

Renata Bezerra Gomes

Parâmetros genéticos para sobrevivência e crescimento de ostras
Crassostrea gigas

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Claudio Manoel Rodrigues de Melo
Coorientador: Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque

Florianópolis/SC
2016

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

Gomes, Renata Bezerra

Parâmetros genéticos para sobrevivência e crescimento de ostras *Crassostrea gigas* / Renata Bezerra Gomes ; orientador, Claudio Manoel Rodrigues de Melo ; coorientador, Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque. - Florianópolis, SC, 2016.

66 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Produção animal. 3. Ostra do Pacífico. 4. Melhoramento genético. I. Melo, Claudio Manoel Rodrigues de. II. Albuquerque, Marcos Caivano Pedroso de. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

**Parâmetros genéticos para sobrevivência e crescimento de ostras
*Crassostrea gigas***

Por

RENATA BEZERRA GOMES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

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



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

Banca Examinadora:



Dr. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo – *Orientador*



Dra. Aimê Rachel Magenta Magalhães - UFSC



Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez - UFSC



Dr. João Guzinski - EPAGRI

Dedico este trabalho aos meus amados familiares e todas as pessoas que trabalham com a produção de ostras.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, que sempre esteve ao meu lado e segurou minha mão quando eu quis fracassar.

Ao meu estimado orientador Claudio Melo, agradeço por confiar-me o desafio. Foi realmente uma experiência engrandecedora e que eu repetiria mil vezes se mil vezes a mim fosse confiada.

Ao meu coorientador Marcos Albuquerque agradeço por todo apoio técnico e orientação no trabalho em campo.

Ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura/UFSC, à CAPES pela concessão da bolsa e ao Ministério da Pesca e Aquicultura e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

À minha amada família, em especial à minha mãe Ilca e meu pai Francisco, que sempre acreditaram em mim.

Ao meu amor Lucas Rebouças, que suportou comigo a distância e incentivou-me a seguir em frente.

À professora Inês Martins pelo encorajamento e amizade.

Aos amigos que mesmo de longe enviaram boas vibrações.

Minhas irmãs de coração, Tamiris e Hortência.

Aos que fazem o Laboratório de Moluscos Marinhos/UFSC (LMM/UFSC), pessoas que me acolheram de braços abertos, que me fizeram sentir em casa mesmo estando a quilômetros de distância. A turma do “pioramento” (Aline, Angela, Cássio, Diego, Emílio, Gabriel, Jefferson, Mariane, Robson, Pancho, Patrick e Simone), estagiários (Ana Carolina, Diego Nogueira, Glauber, Gustavo, Juliana Portella, Thiago e Vitor), microalga (Jaque, Sino, George, Giulia, Gabrielly e Juliana Granzoti), produção (Alexandre, Bê, Carlos Henrique, Chico, Cláudio Blacher, Duda, José Emanuel, Marisa Redna e Ricardo), do LMM/UFSC Sambaqui (Itamar e Josué), professores (Gilberto e Marcos) e amigos da portaria (Carlos Eduardo, Eliza, Marilene e Rosita).

Abro um parêntese: Dudinha e Jaqueline (pela amizade e cumplicidade); Marisa (pelos conselhos de uma mãe) e ao Patrick (cabeça dura, mas sensato) pelo apoio técnico em campo; e ao pai “Chico Carlos” (uma verdadeira enciclopédia ambulante) o qual acompanhou minha jornada em todas as etapas do cultivo, com quem aprendi muito e que (para mim) é o melhor na área de reprodução e cultivo de moluscos bivalves.

Por fim, a todos que apoiaram direta ou indiretamente para a concretização desse trabalho.

Obrigada!

Eu poderia ter transformado minha dor em sofrimento, mas preferi revertê-la em pérola e doá-la a vocês.

