norte de <i>Wadden</i>	Tem.	F	0.26	180.00	3.93	6.18	Diederich (2006)
g4	<i>C. gigas</i>	Alemanha	<i>Munkmarsch</i> , mar do Norte de <i>Wadden</i>	Tem.	F	0.30	180.00	3.99	6.24	Diederich (2006)
g5	<i>C. gigas</i>	China	Baía de <i>Lazhou</i>	Tem.	M	0.68	158.60	4.23	6.43	Harding and Mann (2006)
g6	<i>C. gigas</i>	México	Baía de <i>La Paz</i>	Tem.	F	0.0078	60.70	1.46	3.24	Ramirez-Filippini, et al. (1990)
g7	<i>C. gigas</i>	México	Baía de <i>La Paz</i>	Tem.	F	0.0057	78.90	1.55	3.45	Ramirez-Filippini, et al. (1990)
g8	<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de <i>Keoje</i>	Tem.	F	2.69	99.10	4.42	6.42	Vakily (1992)
g9	<i>C. gigas</i>	Coreia do Sul	Baía de <i>Keoje</i>	Tem.	F	2.35	103.70	4.40	6.42	Vakily (1992)
m1	<i>C. bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de <i>Moheshbhai</i>	Trop.	F	1.90	116.00	4.41	6.47	Alam and Das (1999)
m2	<i>C. bilineata</i> ¹	Bangladesh	Canal de <i>Moheshbhai</i>	Trop.	F	0.35	208.80	4.18	6.50	Amin, et al. (2008)
m3	<i>C. bilineata</i> ¹	Índia	Estuário de <i>Adyar</i>	Trop.	F	0.77	119.00	4.04	6.11	Vakily (1992)
m4	<i>C. bilineata</i> ¹	Índia	<i>Madras harbour</i>	Trop.	F	1.80	89.00	4.15	6.10	Vakily (1992)
r1	<i>C. rhizophorae</i>	Cuba	*	Trop.	F	3.12	56.00	3.99	5.74	Angell (1986)
r2	<i>C. rhizophorae</i>	Venezuela	*	Trop.	F	3.96	76.00	4.34	6.24	Angell (1986)
r3	<i>C. rhizophorae</i>	Venezuela	Ilha de <i>La Tortuga</i>	Tem.	F	1.59	103.41	4.23	6.25	Gonzalez, et al. (2015)
r4	<i>C. rhizophorae</i>	Colômbia	Pântano de CGSM	Trop.	F	0.90	149.00	4.30	6.47	Mancera and Mendo (1996)
r5	<i>C. rhizophorae</i>	Jamaica	<i>Port Morant</i>	Trop.	F	2.79	86.90	4.32	6.26	Vakily (1992)
x1	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	<i>Arnolds</i> , Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.175	110.00	3.33	5.37	Kraeuter, et al. (2007)
x2	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	<i>Cohansey</i> , Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.26	125.00	3.61	5.71	Kraeuter, et al. (2007)
x3	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.20	120.00	3.46	5.54	Kraeuter, et al. (2007)
x4	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.275	140.00	3.73	5.88	Kraeuter, et al. (2007)
x5	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	Estuário de <i>Long Island</i>	Tem.	F	0.346	140.00	3.83	5.98	Kraeuter, et al. (2007)
x6	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	<i>Middle</i> , Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.20	125.00	3.49	5.59	Kraeuter, et al. (2007)
x7	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	<i>New Beds</i> , Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.23	140.00	3.65	5.80	Kraeuter, et al. (2007)
x8	<i>Crassostrea</i> sp.	USA	<i>Shell Rock</i> , Baía de <i>Delaware</i>	Tem.	F	0.25	125.00	3.59	5.69	Kraeuter, et al. (2007)
v1	<i>C. virginica</i>	Bangladesh	Ilha de <i>St. Martin</i>	Trop.	F	0.63	136.50	4.07	6.20	Amin, et al. (2006)
v2	<i>C. virginica</i>	USA	<i>Northern Bay</i> (Baía do Norte)	Tem.	F	0.492	88.62	3.59	6.10	Coakley (2004)

v3	<i>C. virginica</i>	USA	Angra Broad	Tenn.	F	0.573	85.52	3.62	5.55	Coakley (2004)
v4	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Chester	Tenn.	F	0.881	83.39	3.79	5.74	Coakley (2004)
v5	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tenn.	F	0.519	92.67	3.65	5.48	Coakley (2004)
v6	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tenn.	F	0.520	91.43	3.64	5.62	Coakley (2004)
v7	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tenn.	F	0.281	121.43	3.62	5.33	Coakley (2004)
v8	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Choptank	Tenn.	F	0.573	87.28	3.64	6.01	Coakley (2004)
v9	<i>C. virginica</i>	USA	Eastern Bay (Baía Oriental)	Tenn.	F	0.393	106.49	3.65	5.42	Coakley (2004)
v10	<i>C. virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tenn.	F	0.542	80.47	3.55	5.82	Coakley (2004)
v11	<i>C. virginica</i>	USA	Fishing Bay (Baía de Pesca)	Tenn.	F	0.542	106.86	3.79	5.45	Coakley (2004)
v12	<i>C. virginica</i>	USA	Angra Harris	Tenn.	F	0.261	152.15	3.78	5.50	Coakley (2004)
v13	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Honga	Tenn.	F	0.513	90.69	3.63	6.26	Coakley (2004)
v14	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Honga	Tenn.	F	0.546	88.68	3.63	5.61	Coakley (2004)
v15	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tenn.	F	0.650	76.98	3.59	5.66	Coakley (2004)
v16	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Little Choptank	Tenn.	F	0.429	91.12	3.55	5.29	Coakley (2004)
v17	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Manokin	Tenn.	F	0.779	77.48	3.67	5.56	Coakley (2004)
v18	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Middle	Tenn.	F	0.384	98.61	3.57	5.57	Coakley (2004)
v19	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tenn.	F	0.794	83.26	3.74	5.66	Coakley (2004)
v20	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tenn.	F	0.680	88.83	3.73	5.68	Coakley (2004)
v21	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Miles	Tenn.	F	0.538	90.81	3.65	5.61	Coakley (2004)
v22	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Nanticoke	Tenn.	F	0.631	100.99	3.81	5.81	Coakley (2004)
v23	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Patuxent	Tenn.	F	0.539	102.99	3.76	5.77	Coakley (2004)
v24	<i>C. virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.399	98.55	3.59	5.58	Coakley (2004)
v25	<i>C. virginica</i>	USA	Pocomoke Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.600	80.47	3.59	5.50	Coakley (2004)
v26	<i>C. virginica</i>	USA	Rio Potomac	Tenn.	F	0.237	148.97	3.72	5.89	Coakley (2004)
v27	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.346	116.02	3.67	5.73	Coakley (2004)
v28	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.252	115.21	3.52	5.59	Coakley (2004)
v29	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.490	95.64	3.65	5.63	Coakley (2004)
v30	<i>C. virginica</i>	USA	Tangier Sound, Baía de Chesapeake	Tenn.	F	0.230	140.86	3.66	5.81	Coakley (2004)
v31	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tenn.	F	0.613	115.60	3.91	5.98	Duke Jr (2008)

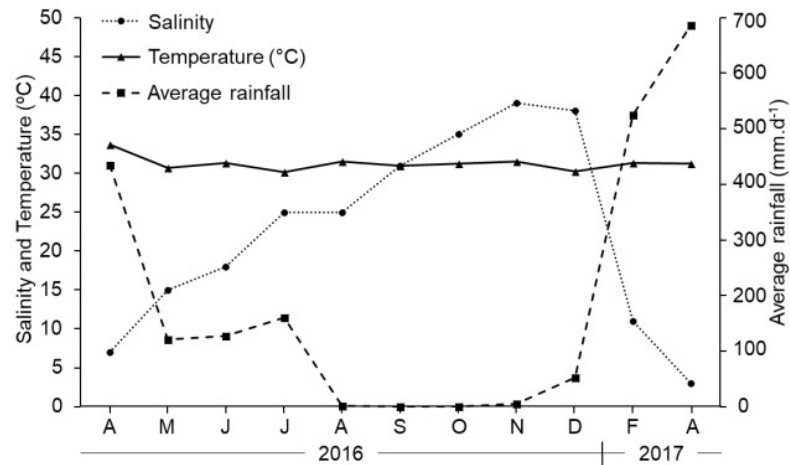
v32	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0.280	174.30	3.93	6.17	Duke Jr (2008)
v33	<i>C. virginica</i>	USA	Estuário Barataria	Tem.	F	0.735	90.70	3.78	5.74	Duke Jr (2008)
v34	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1.80	101.93	4.27	6.28	Harding (2007)
v35	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	1.12	95.50	4.01	5.99	Harding (2007)
v36	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0.33	119.00	3.67	5.75	Prou, et al. (1991)
v37	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0.51	119.00	3.86	5.93	Prou, et al. (1991)
v38	<i>C. virginica</i>	USA	Baía de Chesapeake	Tem.	F	0.36	119.00	3.71	5.78	Prou, et al. (1991)
v39	<i>C. virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0.41	115.70	3.74	5.80	Vakily (1992)
v40	<i>C. virginica</i>	USA	Chatham	Tem.	F	0.50	125.80	3.90	6.00	Vakily (1992)

697 **Figura 1.** Localização da ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuáristas e
698 Aqüicultores – ASAPAQ, situado no rio Urindeua, Amazônia Oriental.



699
700

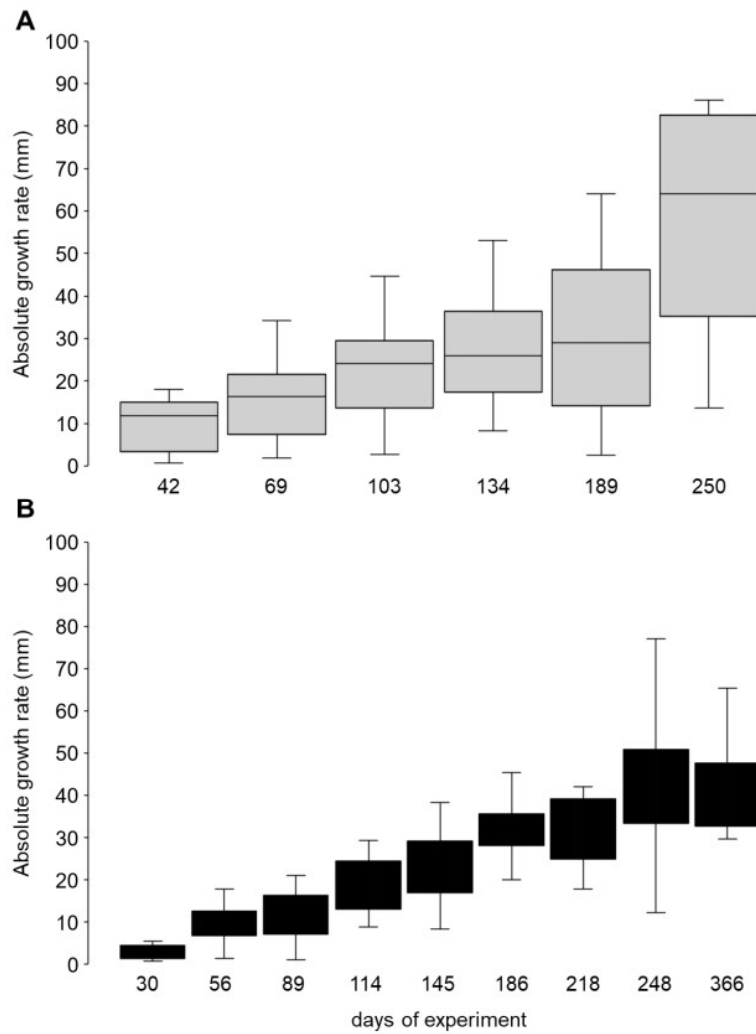
701 **Figura 2.** Variação mensal da salinidade e temperatura superficial da água (TSA) durante
 702 marés de sizígia e de pluviosidade média mensal no cultivo de ostras da ASAPAQ no rio
 703 Urindeua, Salinópolis, Pará, entre os meses abril/2016 e abril/2017.



704

705

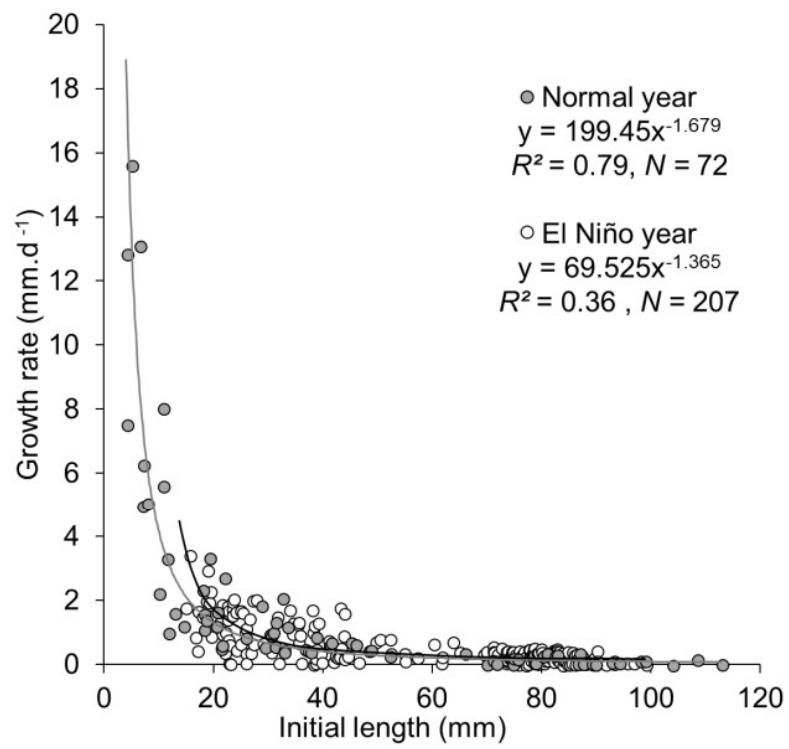
706 **Figura 3.** Crescimento absoluto de *Crassostrea tulipa* por tempo de experimento (mm.d⁻¹)
 707 ¹) em anos normais (A) (Cordeiro, et al., *in prep.*) e em ano de El Niño (B: presente
 708 estudo).



709

710

711 **Figura 4.** Gráfico da relação entre o comprimento inicial (mm) e a taxa de crescimento
712 diário (mm^{-1}) da ostra *Crassostrea tulipa* em anos normal (círculos de preenchimento
713 cinza) e em ano de El Niño (círculos sem preenchimento).

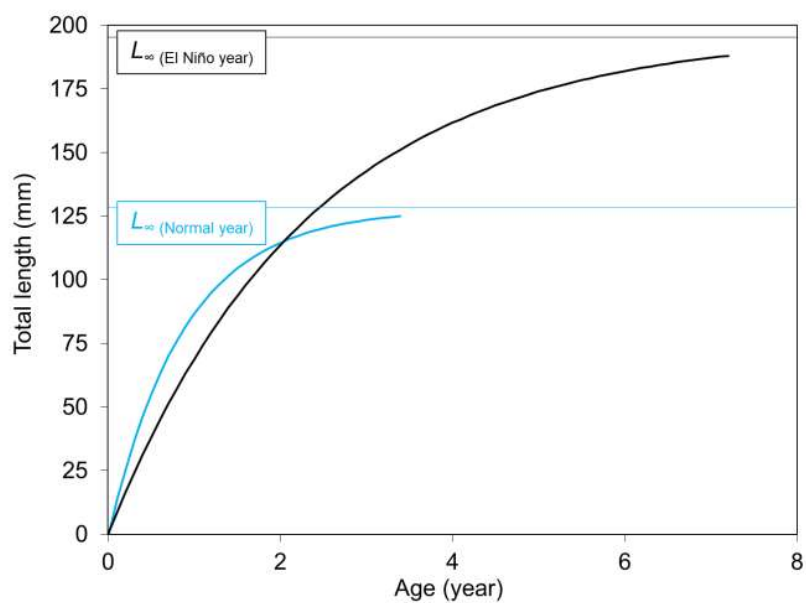


714

715

716

717 **Figura 5.** VBGFs de *Crassostrea tulipa* com os parâmetros $L_{\infty}=196,94$ e $K=0,43 \text{ yr}^{-1}$ em
718 ano de El Niño (2015/16) (cor preto: presente estudo) em comparação com os parâmetros
719 de crescimento $L_{\infty}=128,03$ e $K=1,14 \text{ yr}^{-1}$ (cor azul) estimado em anos normais (Cordeiro,
720 et al., *in prep.*), ambos estudos realizado no rio Urindeua, Salinópolis, Pará.

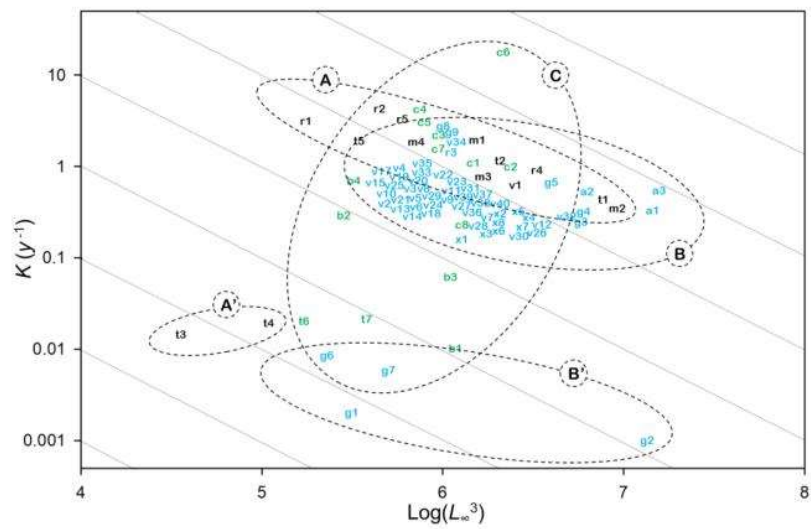


721

722

723

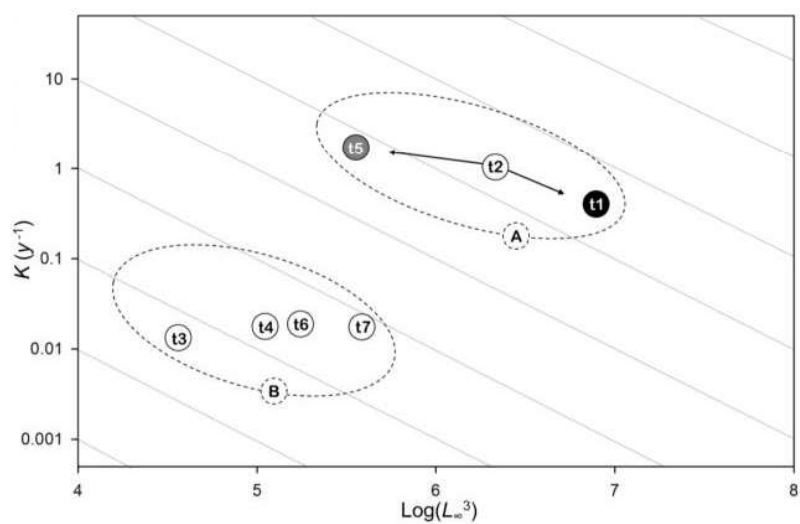
724 **Figura 6.** Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') das
 725 ostras *Crassostrea* spp., a partir da revisão de Chagas and Herrmann (2018a) com dados
 726 de crescimento de ostras de diversas áreas climáticas. O gráfico indica três grupos (em
 727 cores) representados por espécies de áreas tropicais/subtropicais (preto), temperadas
 728 (azul) e ressurgência (verde). Linhas pontilhadas diagonais indicam valores iguais de
 729 OGP (números em círculos). Para referência a fonte de dados, consulte a Tabela 1.



730

731

732 **Figura 7.** Grade auximétrica comparando o Índice de crescimento phi-prime (Φ') de
 733 ostras *Crassostrea tulipa*, a partir da revisão de Chagas and Herrmann (2018a) e dos
 734 dados do presente estudo. O gráfico indica dois grupos (linhas tracejadas) representados
 735 por espécies de áreas tropicais/subtropicais (A) e de ressurgência (B). Linhas pontilhadas
 736 diagonais indicam valores Índice de crescimento phi-prime (Φ'). Para referência a fonte
 737 de dados, consulte a Tabela 1. Círculos sem preenchimento de cor, indica dados de
 738 crescimento de ostras *C. tulipa* em anos normais, e nas cores cinza e preto indicam dados
 739 em anos de El Niño, classificados respectivamente, por “fraco” (El Niño 1986/88) e
 740 “muito forte” (El Niño 2015/16). Setas indicam um deslocamento do desempenho do
 741 crescimento da ostra sob influência do El Niño.