(Renata Bezerra Gomes, 2016)

RESUMO

Foram produzidas no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina durante os meses de dezembro de 2014, janeiro e abril de 2015, 50 famílias de meios-irmãos e irmãos completos da ostra *Crassostrea gigas*. Durante as etapas de larvicultura e assentamento, os animais foram cultivados em laboratório em sistema de recirculação de água com duas repetições por família. Com aproximadamente 50 dias de idade, as famílias foram distribuídas em andares de lanternas e transferidas para espínheis localizados na praia de Sambaqui (Baía Norte da Ilha de Santa Catarina) para desempenho em campo. Aos 180, 165 e 158 dias de cultivo, foram estimados componentes de variância e parâmetros genéticos para crescimento (peso fresco individual, altura, rendimento e peso fresco individual médio) e sobrevivência. A herdabilidade para peso fresco individual, altura, rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência na despesca foram, respectivamente, $0,26 \pm 0,05$, $0,34 \pm 0,05$, $0,54 \pm 0,09$, $0,58 \pm 0,08$, $0,16 \pm 0,07$. As correlações genéticas entre peso fresco individual e altura foram de $0,88 \pm 0,03$, entre rendimento e peso fresco individual médio $0,98 \pm 0,03$, entre rendimento e sobrevivência $0,58 \pm 0,39$, entre peso fresco individual médio e sobrevivência $0,47 \pm 0,36$. Os valores de herdabilidade e correlações sugerem que ganhos genéticos podem ser obtidos para os caracteres estudados através de seleção; sendo preferível a utilização das características rendimento e/ou peso fresco individual médio como critério de seleção.

Palavras-chave: Aquicultura. Produção animal. Ostra do Pacífico. Melhoramento genético.

ABSTRACT

Families (50) of the oyster *Crassostrea gigas* were produced in the Laboratory of Marine Mollusks, Federal University of Santa Catarina, during the months of December 2014, January and April 2015. The larvae were reared under recirculation system conditions with two repetitions of each family. With about of 50-day-old seeds were put placed into on lanterns nets and transferred to loglines on experimental farm located at the beach of Sambaqui Beach (North Bay, Santa Catarina Island). Variance components and genetic parameters were estimated for growth (individual weight, height, yield and mean individual weight) and survival at 180, 165 and 158 days of culture cultivation. The heritability for individual weight, height, yield, mean individual weight and survival at harvest were, respectively, 0.26 ± 0.05 , 0.34 ± 0.05 , 0.54 ± 0.09 , 0.58 ± 0.08 , 0.16 ± 0.07 . Genetic correlations between individual weight and height was 0.88 ± 0.03 , between yield and mean individual weight was 0.98 ± 0.03 , between yield and survival was 0.58 ± 0.39 , between mean individual weight and survival was 0.47 ± 0.36 . The heritability and correlations values suggest that genetic gains can be obtained for the studied traits by selection; also it is preferable to the use of yield and/or mean individual weight to selection.