742

743

744

11.6 Publicação VI

1

El Niño e os efeitos no crescimento das ostras cultivadas no litoral brasileiro

Rafael Anaisce das Chagas, Mara Rúbia Ferreira Barros e Marko Herrmann

A nível mundial, o extrativismo descontrolado é responsável pela diminuição dos estoques naturais nos recifes de ostras (BECK et al., 2011). Por conta disso, verifica-se a necessidade da preservação/conservação/recuperação dos ecossistemas costeiros, bem como uma gestão à pesca sustentável. Em contrapartida, a malacocultura, com destaque ao cultivo de ostras, apresenta-se como a melhor opção para frear o declínio dos estoques naturais (MONTANHINI-NETO; OSTRENSKY, 2012).

Em 2015, a malacocultura contribuiu com 15,5% (~16,5 milhões de toneladas) da produção total da aquicultura (continental, costeira e marinha) mundial, movimentando ~18 bilhões de dólares americanos. Neste contexto, a ostreicultura correspondeu a 32,4% (~cinco mil ton.) da produção total, movimentando ~quatro bilhões de dólares (FAO, 2016b). No Brasil, em 2016, o cultivo de moluscos bivalves contribuiu com 1,5% (~21 mil ton.) da aquicultura nacional, movimentando ~R\$ 68,5 milhões com destaque ao estado de Santa Catarina, responsável por 97,9% da produção brasileira de moluscos bivalves (IBGE, 2017).

A ostreicultura nacional ocorre de forma artesanal nas regiões Norte (Figura 1, 2 e 3) e Nordeste, e industrial nas regiões Sul e Sudeste. As ostras cultivadas restringem-se às espécies nativas *Crassostrea tulipa* (sin. *Crassostrea gasar*), *Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea brasiliana*, e a ostra exótica *Crassostrea gigas* (CHAGAS; HERRMANN, 2018). Contudo, a nível mundial, o Brasil consta apenas como produtor de ostras *Crassostrea* sp. (sem identificação de espécie), por conta da instabilidade histórica na taxonomia das ostras cultivadas (ver MELO et al., 2013 e suas referências).

O sucesso na ostreicultura depende fortemente das condições ambientais da área de cultivo, ou seja, as características físicas, químicas e biológicas. Tais fatores influenciam diretamente no crescimento da ostra cultivada (Figura 4), e por conta disso, constantemente diversos estudos são realizados. Em contrapartida, em anos de anomalias climáticas, tais como o El Niño, as condições ambientais ficam perturbadas, o que interfere diretamente na produção de alimentos (FAO, 2016a; ROSSI; SOARES, 2017). A influência do El Niño já foi documentada na agricultura e na pesca em diversas partes do mundo. Entretanto, os estudos que abordaram os efeitos da anomalia climática na aquicultura, apresentam apenas resultados da influência da anomalia sobre a piscicultura

e carcinicultura (ASSAD; MAGALHÃES, 2014; SILVA, INOUE; FIETZ, 2016; TSUKAMOTO; TAKAHASHI, 2007), inexistindo uma abordagem específica sobre os efeitos do El Niño no crescimento de ostras cultivadas.

Os estudos que pretendem avaliar uma alteração do desempenho do crescimento de organismos aquáticos (e.g. peixes, crustáceos e moluscos) utilizam o índice de Desempenho Geral do Crescimento – DGC (do inglês: *Overall Growth Performance – OGP*), proposto por Pauly (1979). Entretanto, para essa análise é necessário dados de parâmetros de crescimento (K e L_{∞}) de von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1938), que são estimado no *software* FISAT II (GAYANILO JR, SPARRE; PAULY, 2005). Todavia, o uso do OGP torna-se inviável naqueles estudos onde obtém-se apenas dados de crescimento relativo ou percentual de moluscos bivalves (e.g. ostras ou mexilhões), pois nos estudos realizados em área de cultivo, objetiva-se apenas a determinação de crescimento em um ciclo de cultivo e/ou relações com as variáveis ambientais.

Com a finalidade de verificar a influência do El Niño no crescimento da ostra cultivada, analisou-se dados históricos de crescimento de ostras cultivadas no litoral brasileiro, compilados por Chagas e Herrmann (2018), disponíveis na plataforma digital PANGAEA – *Data Publisher for Earth & Environmental Science* (<https://www.pangaea.de/>).

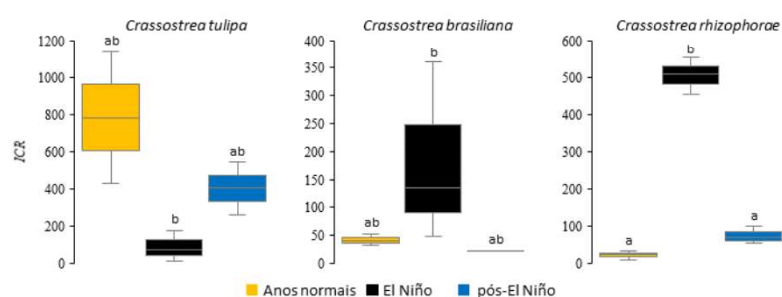
A determinação dos efeitos do El Niño no crescimento das ostras correlacionou-se os dados de crescimento absoluto, o incremento marginal médio e o tempo de cultivo. Adicionalmente, calculou-se o Índice de Crescimento Relativo – ICR (do inglês: *Relative Growth Index – RGI*), proposto por Beal et al. (1999) e determinou-se o período climático de realização do estudo (“anos normais”, “anos de El Niño” e “pós-El Niño”).

Aplicou-se uma análise de PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*) para evidenciar diferenças significativas entre os dados de crescimento das ostras por período climático e quais fatores que influenciam no ordenamento (ANDERSON, GORLEY; CLARKE, 2008). Os dados foram previamente logaritimizados e analisados a um nível de significância de 95% (p -value = 0.05) (ZAR, 2010), utilizando o software PAST – *Palaeontological Statistics* (Versão 3.18) (HAMMER, 2018).

Os resultados da PERMANOVA ao comparar os estudos de crescimento entre os períodos, evidenciam diferenças significativas no desempenho das ostras cultivadas no litoral brasileiro. Deste modo, é possível inferir sobre os efeitos do El Niño no crescimento das ostras independentemente da espécie. Em contrapartida, verifica-se um efeito positivo do El Niño do crescimento das ostras *C. brasiliana* ($F=6.693$ e $p=0.002$)

e *C. rhizophorae* ($F=12.39$ e $p=0.0001$), e um efeito negativo no crescimento de *C. tulipa* ($F=9.094$ e $p=0.006$) sob influência do El Niño. Essa influência é clara ao analisarmos graficamente o desempenho do crescimento das ostras a partir do ICR (Figure 5).

Figura 5: Gráfico com valores mínimos e máximos do Índice de Crescimento Relativo (ICR) das ostras *Crassostrea tulipa*, *Crassostrea brasiliana* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas no litoral brasileiro. As cores indicam os períodos nos quais foram efetuados os estudos: em anos normais (laranja), El Niño (preto) e pós-El Niño (azul) e letras iguais indicam similaridades



É de consenso na literatura nacional e internacional que a salinidade e temperatura são as principais variáveis que influenciam no crescimento das ostras cultivadas. Além disso, a ação sinérgica dessas duas variáveis e outras mais (e.g. bioincrustação, densidade, poluição, produção primária, etc.) dificultam a determinação da influência dos efeitos de um variável de modo isolado (GOSLING, 2015). Neste contexto, este estudo é pioneiro na avaliação de efeitos da anomalia climática El Niño no crescimento das ostras em ambiente de cultivo. Deste modo, evidencia-se a importância deste estudo, pois além de avaliar os efeitos do El Niño, utiliza-se de dados históricos de crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas (CHAGAS; HERRMANN, 2018).

Há estudo sobre a diferença no crescimento de ostras *Crassostrea* spp. (CASTILLO-DURÁN et al., 2010; HARDING, 2007), entretanto sem uma abordagem acerca da influência de anomalias climáticas. Neste sentido, os resultados deste trabalho permitem inferir acerca dos efeitos do El Niño no crescimento de ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas no litoral brasileiro. Além disso, infere importantes informações à ostreicultura, dentre elas a recomendação do aumento na produção (em números de indivíduos) das ostras *C. brasiliana* e *C. rhizophorae* em anos de El Niño, com a certeza de que ocorrerá um

desenvolvimento bem superior quando comparadas ao crescimento em aos anos normais ou posteriores a anomalia climática. Por outro lado, deve ter cautela no cultivo de ostras *C. tulipa* em anos de El Niño, pois evidenciou-se um efeito negativo em seu crescimento.

Referência

Anderson, M.J.; Gorley, R.N.; Clarke, K.R. **PERMANOVA + for PRIMER: Guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E, 2008.

Assad, E.D.; Magalhães, A.R. **Impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas**. 2. Rio de Janeiro: PBMC, 414p., 2014.

Beal, B.F., et al. A unique shell marker in juvenile, hatchery-reared individuals of the softshell clam, *Mya arenaria* L. **Fishery Bulletin**. v. 97, n. 2, p. 380-386, 1999.

Beck, M.W., et al. Oyster Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration, and Management. **BioScience**. v. 61, n. 2, p. 107-116, 2011.

Castillo-Durán, A., et al. Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. **Ciencias Marinas**. v. 36, n. 1, p. 29-39, 2010.

Chagas, R.A.; Herrmann, M. **Relative growth of Crassostrea spp. oysters on the Brazilian coast: A review**. 2018. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>

FAO. **2015–2016 El Niño Early action and response for agriculture, food security and nutrition**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 46p., 2016a.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome: FAO, 200p., 2016b.

Gayanilo Jr, F.C.; Sparre, P.; Pauly, D. **FAO - ICLARM Stock assessment tools II: User's guide**. Rome: FAO, 180p., 2005.

Gosling, E. **Marine Bivalve Molluscs**. John Wiley & Sons, Ltd, 537p., 2015.

Hammer, Ø. **PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20**. Natural History Museum: University of Oslo: 262p., 2018.

Harding, J.M. 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**. v. 26, n. 4, p. 961-972, 2007.

IBGE. **Produção da pecuária municipal 2016**. 44. Rio de Janeiro: IBGE, 51p., 2017.

Melo, M.A.D., et al. Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management. **Aquaculture International**. v. 21, n. 6, p. 1325-1332, 2013.

Montanhini-Neto, R.; Ostrensky, A. Revisão: Uso de modelos matemáticos para avaliação da influência de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento de ostras no Brasil. **PUBVET**. v. 6, n. 4, p. 1-33, Londrina, 2012.

Rossi, S.; Soares, M.O. Effects of El Niño on the coastal ecosystems and their related services. **Mercator**. v. 16, n. p. 1-16, Fortaleza, 2017.

Silva, T.S.E.C.; Inoue, L.A.K.A.; Fietz, C.R. **Influência do clima, fenômenos e mudanças climáticas no manejo da piscicultura**. 136. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016.

Tsukamoto, R.Y.; Takahashi, N.S. Problemas climáticos globais e seus efeitos na aqüicultura. **Panorama da Aquicultura**. v. 17, n. 101, p. 38-41, jun., 2007.

von Bertalanffy, L. A quantitative theory of organic growth. **Human Biology**. v. 10, n. 2, p. 181-213, 1938.

Zar, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 960p., 2010.

6

Figura 1: Ostreicultor efetuando o manejo no cultivo de ostras da Associação de Agricultores, Pecuáristas e Aquicultores (ASAPAQ) da Vila de Santo Antônio de Urindeua, situado no rio Urindeua, município de Salinópolis, estado do Pará.



7

Figura 2: Cultivo de ostras da ASAPAq as margens do rio Urindeua, litoral amazônico.



Figura 3: Estrutura (travesseiros amarrados em mesas fixas) do cultivo de ostras da ASAPAq.



Figura 4: Ostra-do-mangue *Crassostrea tulipa*.



REFERÊNCIAS

- ABDOLRAHIMI, M. **The effect of El Niño Southern Oscillation (ENSO) on world cereal production.** 2016. 144f. Master of Philosophy - University of Sydney, 2016.
- ADAMS, C.M., et al. Biofouling in Marine Molluscan Shellfish Aquaculture: A Survey Assessing the Business and Economic Implications of Mitigation. **Journal of The World Aquaculture Society.** v. 42, n. 2, p. 242-252, 2011.
- AIDEED, M.S.; BASMIDI, A.A.; ALI, A.M. Existence, growth and reproduction of pearl oyster *Pinctada margaritifera* in Hadhramout coast/Gulf of Aden. **The Egyptian Journal of Aquatic Research.** v. 40, n. 4, p. 473-481, 2014.
- AKABOSHI, S. Notas sobre o comportamento da ostra japonesa, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795), no litoral do estado do São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca.** v. 6, n. único, p. 93-104, 1979.
- ALAGARSWAMI, K. Studies on some aspects of biology of the wedge-clam *Donax faba* Gmelin from Mandapam coast in the Gulf of Mannar. **Journal of the Marine Biological Association of the UK.** v. 8, n. 1, p. 56-75, 1966.
- ALAM, M.D.; DAS, N.G. Growth and age determination of an intertidal cupped oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston) (Bivalvia: Ostreidae) around Moheshkhali Channel, Bay of Bengal. **Indian Journal of Marine Sciences.** v. 28, n. 3, p. 329-331, 1999.
- ALBUQUERQUE, M.C.P.D., et al. Influência da temperatura e da salinidade na sobrevivência e crescimento de larvas da ostra perliífera *Pteria hirundo*. **Boletim do Instituto de Pesca.** v. 38, n. 3, p. 189-197, São Paulo, 2012a.
- ALBUQUERQUE, M.C.P.D., et al. Growth and survival of the pearl oyster *Pteria hirundo* (L.,1758) in an intermediate stage of culture in Santa Catarina, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.** v. 72, n. 1, p. 175-180, 2012b.
- ALCÂNTARA NETO, C.P. **Aquicultura no nordeste paraense: uma análise sobre seu ordenamento, desenvolvimento e sustentabilidade.** 2009. 262f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) - Universidade Federal Rural do Pará, Belém, PA, 2009.
- ALVARENGA, L.; NALESSO, R.C. Preliminary assessment of the potential for mangrove oyster cultivation in Piraquê-açu River Estuary (Aracruz, ES). **Brazilian Archives of Biology and Technology.** v. 49, n. 1, p. 163-169, 2006.
- AMANAJÁS, J.C.; BRAGA, C.C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia.** v. 27, n. 4, p. 423-434, 2012.
- AMIN, S.M.N.; ZAFAR, M.; HALIM, A. Population dynamics of the oyster *Crassostrea virginica* from the offshore Island of St. Martin in the coast of Bangladesh. **Journal of Sustainability Science and Management.** v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.

AMIN, S.M.N.; ZAFAR, M.; HALIM, A. Age, growth, mortality and population structure of the oyster, *Crassostrea madrasensis*, in the Moheskhali Channel (southeastern coast of Bangladesh). **Journal of Applied Ichthyology**. v. 24, n. 1, p. 18-25, 2008.

ANGELL, C.L. Crescimento y mortalidad de la ostra de mangle cultivada (*Crassostrea rhizophorae*). **Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales la Salle**. v. 33, n. 94 -94, p. 152-162, 1973.

ANGELL, C.L. **The biology and culture of tropical oysters**. Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management - ICLARM, 42p., 1986.

ANSELL, A.D.; LAGARDÈRE, F. Observations on the biology of *Donax trunculus* and *D. vittatus* at Ile d'Oleron (French Atlantic Coast). **Marine Biology**. v. 57, n. 4, p. 287-300, 1980.

ANTONIO, Í.G. **Efeitos da salinidade e densidade de estocagem no crescimento e sobrevivência larval da ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) sob diferentes tempos de troca de água**. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE, 2007.

ANTONIO, Í.G., et al. The combined effects of salinity, stocking density and frequency of water exchange on growth and survival of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) larvae. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 42, n. 2, p. 74-80, Fortaleza, 2009.

APPELDOORN, R.S. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. **Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer**. v. 43, p. 194-198, 1987.

ARAGON-NORIEGA, E.A. Modelación del crecimiento individual del callo de hacha *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) a partir de la inferencia multi modelo. **Revista de Biología Tropical**. v. 61, n. 3, p. 1167-1174, 2013.

ARAÚJO, R.C.P.D.; MOREIRA, M.L.D.S. **Difusão Tecnológica da Ostricultura em Comunidades Litorâneas no Estado do Ceará: O Caso de Camocim, Ceará**. Fortaleza: Núcleo de Estudos em Economia do Meio Ambiente – NEEMA, 115p., 2006.

AREIAS, D.L.L. **Efeito da salinidade e temperatura no assentamento da ostra *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) e indução da desova da ostra *Crassostrea gigas* (Thundberg, 179)**. 2012. 74f. - Universidade de Porto, Porto, 2012.

ARNTZ, W.E. The two faces of El Niño 1982-83. **Archive of Fishery and Marine Research**. v. 31, n. p. 1-46, 1986.

ARNTZ, W.E., et al. Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an El Niño event. **South African Journal of Marine Science**. v. 5, p. 645-658, 1987.

ARNTZ, W.E., et al. El Niño and similar perturbation effects on the benthos of the Humboldt, California, and Benguela Current upwelling ecosystems. **Advances in Geosciences**. 2006.

ASSAD, E.D.; MAGALHÃES, A.R. **Impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas**. 2. Rio de Janeiro: PBM, 414p., 2014.

- AZEVEDO, R.V.D., et al. Biofiltration, growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in effluents from shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Revista Ciência Agronômica**. v. 46, n. 1, p. 193-203, jan-mar, 2015.
- BAGHURST, B.C.; MITCHELL, J.G. Sex-specific growth and condition of the pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg). **Aquaculture Research**. v. 33, n. 15, p. 1253-1263, 2002.
- BAGUR, M., et al. Age, growth and mortality in four populations of the boring bivalve *Lithophaga patagonica* from Argentina. **Journal of Sea Research**. v. 81, p. 49-56, 2013.
- BALDEZ, R.D.S.C., et al. Novel Microsatellite Markers for Brazilian Mangrove Oysters (*Crassostrea gasar*) and their Cross-Amplification in *Crassostrea rhizophorae*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 59, 2016.
- BARCELLOS, C., et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 18, n. 3, p. 285-304, Brasília, 2009.
- BARILLÉ, L., et al. Growth of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in a high-turbidity environment: Comparison of model simulations based on scope for growth and dynamic energy budgets. **Journal of Sea Research**. v. 66, n. 4, p. 392-402, 2011.
- BARROS, D.R., et al. Desenvolvimento da tachi sob efeito do El Niño em Manaus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2016, Cuiabá, MT. **Anais...**, 2016,
- BARTOL, I.K.; MANN, R.; LUCKENBACH, M. Growth and mortality of oysters (*Crassostrea virginica*) on constructed intertidal reefs: effects of tidal height and substrate level. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 237, n. 2, p. 157-184, 1999.
- BEAL, B.F., et al. A unique shell marker in juvenile, hatchery-reared individuals of the softshell clam, *Mya arenaria* L. **Fishery Bulletin**. v. 97, n. 2, p. 380-386, 1999.
- BECK, M.W., et al. Oyster Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration, and Management. **BioScience**. v. 61, n. 2, p. 107-116, 2011.
- BÉRARD, H.; BOURGET, E.; FRÉCHETTE, M. Mollusk shell growth: External microgrowth ridge formation is uncoupled to environmental factors in *Mytilus edulis*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 49, n. 6, p. 1163-1170, 1992.
- BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.
- BONEL, N.; SOLARI, L.C.; LORDA, J. Differences in density, shell allometry and growth between two populations of *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) from the Río De La Plata Basin, Argentina. **Malacologia**. v. 56, n. 1-2, p. 43-58, 2013.

BONIFÁCIO, P.H.O. **Polidorídeos (Polychaeta: Spionidae) em *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) de cinco rios da costa pernambucana.** 2009. 47f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2009.

BOUDRY, P., et al. Individual growth variation and its relationship with survival in juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Aquaculture International**. v. 11, n. 5, p. 429-448, 2003.

BOURLÈS, Y., et al. Modelling growth and reproduction of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: Advances in the oyster-DEB model through application to a coastal pond. **Journal of Sea Research**. v. 62, n. 2-3, p. 62-71, 2009.

BRABO, M.F., et al. A cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense, Amazônia, Brasil. **Informações Econômicas**. v. 46, n. 4, p. 16-26, jul./ago., 2016.

BREY, T.; MACKENSEN, A. Stable isotopes prove shell growth bands in the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* to be formed annually. **Polar Biology**. v. 17, n. 5, p. 465-468, 1997.

BRITO, L. **Efeito da salinidade sobre o crescimento da ostra nativa *Crassostrea* sp. como subsídio ao desenvolvimento da maricultura de espécies nativas em mar aberto.** 2008. 47f. Dissertação (Mestrado em Sistema Costeiro e Oceânico) - Universidade Federal do Paraná, Portal do Paraná - PR, 2008.

BROWN, J.R. **The influence of environmental factors upon the growth and survival of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg.** 1986. 188f. Thesis (Master of Science) - Simon Fraser University, 1986.

BROWN, J.R. Multivariate analyses of the role of environmental factors in seasonal and site-related growth variation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. **Marine Ecology Progress Series**. v. 45, p. 225-236, 1988.

BROWN, J.R.; HARTWICK, E.B. Influences of Temperature, Salinity and Available Food Upon Suspended Culture of the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* I. Absolute and Allometric Growth. **Aquaculture**. v. 70, p. 231-251, 1988.

BUITRAGO, E., et al. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. **Zootecnia Tropical**. v. 27, n. 1, p. 79-90, 2009.

CÁCERES-PUIG, J.I., et al. Effect of temperature on growth and survival of *Crassostrea corteziensis* spat during late-nursery culturing at the hatchery. **Aquaculture**. v. 272, n. 1-4, p. 417-422, 2007.

CACERES-PUIG, J.I., et al. Use of calcein to estimate and validate age in juveniles of the winged pearl oyster *Pteria sterna*. **Aquatic Living Resources**. v. 24, n. 3, p. 329-335, 2011.

CALDERON, G.; BORSATO, V.A. O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR. **Revista Geosp - Espaço e Tempo**. v. 21, n. 1, p. 177-197, abril, 2017.

CAPEZZANI, D.A.A.; OLIVER, S.R.; PENCHASZADEH, P.E. Capítulo III: Dinámica de población. In: OLIVIER, S. R.; CAPEZZANI, D.; CARRETO, J.; CHRISTIANSEN, H.; MORENO, V.; DE MORENO, J. A. & PENCHASZADEH, P. E. **Estructura de la Comunidad, Dinámica de la Población y Biología de la Almeja Amarilla (*Mesodesma mactroides*) en Mar Azul**. Proyecto de desarrollo pesquero: publicación / Gobierno Argentino y programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (FAO, Agencia Ejecutiva), 1971. p. 49-64.

CÁRDENAS, E.R.B.; ARANDA, D.A. Differences in the exploited oyster (*Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791)) populations from different coastal lagoons of the Gulf of Mexico. **Transitional Waters Bulletin**. v. 2, n. p. 21-35, 2007.

CARDOSO-JUNIOR, L.O. **Avaliação do crescimento de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) na Praia de Mangue Seco, litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil**. 2011. 48f. - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, 2011.

CARDOSO, J.F.M.F., et al. Spatial variability in growth and reproduction of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) along the west European coast. **Journal of Sea Research**. v. 57, n. 4, p. 303-315, 2007.

CARDOSO, J.F.M.F., et al. Growth increment periodicity in the shell of the razor clam *Ensis directus* using stable isotopes as a method to validate age. **Biogeosciences**. v. 10, n. 7, p. 4741-4750, 2013.

CARDOSO JÚNIOR, L.O., et al. Crescimento da ostra *Crassostrea rhizophorae* cultivada em diferentes densidades de estocagem no Litoral Norte de Pernambuco. **Revista Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. v. 17, n. único, p. 10-14, 2012.

CARDOSO, M.F.; OLIVEIRA, G.S.; NOBRE, C.A. Comparação entre a ocorrência de fogo durante a Seca de 2005 e o El Niño em 1998 na Amazônia. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **Anais...**, 2007, 1-5.

CARLUCCI, R., et al. Experimental data on growth, mortality and reproduction of *Ostrea edulis* (L., 1758) in a semi-enclosed basin of the Mediterranean Sea. **Aquaculture**. v. 306, n. 1-4, p. 167-176, 2010.

CARRÉ, M., et al. Stable isotopes and sclerochronology of the bivalve *Mesodesma donacium*: Potential application to Peruvian paleoceanographic reconstructions. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 228, n. 1-2, p. 4-25, 2005.

CASTILHO-WESTPHAL, G.G.; OSTRENSKY, A. Use of side-scan sonar for estimations of *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) stocks in subtidal banks on the south coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 64, n. 1, p. 49-56, 2016.

CASTILLO-DURÁN, A., et al. Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. **Ciencias Marinas**. v. 36, n. 1, p. 29-39, 2010.

CASTRO, P.; HUBER, M.E. **Biologia Marinha**. AMGH Editora Ltda. 478p., 2012.

CAVIEDES, C. Influencia de ENOS sobre las variaciones interanuales de ciertos ríos en América del Sur. **Bulletin de l'Institut français d'études andines**. v. 27, n. 3, p. 627-641, 1998.

CEPEDA-PIZARRO, J.; PIZARRO-ARAYA, J.; VÁSQUEZ, H. Composición y abundancia de artrópodos epígeos del Parque Nacional Llanos de Challe: impactos del ENOS de 1997 y efectos del hábitat pedológico. **Revista Chilena de Historia Natural**. v. 78, n. 4, p. 635-650, 2005.

CHAGAS, R.A. **Biofouling no cultivo da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um estuário amazônico**. 2016. 116f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2016.

CHAGAS, R.A., et al. **Micro-growth data of *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast**. 2018a. PANGAEA - Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890707>

CHAGAS, R.A., et al. **Morphometric data of *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast**. 2018b. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890779>

CHAGAS, R.A., et al. Conhecimento etnobiológico aplicado no manejo de ostras cultivada no litoral amazônico. In: FEIRA NACIONAL DO CAMARÃO, 2016a, Fortaleza-CE. **Anais...**, 2016a,

CHAGAS, R.A., et al. **Morphometry and biomass of the cultured mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil**. 2016b. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. doi:10.1594/PANGAEA.864155

CHAGAS, R.A.; BARROS, M.R.F.; HERRMANN, M. **Review of methods of growth estimates for bivalve molluscs**. 2018. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889594>

CHAGAS, R.A., et al. Composition of the biofouling community associated with oyster culture in an Amazon estuary, Para state, Northern Brazil. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. v. 53, n. 1, p. 9-17, 2018c.

CHAGAS, R.A., et al. Biomorphometric relationships in *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) cultivad in mangrove ecosystem located at eastern Amazonia, northern Brazil. **Biota Amazônia**. *in prep*.

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. Indução a desova de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) através de métodos físico-químicos em condições controladas. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**. v. 3, n. 2, p. 24-30, 2015.

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e subtropicais: recomendação para um método padronizado. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**. v. 4, n. 2, p. 28-38, 2016.

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. **Biofouling community composition and biomass on a tropical oyster culture in an Amazon estuary, Para state, northern Brazil.** 2017a. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.871703>

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. **Morphometry and surface area of the cultured mangrove oyster *Crassostrea tulipa* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil.** 2017b. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.871816>

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. **Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the Brazilian coast: A review.** 2018a. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>

CHAGAS, R.A.; HERRMANN, M. **Review on oyster growth *Crassostrea* sp.: data from von Bertalanffy (K and L_{∞}) growth parameters, phi-prime growth index (Φ') and growth performance index (OGP).** 2018b. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889957>

CHAGAS, R.A., et al. Métodos de estimação de crescimento em moluscos bivalves. In: X ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 2018 (*Submitted*), Belém, PA. *Anais...*, 2018 (*Submitted*),

CHAGAS, R.A., et al. **Morphometry and biomass of the bivalve *Donax striatus* at the beach Ajuruteua, State of Pará, Brazil.** 2014a. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. doi:10.1594/PANGAEA.830344

CHAGAS, R.A., et al. **Morphometry and biomass of the cultured mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* at the village of Urindeua, municipality of Salinópolis, State of Para, Brazil.** 2013. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. doi:10.1594/PANGAEA.820430

CHAGAS, R.A., et al. **Morphometry and biomass of the bivalve *Anomalocardia flexuosa* at the beach Ajuruteua, State of Para, Brazil.** 2014b. PANGAEA - Data Publisher for Earth & Environmental Science. doi:10.1594/PANGAEA.830381

CHAGAS, R.A., et al. Growth performance of the mangrove oyster cultivated on the Amazonian coast. *Acta Amazonica*. *in prep.*

CHÁVEZ-VILLALBA, J.; ARAGÓN-NORIEGA, E.A. Modeling the individual growth of the Cortez oyster *Crassostrea corteziensis* (Bivalvia: Ostreidae) from central Gulf of California. *Cahiers de Biologie Marine*. v. 56, p. 231-236, 2015.

CHÁVEZ-VILLALBA, J., et al. Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture*. v. 300, n. 1-4, p. 128-136, 2010.

CHÁVEZ-VILLALBA, J., et al. Prospective Culture of the Cortez Oyster *Crassostrea corteziensis* from Northwestern Mexico: Growth, Gametogenic Activity, and Condition Index. *Journal of Shellfish Research*. v. 27, n. 4, p. 711-720, 2008.

CHÁVEZ-VILLALBA, J., et al. Growth of the oyster *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) in Sonora, Mexico. **Aquaculture Research**. v. 36, n. 14, p. 1337-1344, 2005.

CHÁVEZ-VILLALBA, J.; VILLELAS-ÁVILA, R.; CÁCERES-MARTÍNEZ, C. Reproduction, condition and mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Sonora, México. **Aquaculture Research**. v. 38, n. p. 268-278, 2007.

CHELLAM, A. Growth and biometric relationship of pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). **Indian Journal Fish**. v. 35, n. 1, p. 1-6, 1988.

CHEN, L., et al. Formation mechanism for 2015/16 super El Niño. **Scientific Reports**. v. 7, n. 2975, p. 1-10, 2017.

CHRISTO, S.W.; ABSHER, T.M. Crescimento da prodissoconcha de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 (Bivalvia, Ostreidae). **Boletim de Instituto de Pesca**. v. 34, n. 1, p. 71-77, 2008.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. **Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation**. Primer-E: Plymouth: 2001.

COAKLEY, J.M. **Growth of eastern oyster, *Crassostrea virginica*, in Chesapeake Bay**. 2004. 273f. Thesis (Master of Science) - University of Maryland, 2004.

COLONESE, A.C., et al. Shell sclerochronology and stable isotopes of the bivalve *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) from southern Brazil: Implications for environmental and archaeological studies. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 484, n. p. 7-21, 2017.

CORDEIRO, C.M., M. Rapid growth rates of the mangrove cupped oyster *Crassostrea rhizophorae* confirmed by in situ fluorescent marking scope the potential of aquaculture in northern Brazil. *in prep.*

COSTA, R.C., et al. Distribution pattern of juveniles of the pink shrimps *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) and *F. paulensis* (PérezFarfante, 1967) on the southeastern Brazilian coast. **Nauplius**. v. 24, p. 1-11, 2016.

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. ENSO influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 7, n. 1, p. 127-138, 1999.

CUNHA, G.R., et al. **El Niño, La Niña, Oscilação do Sul e seu impactos sobre as culturas de trigo e de cevada no Brasil**. 9. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 44p., 2000.

CUNHA, G.R., et al. El Niño, La Niña, Southern Oscillation and its impacts on wheat and barley crops in Brazil. In: CUNHA, G. R. D.; HASS, J. C. & BERLATO, M. A. **Application of Climate Forecasting for Better Decision-making Processes in Agriculture**. Passo Fundo: Embrapa, 2001. p. 267-299.

CUNHA, G.R., et al. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**. v. 20, n. 121, p. 18-22, Passo Fundo, 2011.

DAVIDSON, J. Comparing subtidal and intertidal growth in off bottom oyster culture. **AquaInfo Aquaculture Notes**. v. 7, 2p, 2001.

DAVIS, H.C. Survival and growth of clam and oyster larvae at different salinities. **Biological Bulletin**. v. 114, n. 3, p. 296-307, 1958.

DAY, R.W.; WILLIAMS, M.C.; HAWKES, G.P. A comparison of fluorochromes for marking abalone shells. **Marine and Freshwater Research**. v. 46, n. 3, p. 599-605, 1995.

DE LA HUZ, R.; LASTRA, M.; LÓPEZ, J. The influence of sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *Donax trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae). **Journal of Sea Research**. v. 47, p. 85-95, 2002.

DEL ANGEL, L.E.A., et al. Growth and survival of american oyster *Crassostrea virginica* on Laguna de las Pilas, Laguna de Términos, Campeche, México: Preliminary evaluation. In: 55TH GULF AND CARIBBEAN FISHERIES INSTITUTE, 2004, **Anais...**, 2004, 1008-1009.

DELLABIANCA, N.A. Efectos de oscilaciones climáticas sobre el crecimiento de la tonina overa, *Cephalorhynchus commersonii*, en aguas subantárticas. **Mastozoología Neotropical**. v. 18, n. 2, p. 319-330, 2011.

DIAZ, H.F.; MARKGRAF, V. **El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale variability and global and regional impacts**. Cambridge University Press, 511p., 2000.

DÍAZ, O.D., et al. Epizoic polychaetes (Annelida: Polychaeta) on *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from la restinga lagoon, Margarita Island, Venezuela. **Ecotrópicos**. v. 22, n. 1, p. 13-22, 2009.

DIEDERICH, S. High survival and growth rates of introduced Pacific oysters may cause restrictions on habitat use by native mussels in the Wadden Sea. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 328, n. 2, p. 211-227, 2006.

DUKE JR, R.W. **Oyster survival and growth within the Barataria estuary**. 2008. 121f. Thesis (Master os Science in Marine and Enriconmental Biology) - Faculty of Nicholls State University, 2008.

EADS, C.B.; LAYZER, J.B. How to pick your mussels out of a crowd: using fluorescence to mark juvenile freshwater mussels. **Journal of the North American Benthological Society**. v. 21, n. 3, p. 476-486, 2002.

EHTESHAMI, F.; CHRISTIANUS, A.; RAMESHI, H. Effects of location and time of *Pinctada margaritifera* spat transfer from hatchery, on its growth and mortality in the sea. **Aquaculture**. v. 306, p. 85-91, 2010.

FAO. **El Niño Southern Oscillation (ENSO): Possible impact on agricultural production during the second half of 2015**. GIEWS Update, 6p., 2015a.

FAO. **Quarterly Early Warning Bulletin for Food and Agriculture**. October-December. FAO, 2015b.

FAO. **2015–2016 El Niño Early action and response for agriculture, food security and nutrition**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 46p., 2016a.

FAO. **Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch - 20/07/2016**. 2016b. Disponível em: Acesso em:

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome: FAO, 200p., 2016c.

FERREIRA, I.M.M.M.G. **Crescimento e qualidade da ostra (*Crassostrea gigas*) em viveiros da Ria Formosa sujeitos a diferentes condições de cultura e situações ambientais**. 2003. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Mar) - Universidade do Porto, Porto, 2003.

FERRETTI, P.M.A. **Avaliação comparativa da sobrevivência e do crescimento de ostras da espécie *Crassostrea gigas* com o emprego de diferentes estruturas de cultivo**. 2008. 68f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Floeianópolis - SC, 2008.

FIORI, S.M.; MORSÁN, E.M. Age and individual growth of *Mesodesma mactroides* (Bivalvia) in the southernmost range of its distribution. **Journal of Marine Science**. v. 61, n. 8, p. 1253-1259, 2004.

FLORES-VERGARA, C., et al. Combined effects of temperature and diet on growth and biochemical composition of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat. **Aquaculture Research**. v. 35, n. 12, p. 1131-1140, 2004.

FONSECA, B.P.V. **Efecto de la densidad de siembra y los factores ambientales en el cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en la península de Lucernilla, Navolato, Sinaloa**. 2011. 103f. Dissertação (Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente) - Instituto Politécnico Nacional, Guase, Sinaloa, México, 2011.

FONTOURA-DA-SILVA, V., et al. Mark-recapture methodology: a simple and inexpensive technique for the study of bivalves and gastropods in Brasil. **Tentacle**. n. 21, p. 13-16, 2013.

FUJIKURA, K.; OKOSHI, K.; NAGANUMA, T. Strontium as a marker for estimation of microscopic growth rates in a bivalve. **Marine Ecology Progress Series**. v. 257, p. 295-301, 2003.

FUNO, I.C.S.A., et al. Influência da salinidade sobre a sobrevivência e crescimento de *Crassostrea gasar*. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 41, n. 4, p. 837-847, São Paulo, 2015.

GALVÃO, M.S.N., et al. Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de cananéia, SP (25°S; 48°W). **Boletim de Instituto de Pesca**. v. 26, n. 2, p. 147-162, 2000.

GALVÃO, M.S.N., et al. Desempenho da criação da ostra de mangue *Crassostrea* sp. a partir da fase juvenil, em sistema suspenso, no estuário de Cananéia e no mar de Ubatuba (SP, Brasil). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 35, n. 3, p. 401-411, 2009.

GANGNERY, A., et al. Growth model of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in Thau Lagoon (Méditerranée, France). **Aquaculture**. v. 215, n. p. 267-290, 2003.

GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P. O aumento da diversidade de peixes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio El Niño 1997-1998. **Atlântica**. v. 23, n. p. 133-152, 2001.

GARCIA, A.M.; VIEIRA, J.P.; WINEMILLER, K.O. Effects of 1997–1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 57, n. p. 489-500, 2003.

GARDUNHO, D.C.L., et al. Settlement of an unidentified oyster (*Crassostrea*) and other epibenthos on plastic substrates at a northern brazilian mangrove island. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. v. 16, n. 1, p. 41-51, 2012.

GASPAR, M.B.; FERREIRA, R.; MONTEIRO, C.C. Growth and reproductive cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca: Bivalvia) off Faro, southern Portugal. **Fisheries Research**. v. 41, n. 3, p. 309-316, 1999.

GASPAR, M.B.; SANTOS, M.N.; VASCONCELOS, P. Weight-length relationships of 25 bivalve species (Mollusca: Bivalvia) from the Algarve coast (southern Portugal). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 81, p. 805-807, 2001.

GAYANILO JR, F.C.; SPARRE, P.; PAULY, D. **FAO - ICLARM Stock assessment tools II: User's guide**. Rome: FAO, 180p., 2005.

GIL, G.M.; TRONCOSO, J.S.; THOMÉ, J.W. **Shell shape stabilization indicator (IEF): Handling and optimization of bivalves mollusks exploitation**. Porto Alegre: Edição do autor, 2007.

GLASER, O.C. Observations and experiments on the growth of oyster. **Report of United States Fish Commission for 1903**. v. 29, p. 329-341, 1905.

GOMES, R.S.; ARAÚJO, R.C.P.; NETO, M.P.D. Contribuição da ostreicultura para formação da renda familiar: Estudo de caso do projeto de ostreicultura comunitário da Fundação Alphaville, Eusébio – Ceará. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Rio Branco - AC, 20 a 23 de julho. **Anais...**, 2008, 21.

GOMEZ, H., et al. **Fundamentos de Acuicultura Marina**. Santa Fe de Bogotá, Colombia: INPA, 543p., 1995.

GONDA-KING, L.M., et al. **The Relation of Sedimentation to Growth Rate in the Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*)**. St. Mary's City: St. Mary's College of Maryland: 20p., 2010.

GÓNGORA-GÓMEZ, A.M., et al. Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México. **Avances en Investigación Agropecuaria**. v. 16, n. 2, p. 91-104, 2012.

GONZALEZ, C., et al. Estructura de tallas, crecimiento y mortalidad de *Crassostrea rhizophorae* en la laguna de la Restinga, isla de Margarita, Venezuela. **SABER. Revista**

Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente. v. 27, n. 2, p. 328-333, 2015.

GOSLING, E. **Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture.** Fishing News Books, Blackwell Publishing, 455p., 2004.

GOSLING, E. **Marine Bivalve Molluscs.** John Wiley & Sons, Ltd, 537p., 2015.

GRIZZLE, R.E., et al. Growth, morphometrics and nutrient content of farmed eastern oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin), in New Hampshire, USA. **Aquaculture Research.** p. 1-13, 2016.

GUERRA, C., et al. Changes in oxidative stress parameters in relation to age, growth and reproduction in the short-lived catarina scallop *Argopecten ventricosus* reared in its natural environment. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology.** v. 162, n. 4, p. 421-430, 2012.

GUILLOU, J.; LE MOAL, Y. Aspects de la dynamique des populations de *Donax trunculus* et *Donax vittatus* en baie de Douarnenez. **Annales de l'Institut Océanographique (Paris).** v. 56, n. 1, p. 55-64, 1980.

GUIMARÃES, I.M., et al. Influência da salinidade sobre a sobrevivência da ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae*. **Arquivo de Ciências do Mar.** v. 41, n. 1, p. 118-122, Fortaleza, 2008.

HAMMER, Ø. **PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20.** Natural History Museum: University of Oslo: 262p., 2018.

HARDING, J.M. 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.** v. 26, n. 4, p. 961-972, 2007.

HARDING, J.M.; MANN, R. Age and growth of wild suminoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou bay, China. **Journal of Shellfish Research.** v. 25, n. 1, p. 73-82, 2006.

HART, A.M.; JOLL, L.M. Growth, mortality, recruitment and sex-ratio in wild stocks of silver-lipped pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae), in Western Australia. **Journal of Shellfish Research.** v. 25, n. 1, p. 201-210, 2006.