Keywords: Aquaculture. Animal production. Pacific oyster. Animal breeding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura média \pm desvio padrão ($^{\circ}\text{C}$) da água mar durante o período de cultivo na área experimental no LMM, Praia do Sambaqui, Florianópolis.....	43
Figura 2. Salinidade média \pm desvio padrão (g/L) da água mar durante o período de cultivo na área experimental no LMM, Praia do Sambaqui, Florianópolis.....	43
Figura 3. Concentração média \pm desvio padrão (mg.L^{-1}) de matéria particulada total (MPT), matéria orgânica particulada (MOP) e matéria inorgânica particulada (MIP) na área experimental do LMM durante o período de cultivo.....	44
Figura 4. Valores genéticos (BLUP) para o caractere rendimento (kg) +desvio padrão por família.....	48
Figura 5. Valores genéticos (BLUP) para peso fresco individual médio +desvio padrão por família.....	48
Figura 6. Valores genéticos (BLUP) para sobrevivência +desvio padrão por família.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade \pm desvio padrão para características de interesse em <i>Crassostrea gigas</i>	25
Tabela 2. Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros genéticos, variância fenotípica, efeitos aleatórios de ambiente comum e genético de família, herdabilidade e correlação nos modelos 1 e 2.....	41
Tabela 3. Larvicultura, mês de desova, transferência para o campo e coleta de dados, idades dos animais e número inicial e final de famílias nas fases de cultivo em laboratório e no campo.	42
Tabela 4. Total de animais amostrados (N), média \pm desvio padrão (SD), mínimo e máximo do peso fresco individual e da altura para as fases de juvenil e despesca.	45
Tabela 5. Estimativa (\pm desvio padrão) de variâncias genética aditiva (σ^2_a), residual (σ^2_e) e de efeito comum de família (σ^2_f), herdabilidade (h^2) e efeito comum de família (f^2) para peso fresco individual e altura para juvenil e despesca.	45
Tabela 6. Correlações (\pm desvio padrão) genéticas (acima da diagonal) e correlações de efeito familiar (abaixo da diagonal) entre peso fresco individual e altura para juvenil e na despesca.	46
Tabela 7. Estimativa (\pm desvio padrão) de variâncias genética aditiva (σ^2_a), efeito residual (σ^2_e), de efeito de ambiente permanente (σ^2_c), herdabilidade (h^2) e efeito de ambiente permanente (c^2) para rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência.	47
Tabela 8. Correlações (\pm desvio padrão) genéticas (acima da diagonal) e correlações de efeito ambiental (abaixo da diagonal) entre rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência na despesca.....	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
JUSTIFICATIVA	27
OBJETIVOS	29
ARTIGO CIENTÍFICO - ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DA OSTRA <i>CRASSOSTREA GIGAS</i>	31
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. OBTENÇÃO DE SEMENTES	35
2.1.1. <i>Obtenção de larva “D”</i>	35
2.1.2. <i>Larvicultura</i>	37
2.1.3. <i>Assentamento</i>	37
2.2. CULTIVO EM CAMPO	38
2.3. COLETA DE DADOS.....	39
2.4. ESTATÍSTICA E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS.....	39
3. RESULTADOS	41
3.1. PARÂMETROS AMBIENTAIS	42
3.2. ESTATÍSTICA E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS	44
4. DISCUSSÃO	49
4.1. ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS.....	50
4.1.1. <i>Herdabilidade</i>	51
4.1.2. <i>Correlações</i>	52
4.2. GANHO GENÉTICO	53
AGRADECIMENTOS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL	61
ANEXOS	65
ANEXO A. SISTEMA DE LARVICULTURA	65
ANEXO B. SISTEMA DE ASSENTAMENTO	65
ANEXO C. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DAS FAMÍLIAS EM CAMPO AO SEREM TRANSFERIDAS PARA A LANTERNA INTERMEDIÁRIA	66

INTRODUÇÃO GERAL

A pesquisa genética e sua aplicação tiveram um papel significativo no desenvolvimento da aquicultura e conforme a atividade se desenvolve, esse papel ficará cada vez mais importante (DUNHAM, 2014). Resultado da aplicação de técnicas que alteram as frequências gênicas, o melhoramento animal visa o aumento da produtividade, em determinado ambiente (FERRAZ e ELLER, 2010). O processo de melhoramento iniciou sua evolução com populações de animais que se reuniram em grupos e mais tarde em sociedades de raças ou seus equivalentes (LERNER e DONALD, 1969). Assim, a identificação da existência de variabilidade genética é o ponto de partida e deve iniciar com a constituição de uma geração base, a qual se deve proporcionar diversidade genética para estimativas precisas.

Seguidamente inicia-se o processo de seleção dirigida, identificando reprodutores de melhor desempenho cujas características de interesse possam ser transmitidas às próximas gerações.

O cruzamento é um dos métodos para composição da geração inicial. Acasalamentos planejados, nos quais se tem controle acurado dos parentais, evita cruzamentos de indivíduos aparentados (que provoca endogamia e manifesta genes recessivos desinteressantes) e oferece diversidade genética.