HEALD, D. A successful marking method for the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research.** v. 29, n. 6, p. 845-851, 1978.

HEILMAYER, O., et al. Age and productivity of the Antarctic scallop, *Adamussium colbecki*, in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** v. 288, n. 2, p. 239-256, 2003.

HEILMAYER, O., et al. Population dynamics and metabolism of *Aequipecten opercularis* (L.) from the western English Channel (Roscoff, France). **Journal of Sea Research.** v. 52, p. 33-44, 2004.

HEILMAYER, O., et al. Temperature effects on summer growth rates in the Antarctic scallop, *Adamussium colbecki*. **Polar Biology**. v. 28, n. 7, p. 523-527, 2005.

HELM, M.M.; BOURNE, N.; LOVATELLI, A. **Hatchery culture of bivalves. A practical manual**. 471. Rome: FAO, 177p., 2004.

HERNÁNDEZ-DECKERS, D.; VILLEGAS, N.; MÁLIKOV, I. Respuestas de las temperaturas superficial del mar y del aire de la cuenca del pacífico colombiano producidas por El Niño Oscilación del Sur. **Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente**. v. n. 7, p. 57-65, 2008.

HERNANDEZ, O.D.; TROCCOLI, L.G.; MILLÁN, J.Q. Crecimiento, engorde y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en la Isla de Cubagüa, Venezuela. **Caribbean Journal of Science**. v. 34, n. 3-4, p. 243-249, 1998.

HERRMANN, M. **Population dynamics of the surf clams *Donax hanleyanus* and *Mesodesma mactroides* from open-Atlantic beaches off Argentina**. 585. Reports on Polar and Marine Research: 235p., 2009.

HERRMANN, M. **Population dynamics of the Argentinean surf clams: Population dynamics of the surf clams *Donax hanleyanus* and *Mesodesma mactroides* from open-Atlantic beaches off Argentina**. Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften, 240p., 2011.

HERRMANN, M., et al. Population structure, growth and production of the yellow clam *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae) from a high-energy, temperate beach in northern Argentina. **Helgoland Marine Research**. v. 65, n. 3, p. 285-297, 2011.

HERRMANN, M., et al. Population structure, growth and production of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) from northern Argentinean beaches. **Journal of Shellfish Research**. v. 28, n. 3, p. 511-526, 2009a.

HERRMANN, M., et al. Growth estimations of the Argentinean wedge clam *Donax hanleyanus*: A comparison between length-frequency distribution and size-increment analysis. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 379, n. 1-2, p. 8-15, 2009b.

HERZBERG, M.Z.; FERNÁNDEZ, C.V. **Manual de operación y manejo biológico del cultivo de ostión**. Mexico: Centro de Ciencias de Sinaloa, 51p., 2012.

HIDU, H.; HANKS, J.E. Vital staining of bivalve mollusk shells with alizarin sodium monosulfonate. **Proceedings of the National Shellfisheries Association**. v. 58, n. p. 37-41, 1968.

HIEBENTHAL, C., et al. Interactive effects of temperature and salinity on shell formation and general condition in Baltic Sea *Mytilus edulis* and *Arctica islandica*. **Aquatic Biology**. v. 14, n. 3, p. 289-298, 2012.

HILBORN, R.; WALTER, C.J. **Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty**. Springer, 592p., 2003.

HONKOOP, P.J.C.; BAYNE, B.L. Stocking density and growth of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in Port Stephens, Australia. **Aquaculture**. v. 213, n. 1-4, p. 171-186, 2002.

HOPKINS, W.G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>> Acesso em: 21 de fev. de 2018.

HORTON, T., et al. **World Register of Marine Species (WoRMS)**. 2018. WoRMS Editorial Board.

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, 2009.

IBGE. **Produção da pecuária municipal 2016**. 44. Rio de Janeiro: IBGE, 51p., 2017.

INEMA. **O que é o El Niño?** 2011. Instituto o Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA. <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Informa%C3%A7%C3%B5es-do-El-Ni%C3%B1o.pdf>

INGLE, R.M.; DAWSON JR, C.E. Growth of the american oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin) in Florida waters. **Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean**. v. 2, n. 2, p. 393-404, 1952.

INPE. **Condições de neutralidade no pacífico equatorial**. CPTEC/INPE. 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 03 de setembro de 2016.

JENNINGS, S.; KAISER, M.J.; REYNOLDS, J.D. **Marine Fisheries Ecology**. Wiley-Blackwell, 432p., 2001.

JONES, D.S.; QUITMYER, I.R.; ANDRUS, F.T. Oxygen isotopic evidence for greater seasonality in Holocene shells of *Donax variabilis* from Florida. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 228, n. 1-2, p. 96-108, 2005.

JONES, D.S.; WILLIAMS, D.F.; ARTHUR, M.A. Growth history and ecology of the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn), as revealed by stable isotopes and annual shell increments. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 73, n. 3, p. 225-242, 1983.

KAEHLER, S.; MCQUAID, C.D. Use of the fluorochrome calcein as an *in situ* growth marker in the brown mussel *Perna perna*. **Marine Biology**. v. 133, n. 3, p. 455-460, 1999.

KARNEY, G.B., et al. Identification of growth increments in the shell of the bivalve mollusc *Arctica islandica* using backscattered electron imaging. **Journal of Microscopy**. v. 241, n. p. 29-36, 2011.

KESLER, D.H.; NEWTON, T.J.; GREEN, L. Long-term monitoring of growth in the Eastern Elliptio, *Elliptio complanata* (Bivalvia: Unionidae), in Rhode Island: a transplant experiment. **Journal of the North American Benthological Society**. v. 26, n. 1, p. 123-133, 2007.

KIMBRO, D.L.; LARGIER, J.; GROSHOLZ, E.D. Coastal oceanographic processes influence the growth and size of a key estuarine species, the Olympia oyster. **Limnology and Oceanography**. v. 54, n. 5, p. 1425-1437, 2009.

KING, M. **Fisheries Biology, Assessment and Management**. Blackwell Science, 400p., 2007.

KLUNZINGER, M.W., et al. Age and growth in the Australian freshwater mussel, *Westralunio carteri*, with an evaluation of the fluorochrome calcein for validating the assumption of annulus formation. **Freshwater Science**. v. 33, n. 4, p. 1127-1135, 2014.

KRAEUTER, J.N.; FORD, S.; CUMMINGS, M. Oyster growth analysis: A comparison of methods. **Journal of Shellfish Research**. v. 26, n. 2, p. 479-491, 2007.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park: 620p., 1999.

LACOSTE, E.; GAERTNER-MAZOUNI, N. Biofouling impact on production and ecosystem functioning: a review for bivalve aquaculture. **Reviews in Aquaculture**. v. 6, p. 1-10, 2014.

LACOSTE, E., et al. Biofouling development and its effect on growth and reproduction of the farmed pearl oyster *Pinctada margaritifera*. **Aquaculture**. v. 434, p. 18-26, 2014.

LAUDIEN, J.; BREY, T.; ARNTZ, W.E. Population structure, growth and production of the surf clam *Donax serra* (Bivalvia, Donacidae) on two Namibian sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 58S, p. 105-115, 2003.

LAVANDER, H., et al. Análise de diferentes metodologias para indução a desova do marisco *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) em laboratório. In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - JEPEX, 2009, Recife. **Anais.**, 2009, 3.

LAVANDER, H.D., et al. O desenvolvimento da ostreicultura em pernambuco. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**. v. 15, n. 2, p. 107-114, 2007.

LAVINAS, A.F.; VILLAÇA, R.C.; SAAD, A.M. Evaluation of the growth and mortality of the oyster (*Crassostrea gigas*, Thunberg, 1795) in the sea farm in Arraial do Cabo, RJ. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 34, n. 4, p. 497-504, São Paulo, 2008.

LAZOSKI, C., et al. Phylogeny and phylogeography of Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. **Marine Ecology Progress Series**. v. 426, p. 197-212, 2011.

LEE, A.M.; WILLIAMS, A.J.; SOUTHGATE, P.C. Modelling and comparison of growth of the silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca : Pteriidae) cultured in West Papua, Indonesia. **Marine and Freshwater Research**. v. 59, n. 1, p. 22-31, 2008.

LEGAT, A.P., et al. **Caracterização genética de ostras nativas do gênero *Crassostrea* no Brasil: base para o estabelecimento de um programa nacional de melhoramento**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 21p., 2009.

LEGAT, J.F.A., et al. **Programa de Cultivo de Moluscos Bivalves da Embrapa Meio-Norte**. Teresina - PI: Embrapa Meio-Norte, 18p., 2008.

LEGAT, J.F.A., et al. Growth and survival of bottom oyster *Crassostrea gasar* cultured in the northeast and south of Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 43, n. 2, p. 172-184, São Paulo, 2017.

LENZ, T.M. **Biologia reprodutiva da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) como subsídio à implantação de ostreicultura na Baía de Camamu (BA)**. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais - Ecologia) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus - BA, 2008.

LEPORE, M.L.; HERRMANN, M.; PENCHASZADEH, P.E. Estimación del crecimiento de la almeja amarilla *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae) por marcación fluorescente. In: XX ENCONTRO BRASILEIRO DE MALACOLOGIA, 2007, Rio de Janeiro. **Anais...**, 2007,

LEPORE, M.L., et al. Aplicación de calceína para la estimación del crecimiento de la almeja amarilla *Mesodesma mactroides* Reeve, 1854. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. v. 44, n. 3, p. 767-774, 2009.

LEVINTON, J.; DOALL, M.; ALLAM, B. Growth and Mortality Patterns of the Eastern Oyster *Crassostrea virginica* in Impacted Waters in Coastal Waters in New York, USA. **Journal of Shellfish Research**. v. 32, n. 2, p. 417-427, 2013.

LIAN, T., et al. Effects of westerly wind bursts on El Niño: A new perspective. **Geophysical Research Letters**. v. 41, n. p. 3522–3527, 2014.

LIDDEL, M.K. **A von bertalanffy based model for the estimation of oyster (*Crassostrea virginica*) growth on restored oyster reefs in chesapeake bay**. 2008. 171ff. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Maryland, 2008.

LIMA, S.B.P.D., et al. Avaliação nutricional da farinha da cabeça de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) para frangos de corte. **Revista Caatinga**. v. 20, n. 3, p. 35-39, 2007.

LINARD, C., et al. Calcein staining of calcified structures in pearl oyster *Pinctada margaritifera* and the effect of food resource level on shell growth. **Aquaculture**. v. 313, n. 1-4, p. 149-155, 2011.

LITTLEWOOD, D.T.J.; MARSBE, L.A. Predation on cultivated oysters, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding), by the polyclad turbellarian flatworm, *Stylochus (Stylochus) frontalis* Verrill. **Aquaculture**. v. 88, p. 145-150, 1990.

LIU, F., et al. Response of the tropical Pacific Ocean to El Niño versus global warming. **Climate Dynamics**. v. 48, n. 3-4, p. 935–956, 2017.

LODEIROS, C., et al. Effects of mass and position of artificial fouling added to the upper valve of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* on its growth and survival. **Aquaculture**. v. 262, p. 168-171, 2007.

LOMOVASKY, B.J., et al. Individual age and connective tissue lipofuscin in the hard clam *Eurhomalea exalbida*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 276, n. 1-2, p. 83-94, 2002.

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

LOPES, G.R., et al. Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian waters. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 48, n. 7, p. 975-982, Brasília, 2013.

LORÍA, P.L.M.; HUATO-SOBERANIS, L. Efficacy of calcein and Coomassie Blue dyeing of shell growing-edges and micro growth-bands: Ageing juvenile of *Pinctada mazatlanica* (Pterioida: Pteriidae). **Revista de Biología Tropical**. v. 62, n. 3, p. 957-968, 2014.

LOSSE, E. Relationship between larval and spat growth rates in the oyster, (*Crassostrea virginica*). **Aquaculture**. v. 16, p. 123-126, 1979.

LUCAS, T., et al. Marking the shell of the saucer scallop *Amusium balloti* for sea ranching using oxytetracycline, calcein and alizarin red S. **Journal of Shellfish Research**. v. 27, n. 5, p. 1183-1188, 2008.

MACCACCHERO, G.B.; FERREIRA, J.F.; 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.

MACCACCHERO, G.B.; GUZENSKI, J.; FERREIRA, J.F. Allometric growth on mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultured in Southern Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 36, n. 3, p. 400-403, Fortaleza, 2005.

MACDONALD, B.A.; THOMPSON, R.J. Intraspecific variation in growth and reproduction in latitudinally differentiated populations of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). **The Biological Bulletin**. v. 175, n. 3, p. 361-371, 1988.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSI, D. M. & CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Funep, 2004. p. 405-480.

MACEDO, A.R.G., et al. Perfil da ostreicultura na comunidade de Santo Antônio do Urindeua, Salinópolis, nordeste do Pará/Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**. v. marzo, p. 2016.

MAHÉ, K., et al. Calcein and manganese experiments for marking the shell of the common cockle (*Cerastoderma edule*): tidal rhythm validation of increments formatio. **Aquatic Living Resources**. v. 23, p. 239-245, 2010.

MAIA, F.; PIMENTA, J. Estudo do crescimento de *Donax vittatus* na costa ocidental norte de Portugal. Dados científicos para a gestão de uma nova pescaria. **Relatórios Científicos e Técnicos do Instituto de Invertigação da Pesca e do Mar**. n. 37, p. 25, 2007.

- MAIA, F., et al. Estudo do crescimento de *Solen marginatus* e *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. Bases científicas para a gestão destes recursos. **Relatórios Científicos e Técnicos - IPIMAR**. n. 34, p. 1-40, 2006.
- MALLIA, J.V.; MUTHIAH, P.; THOMAS, P.C. Growth of triploid oyster, *Crassostrea madrasensis* (Preston). **Aquaculture Research**. v. 37, p. 718-724, 2006.
- MANCERA, E.; MENDO, J. Population dynamics of the oyster *Crassostrea rhizophorae* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. **Fisheries Research**. v. 26, n. 1-2, p. 139-148, 1996.
- MANZONI, G.C.; SCHIMITT, J.F. Capítulo 17: Cultivo de ostras japonesas *Crassostrea gigas* (Mollusca: Bivalvia), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In: **Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC**. Penha: 2006. p. 245-252.
- MÁRQUEZ, A., et al. Crecimiento y supervivencia de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* (Röding 1798), bajo diferentes sistemas de confinamiento en cultivo suspendido. **Zootecnia Tropical**. v. 29, n. 3, p. 337-351, 2011.
- MAYRAND, E.; SONIER, T.; COMEAU, L.A. Hot water immersion lowers survival, shell growth rate and lysosomal membrane stability of oysters *Crassostrea virginica* (Gmelin). **Aquaculture Research**. v. 46, p. 1974-1987, 2015.
- MAZÓN-SUÁSTEGUI, J.M., et al. Analysis of growth and first reproduction of hatchery-reared juvenile Cortez oyster (*Crassostrea corteziensis*) in northwestern Mexico: proposal of a minimal fishing size. **Aquaculture Research**. v. 42, p. 1558-1568, 2011.
- MCKINNON, J. **Studies of the age, growth and shell increment patterns in the New Zealand cockle (*Austrovenus stutchburyi*)**. 1996. 108f. - University of Otago, Dunedin, New Zealand, 1996.
- MCQUAID, C.D.; LINDSAY, T.L. Effect of wave exposure on growth and mortality rates of the mussel *Perna perna*: Bottom-up regulation of intertidal populations. **Marine Ecology Progress Series**. v. 206, p. 147-154, 2000.
- MELO, A.G.C., et al. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Genetics and Molecular Biology**. v. 33, n. 3, p. 564-572, 2010.
- MELO, E.M.C. **Indução à Triploidia em *Crassostrea gigas***. 2011. 38f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2011.
- MELO, E.M.C., et al. Chemical and physical methods of triploidy induction in *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 41, n. 4, p. 889-898, 2015.
- MELO, J.C. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes**. v. ano XVIII, n. 20, p. 13-21, 1999.

MELO, M.A.D., et al. Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management. **Aquaculture International**. v. 21, n. 6, p. 1325-1332, 2013.

MELO, M.D., et al. Development and characterization of ten microsatellite markers for population studies of the native Brazilian oyster *Crassostrea gasar*. **Conservation Genetics Resources**. v. 4, p. 582-586, 2012.

MENDES, C.L.T.; SOARES-GOMES, A. Circulação nos oceanos: Correntes oceânicas e massas d'água. **Departamento de Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense**. v. p. 26, 2007.

MILIONE, M.; SOUTHGATE, P. Growth of the winged pearl oyster, *Pteria penguin*, at dissimilar sites in Northeastern Australia. **Journal of Shellfish Research**. v. 31, n. 1, p. 13-20, 2012.

MINUZZI, R.B., et al. Influência do fenômeno climático el niño no período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Geografia**. v. 15, n. 2, p. 5-19, 2006.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: USP, 2002.

MIRANDA, M.B.B.D.; GUZENSKI, J. Cultivo larval da ostra do mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), em diferentes condições de temperatura, salinidade e densidade. **Arquivo de Ciências do Mar**. v. 32, p. 73-84, 1999.

MITCHELL, I.M.; CRAWFORD, C.M.; RUSHTON, M.J. Flat oyster (*Ostrea angasi*) growth and survival rates at Georges Bay, Tasmania (Australia). **Aquaculture**. v. 191, n. 4, p. 309-321, 2000.

MIYAJI, T.; TANABE, K.; SCHÖNE, B.R. Environmental controls on daily shell growth of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from Japan. **Marine Ecology Progress Series**. v. 336, p. 141-150, 2007.

MODESTO, G.A., et al. Utilização de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) no tratamento dos efluentes do cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**. v. 5, n. 3, p. 367-375, 2010.

MONTANHINI-NETO, R.; OSTRENSKY, A. Revisão: Uso de modelos matemáticos para avaliação da influência de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento de ostras no Brasil. **PUBVET**. v. 6, n. 4, p. 1-33, Londrina, 2012.

MORAN, A.L.; MARKO, P.B. A simple technique for physical marking of larvae of marine bivalves. **Journal of Shellfish Research**. v. 24, n. 2, p. 567-571, 2005.

MORSÁN, E.M.; ORENSANZ, J.M.L. Age structure and growth in an unusual population of purple clams, *Amiantis purpuratus* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Veneridae), from Argentine Patagonia. **Journal of Shellfish Research**. v. 23, n. 1, p. 73-80, 2004.

MUNRO, J.L.; PAULY, D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. **Fishbyte**. v. 1, n. 1, p. 5-6, 1983.

NAGEL, K.-O.; DÜMPELMANN, C.; PFEIFFER, M. Effective growth cessation in adult *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Bivalvia: Unionidae) from Germany. **Folia Malacologica**. v. 23, n. 4, p. 309-313, 2015.

NAGI, H.M.; SHENAI-TIRODKAR, P.S.; JAGTAP, G. Dimensional relationships in *Crassostrea madrasensis* (Preston) and *C. gryphoides* (Schlotheim) in mangrove ecosystem. **The Indian Journal of Geo-Marine Sciences**. v. 40, n. 4, p. 559-566, 2011.

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.

NASCIMENTO, I.A.; PEREIRA, S.A.; SOUZA, R.C. Determination of the optimum comercial size for the magrove oysters *Crassostrea rhizophorae* in Todos os Santos Bay, Brazil. **Aquaculture**. v. 20, n. 1, p. 1-8, 1980.

NAYAR, K.N. Studies on the growth of the wedge clam, *Donax (Latona) cuneatus* L. **Indian Journal of Fisheries**. v. 2, p. 325-348, 1955.

NORTE, F.; SIMONELLI, S.; HEREDIA, N. Impacto del fenómeno ENOS en el régimen hidrometeorológico de Mendoza, Argentina. **Bulletin de l'Institut français d'études andines**. v. 27, n. 3, p. 761-770, 1998.

NUÑEZ, M.P., et al. Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condición de cultivo intermareal y submareal. **Zootecnia Tropical**. v. 28, n. 2, p. 239-254, 2010.

OCAÑA, F.A.; APÍN, Y.C.; CALA, Y.R. Dinámica poblacional de *Donax denticulatus* (Bivalvia: Donacidae) en playa Carenero, costa sur oriental de Cuba. **Revista Biología Tropical**. v. 61, n. 4, p. 1637-1646, 2013.

OCTAVINA, C., et al. Length-weight relationship of Ostreidae in the Kuala Gigieng estuary, Aceh Besar District, Indonesia. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society**. v. 8, n. 5, p. 817-823, 2015.

OGAWA, M., et al. Adequações tecnológicas no processamento da carne de caranguejo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 1, p. 78-82, 2008.

OLIVEIRA, L., et al. Crescimento do berbigão, *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia: Veneridae) na praia de Mangue Seco, Pernambuco, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 46, n. 1, p. 22-28, Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA, N.D.L.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, R.G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**. v. 37, n. 4, p. 284-297, Santa Maria, 2015.

OLIVEIRA, N.L.D. **Avaliação do crescimento da ostra nativa *Crassostrea* (Sacco, 1897) cultivada em estruturas de sistemas fixos nas localidades de Ponta Grossa (município de Vera Cruz) e Iguape (município de Cachoeira), região do Recôncavo, na Baía de Todos os Santos, Bahia.** 2014. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

ORBAN, E., et al. Growth, nutritional quality and safety of oysters (*Crassostrea gigas*) cultured in the lagoon of Venice (Italy). **Journal of the Science of Food and Agriculture.** v. 84, p. 1929-1938, 2004.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer.** Brasília: FAO, 276p., 2008.

OSTRENSKY, A., et al. **Ostreicultura: Manual de boas práticas: Qualidade e segurança para nons negócios.** Brasília: Sebrae, 54p., 2015a.

OSTRENSKY, A., et al. **Fichas técnicas ilustradas: Organismos identificados nas ostras cultivadas no nordeste do Brasil.** Brasília/DF: Sebrae: 45p., 2015b.

PAEK, H.; YU, J.-Y.; CHEN, C. Why were the 2015/2016 and 1997/1998 extreme El Niños different? **Geophysical Research Letters.** v. 44, n. 4, p. 1848-1856, 2017.

PAIXÃO, L., et al. Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. **Aquaculture.** p. 6-13, 2013.

PARSONS, G.J.; DADSWELL, M.J. Effect of stocking density on growth, production and survival of the giant scallop *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. **Aquaculture.** v. 103, p. 291-309, 1992.

PARSONS, G.J., et al. Daily growth rates as indicated by valve ridges in postlarval giant scallop (*Placopeten magellanicus*) (Bivalvia: Pectinidae). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** v. 50, p. 456-464, 1993.

PAULY, D. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of the von Bertalanffy's growth formula. **Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel.** v. 63, p. 1-156, 1979.

PAULY, D.; MUNRO, J.L. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. **Fishbyte.** v. 2, p. 21, 1984.

PEREIRA, A.M.L., et al. **A Criação de Ostras para a Aquicultura Familiar.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 28p., 2007.

PEREIRA, O.M.; AKABOSHI, S.; CHAGAS SOARES, F. Cultivo experimental de *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no canal da Bertioiga, São Paulo, Brasil (23°54'30"S, 45°13'42"W). **Boletim do Instituto de Pesca.** v. 15, n. 1, p. 55-65, 1988.

PEREIRA, O.M.; CHAGAS SOARES, F. Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819), no sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia-SP. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 23, n. único, p. 135-142, 1996.

PEREIRA, O.M.; GALVÃO, M.S.N.; TANJI, S. Época e método de seleção de sementes de ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino - Laugna de Cananéia, estado de São Paulo (25° S; 048° W). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 18, n. único, p. 41-49, 1991.

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

PEREIRA, O.M., et al. Avaliação do estoque da ostra *Crassostrea brasiliana* em rios e gamboas da região da estuarino-lagunar de Cananéia (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 27, n. 1, p. 85-95, São Paulo, 2001a.

PEREIRA, O.M., et al. Crescimento da ostra *Crassostrea brasiliana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25° s, 48° w). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 27, n. 2, p. 163-174, São Paulo, 2001b.

PHILANDER, S.G. El Niño and La Niña predictable climate fluctuations. **Reports on Progress in Physics**. v. 62, p. 123-142, 1999.

PHILANDER, S.G.; FEDOROV, A. Is El Niño sporadic or cyclic? **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**. v. 31, p. 579-594, 2003.

PIERRE, F.; TIRADO, M. Influencia del enos sobre la precipitación en la cuenca del Río Yacambú y la depresión de Quíbor, Estado Lara, Venezuela. **Bioagro**. v. 19, n. 1, p. 41-52, 2007.

PINTO, F.M.V.S. **Efeito de organismos incrustantes sobre o crescimento e a sobrevivência de ostras nativas do gênero *Crassostrea* em um cultivo suspenso na Baía de Guaratuba (Paraná – Brasil)**. 2007. 53f. Monografia (Bacharel em Oceanografia) - Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2007.

PIT, J.H.; SOUTHGATE, P.C. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture? **Aquaculture International**. v. 11, p. 545-555, 2003.

POUVREAU, S.; PRASIL, V. Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, at nine culture sites of French Polynesia: synthesis of several sampling designs conducted between 1994 and 1999. **Aquatic Living Resources**. v. 14, n. 3, p. 155-163, 2001.

POUVREAU, S., et al. Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in suspended culture under hydrobiological conditions of Takapoto lagoon (French Polynesia). **Aquaculture**. v. 184, n. 1-2, p. 133-154, 2000.

POWELL, E.N., et al. Accommodation of the sex-ratio in eastern oysters *Crassostrea virginica* to variation in growth and mortality across the estuarine salinity gradient. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 93, n. 2, p. 533-555, 2013.

PROU, J.; GOULLETQUER, P.; BACHER, C. Modelisation of oyster shell growth at 3 station in the Patuxent river (Chesapeake Bay). In: 1991. p. 41-60.

QUAYLE, D.B. **Pacific oyster culture in British Columbia**. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 218: 241p., 1988.

QUESADA, R.Q., et al. Crecimiento y supervivencia del ostión de manglar (*Crassostrea rhizophorae* Guilgind, 1828), trasladado de Estero Vizcaya, Costa del Caribe a estanques de cultivo de camarones en Chomes, Costa Pacífica de Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**. v. 33, n. 1, p. 7-12, 1985.

RAMÍREZ-FILIPPINI, D.; CHAVÉZ-VILLALBA, J.; CÁCERES-MARTÍNEZ, C. Cultivo de ostión en costales sobre estantes en la zona intermareal en la Bahía de La Paz, B.C.S.: Estudio comparativo de crecimiento y resistencia, con el cultivo en suspensión. In: DE LA LANZA-ESPINO, G. & ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. **La Acuicultura en México: De los conceptos a la Producción**. Mexico: Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, 1990. p. 152–161.

RAMON, M.; ABELLO, P.; RICHARDSON, C.A. Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. **Marine Biology**. v. 121, n. 4, p. 665-671, 1995.

RIASCOS, J., et al. Suitability of three stains to mark shells of *Concholepas concholepas* (Gastropoda) and *Mesodesma donacium* (Bivalvia). **Journal of Shellfish Research**. v. 26, n. 1, p. 43-49, 2007.

RIASCOS, J.M., et al. Breaking out of the comfort zone: El Niño-Southern Oscillation as a driver of trophic flows in a benthic consumer of the Humboldt Current ecosystem. **Proceedings of Biological Sciences**. v. 28, n. 1857, p. 1-10, 2017.

RIASCOS, J.M.; URBAN, H.-J. Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroidea: Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno “El Niño” 1997/1998. **Revista de Biología Tropical**. v. 50, n. 3/4, p. 1113-1123, 2002.

RICHARDSON, C.A. An analysis of microgrowth bands in the shell of the common mussel *Mytilus edulis*. **Journal of the Marine Biological Association of the UK**. v. 69, n. 2, p. 477-491, 1989.

RICHARDSON, C.A.; CRISP, D.J.; RUNHAM, N.W. Tidally deposited growth bands in the shell of the common cockle, *Cerastoderma edule* (L.). **Malacologia**. v. 18, p. 277-290, 1979.

RICHARDSON, C.A.; SEED, R.; NAYLOR, E. Use of internal growth bands for measuring individual and population growth rates in *Mytilus edulis* from offshore production platforms. **Marine Ecology Progress Series**. v. 66, n. 3, p. 259-265, 1990.

- RICKER, W.E. **Computation and interpretation of biological statistics of fish populations**. 191. Ottawa: Department of the Environment Fisheries and Marine Service, 1-382p., 1975.
- RODRIGUES, A.M.L., et al. Population structure of the bivalve *Anomalocardia brasiliiana*, (Gmelin, 1791) in the semi-arid estuarine region of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biological Sciences**. v. 73, n. 4, p. 819-833, 2013.
- RODRIGUES, W.C. **Estatística Aplicada**. 70p., 2010.
- ROPES, J.W.; MERRILL, A.S. Marking surf clams. **Proceedings of the National Shellfisheries Association**. v. 60, n. p. 99-106, 1970.
- ROSA, L.C. Crescimento e sobrevivência da ostra *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) mantida em um viveiro de cultivo de camarão. **Arquivo de Ciências do Mar**. v. 47, n. 1, p. 64-68, Fortaleza, 2014.
- ROSENZWEIG, C., et al. Climate change and extreme weather events Implications for food production, plant diseases, and pests. **Global Change & Human Health**. v. 2, n. 3, p. 90-104, 2001.
- ROSSI, S.; SOARES, M.O. Effects of El Niño on the coastal ecosystems and their related services. **Mercator**. v. 16, p. 1-16, Fortaleza, 2017.
- RUEDA, V.O.M.; AGUIRRE, J.L.V. Sobre los usos del pronóstico de El Niño en América Latina y el Caribe. **EIRD Informa-América Latina y El Caribe**. v. 2, p. 8, 2001.
- RYBOVICH, M.M. **Growth and mortality of spat, seed, and market-sized oysters (*Crassostrea virginica*) in low salinities and high temperatures**. 2014. 70pf. Thesis (Master of Science) - Louisiana State University, B.A., Florida Gulf Coast University, 2014.
- RYPEL, A.L.; HAAG, W.R.; FINDLAY, R.H. Validation annual growth rings in freshwater mussel shell using cross dating. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 65, n. p. 2224-2232, 2008.
- SÁ, F.S.; NALESSO, R.C.; PARESQUE, K. Fouling organisms on *Perna perna* mussels: Is it worth removing them? **Brazilian Journal of Oceanography**. v. 55, n. 2, p. 155-161, 2007.
- SALA, A.; LUCCHETTI, A. Low-cost tool to reduce biofouling in oyster longline culture. **Aquacultural Engineering**. v. 39, n. 1, p. 53-58, 2008.
- SAMPAIO, D.S., et al. Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector. **Reviews in Aquaculture**. v. 0, p. 1-17, 2017.
- SAMPAIO, D.S. Energia que vem da ostra: do extrativismo para o cultivo. In: DUARTE, R. B. D. A. **Histórias de sucesso: Agronegócios, aquicultura e pesca**. Brasília: Sebrae, 2007. p. 1-18.
- SANTOSO, A., et al. Enso extremes and diversity: Dynamics, teleconnections, and impacts. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 96, n. 11, p. 1969–1972, 2015.

SANTOSO, A.; MCPHADEN, M.J.; CAI, W. The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño. **Reviews of Geophysics**. v. 55, n. 4, p. 1079-1129, 2017.

SARACHIK, E.S.; CANE, M.A. **The El Niño-Southern Oscillation phenomenon**. Cambridge University Press, 2010.

SASAKI, K. Growth of the sakhalin surf clam, *Spisula sachalinensis* (Scherenck), in Sendai Bay. **Tohoku Journal of Agricultural Research**. v. 32, n. 4, p. 168-180, 1981.

SASIKUMAR, G., et al. Influence of Environmental Factors on Growth Rate of *Crassostrea madrasensis* (Preston) in Suspended Culture. **Asian Fisheries Science**. v. 20, p. 241-255, 2007.

SASTRY, A.N. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: GIESE, A. C. & PEARSE, J. S. **Reproduction of Marine Invertebrates**. New York, Academic Press, 1979. p. 113-292.

SATO-OKOSHI, W.; OKOSHI, K. Application of fluorescent substance to the analysis of growth performance in Antarctic bivalve, *Laternula elliptica*. **Polar Bioscience**. v. 15, p. 66-74, 2002.

SAUCEDO, P.; MONTEFORTE, M. *In situ* growth of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856) and *Pteria sterna* (Gould 1851) under repopulation conditions at Bahia de La Paz, Baja California Sur, Mexico. **Aquaculture**. v. 28, p. 367-378, 1997.

SCHÖNE, B.R.; SURGE, D. Bivalve shells: ultra high-resolution paleoclimate archives. **Pages Magazine**. v. 22, n. 1, p. 20-21, 2014.

SEBER, G.A.F. A review of estimating animal abundance II. **INTERNATIONAL STATISTICAL REVIEW**. v. 60, p. 129-166, 1992.

SEED, R. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. **Oecologia**. v. 3, n. 3, p. 317-350, 1969.

SERAFIM, C.F.S. **Geografia: ensino fundamental e ensino médio : o mar no espaço geográfico brasileiro**. 8. 309p., 2005.

SHAUL, W.; GOODWIN, L. Geoduck (*Panope generosa* : Bivalvia) age as determined by internal growth lines in the shell. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 39, n. 4, p. 632-636, 1982.

SHUMWAY, S.E., et al. Shellfish aquaculture in praise of sustainable economies and environments. **World aquaculture**. v. 34, n. 4, p. 15-18, 2003.

SIEVERS, M., et al. Monitoring biofouling communities could reduce impacts to mussel aquaculture by allowing synchronisation of husbandry techniques with peaks in settlement. **Biofouling**. v. 30, n. 2, p. 203-212, 2014.

SIEVERS, M., et al. Biofouling leads to reduced shell growth and flesh weight in the cultured mussel *Mytilus galloprovincialis*. **Biofouling**. v. 29, n. 1, p. 97-107, 2013.

SILVA, C.C.; SILVA, J.C. **Cultivo de Ostras**. Dosseê Técnico, REDETEC: 20pp., 2007.

- SILVA, C.F., et al. Growth, mortality, and reproduction of *Tagelus plebeius* (Bivalvia: Solecurtidae) in Southeast Brazil. **Helgoland Marine Research**. v. 69, p. 1-12, 2015.
- SILVA, T.S.E.C.; INOUE, L.A.K.A.; FIETZ, C.R. **Influência do clima, fenômenos e mudanças climáticas no manejo da piscicultura**. 136. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016.
- SIMS, N.A. Size, age and growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.) (Bivalvia, Pteriidae). **Journal of Shellfish Research**. v. 12, n. 2, p. 223-228, 1993.
- SOLA, J.C. Reproduction, population dynamics, growth and production of *Scrobicularia plana* Da Costa (Pelecypoda) in the Bidasoa estuary, Spain. **Aquatic Ecology**. v. 30, n. 4, p. 283-296, 1997.
- SPARRE, P.; VENEMA, S.C. **Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. Manual**. FAO Fisheries Technical Paper 306/1: 407p., 1998.
- SQUELLA, F.J.L., et al. Sobrevivência e crescimento de larvas do molusco de areia *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) em laboratório. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 41, n. 1, p. 133-143, 2015.
- TALIKHEDKAR, P.M.; MANE, U.H.; NAGABHUSHANAM, R. Growth rate of the wedge clam *Donax cuneatus* at Miriya Bay, Ratnagiri. **Indian Journal of Fisheries**. v. 23, p. 183-193, 1976.
- TARAZONA, J.; SALZWEDEF, H.; ARNTZ, W. Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. **Journal of Marine Research**. v. 46, n. 3, p. 593-611, 1988.
- TEDESCHI, R.G.; GRIMM, A.M. Mecanismos da influência de episódios El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, **Anais...**, 2007, 9.
- THÉBAULT, J., et al. Evidence of a 2-day periodicity of striae formation in the tropical scallop *Comptopallium radula* using calcein marking. **Marine Biology**. v. 149, n. 2, p. 257-267, 2006.
- THOMÉ-SOUZA, M.J.F.; CHAO, N.L. Spatial and temporal variation of benthic fish assemblages during the extreme drought of 1997-98 (El Niño) in the middle rio Negro, Amazonia, Brazil. **Neotropical Ichthyology**. v. 2, n. 3, p. 127-136, 2004.
- TRENBERTH, K.E. **What North America can expect from El Niño**. 2016. Disponível em: <<https://theconversation.com/what-north-america-can-expect-from-el-nino-51959>> Acesso em: 06 de abril de 2018.
- TRENBERTH, K.E.; STEPANIAK, D.P. Indices of El Niño Evolution. **Journal of Climate**. v. 14, n. 8, p. 1697-1701, 2001.
- TSUKAMOTO, R.Y.; TAKAHASHI, N.S. Problemas climáticos globais e seus efeitos na aquicultura. **Panorama da Aquicultura**. v. 17, n. 101, p. 38-41, jun., 2007.

TURECK, C.R., et al. Avaliação do crescimento em *Crassostrea gigas* (molusca, bivalve) cultivadas na Baía da Babitonga, litoral norte do Estado de Santa Catarina. **Revista UNIVILLE**. v. 9, p. 17-26, 2004.

TURECK, C.R., et al. Rendimento de sementes da ostra *Crassostrea gasar* produzidas em laboratório e cultivadas em Santa Catarina - Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 40, n. 2, p. 281-290, São Paulo, 2014.

URBAN, H.-J. Culture potential of the pearl oyster (*Pinctada imbricata*) from the Caribbean. I. Gametogenic activity, growth, mortality and production of a natural population. **Aquaculture**. v. 189, p. 361-373, 2000a.

URBAN, H.-J. Culture potential of the pearl oyster (*Pinctada imbricata*) from the Caribbean. II. Spat collection, and growth and mortality in culture systems. **Aquaculture**. v. 189, p. 375-388, 2000b.

URBAN, H.-J. Reproductive strategies in tropical bivalves (*Pteria colymbus*, *Pinctada imbricata* and *Pinna carnea*): Temporal coupling of gonad production and spat abundance related to environmental variability. **Journal of Shellfish Research**. v. 2, n. 3, p. 1127-1134, 2001.

URBAN, H.-J. Modeling growth of different developmental stages in bivalves. **Marine Ecology Progress Series**. v. 238, p. 109-114, 2002.

URPÍ, O.P.; PEÑA, J.C.; MADRIZ, E.Z. Crecimiento y madurez sexual de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) cultivada en sistema suspendido en Estero Vizcaya, Limón Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**. v. 31, n. 2, p. 277-281, 1983.

VAKILY, J.M. Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other tropical areas. **International Center for Living Aquatic Resources Management Technical Reports**. v. 36, p. 137, 1992.

VALENTE, L. **Manuais de maricultura: Cultivo de ostras**. 2. Salvador: BMLP, 32p., 2003.

VALENTIM, F.T. **Avaliação do crescimento de sementes de ostras *Crassostrea gigas* utilizando dois tipos de berçários, na Praia da Cerca, Guarapari - ES**. 2005. 44f. Monografia - Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, ES, 2005.

VAN DER GEEST, M., et al. Suitability of calcein as an *in situ* growth marker in burrowing bivalves. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 399, n. 1, p. 1-7, 2011.

VARELA, E.S., et al. Molecular phylogeny of mangrove oyster (*Crassostrea*) from Brazil. **Journal of Molluscan Studies**. v. 73, p. 229-234, 2007.

VASCONCELOS, P.; GASPAR, M. A importância e utilidade dos estudos morfométricos e do crescimento relativo em bivalves e gastrópodes. **Portugalia**. v. 20, p. 10-11, 2017.

VELASCO, L.A., et al. Reproducción artificial de la ostra del mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en el Caribe Colombiano. **Revista Intropica**. v. 5, p. 47-56, Santa Marta, 2010.

VERDELHOS, T., et al. Latitudinal gradients in *Scrobicularia plana* reproduction patterns, population dynamics, growth, and secondary production. **Marine Ecology Progress Series**. v. 442, p. 271-283, 2011.

VILAR, T.C. **Crescimento da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) cultivada em Barra de São Miguel, Alagoas, Brasil**. 2012. 23f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2012.

VILLARROEL, E.; BUITRAGO, E.; LODEIROS, C. Identificación de factores ambientales que afectan al crecimiento y la supervivencia de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. **Revista Científica, FCV-LUZ**. v. 14, n. 1, p. 28-35, 2004.

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth. **Human Biology**. v. 10, n. 2, p. 181-213, 1938.

WALNE, P.R. Growth of oysters (*Ostrea edulis* L.). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. v. 37, p. 591-602, 1958.

WANG, C., et al. El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A review. In: GLYMN, P.; MANZELLO, D. & ENOCHS, I. **Coral reefs of the Eastern Pacific**. Springer Science Publisher, 2016. p. 85-106.

WILLEMSEN, P.R. Biofouling in european aquaculture: Is there an easy solution? **Aquaculture Europe**. Trondheim, Norway, 2005.

WILSON, C.A.; BECKMAN, D.W.; DEAN, J.M. Calcein as a fluorescent marker of otoliths of larval and juvenile fish. **Transactions of the American Fisheries Society**. v. 116, n. 4, p. 668-670, 1987.

WRONSKI, T. The molluscan bio-fouling community on the Red Sea pearl oyster beds. **Zoology in the Middle East**. v. 51, p. 67-73, 2010.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 960p., 2010.

APÊNDICES

Apêndice A: Apresentações em eventos científicos internacionais

Evento: **8th European Congress of Malacological Societies (Polônia).**

Ano: 2017

Título: A proposed method for standardization of growth estimations of tropical and subtropical molluscs.