Segundo Thompson (2008), para a estimativa de parâmetros anteriormente à introdução do modelo animal era necessário ajustar os dados para efeitos ambientais, estimando covariâncias entre parentes e interpretação de parâmetros genéticos. Atualmente, ajusta-se o modelo linear misto. De acordo com Falconer e Mackay (1996), os métodos estatísticos de máxima verossimilhança utilizam todas as informações disponíveis, não exigem dados equilibrados e pode levar em consideração a seleção dos pais. É possível ainda, incluir nos modelos a análise de características únicas (uni-caráter) ou múltiplas (multi-caráter). Análises uni-caráter podem ser usadas para obter estimativas iniciais, porém as multi-caráter devem ser preferíveis, pois estimam correlações entre as características e podem melhorar a previsão do mérito genético para as características envolvidas (SANTOS *et al.*, 2011).

Embora o valor fenotípico do indivíduo possa ser diretamente medido, é o valor genético que determina sua influência na próxima geração (FALCONER, 1987). Nesse contexto, características de interesse econômico de determinada espécie são utilizadas como medida indireta para estimativa de componentes de variância e parâmetros

genéticos. Nesse contexto, a variância genética aditiva, herdabilidade, correlações genéticas e ganhos genéticos são as medidas mais utilizadas como indicativo do mérito genético do caractere.

Em termos de variância são formuladas as questões primárias da genética (FALCONER, 1987), podendo ser parcelada em fenotípica, genotípica, dominância, interação, ambiente e aditiva. A variância genética aditiva é um componente importante, pois é a principal causa de semelhança entre parentes, o principal determinante das propriedades genéticas observáveis da população e resposta para a seleção (FALCONER e MACKAY, 1996).

A herdabilidade é um dos parâmetros mais úteis e indica a proporção da variação fenotípica total que é de origem genética aditiva (GJEDREM, 2005). Classificada em baixa, moderada ou alta (BOURDON, 2000), pode variar de 0 a 1 e dependendo do efeito genético aditivo, a característica será ou não transmitida para a próxima geração.

A medida do grau de associação é um indicativo para melhoria de uma característica e pode ser realizado através de correlações genéticas. As correlações genéticas têm a possibilidade de prever as alterações de um caráter que não está sendo diretamente selecionado, porém está correlacionado com outro cuja seleção é praticada (BOWMAN, 1981). Assim, em correlações desejáveis a seleção para uma característica melhora a outra e pode levar a ganhos genéticos.

A seleção visa características de maior impacto na cadeia produtiva de determinada população e espécie (PEREIRA, 2012), sendo uma ferramenta útil e que pode promover ganhos genéticos se executada corretamente. Ward *et al.* (2000), relataram que existem alguns requisitos para a seleção, como a escolha de uma ou mais características distintas para a melhoria, a variação dessas características e que parte desta variação deve resultar de variação genética.

Assim, a escolha correta dos animais que participarão da construção da geração seguinte é a base para melhoria genética de qualquer espécie (RIBEIRO e LEGAT, 2008), podendo tomar como base respostas de famílias, que podem ser formadas por meio irmãos (que compartilham um dos pais) ou irmãos completos (ELER, 2014), podendo ser praticada entre família ou dentro da família.

Na seleção dentro da família, os melhores indivíduos são escolhidos em relação às médias das famílias. Já na seleção entre ou de famílias, são mantidos todos os indivíduos da família de maior média (MILAGRES, 1980). Através do valor genético atribuído a cada família,

é possível identificar os animais que contribuirão com ganhos positivos à produção.

Entretanto, as dimensões limitadas das estruturas de cultivo, dificuldades técnicas e características biológicas das espécies têm contribuído para o retardo nos programas (BOUDRY *et al.*, 2004), mas a tendência é que a relevância do tema seja maior devido a busca por uma produção mais eficiente por conta das limitações de espaço para a aquicultura (DUNHAM, 2014).

No Brasil, na primeira década do século XXI, o avanço do melhoramento animal foi marcado pela busca por novas características de interesse econômico com potencial de seleção, aperfeiçoamento de modelos estatísticos para estimar componentes de variância e o amplo campo da biologia molecular (LÔBO *et al.*, 2010). Em se tratando de aquicultura, a introdução da tilápia “GIFT” (*Genetically Improved Farming Tilapia*) em 2005 pela Universidade Estadual de Maringá, deu início ao melhoramento genético de peixes no país (RESENDE *et al.*, 2010). Ao passo que das 90,4 milhões de toneladas de pescado proveniente do cultivo de organismos aquáticos, mais de 15 milhões de toneladas são provenientes da produção de moluscos (FAO, 2014) e os bivalves representam uma parcela significativa, porém devido a extração de bancos naturais muitas das populações estão próximas aos limites máximos sustentáveis, logo, a aquicultura é uma alternativa (HELM *et al.*, 2006) e a aplicabilidade dos conceitos de melhoramento genético pode contribuir para alavancar o setor malacocultor.

Pesquisas recentes com moluscos cultivados de interesse econômico demonstraram resultados satisfatórios quanto à viabilidade da seleção pela resposta do caractere estudado (HE *et al.*, 2008; NGUYEN *et al.*, 2014; YAN *et al.*, 2014; KONG *et al.*, 2015). Os bivalves são os principais candidatos para o melhoramento genético, devido ao elevado valor econômico que apresentam em regiões temperadas do mundo, maior controle sobre o ciclo de vida de várias espécies e alta variabilidade genética e fecundidade (GOSLING, 2003).

As taxas de sobrevivência e o tempo de crescimento são fatores-chaves para o lucro de um produtor, pois se um maior número de ostras sobrevive, ou até mesmo se os cultivos forem mais rápidos, seu capital aumenta (DORE, 1991). Além disso, os animais selecionados para um crescimento mais rápido também têm melhor conversão alimentar e maior sobrevivência (GJEDREM *et al.*, 2012).

Na Universidade do Estado de Oregon, localizada nos Estados Unidos, pesquisas com seleção de famílias de ostras vêm sendo desenvolvidas desde 1996 através do *Molluscan Broodstock Program*

(MBP, 2016), onde as famílias com rendimentos (peso vivo total por contêiner ou lanterna) mais elevados são identificadas e cruzadas para produção das gerações subsequentes.

Na França, Hershberger *et al.* (1984) enfatizaram a importância de programas voltados à seleção de sementes resistentes à mortalidade de verão e Dégremont *et al.* (2010) verificaram que maiores ganhos podem ser obtidos com a seleção de ostras que sobrevivam melhor a esse período de mortalidade.

Ky *et al.* (2013) em estudos realizados na Polinésia Francesa, com a ostra perliífera *Pinctada margaritifera*, constataram efeitos significativos na influência de famílias nas características de pérolas (cor, formato e espessura do núcleo).

No Brasil, a produção de bivalves está voltada principalmente para as ostras do gênero *Crassostrea* (*Crassostrea gasar* e *Crassostrea gigas*), o mexilhão *Perna perna* e a vieira *Nodipecten nodosus*. O estado de Santa Catarina concentra a maior parte do cultivo do país (BRASIL, 2015), com a produção de 17.853,1 t de *P. perna* e 3.670,36 t de *C. gigas* em 2014 (EPAGRI, 2015), sendo o principal produtor nacional da ostra do Pacífico *C. gigas*.

Introduzida intencionalmente em dezenas de países para fins de aquicultura (HARRIS, 2008), *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) é cultivada na Ásia, Europa e Américas do Sul e Norte. A produção mundial da espécie em 2014 foi de 625 925 t (FAO, 2014).

Mundialmente, estudos em programas de melhoramento genético com *C. gigas* já vêm sendo realizados e relataram herdabilidades médias a altas para características que possuem impacto econômico no sistema de cultivo conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade \pm desvio padrão para características de interesse em *Crassostrea gigas*.