Autores: **CHAGAS, R.A.**, Santos, W.C.R., Barros, M.R.F., Sousa, T.C.L., Freire, C.C.O., Silva, R.E.O., Abreu, V.S. & Herrmann, M.;

POSTER
PRESENTATION

Hall: Kotłownia

Ecology

Monday
18:00

A proposed method for standardization of growth estimations of tropical and subtropical molluscs

RAFAEL ANAÍSCA DAS CHAGAS^{1,2,4}, WAGNER CÉSAR ROSA DOS SANTOS^{1,2,4}, MARA RÚBIA FERREIRA BARROS^{1,2,4}, TRYCIA CIELLEN LIMA DE SOUSA^{2,4}, CIBELE CRISTINA OEIRAS FREIRE^{2,3,4}, ROSANA ESTHER OLIVEIRA DA SILVA^{2,4}, VALDO SENA ABREU^{2,3,4}, **MARKO HERRMANN**^{1,2,3,4}

¹ Postgraduate Program in Aquaculture and Tropical Aquatic Resources

² Member of the CNPq research group Tropical Benthic Ecology (www.benthos.eu)

³ Scholarship holder of the Fishery Engineering Tutorial Education Program (www.pesca.pet)

⁴ Socioenvironmental and Water Resources Institute (ISARH), Federal Rural University of Amazonia (UFRA), Av. Presidente Tancredo Neves 2501, PO. Box nº 917, Montese, CEP: 66.077-830 Belém, Pará, Brasil

marko@benthos.eu

Following a particular cohort by analysing length-frequency distributions (*LFD*), originating from a timeconsuming quantitative sampling, is a common technique among ecologists to estimate the population growth of a single species. In this method, a given year class is followed, and the change in the average size of the mode is equivalent to average growth. Nevertheless, *LFD* analysis only works well in molluscs with a very narrow reproductive or recruitment period, which is normally the case of temperate and polar species. On the contrary, since in tropical and subtropical molluscs the recruitment pe-

riod is usually extended or growth rates are variable, *LFD* analysis has limited application and may not be useful to estimate growth for species of this climatic zone. On this account, the present study summarizes the available information on growth estimations of tropical and subtropical molluscs and recommends short time tagging-recapture experiments, using the *in situ* fluorescent marking (*IFM*) method, for measuring absolute growth as an appropriate standard method for future studies of economically and ecologically important molluscs, inhabiting tropical and subtropical climate areas.

Apêndice B: Apresentações em eventos nacionais

Evento: Feira Nacional do Camarão (Fortaleza - CE).

Ano: 2016

Título: Conhecimento etnobiológico aplicado no manejo de ostras cultivada no litoral amazônico.

Autores: Assis, A.S., Barros, M.R.F., Pereira, L.J.G., CHAGAS, R.A., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.

ÍNDICE DE ESTABILIZAÇÃO DA FORMA (IEF) DA CONCHA DE *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828) (BIVALVIA: OSTREIDAE)

Alessandra Silva de Assis^{1,3}, Mara Rúbia Ferreira Barros^{1,3}, Rosana Esther Oliveira da Silva^{1,3}, Rafael Anaise das Chagas^{2,3,5}, Wagner César Rosa dos Santos^{2,3}, Marko Herrmann^{3,4}.

¹ Graduanda em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

² Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

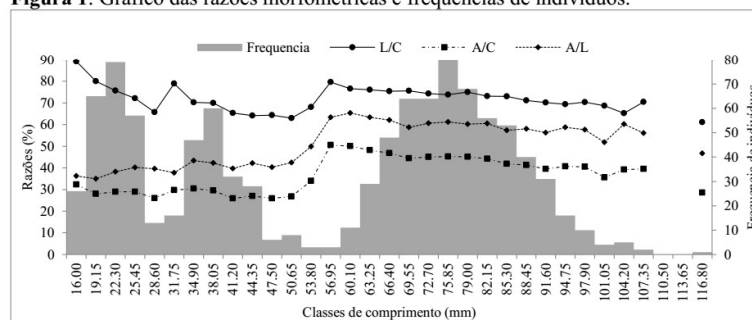
³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical

⁴ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

⁵ Autor correspondente: rafael@benthos.eu

Índice de Estabilização da Forma (IEF) é um método proposto por Gil et al. (2007) para determinar o tamanho no qual a espécie atinge a forma definida da concha. Este método constitui-se por uma análise simples e consiste em calcular as razões, expressas em porcentagem, entre as três medidas lineares da concha. Objetivou-se verificar a existência do IEF na ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultivada pela Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), Amazônia Oriental, norte do Brasil. Utilizou-se medidas morfométricas de 1.025 ostras entre 16 e 116.99 mm, coletadas em abril de 2016, agrupando os indivíduos em classes de comprimento. Para cada classe calculou-se a média das medidas lineares, determinando-se as seguintes razões morfométricas: A/C , L/C e A/L , sendo A a altura, C o comprimento e L a largura da concha. Esta foi a primeira vez que se utilizou a análise de IEF para ostras do gênero *Crassostrea*. Os resultados apresentam uma predisposição a dimorfismo da espécie a longo de seu crescimento (Figura 1), porém com uma tendência a estabilização da forma da concha a partir de 60 mm, coincidindo com o tamanho comercial da espécie (> 60 mm). As elevadas variações apresentadas nas classes "sementes", "juvenil" e "master" possivelmente deve-se ao número de indivíduos amostrados. Conclui-se que *C. rhizophorae* apresenta IEF a partir de 60 mm. O conhecimento do IEF favorece o manejo, tanto de uma espécie cultivada quanto extraída em ambiente natural.

Figura 1: Gráfico das razões morfométricas e frequências de indivíduos.



Referência utilizada:

Evento: Feira Nacional do Camarão (Fortaleza - CE).

Ano: 2016

Título: Relação peso-comprimento de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) cultivada em um estuário amazônico.

Autores: Assis, A.S., Maia, R.C.N., Silva, R.E.O., Passos, T.A.F., CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

RELAÇÃO PESO-COMPIMENTO DE *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828) (BIVALVIA: OSTREIDAE) CULTIVADA EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO

Alessandra Silva de Assis^{1,3}, Pamela Silva da Silva¹, Rosana Esther Oliveira da Silva^{1,3}, Taiana Amanda Fonseca dos Passos^{1,3}, Rafael Anaise das Chagas^{2,3,✉}, Marko Herrmann^{3,4}.

¹ Graduanda em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

² Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical

⁴ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

✉ Autor correspondente: rafael@benthos.eu

A ostra-do-mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), possui ampla distribuição no litoral brasileiro e é uma das principais ostras cultivadas. O conhecimento acerca dos aspectos biológicos das ostras são importante para um manejo adequado tanto em cultivo quanto na exploração em ambiente natural. Objetivou-se caracterizar a relação peso-comprimento de *C. rhizophorae* cultivada na Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), Amazônia Oriental, norte do Brasil. Efetuou-se relações morfométricas entre as medidas externas (comprimento total, largura e altura) e a biomassa total de 1.025 ostras coletadas em abril de 2016 e relacionou-as utilizando equações logaritmizadas do tipo: $\ln Y' = \ln a + b \cdot \ln X$. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) para testar, a um nível de significância de 95 % ($p < 0,001$), a existência de dependência estatística entre as variáveis, classificando as equações conforme os valores do coeficiente angular (b). As ostras apresentaram um comprimento total de $58,8 \pm 25,7$ mm (média \pm SD), variando entre 16,0 e 116,9 mm e biomassa total de $62,3 \pm 54,8$ g, variando entre 0,6 e 101,8 g. As relações efetuadas entre as medidas externas e biomassa total apresentaram uma alometria positiva, compreendendo uma tendência a variável dependente crescer a uma taxa relativamente maior que a variável independente (Tabela 1). Todas as equações encontradas satisfazem a estimação biomorfométrica da espécie com mais de 96 % confiabilidade. Conclui-se que *C. rhizophorae* (1) apresenta excelentes relações peso-comprimento e (2) todas as equações satisfazem, com significância, a estimação de biomassa da espécie através de qualquer uma das medidas externas.

Tabela 1: Relações morfométricas e equações propostas entre as medidas externas de *Crassostrea rhizophorae* apresentando o coeficiente de correlação de Pearson (r).

Relação morfométrica	Equação	R ²	r	Alometria
C x Bt	$Bt = 3,22C - 9,52$	0,96	0,98	positiva
L x Bt	$Bt = 3,25L - 8,61$	0,97	0,98	positiva
A x Bt	$Bt = 2,27A - 3,45$	0,96	0,98	positiva

Evento: III Congresso de Zootecnia da Amazônia (Parauapebas - PA). **Ano:** 2016
Título: Descrição do manejo na ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ) na Vila de Santo Antônio de Urindeua, Amazônia Oriental.
Autores: Barros, M.R.F., Barbosa, F.R., Reis, A.R., Santos, R.F., CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;



III Congresso de Zootecnia da Amazônia
 IV Seminário de Ensino de Zootecnia da Amazônia
 Parauapebas – PA 13, 14 e 15 de outubro de 2016



Descrição do manejo na ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ) na Vila de Santo Antônio de Urindeua, Amazônia Oriental

Mara Rúbia Ferreira Barros¹; Fernanda Rodrigues Barbosa²; Alex Ribeiro dos Reis¹;
 Renata Franco dos Santos¹; Rafael Anaisce das Chagas³; Marko Herrmann⁴

¹ Graduando(a) em Engenharia de Pesca, UFRA, Belém, Pará. E-mail: mara@benthos.eu

² Graduada em Zootecnia, UFRA, Belém, Pará.

³ Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, PPGAqRAT/UFRA, Belém, Pará.

⁴ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, UFRA, Belém, Pará.

O manejo adequado de uma ostreicultura, o cultivo de ostras, é fundamental para uma produtividade rentável, sendo caracterizado a nível regional e espécie cultivada. Desta forma, a presente pesquisa objetiva-se em descrever o manejo e os meios da comercialização na ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ) na vila de Santo Antônio de Urindeua, município Salinópolis através de uma entrevista semiestruturada aplicada a atual presidente da associação. Examina-se que o manejo ocorre de 40 a 45 dias, variando de acordo com o tamanho da ostra cultivada. Durante o manejo, retira-se as ostras dos apetrechos (lanternas e travesseiros), colocando-as sobre lonas onde efetua-se a limpeza (retirada da epifauna e ostras mortas), evitando deste modo a presença de predadores naturais, dentre eles o gastrópode *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) e as poliquetas do gênero *Polydora*. Os ostreicultores utilizam diversos meios de evitar a predação das ostras, principalmente das sementes, dentre eles a disposição dos moluscos em sacos confeccionados com tela de mosquiteiro ou saco de cebola. Após a limpeza efetua-se a biometria em 15 % das ostras cultivadas, para examinar o desenvolvimento dos organismos. Nesse processo, também, realiza-se a repicagem - separação das ostras por tamanho – e a respectiva redistribuição dos organismos aos apetrechos com base nos tamanhos encontrados. Para a comercialização, é necessário um manejo mais específico, denominado “maquiagem nas ostras”, que consiste na retirada das estruturas externas que estão aderidas nas mesmas, sendo também lavadas com escovinha para a retirada de estruturas menores. A metodologia aplicada durante o manejo na ostreicultura da ASPAQ é efetuada conforme a capacitação oferecida por instituições parceiras, por esse motivo não há relatos de acidentes ocorridos durante essa fase do cultivo. A comercialização ocorre durante o ano inteiro, sendo que a forma de locomoção dos ostreicultores dá-se por meio de transporte público. Em virtude da inexistência do selo de qualidade do produto, não há a comercialização em âmbito interestadual e internacional. Conclui-se que apesar das técnicas simplórias empregadas durante o manejo, (1) os ostreicultores da ASPAQ apresentam resultados significativos quanto a diminuição na taxa de predação por outros organismos e (2) a comercialização é restrita ao município pela limitação quanto as vias de escoamento e pela ausência do selo de qualidade. Recomenda-se (1) realizar o processo de depuração no cultivo antes comercializado, (2) efetivar avaliações da qualidade da água e outros parâmetros afim de conquista o selo de qualidade.

Palavras-chave: Amazônia; Associação; Molusco bivalve; Malacocultura; Cultivo de ostras.

Agradecimentos: A Dona Maria, presidente da ASPAQ.


Evento: Feira Nacional do Camarão (Fortaleza - CE).

Ano: 2016

Título: Conhecimento etnobiológico aplicado no manejo de ostras cultivada no litoral amazônico.

Autores: CHAGAS, R.A., Assis, A.S., Silva, R.E.O., Pereira, L.J.G., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.;

CONHECIMENTO ETNOBIOLÓGICO APLICADO NO MANEJO DE OSTRAS CULTIVADA NO LITORAL AMAZÔNICO


Rafael Anaise das Chagas^{2,3} , Alessandra Silva de Assis^{1,3}, Mara Rúbia Ferreira Barros^{1,3}, Taiana Amanda Fonseca dos Passos^{1,3}, Wagner César Rosa dos Santos^{2,3}, Marko Herrmann^{3,4}.

¹ Graduanda em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

² Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical

⁴ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

 Autor correspondente: rafael@benthos.eu

A ostreicultura é uma das alternativas mais viáveis a fim de mitigar declínio dos estoques naturais, causados em grande parte pela pesca desordenada. Nesse contexto, a etnobiologia de comunidades tradicionais apresenta-se uma alternativa para o manejo e ordenamento pesqueiro, além de ser uma forma de valorizar o conhecimento empírico. Objetivou-se analisar a etnobiologia aplicada na classificação de ostras durante o manejo na ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), Amazônia Oriental, norte do Brasil. Previamente solicitou aos ostreicultores, a separação empírica de 1000 ostras, sendo 200 de cada tamanho disponível (semente: 15-30 mm, juvenil: 30-60 mm, baby: 60-80 mm, média: 80-100 mm e máster: > 100 mm). Com o auxílio de um paquímetro digital (TESA-DataDirect, precisão de 1 mm) mensurou-se bivalves amostrados, classificando-os conforme o comprimento total máximo. No total 1.025 ostras foram amostradas com variação de comprimento total entre 16 e 116,99 mm. Após classificação morfométrica das ostras, verificou-se a presença de 234 sementes, 209 juvenis, 320 baby, 248 média e 14 master. A faixa de erro encontrado na classificação das ostras foi relativamente pequeno (< 10 mm), ocorrendo geralmente entre os valores mínimos e máximos de uma classe. Deste modo, por exemplo, algumas ostras classificadas pelos ostreicultores como “juvenis” e “médias”, após a determinação do comprimento total, classificou-se como “baby”. No cultivo existe um classificador de ostra (Figura 1) que deve ser usado durante o manejo, porém os ostreicultores utilizam-se da experiência adquirida para a classificação das ostras. Conclui-se que a classificação empírica utilizada pelos ostreicultores apresenta-se eficaz no manejo, portanto o conhecimento etnobiológico é primordial ao desenvolvimento da atividade.

Figura 1: Classificador de ostra utilizado em cultivos de ostras.



Evento: Feira Nacional do Camarão (Fortaleza - CE).

Ano: 2016

Título: Relações morfométricas de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) cultivada em um estuário amazônico.

Autores: CHAGAS, R.A., Assis, A.S., Barros, M.R.F., Maia, R.C.N., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.;

RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS DE *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828) (BIVALVIA: OSTREIDAE) CULTIVADA EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO

Rafael Anaise das Chagas^{2,3}✉, Alessandra Silva de Assis^{1,3}, Rayanne de Kássia Carvalho Salimos³, Mara Rúbia Ferreira Barros^{1,3}, Wagner César Rosa dos Santos^{2,3}, Marko Herrmann^{3,4}.

¹ Graduanda em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

² Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAQRAT), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical

⁴ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

✉ Autor correspondente: rafael@benthos.eu

A malacocultura no Brasil ocorre principalmente em função do cultivo de ostras do gênero *Crassostrea*. A pouca sofisticação da ostreicultura dificulta um manejo adequado e o controle preciso da produção total. Nesse contexto é necessário intensificar os estudos sobre as espécies nativas de importância comercial, como forma de desenvolver técnicas de cultivo adequadas a cada região e otimizar os esforços dos produtores em cada etapa do processo de cultivo. Objetivou-se verificar as relações morfométricas da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultivada pela Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situado na zona estuarina da bacia hidrográfica do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), Amazônia Oriental, norte do Brasil. Para efetuar as relações morfométricas mensurou-se as medidas externas (comprimento total, largura e altura) de 1.025 ostras coletadas em abril de 2016 e relacionou-as utilizando equações lineares do tipo $Y = a + b.X$. Classificou-se as equações encontradas conforme os valores do coeficiente angular (b), tais como, coeficiente alométrico negativo ($b < 1$), alométrico positivo ($b > 1$) e isométrico ($b = 1$). As relações foram efetuadas a um nível de significância de 95 % ($p < 0,001$). As ostras apresentaram um comprimento total de $58,8 \pm 25,7$ mm (média \pm SD), variando entre 16,0 e 116,9 mm, largura de $42,9 \pm 19,0$ mm, entre 10,6 e 82,2 mm e altura de $23,7 \pm 13,5$ mm, entre 2,97 e 77,82 mm. De acordo com os resultados das relações efetuadas (Tabela 1) entre as medidas externas classificou-se em alometria positiva, compreendendo uma tendência a variável dependente crescer a uma taxa relativamente maior que a variável independente. Todas as equações encontradas satisfazem a estimativa morfométrica da espécie com mais de 95 % de significância. Conclui-se que a ostra-do-mangue *C. rhizophorae* (1) apresenta excelentes relações morfométricas e (2) todas as equações satisfazem, com significância, a estimativa morfométrica da espécie.

Tabela 1: Relações morfométricas e equações propostas entre as medidas externas de *Crassostrea rhizophorae* apresentando o coeficiente de correlação de Pearson (r).

Relação morfométrica	Equação	R ²	r	Alometria
C x L	$L = 0,72C + 0,62$	0,95	0,98	positiva
C x A	$A = 0,50C - 5,46$	0,90	0,95	positiva
L x A	$A = 0,68L - 5,30$	0,90	0,95	positiva

Evento: Congresso Brasileiro de Oceanografia (Salvador - BA).

Ano: 2016

Título: Influências ambientais na composição de biofouling no cultivo de ostras: estudo experimental em um estuário tropical, norte do Brasil.

Autores: CHAGAS, R.A., Barros, M.R.F., Reis, A.R., Prazeres, T.S. & Herrmann, M.;



INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS NA COMPOSIÇÃO DE *BIOFOULING* NO CULTIVO DE OSTRAS: ESTUDO EXPERIMENTAL EM UM ESTUÁRIO TROPICAL, NORTE DE BRASIL

Chagas, R.A.¹, Barros, M.R.F.², Reis, A.R.², Prazeres, T.S.³, Herrmann, M.¹

¹Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia, ²Universidade Federal Rural da Amazônia, ³Universidade Federal do Pará

[✉]Autor correspondente: rafaelanaisce@hotmail.com

O *biofouling*, ou incrustação biológica, apresenta-se como um dos principais problemas encontrado na aquicultura, em especial na ostreicultura. A influência dos fatores ambientais na composição do *biofouling* encima da ostra-do-mangue (*Crassostrea rhizophorae*) foi estudado na ostreicultura nas margens do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), na Amazônia Oriental, norte do Brasil, nos meses de julho, agosto outubro e dezembro de 2013. O *biofouling* das 93 ostras experimentais analisadas foi composto por cinco táxons (Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta, Crustacea e Anthozoa), representado por 20 famílias, 37 espécies, um total de 6.131 indivíduos com a biomassa de aproximadamente 2 kg. As curvas de acumulação de espécies inferem que mais de 90 % da comunidade foi amostrada a partir de 30 ostra analisada. O mês de julho apresentou o maior número de indivíduos (1.624 ind.) e o dezembro a maior variedade de espécies (30 esp.) e biomassa (1.030,7 g). A classe Bivalvia, com destaque ao mexilhão *Mytella charruana*, apresentou-se mais abundante em número de indivíduos (88,4 %; 5.420 indivíduos) e biomassa (79,6 %; 1.661,41 g), sendo a classe Polychaeta é a mais diversa em número de espécies (48,6 %; 18 espécies). No mês de dezembro encontrou-se a maior diversidade, através do índice de Shannon. A riqueza de espécies, expressado através do índice de Margalef, apresentou maior nos meses de salinidade elevadas (outubro e dezembro). O índice de equitatividade de Pielou indica uma homogeneidade gradual ao longo das coletas. O resultado da ANOSIM apresentou diferenças na composição do *biofouling* em relação ao tamanho das ostras e sazonalidade. As análises de nMDS, CLUSTER, PCA e PCO, destacaram a salinidade e a pluviosidade como os principais fatores que afetam a composição do *biofouling*. A análise de SIMPER confirma *M. charruana* como espécie indicadora, contribuindo até 92 % à comunidade. Conclui-se que, no rio tropical estudado, (1) a salinidade e a pluviosidade são fatores determinantes para a estrutura e composição do *biofouling* e (2) a abundância de *M. charruana* acarreta prejuízos os produtores devido a competição por espaço com as ostras cultivadas. Recomenda-se (1) um manejo em um menor período, retirando-se o *biofouling* tanto sobre a superfície dos bivalves quanto das estruturas do cultivo e (2) a implementação de mais estudos sobre a viabilidade de um policultivo ostra-mexilhão na região norte do Brasil.

Palavras-chave: EPIBENTOS; MACROBENTOS; OSTREICULTURA.

Evento: XIV Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA (Belém - Ano: 2016 PA).

Título: Abundância e diversidade de espécies que compõe o biofouling está relacionada a biomorfometria das conchas das ostras?.

Autores: CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

Anais do XIV Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA



Abundância e diversidade de espécies que compõe o biofouling está relacionada a biomorfometria das conchas das ostras?

Rafael Anaise das CHAGAS^{1,2,3}, Marko HERRMANN^{2,3}

Denomina-se *biofouling*, ou bioincrustação, a formação de depósitos biológicos sobre superfícies naturais ou artificiais. O assentamento e a colonização destes organismos desempenham um importante papel ecológico nos ecossistemas aquáticos, porém em muitos casos causa prejuízos econômicos, como por exemplo, o entupimento de turbinas em hidrelétricas e mortalidade em cultivos de bivalves. Diversos fatores determinam a estrutura e composição do *biofouling*, sendo os principais, o substrato e fatores bióticos e abióticos. O objetivo deste trabalho é relacionar a biomorfometria das conchas das ostras com a abundância (indivíduos e biomassa) e a diversidade de espécies que compõe o *biofouling*. Ao todo coletou-se 93 *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819), cultivada na Associação de Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores – ASAPAQ, situada no rio Urindeua, litoral amazônico, norte do Brasil, entre os meses julho e dezembro de 2013. Codificou-se cada ostra coletada, efetuando a triagem do *biofouling* sobre a superfície das conchas, a determinação das medidas morfométrica (comprimento, largura e altura), a biomassa úmida e fotografias das valvas das ostras, para a determinação da área das conchas no *software* ImageJ. Utilizou-se análise de correlação linear entre as variáveis, classificando-as segundo o coeficiente de correlação de Pearson (r), considerando as diferenças estatísticas a um nível de significância de 95 % ($\alpha = 0,05$), aplicando-se um Teste t-Student para avaliar de dependência estatística entre as variáveis. A análise de similaridade não-paramétrica (ANOSIM) foi utilizada a fim de verificar as diferenças na composição do *biofouling* entre classes de tamanhos das ostras (juvenil: 30 a 59 mm, baby: 60 a 79 mm, média: 80 a 100 mm, e máster: >100 mm). As ostras coletadas apresentaram $85,9 \pm 26,5$ mm (média \pm SD) de comprimento total, variando entre 37,9 e 147,4 mm, área da superfície de $107,7 \pm 65,96$ cm², entre 21,3 e 293,6 cm², um total de 6.124 indivíduos (9 a 412 ind. ostra⁻¹), 37 espécies (1 a 12 spp. ostra⁻¹) e biomassa úmida total de 2.076 g (1,8 a 134,8 g ostra⁻¹). A relação entre a biomorfometria da ostra com a riqueza de espécies e a abundância (indivíduos e biomassa) apresentaram correlações substancial ($r=0,52$) e fracas positivas ($r=0,21$ e $r=0,38$), respectivamente. Os resultados de ANOSIM apresentaram diferenças na composição do *biofouling* em relação ao tamanho das ostras e sazonalidade. Conclui-se que a biomorfometria das ostras não caracteriza a abundância de indivíduos e diversidade de espécies, porém evidencia-se que, em ostras maiores há mais indivíduos e biomassa devido a maior área disponível para a formação do *biofouling*.

Palavras-chave: Molusco bivalve, cultivo de ostras, bioincrustação.

¹ Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais – PPGAqRAT/UFRA.

² Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (<http://www.benthos.eu>).

³ Professor/orientador, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

[✉] Autor correspondente: rafael@benthos.eu

Evento: XIV Seminário de Iniciação Científica da UFRA (Belém - PA). **Ano:** 2016
Título: Avaliação da cadeia produtiva na ostreicultura da Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situada no rio Urindeua, Amazônia Oriental.
Autores: Reis, A.R., Silva, R.E.O., Santos, R.F., Barros, M.R.F., CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

Anais do XIV Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA



AValiação DA CADEIA PRODUTIVA NA OSTREICULTURA DA ASSOCIAÇÃO DOS AGRICULTORES, PECUARISTAS E AQUICULTORES (ASAPAQ), SITUADA NO RIO URINDEUA, AMAZÔNIA ORIENTAL

Alex Ribeiro dos REIS¹, Rosana Esther Oliveira da SILVA^{1,3}, Renata Franco dos SANTOS¹, Mara Rúbia Ferreira BARROS^{1,3}, Rafael Anaise das CHAGAS^{2,3}, Marko HERRMANN^{3,4}

O setor aquícola com foco na ostreicultura combina a atuação de múltiplos agentes em benefício das atividades. Tais agentes compreendem fornecedores de insumos, produtores, beneficiadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Os agentes públicos estão relacionados a aspectos legais, concessão de áreas, licenciamento ambiental, fiscalização, pesquisa e extensão. Objetivou-se caracterizar a cadeia produtiva da ostreicultura na Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), situada às margens do rio Urindeua, município de Salinópolis, Pará. Utilizou-se um questionário semi-estruturado aplicado à presidente da associação, em março de 2016, abordando assuntos relacionados a atividade exercida no local, bem como sobre a estrutura física do cultivo, produtividade, manejo, parcerias e comercialização das ostras cultivadas. Verificou-se que a ASAPAQ iniciou o cultivo em 2009 com o auxílio técnico do SEBRAE e ao longo dos anos perpetuou parcerias, dentre elas a SEDAP e instituições de ensino superior (IFPA, UFPA, UEPA, UFRA). Na ASAPAQ utiliza-se apetrechos como “travessieiros” e “lanternas” para cultivar ostras do gênero *Crassostrea* sp., ofertadas pela SEDAP e adquiridas geralmente no mês de março em Lauro Sodré (distrito de Curuçá) e Mocajuba, em quantidades de 10 a 50 milheiros de sementes (tamanho: 15 a 29 mm) ou juvenis (30 a 59 mm), que custa até R\$ 35,00 e R\$ 70,00, respectivamente. O manejo no cultivo ocorre de forma diária variando em uma jornada de duas a três horas de trabalho, influenciado diretamente pelo ciclo da maré. Ao atingirem a fase “baby” (60 a 79 mm), as ostras são comercializadas no próprio local, em pontos turísticos (praias) ou em municípios vizinhos a um valor médio de R\$ 12,00 a dúzia, sendo que cada produtor é responsável pela sua produção e obtém da atividade sua fonte principal de renda. A divulgação do produto não apresenta custo, pois ocorre por meio de redes sociais, panfletos, rádio local e comunicação direta (boca-a-boca). Com os resíduos (conchas) do cultivo, utiliza-se como material para a confecção de artesanato ou suplemento alimentar, obtido através do pó da concha. Verifica-se que a aquisição de um veículo próprio facilitaria o escoamento da produção e deste modo poderia ampliar o cultivo, além disso, se faz necessário à aquisição da licença ambiental para o sistema de cultivo e do selo de qualidade do produto para garantir o seu acesso a grandes mercados. Conclui-se que o subsídio de apetrechos e organismos utilizados no cultivo pela SEDAP torna o cultivo mais rentável economicamente e as parcerias com as instituições de ensino contribuem com medidas que aumentem a produtividade no local.

Palavras-chave: Amazônia, molusco bivalve, malacocultura, cultivo de ostras.

Agradecimentos: A Dona Maria, presidente da ASAPAQ.

¹ Graduanda(o) em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

² Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais – PPGAqRAT/UFRA.

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (<http://www.benthos.eu>).

⁴ Professor/Orientador, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

✉ Autor correspondente: mara@benthos.eu

Evento: XXIX Semana Nacional de Oceanografia (São Luis -MA)

Ano: 2017

Título: Uso de substratos artificiais no controle de organismos incrustantes em cultivo de ostras.

Autores: CHAGAS, R.A., Miranda, A.P.S., Silva, R.E.O., Sousa, T.C.L., Abreu, V.S., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.;

Número total de páginas: 2



Uso de substratos artificiais no controle de organismos incrustantes em cultivo de ostras

^{1,6}Chagas, R.A., ^{2,6}Miranda, A.P.S., ^{3,6}Silva, R.E.O., ^{3,5,6}Sousa, T.C.L., ^{3,4,6}Abreu, V.S., ^{1,6}Barros, M.R.F., ^{1,6}Santos, W.C.R., ^{1,4,6,7}Herrmann, M.

1. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Troicais (PPGAqRAT)
 2. Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pará (UFPA)
 3. Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
 4. Programa de Ensino Tutorial de Engenharia de Pesca (PET-PESCA/UFRA)
 5. Bolsista PIBIC-UFRA/CNPq
 6. Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical
 7. Professor/Orientador do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA)
- Contato: www.benthos.eu / E-mail: rafael@benthos.eu

Resumo

O recrutamento de organismos bentônicos, com destaque aos mexilhões e cracas, apresenta-se como um dos principais problemas na malacocultura. Na ostreicultura, por exemplo, a bioincrustação acomete prejuízos econômicos por conta da competição espacial entre os organismos incrustantes e a ostra cultivada. O presente trabalho tem como objetivo verificar a eficiência de três substratos artificiais (telha de amianto [S1], borracha [S2] e tela plástica [S3]) no recrutamento do mexilhão *Mytella charruana* (d'Orbigny, 1842) e da craca *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854). Ao todo inseriu-se 18 placas de cada substrato, divididos em duas profundidades diferentes (superfície e em 1,5m), nas estruturas da ostreicultura da Associação de Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores, situada no rio Urindeua, estuário amazônico localizado no estado do Pará, região Norte do Brasil, entre os meses agosto/2013 e março/2014. A cada coleta, três placas de cada substrato e profundidade eram retirados e transportados ao laboratório de Ecologia Bentônica Tropical para análises quantitativas. Durante as coletas, mensurou-se a salinidade, utilizando um refratômetro manual, e temperatura superficial da água (TSA), com termômetro digital de imersão. A salinidade variou entre 30,3±5,0 (média±SD), com mínima de 25 (mar/2014) e máxima de 35 (dez/2013), e TSA de 29,7±0,7 °C, com mínima de 29 (mar/2014) e máxima de 30,5 (dez/2013). A cada coleta, evidenciou-se uma predominância no recrutamento de *A. amphitrite* (19.264 ind.) sobre *M. charruana* (2.294 ind.). Nas placas inseridas na superfície, as cracas colonizaram os três substratos e os mexilhões apenas o S1, constatando-se o recrutamento de ambas espécies nos substratos inseridos em profundidade. O S1, em profundidade, apresentou-se como o melhor substrato para o recrutamento de *M. charruana*, e os S1 e S2 para o recrutamento de *A. amphitrite*. Os maiores recrutamentos de *M. charruana* e *A. amphitrite* ocorreram em elevadas salinidades (31 e 35, respectivamente). Estudos relacionados a colonização de organismos incrustantes são importantes pois assim podem ser inferidas medidas para o manejo da ostreicultura. A utilização dos S1 e S2 diminuiu o recrutamento no S3, utilizado na confecção dos aparelhos utilizados na ostreicultura. Conclui-se que a telha de amianto, em

Evento: XX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (Florianópolis - Ano: 2017 SC).

Título: Crescimento relativo e sobrevivência da ostra-do-mangue cultivada no litoral amazônico.

Autores: CHAGAS, R.A., Matheus, S.A., Sousa, T.C.L., Freire, C.C.O, Barros, M.R.F.Freire, & Herrmann, M.

Número total de páginas: 9



ISSN - 223720-4



XX CONBEP
CONGRESSO BRASILEIRO DE
ENGENHARIA DE PESCA

08 a 11 de Out/2017
Florianópolis/SC

CRESCIMENTO RELATIVO E SOBREVIVÊNCIA DA OSTRA-DO-MANGUE CULTIVADA NO LITORAL AMAZÔNICO

Rafael A. das Chagas^{4,5,6*}, Matheus Silva de Almeida^{1,5}, Trycia Ciellen L. de Sousa^{1,2,5*}, Cibele Cristina O. Freire^{1,3,5}, Mara Rúbia F. Barros^{4,5}, Marko Herrmann^{3,4,5,7}

¹ Graduando (a) em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);
² Bolsista de Iniciação Científica UFRA-PIBIC/CNPq;
³ Petiano do Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia de Pesca, PET Pesca (www.pesca.pet);
⁴ Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT/UFRA).
⁵ Grupo de pesquisa CNPq Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu);
⁶ Professor, Instituto Tecnológico e Ambiental da Amazônia (ITAM) e
⁷ Professor/Orientador, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA).
* Autor correspondente: rafael@benthos.eu

RESUMO

A produção oriunda do cultivo de moluscos bivalves destaca-se desde meados da década de 1980, principalmente como medida mitigatória do declínio da pesca, por apresentar viabilidade socioeconômica e ambiental. Entretanto, para o sucesso da atividade, faz-se necessário compreender as etapas do cultivo, bem como os fatores ambientais e as peculiaridades da espécie cultivada. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento relativo (mm) e a sobrevivência das classes de tamanhos comerciais (semente, juvenil, baby, média e máster) da ostra-do-mangue *Crassostrea tulipa*, entre os meses abril/2016 e abril/2017, cultivada no litoral amazônico. A partir das morfometrias obtidas mensalmente, as ostras cultivadas apresentam um crescimento satisfatório, entretanto, a partir das taxas de incremento médio mensal evidencia-se que as ostras classificadas por “sementes” e “juvenis” apresentaram uma maior taxa de crescimento mensal (3,4 mm e 3,7 mm, respectivamente) ao longo dos meses quando comparadas as demais classes de comprimento. As taxas de incremento médio mensal e sobrevivências encontradas equiparam-se as estimativas de outros estudos efetuados com ostras do gênero *Crassostrea* cultivadas no litoral brasileiro. Conclui-se que *C. tulipa* apresenta um crescimento e sobrevivência satisfatório ao cultivo. Recomenda-se uma análise da influência das variáveis ambientais nas taxas de crescimento de *C. tulipa* comparando as classes de comprimento comerciais.

Palavras-chave: Região Amazônica, aquicultura, cultivo de ostras, ostra nativa.

ABSTRAT

Production from bivalve molluscs stands out since the mid-1980s, mainly as a mitigating measure of the decline in fishing, as it presents socio-economic and environmental viability. However, for the success of the activity, it is necessary to understand the stages of cultivation, as well as the environmental factors and the peculiarities of the cultivated species. The objective of this study was to evaluate the relative growth and survival of the commercial size group (seed, juvenile, baby, middle and masters) of the *Crassostrea tulipa* mangrove oyster cultivated on the Amazonian coast between April/2016 and April/2017. However, from the monthly average incremental rates, the oysters classified by "seeds" and "juveniles" showed a higher monthly growth rate (3.4 mm and 3.7 mm, respectively) over the months when compared to the other length classes. The average monthly increase and survival rates were compared to estimates of other studies

Realização




Organização



Informações:
conbep@attitudepromo.com.br
(48) 3047-7600



Evento: Aquaciência (Natal - RN).

Ano: 2018

Título: Viabilidade econômica na ostreicultura em Santo Antônio do Urindeua, Salinópolis, litoral amazônico.

Autores: Barros, M.R.F., CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.

**Viabilidade econômica na ostreicultura em Santo Antônio do Urindeua,
Salinópolis, litoral amazônico**

Mara Rúbia Ferreira Barros, Rafael Anaisce das Chagas[✉] & Marko Herrmann

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);

[✉]Autor-correspondente: rafaelanaisce@hotmail.com

A ostreicultura destaca-se como um negócio atraente para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades litorâneas. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica do cultivo de ostras da Associação dos Agricultores Pecuaristas e Aquicultores - ASAPAQ, situado no rio Urindeua, Salinópolis, litoral amazônico. A coleta de dados técnicos-econômicos ocorreu através de questionários à atual presidente da ASAPAQ. Abordou-se sobre os custos de implantação (quantidade e preço de estruturas e apetrechos utilizados, ferramentas, etc.) e operação (preço de compra das ostras, custeio e vigilância e/u mão-de-obra, etc.). Estimou-se um investimento total de R\$ 29.144,00, com custo total da produção de R\$ 34.008,00. O custo operacional de produção, calculado em um ciclo anual, desconsiderando a mortalidade, estimou-se em R\$ 6.438,00, com custos fixos anuais de R\$ 27.570,00, lucro operacional anual de R\$ 8.842,6 e lucro operacional mensal estimado em R\$ 736,88/ostreicultor. O índice de lucratividade ficou avaliado em 98,3%. Conclui-se que o cultivo de ostras da ASAPAQ é economicamente viável, entretanto recomenda-se uma reavaliação considerando a taxa de mortalidade das ostras, inferindo medidas que aumentem a sobrevivência das ostras e verificando-se a possibilidade de ampliação do cultivo.

Evento: Aquaciência (Natal - RN).

Ano: 2018

Título: Desempenho do crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral amazônico.

Autores: CHAGAS, R.A., Silva, R.E.O., Abreu, V.S., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.

Desempenho do crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral amazônico

Rafael Anaisce das Chagas^{2,3,4,✉}, Rosana Esther Oliveira da Silva¹, Valdo Sena Abreu^{1,3}, Mara Rúbia Ferreira Barros^{2,3}, Wagner César Rosa dos Santos^{2,3}, & Marko Herrmann^{2,3,5}

¹ Graduando(a) em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);

² Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticas Tropicais (PPGAqRAT/UFRA);

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu);

⁴ Professor do Instituto Tecnológico e Ambiental da Amazônia (ITAM);

⁵ Professor do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA).

✉ Autor-correspondente: rafaelanaisce@hotmail.com

O sucesso da ostreicultura depende da compreensão das etapas de desenvolvimento do cultivo, desde sua implantação à comercialização. Neste sentido, objetivou-se, comparar a taxa de crescimento médio (T_{cm}) das classes comerciais (semente, juvenil, baby, média e máster) da ostra *Crassostrea tulipa* cultivada no litoral amazônico, entre abril/2016 e abril/2017. As “sementes” apresentaram $T_{cm}=5,17\pm 1,42$ mm (média \pm SD), “juvenis” $T_{cm}=5,03\pm 0,88$ mm, “baby” $T_{cm}=4,19\pm 1,64$ mm, “média” $T_{cm}=4,08\pm 1,80$ mm e “máster” $T_{cm}=6,22\pm 4,10$ mm. Evidenciou-se uma oscilação de T_{cm} no experimento, entretanto com maiores variações nos três primeiros meses. As “sementes” e “juvenis” apresentaram os maiores crescimentos percentuais (116% e 111%, respectivamente). Contudo, a análise de variância (ANOVA) não indicou evidências de diferenças significativas. De acordo com o coeficiente de correlação de Pearson (r), classificou-se por “baixa correlação” a relação entre todas as T_{cm} das classes de ostras e a temperatura, em contrapartida, classificou-se por “muito alta” a correlação entre a T_{cm} da ostra “juvenil” e salinidade, e por “moderada” entre a salinidade e as demais classes de ostras. Conclui-se que não há diferenças significativas nas T_{cm} das classes de comprimento de *Crassostrea tulipa*.

Palavras-chave: Amazônia, Aquicultura, Moluscos, Bivalves, *Crassostrea*.

Evento: Aquaciência (Natal - RN).

Ano: 2018

Título: Uso de análises multivariadas na determinação da influência do El Niño no crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral brasileiro.

Autores: CHAGAS, R.A., Santos, R.R.F. & Herrmann, M.

Uso de análises multivariadas na determinação da influência do El Niño no crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral brasileiro

Rafael Anaisce das Chagas^{2,3,✉}, Rafael Reis Figueiredo dos Santos¹ & Marko Herrmann^{2,3,4}

¹ Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (*campus* Bragança);

² Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT/UFRA);

³ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu);

⁴ Professor do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA).

✉ Autor-correspondente: rafaelanaisce@hotmail.com

A ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* é uma das principais espécies utilizadas na ostreicultura nacional. O presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do El Niño no crescimento de *C. rhizophorae* cultivada no litoral brasileiro, através de análises multivariadas, com base nos dados disponíveis na plataforma PANGAEA (www.pangaea.de). Deste modo, correlacionou-se os seguintes dados do crescimento da espécie: *Relative Growth Index* – RGI, crescimento absoluto, incremento total médio, tempo de cultivo e o período climático de realização do estudo (“anos normais”, “ano de El Niño” e “pós-El Niño”). As análises de MDS e Cluster destacam um grupo formado pelos estudos realizados em anos normais e posteriores ao El Niño e outro por aqueles realizados em anos de El Niño. As duas primeiras componentes da análise de PCA respondem 98,56% da variação, destacando o RGI e o tempo de cultivo como principais variáveis. A PERMANOVA ($F=12,63$, $p>0,001$) diferencia o crescimento da ostra em anos de El Niño daquelas em anos normais ou posteriores ao El Niño. Evidencia-se a eficiência da utilização de análises multivariadas na determinação de efeitos do El Niño no crescimento de *C. rhizophorae* cultivadas no litoral brasileiro.