Característica	País	Herdabilidade	Tipo	Autores
Sobrevivência	França	0,83 \pm 0,40	De sentido restrito	Dégremont <i>et al.</i> (2007)
Peso fresco	França	0,10 \pm 0,05	De sentido restrito	"
Altura da concha	China	0,334 \pm 0,028	Realizada	Li <i>et al.</i> (2011)*
"	"	0,402 \pm 0,024	Realizada	"
"	"	0,149 \pm 0,027	Realizada	"
Peso fresco	Brasil	0,40	De sentido restrito	Vieira (2013)
Altura da concha	"	0,19	De sentido restrito	"
Coloração da concha	Korea	0,41	De sentido restrito	Kang <i>et al.</i> (2013)
Coloração da borda do manto	"	0,27	De sentido restrito	"
Peso fresco	China	0,35 \pm 0,17	De sentido restrito	Kong <i>et al.</i> (2015)
Altura da concha	"	0,49 \pm 0,25	De sentido restrito	"
Comprimento da concha	"	0,36 \pm 0,19	De sentido restrito	"
Peso médio individual	Estados Unidos	0,55 \pm 0,01	Realizada	Melo <i>et al.</i> (2016)
Rendimento**	"	0,59 \pm 0,01	Realizada	"
Sobrevivência	"	0,35 \pm 0,02	Realizada	"

Fonte: Elaboração própria.

Notas: * Três estoques diferentes. ** Peso total da lanterna ou contêiner.

A melhoria dos índices zootécnicos no cultivo de *C. gigas* pode ser realizada através da aplicabilidade de conceitos e técnicas de melhoramento genético. Nesse contexto, o estudo de características de interesse econômico para a espécie podem trazer respostas positivas, viabilizando a seleção e maximizando a produtividade.

JUSTIFICATIVA

Considerando que programas de melhoramento genético objetivam a melhoria da taxa de crescimento (GJEDREM *et al.*, 2012), um programa de melhoramento genético estabelecido para a ostra *Crassostrea gigas* no Sul do Brasil, visando à produção de famílias e a seleção das que apresentarem melhor desempenho é relevante para que ganhos genéticos sejam alcançados nas próximas gerações e fortaleça a atividade no país.

Assim, o presente estudo compôs famílias de ostras do Pacífico, estimou componentes de variância e parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações) para os caracteres de crescimento (altura e peso fresco, rendimento, peso fresco individual médio) e sobrevivência.

OBJETIVOS

Geral

- Estimar parâmetros genéticos (variâncias, herdabilidades e correlações) para sobrevivência e crescimento de ostras *Crassostrea gigas*.

Específicos

- Produzir 50 famílias de meio-irmãos e irmãos-completos em laboratório;
- Avaliar o desempenho das famílias produzidas em campo;
- Estimar herdabilidades e correlações genéticas para os caracteres sobrevivência e crescimento (peso fresco individual, altura, peso fresco individual médio e rendimento) nas fases de juvenil e despesca.

ARTIGO CIENTÍFICO

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DA OSTRA *Crassostrea gigas**

Renata Bezerra Gomes, Patrick Rafael Dybas, Marisa Bercht, Francisco Carlos da Silva, Simone Sühnel, Marcos Caivano P. de Albuquerque, & Claudio Manoel R. de Melo

Laboratório de Moluscos Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Autor para correspondência: Claudio Manoel Rodrigues de Melo, Laboratório de Moluscos Marinhos, Beco dos Coroas 503, Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. CEP 88.062-260. E-mail: claudio.melo@ufsc.br

* Os resultados dessa pesquisa geraram um capítulo que será submetido em forma de artigo científico para a revista *Aquaculture Research*.

RESUMO

Foram estimados componentes de variância e parâmetros genéticos para características de sobrevivência e crescimento de famílias meios-irmãos ($n=41$) e irmãos completos ($n=2$) da ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas*. As famílias foram produzidas em laboratório, usando acasalamento hierárquico (um macho acasalando com duas fêmeas), onde permaneceram até a fase de semente. Na fase juvenil e despesca, foram medidos peso fresco individual e altura da concha de 80 animais por família e, além disso, na despesca foi medido peso fresco individual médio dos animais por andar da lanterna e calculada a sobrevivência. Os componentes de covariância foram estimados utilizando o programa AIREMLF90 e um modelo animal. Os valores de herdabilidades na despesca foram: $0,26 \pm 0,05$ (peso fresco individual), $0,34 \pm 0,05$ (altura), $0,54 \pm 0,09$ (rendimento), $0,58 \pm 0,08$ (peso fresco individual médio) e $0,16 \pm 0,07$ (sobrevivência). As correlações genéticas foram: $0,88 \pm 0,03$ (entre peso fresco individual e altura), $0,98 \pm 0,03$ (entre rendimento e peso fresco individual médio), $0,58 \pm 0,39$ (entre rendimento e sobrevivência) e $0,47 \pm 0,36$ (entre peso fresco individual médio e sobrevivência). Os valores de herdabilidade e correlações sugerem que ganhos genéticos podem ser obtidos para os caracteres estudados. O rendimento e peso fresco individual médio podem ser facilmente utilizados na produção como critério de seleção familiar.