Palavras-chave: Anomalia climática, Aquicultura, Bivalves, *Crassostrea*.

Evento: Aquaciência (Natal - RN).

Ano: 2018

Título: Uso de análises multivariadas na determinação da influência do El Niño no crescimento da ostra-do-mangue cultivada no litoral brasileiro.

Autores: Costa, R.H.N., Silva, R.E.O., Abreu, V.S., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R., Herrmann, M. & CHAGAS, R.A.

Crescimento de ostras *Crassostrea* spp. cultivadas no litoral brasileiro

Rafaela Horst Nobre da Costa^{1,2}, Rosana Esther Oliveira da Silva¹, Valdo Sena Abreu^{1,2,4}, Mara Rúbia Ferreira Barros^{3,4}, Wagner César Rosa dos Santos^{3,4}, Marko Herrmann^{2,3,4,5} & Rafael Anaisce das Chagas^{3,4,6,✉}

¹ Graduando(a) em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);

² PET Pesca – Programa de Educação Tutorial em Engenharia de Pesca (www.pesca.pet);

³ Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT/UFRA);

⁴ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu);

⁵ Professor do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA).

⁶ Professor do Instituto Tecnológico e Ambiental da Amazônia (ITAM);

Contatos: 🏠: <http://bit.ly/chagasra>; ✉: rafaelanaisce@hotmail.com

Atualmente, no Brasil cultiva-se quatro espécies de ostras do gênero *Crassostrea* (*C. tulipa*, *C. rhizophorae*, *C. brasiliana* e a exótica *C. gigas*) nas regiões litorâneas (Norte, Nordeste, Sul e Sudeste). Neste sentido, objetivou-se analisar o Índice de Crescimento Relativo (do inglês: *Relative Growth Index* – RGI) das ostras cultivadas, utilizando 46 dados de crescimento disponíveis na plataforma PANGAEA - *Data Publisher for Earth & Environmental Science* (www.pangaea.de/). Após a estimação do RGI, aplicou-se uma Análise de Variância (ANOVA) comparando o crescimento das ostras por região, aplicando posteriormente um test de Tukey ($\alpha=0,05$). A ANOVA evidenciou diferenças significativas no RGI entre as regiões. O test de Tukey, indica diferenças entre as ostras cultivadas nas regiões Norte e Nordeste com aquelas cultivadas na região Sul do Brasil. Este trabalho, ao comparar o RGI, indica-se um melhor desempenho no crescimento das ostras cultivadas na região Sul do Brasil. Adicionalmente, recomenda-se uma análise comparativa correlacionando outras variáveis (e.g. parâmetros ambientais, tempo de cultivo, incremento de crescimento, entre outros), com a finalidade de evidenciar a influência direta de alguma dessas variáveis no crescimento das ostras.

Palavras-chave: Amazônia, Aquicultura, Moluscos, Bivalves, Ostras.

Evento: Aquaciência (Natal - RN).

Ano: 2018

Título: Pluralidade de estudos de crescimento com ostras *Crassostrea* spp.

Autores: Martins, L.G., Herrmann, M. & CHAGAS, R.A.

Pluralidade de estudos de crescimento com ostras *Crassostrea* spp.

Lucas Garcia Martins^{1,2}, Marko Herrmann^{2,3,4,5} & Rafael Anaisce das Chagas^{3,4,6,✉}

¹ Graduando(a) em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);

² PET Pesca – Programa de Educação Tutorial em Engenharia de Pesca (www.pesca.pet);

³ Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT/UFRA);

⁴ Grupo de pesquisa Ecologia Bentônica Tropical (www.benthos.eu);

⁵ Professor do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH/UFRA).

⁶ Professor do Instituto Tecnológico e Ambiental da Amazônia (ITAM);

Contatos: 🏠: <http://bit.ly/chagasra>; ✉: rafaelanaisce@hotmail.com

Ostras distribuem-se e cultivam-se por todo o globo, o que as torna objeto em estudos bioecológicos (e.g. ciclo reprodutivo, nutrição e crescimento). O presente trabalho tem como objetivo identificar as espécies do gênero *Crassostrea* spp. utilizadas em estudos de crescimento a nível global, com base nos dados disponíveis na plataforma PANGAEA (www.pangaea.de/). Mundialmente, análises de crescimento de ostra do gênero *Crassostrea* spp. delimitam-se a nove espécies (*C. ariakensis*, *C. brasiliana*, *C. madrasensis*, *C. rhizophorae*, *C. tulipa*, *C. corteziensis*, *C. gigas*, *C. virginica* e *Crassostrea* sp.), destacando-se na maioria dos estudos as ostras *C. virginica* (46%) e *C. gigas* (10%). Entretanto, no Brasil, os trabalhos de crescimento de ostras delimitam-se a três espécies nativas (*C. brasiliana*, *C. rhizophorae* e *C. tulipa*) e a uma introduzida (*C. gigas*), destacando-se pesquisas de *C. rhizophorae* (39%) e *C. tulipa* (34%). Conclui-se que, historicamente, o conhecimento da dinâmica do crescimento de ostras *Crassostrea* spp. favoreceram o desenvolvimento da ostreicultura e, além de sua importância socioeconômica, enfatizando-se por ser o tipo de cultivo menos impactantes ao meio ambiente.

Palavras-chave: Moluscos, Bivalves, Osteicultura.

Evento: X Encontro Amazônico de Agrárias - ENAAG

Ano: 2018

Título: Métodos de estimação de crescimento em moluscos bivalves.

Autores: CHAGAS, R.A., Miranda, A.P.S., Barros, M.R.F. & Herrmann, M..

Número total de páginas: 6



MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DE CRESCIMENTO EM MOLUSCOS BIVALVES

Rafael Anaise das Chagas¹; Alan Patrick de Souza Miranda²; Mara Rúbia Ferreira Barros³; Marko Herrmann⁴

RESUMO:

Historicamente observa-se um enorme interesse na pesca e cultivo dos moluscos bivalves, deste modo, o conhecimento da dinâmica de seu crescimento é primordial. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as metodologias utilizadas em estudos de crescimento de moluscos bivalves pelo mundo através de dados disponíveis na plataforma PANGAEA. Verificou-se a existência de sete metodologias aplicadas em estudos de moluscos bivalves: marcações externas (etiquetas, epoxy, tintas e gravuras) e internas com fluorocromos (calceína, cloridrato de tetraciclina, oxitetraxilina, cloreto de estrôncio, manganês e alizarina) da concha, marcador autofluorescente, leitura de anéis etários, análise de isótopos estáveis, distribuição de frequência de comprimento e médias morfométricas periódicas. Evidencia-se uma ascensão histórica na quantidade de métodos utilizados, entretanto, na última década o declínio observado é resultado dos intensos estudos de comparação dos métodos, onde seus resultados recomendando a utilização daquele com a maior viabilidade técnica-econômica. Os resultados deste estudo apresentam a diversidade de metodologias que podem ser utilizadas na determinação de estudos com moluscos bivalves e recomenda que, antes de iniciar um estudo, faz-se necessário verificar o método mais indicado aos objetivos da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: PANGAEA, etiquetas, fluorocromos, linhas de crescimento.

ABSTRACT

Historically, there has been an enormous interest in the fishing and cultivation of bivalve molluscs, so knowledge of the dynamics of their growth is paramount. The present work aims to characterize the methodologies used in bivalve mollusc growth studies around the world through data available in the PANGAEA. In all, there were seven methodologies applied in studies of bivalve molluscs: external labels (labels, epoxy, paints and engravings) and internal fluorochromes (calcein, tetracycline hydrochloride, oxytetraxilicine, strontium chloride, manganese and alizarin), autoflowering marker, age ring reading, stable isotope analysis, length frequency distribution, and periodic morphometric means. There is a historical rise in the number of methods used, however, in the last decade the observed decline is the result of intense studies comparing the methods, where its results recommend the use of the one with the highest technical-economic feasibility. The results of this study show the diversity of methodologies that can be used in the determination of studies with bivalve molluscs and recommends that, before starting a study, it is necessary to verify the method most appropriate to the research objectives.

KEYWORDS: PANGAEA, labels, fluorochromes, growth lines.

¹ Mestrando em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, UFRA, <http://bit.ly/chagasra>, rafael@benthos.eu;

² Graduando em oceanografia, UFPA;

³ Mestrando em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, UFRA;

⁴ Professor do Instituto Tecnológico e Ambiental da Amazônia – ISARH/UFRA.

Apêndice C: Publicações em plataformas

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - Ano: 2016
PANGAEA

Título: Morphometry and biomass of the cultured mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil.

Autores: CHAGAS, R.A.

Link: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.864155>

The screenshot shows the PANGAEA website interface. At the top, there is a logo for PANGAEA (Data Publisher for Earth & Environmental Science) and a user profile for Rafael Anaise das Chagas. The main content area displays the citation: "das Chagas, Rafael Anaise (2016): Morphometry and biomass of the cultured mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.864155>". Below the citation are buttons for citation formats (BIB, BibTeX, Text) and social media links (Facebook, Twitter, Google+). A map of South America is shown on the right, with a red pin indicating the location of the study in northern Brazil. The abstract text describes the study of malacoculture, specifically oyster farming, and the morphometric relationships of *Crassostrea rhizophorae* in an Amazonian mangrove ecosystem.

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - Ano: 2017
PANGAEA

Título: Morphometry and surface area of the cultured mangrove oyster *Crassostrea tulipa* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil..

Autores: CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.871816>

The screenshot shows the PANGAEA website interface for a 2017 publication. The citation is: "das Chagas, Rafael Anaise; Herrmann, Marko (2017): Morphometry and surface area of the cultured mangrove oyster *Crassostrea tulipa* at the Urindeua river, eastern Amazonia, northern Brazil. Universidade Federal Rural da Amazônia, Brazil, PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.871816>". The abstract area contains detailed metadata: Coverage (Latitude: -0.697220 * Longitude: -47.370000, Date/Time Start: 2016-07-15T00:00:00 * Date/Time End: 2016-12-15T00:00:00, Minimum DEPTH, water: 0 m * Maximum DEPTH, water: 0 m), Events (Urindeua * Latitude: -0.697220 * Longitude: -47.370000 * Date/Time Start: 2013-07-10T00:00:00 * Date/Time End: 2014-01-10T00:00:00 * Elevation: 0.0 m * Location: Urindeua river, Pará state, northern Brazil * Device: Sampling by hand (HAND)), and a table of parameters with columns for Name, Short Name, Unit, Principal Investigator, Method, and Comment.

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - **Ano:** 2018
PANGAEA

Título: Review of methods of growth estimates for bivalve molluscs.

Autores: CHAGAS, R.A., Barros, M.R.F. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889594>

The screenshot shows the PANGAEA website interface. At the top, there is a navigation bar with the PANGAEA logo and the text "Data Publisher for Earth & Environmental Science". The user profile "Rafael Anaisce das Chagas" is visible in the top right corner. Below the navigation bar, the main content area displays the citation information for a dataset. The citation is: "das Chagas, Rafael Anaisce; Barros, Mara Rúbia Ferreira; Herrmann, Marko (2018): Review of methods of growth estimates for bivalve molluscs. Universidade Federal Rural da Amazônia, Brazil, PANGAEA, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889594> (DOI registration in progress)". Below the citation, there are options to download the citation in various formats: RIS Citation, BibTeX Citation, Text Citation, Facebook, Twitter, and Google+. The license is listed as "Creative Commons Attribution 3.0 Unported" and the size is "30.0 kBytes". A "Download Data" button is also present. At the bottom, there are logos for the host institutions (Alfred Wegener Institute, Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen (MARUM)) and member organizations (ICAU World Data System, WMO Information System). Social media sharing icons for Facebook, Twitter, and Google+ are also visible.

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - **Ano:** 2018
PANGAEA

Título: Review on oyster growth *Crassostrea* sp.: data from von Bertalanffy (K and L_{∞}) growth parameters, phi-prime growth index (Φ') and growth performance index (OGP).

Autores: CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889957>

The screenshot shows the PANGAEA website interface for a different dataset. The citation is: "das Chagas, Rafael Anaisce; Herrmann, Marko (2018): Review on oyster (*Crassostrea* sp.) growth data from von Bertalanffy (K and L_{∞}) growth parameters, phi-prime growth index (Φ') and growth performance index (OGP). Universidade Federal Rural da Amazônia, Brazil, PANGAEA, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.889957> (DOI registration in progress)". Below the citation, there are options to download the citation in various formats: RIS Citation, BibTeX Citation, Text Citation, Facebook, Twitter, and Google+. The "Related to:" section lists several references related to oyster growth and population dynamics, including works by Alam, Amin, Angell, Cardoso, Chávez-Villalba, and Coakley. At the bottom, there are logos for the host institutions and member organizations, and social media sharing icons.

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - **Ano:** 2018
PANGAEA

Título: Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the Brazilian coast: A review.

Autores: CHAGAS, R.A. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027>

PANGAEA.
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Rafael Anaise das Chagas

SEARCH SUBMIT ABOUT CONTACT

Citation: das Chagas, Rafael Anaise; Herrmann, Marko (2018): Relative growth of *Crassostrea* spp. oysters on the Brazilian coast: A review. *Universidade Federal Rural da Amazônia, Brazil, PANGAEA*, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890027> (DOI registration in progress)

Always quote above citation when using data! You can download the citation in several formats below.

RIS Citation BibTeX Citation Text Citation Facebook Twitter Google

Related to:

Alvarenga, Luciana; Nalesso, Rosebel C (2006): Preliminary assessment of the potential for mangrove oyster cultivation in Piraquê-açu river estuary (Aracruz, ES), *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **49**(1), 163-169. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000100019>

Cardoso Junior, Leonidas de Oliveira; Lavander, Henrique D; da Silva Neto, Sergio R; de Souza, André B; da Silva, Luis O B; Gálvez, Alfredo Olivera (2012): Crescimento da ostra *Crassostrea rhizophorae* cultivada em diferentes densidades de estocagem no Litoral Norte de Pernambuco. *Revista Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, **17**(1), 10-14. <https://doi.org/10.4322/pap.2012.003>

da Rosa, Leonardo Cruz (2014): Crescimento e sobrevivência da ostra *Crassostrea* brasileira (Lamarck, 1819) mantida em um viveiro de cultivo de camarão. *Arquivos de Ciências da Mar*, **47**(1), 64-68. <http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciasdymar/article/view/5962>

de Azevedo, Rafael V; Tonini, William C T; dos Santos, Marcel J M; Braga, Luis G T (2015): Biofiltration, growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophorae* in effluents from shrimp Litopenaeus vannamei. *Revista Ciencia Agronomica*, **46**(1), 193-203. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902015000100023>

de Oliveira, Natali L (2014): Avaliação do crescimento da ostra nativa *Crassostrea* (Sacco, 1897) cultivada em estruturas de sistemas fixos nas localidades de Ponta Grossa (município de Vera Cruz) e Iguape (município de Cachoeira), região do Recôncavo, na Baía de Todos os Santos, Bahia (Thesis). *Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia*

Legat, Jefferson F A; Puchnick-Legat, Angela; dos Santos Fogaça, Fabíola H; Tureck, Claudio R; Suhnel, Simone; de Melo, Claudio M R (2017): Growth and survival of bottom oyster *Crassostrea gasar* cultured in the Northeast and South of Brazil. *Boletim Do Instituto de Pesca*, **43**(2), 172-184. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n2p172>

Lopes, Gustavo Ruschel; Gomes, Carlos Henrique Araujo de Miranda; Tureck, Claudio R; de Melo, Claudio M R (2013): Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **48**(8), 975-982. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800024>

Maccacchero, Guilherme B; Ferreira, Jaime F; Guzenski, Joao (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. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/viewFile/20668/18826>

Maccacchero, Guilherme B; Guzenski, Joao; Ferreira, Jaime F (2005): Allometric growth on mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Goulding, 1828), cultured in Southern Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, **36**(3), 400-403. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195317500028>

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - **Ano:** 2018
PANGAEA

Título: Micro-growth data of *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast.

Autores: CHAGAS, R.A., Abreu, V.S., Silva, R.E.O.d., Assis, A.S.d., Passos, T.A.F.d., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890707>

PANGAEA.
Data Publisher for Earth & Environmental Science

Rafael Anaise das Chagas

SEARCH SUBMIT ABOUT CONTACT

Citation: das Chagas, Rafael Anaise; Abreu, Valdo Sena; da Silva, Rosana Esther Oliveira; Assis, Alessandra Silva de; Passos, Taiana Amanda Fonseca dos; Barros, Mara Rúbia Ferreira; Santos, Wagner Cesar Rosa dos; Herrmann, Marko (2018): Micro-growth data of the oyster *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast. *PANGAEA*, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890707> (DOI registration in progress)

Always quote above citation when using data! You can download the citation in several formats below.

RIS Citation BibTeX Citation Text Citation Facebook Twitter Google

Related to:

das Chagas, Rafael Anaise; Herrmann, Marko (2016): Estimativas de crescimento de bivalves tropicais e subtropicais: recomendação para um método padronizado. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, **4**, 28 - 38

Comment: The data set presents the micro-growth values of *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast: between April 2016 and April 2017. The micro-growth was measured from the growth mark to the end of the concha (see Chagas and Herrmann (2016)).

Parameter(s):

#	Name	Short Name	Unit	Principal Investigator	Method	Comment
1	Sample code/label	Sample label		das Chagas, Rafael Anaise		
2	Duration, number of days	Duration	days	das Chagas, Rafael Anaise		
3	<i>Crassostrea tulipa</i> , shell length	C, tulipa sl	mm	das Chagas, Rafael Anaise		initial
4	<i>Crassostrea tulipa</i> , shell length	C, tulipa sl	mm	das Chagas, Rafael Anaise		final
5	Shell growth	Shell growth	mm	das Chagas, Rafael Anaise		increased
6	Growth rate	μ	mm/day	das Chagas, Rafael Anaise		

Size: 1242 data points

Download Data (login required)

Plataforma: Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data - **Ano:** 2018
PANGAEA

Título: Morphometric data of *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast.

Autores: **CHAGAS, R.A.**, Abreu, V.S., Silva, R.E.O.d., Assis, A.S.d., Passos, T.A.F.d., Barros, M.R.F., Santos, W.C.R. & Herrmann, M.;

Link: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890779>

The screenshot displays the PANGAEA data portal interface. At the top, the PANGAEA logo and name are visible, along with the tagline "Data Publisher for Earth & Environmental Science". The user profile "Rafael Anaisce das Chagas" is shown in the top right corner. Navigation links for "SEARCH", "SUBMIT", "ABOUT", and "CONTACT" are present.

The main content area features a citation for the dataset: "das Chagas, Rafael Anaisce; Abreu, Valdo Sena; da Silva, Rosana Esther Oliveira; Assis, Alessandra Silva de; Passos, Taiana Amanda Fonseca dos; Barros, Mara Rúbia Ferreira; Santos, Wagner Cesar Rosa dos; Herrmann, Marko (2018): Morphometric data of the oyster *Crassostrea tulipa* cultivated on the Amazonian coast. PANGAEA, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.890779> (DOI registration in progress)".

Below the citation, there are options to download the citation in various formats: RIS Citation, BibTeX Citation, Text Citation, Facebook, Twitter, and Google+. A note states: "Always quote above citation when using data! You can download the citation in several formats below."

The "Coverage" section shows the date range: "Date/Time Start: 2016-04-10T00:00:00 * Date/Time End: 2017-04-12T00:00:00".

The "Parameter(s)" section contains a table with the following columns: #, Name, Short Name, Unit, Principal Investigator, Method, and Comment.

#	Name	Short Name	Unit	Principal Investigator	Method	Comment
1	DATE/TIME	Date/Time		das Chagas, Rafael Anaisce		Geocode
2	Sample code/label	Sample label		das Chagas, Rafael Anaisce		
3	Crassostrea tulipa, shell length	C. tulipa sl	mm	das Chagas, Rafael Anaisce		
4	Crassostrea tulipa, shell width	C. tulipa sw	mm	das Chagas, Rafael Anaisce		
5	Crassostrea tulipa, shell height	C. tulipa sh	mm	das Chagas, Rafael Anaisce		

The "License" section shows the Creative Commons Attribution 3.0 Unported license. The "Size" section indicates "5900 data points".

The "Download Data" section provides options to download the dataset as tab-delimited text (with a character encoding dropdown set to "windows-1252: Windows Western") or to view the dataset as HTML (showing only the first 2000 rows).