Palavras-chave: Melhoramento, herdabilidade, correlação genética, seleção, ostra do Pacífico

ABSTRACT

Variance components and genetic parameters for survival and growth of Pacific oyster *Crassostrea gigas* families were estimated under a half-sib ($n = 41$) and full-sib ($n = 2$) structure. The families were produced in the laboratory through hierarchical mating (a male mating with two females), where they remained until the seed stage. In juvenile stage and at harvest we measured total weight and shell height of 80 animals per family. In addition, at harvest we measured yield (total weight of animals per floor of lantern) and calculated survival. The covariance components were estimated using the program AIREMLF90 and an animal model. The heritabilities at harvest were: 0.26 ± 0.05 (individual weight), 0.34 ± 0.05 (height), 0.54 ± 0.09 (yield), 0.58 ± 0.08 (mean individual weight) and 0.16 ± 0.07 (survival). Genetic correlations were 0.88 ± 0.03 (between individual weight and height), 0.98 ± 0.03 (between yield and mean individual weight), and 0.58 ± 0.39 (between mean individual weight and survival) and 0.47 ± 0.36 (between yield and survival). The heritability and genetic correlations suggest that gains could be obtained for the studied traits. The yield and mean individual weight should be used as a criterion of selection.

Keywords: Breeding, heritability, genetic correlation, selection, Pacific oyster

1. INTRODUÇÃO

Na aquicultura, a pesquisa genética e sua aplicabilidade tiveram um papel significativo no desenvolvimento da atividade, de modo que ficará cada vez mais importante sua utilização (DUNHAM, 2014). Embora sejam relatados ganhos genéticos anuais mais elevados para as espécies aquáticas do que para animais terrestres, estima-se que menos de 10% da produção aquícola baseia-se em estoques melhorados geneticamente (GJEDREM *et al.*, 2012).

O potencial para o crescimento rápido associado à alta tolerância a condições ambientais, fez da ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) a espécie escolhida para cultivo em diversas regiões do mundo (FAO, 2015). Programas de melhoramento genético com *C. gigas* vêm sendo desenvolvidos em países como Estados Unidos (LANNAN, 1972; LANGDON *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2016), Austrália (KUBE *et al.*, 2011), França (BOUDRY *et al.*, 2004; TARIS *et al.*, 2006; DÉGREMONT *et al.*, 2015) e China (LI *et al.*, 2011; GE *et al.*, 2015; KONG *et al.*, 2015) com o intuito de fortalecer o cultivo, promovendo práticas aquícolas mais eficientes e esclarecendo questionamentos na produção. Para *C. gigas*, a seleção com base em características como altura (LI *et al.*, 2011), rendimento (LANGDON *et al.*, 2003), mortalidade de verão (DÉGREMONT *et al.*, 2007; DÉGREMONT *et al.*, 2010), coloração (FENG *et al.*, 2015; GE *et al.*, 2015) e resistência a patógenos (DÉGREMONT, *et al.*, 2015), indicam potencial de ganho genético.

Nos Estados Unidos, mudanças na produção de larvas e sementes em laboratório, como o desenvolvimento de técnicas de reprodução mais eficientes e o assentamento remoto de larvas, proporcionaram aumento da produção e impulsionaram a utilização de abordagens genéticas (HERSHBERGER *et al.*, 1984).

Na Austrália, pesquisadores identificaram que a rentabilidade no cultivo de *C. gigas* é afetada pela falta de compreensão sobre as características genéticas utilizadas para a seleção, sobre as formas de reprodução para melhorar o ganho genético e manutenção de níveis de endogamia seguros, além da necessidade de sistemas e ferramentas para permitir a execução eficiente de estratégias de melhoramento (KUBE *et al.*, 2011).

Na China (LI *et al.*, 2011; GE *et al.*, 2015) e na França (BOUDRY *et al.*, 2004; TARIS *et al.*, 2006; DÉGREMONT *et al.*, 2015) as pesquisas voltadas para determinar a herdabilidade de caracteres de

interesse na produção de *Crassostrea gigas*, oferecem informações para a seleção de ostras com padrões desejados.

No Brasil, foram desenvolvidos estudos iniciais com estimativas de parâmetros genéticos para a altura na fase larval e juvenil (SILVA, 2012) e peso e altura em distintas fases do cultivo em mar (VIEIRA, 2013), os quais demonstraram o potencial de programas de melhoramento genético para *C. gigas*. Desta forma, o objetivo deste estudo foi estimar componentes de variância e parâmetros genéticos para características de interesse econômico na produção (sobrevivência, altura, peso fresco individual, peso fresco individual médio e rendimento) de ostras *C. gigas* utilizando o modelo animal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As ostras *C. gigas* utilizadas para produção das famílias foram provenientes do plantel de reprodutores do Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) mantidos na área de cultivo experimental, localizada na Baía Norte, Praia do Sambaqui, Florianópolis (27°29'18"S e 48°32'12"W), local onde se realizou o cultivo das famílias. A obtenção de larvas D, larvicultura e assentamento foram realizados no Laboratório de Moluscos Marinhos, localizado na Barra da Lagoa, Florianópolis (27°35'S e 48°26'W).

Famílias de meio-irmãos (48) e irmãos-completos (2) de ostras *C. gigas* foram produzidas em três larviculturas (L1, L2 e L3) nos meses de dezembro de 2014 (L1) e janeiro (L2) e abril (L3) de 2015. As famílias permaneceram no laboratório por 42 (L1), 41 (L2) e 59 (L3) dias, e por 180 (L1), 175 (L2) e 158 (L3) dias no cultivo em campo.

2.1. Obtenção de sementes

2.1.1. Obtenção de larva "D"

Os reprodutores antes de serem submetidos à desova foram transferidos da área de cultivo no mar para o laboratório no final de outubro de 2014. No laboratório os reprodutores foram acondicionadas em tanques com temperatura da água (15 a 18°C) e alimentação controlada (20×10^4 células.mL⁻¹) de um mix das microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Isochrysis galbana*.

No dia anterior a cada desova, os reprodutores foram limpos com um jato de água doce e foram retirados os organismos incrustantes com

o auxílio de um cutelo higienizado. Para a obtenção dos gametas, cada ostra foi aberta separadamente, com o auxílio de facas. Após a abertura de cada animal, os utensílios eram higienizados com álcool 70%, água doce e salgada para não ocorrer contaminação e mistura de material genético de um animal ao outro. Em seguida, as ostras foram separadas em bandejas e identificadas.

Na identificação do sexo e a avaliação da qualidade dos gametas, uma amostra (2 x 2 mm) do tecido gonádico foi retirada com o auxílio de bisturi higienizado, disposta em lâminas para microscopia e analisadas em microscópio óptico. As melhores fêmeas (com oócitos arredondados e em grande quantidade) e machos (com espermatozóide com alta motilidade) foram selecionados para realizar os cruzamentos. Os cruzamentos foram hierárquicos (de um macho para cada duas fêmeas).

Cada reprodutor foi removido da concha e alocado separadamente em recipientes com capacidade de 5 L contendo um volume de 1 L de água do mar salgada (filtrada a 1 μm e tratada com UV). Para retirada de gametas, utilizou-se raspagem do tecido gonádico (técnica conhecida como “*strip*”) com o auxílio de bisturis higienizados. Para isto, primeiramente as fêmeas foram raspadas e os gametas peneirados (em peneiras de 18 e 70 μm) para limpeza dos oócitos.

Os gametas retidos na peneira de menor abertura de malha (18 μm) foram acondicionados em recipientes de 20 L, tendo seu volume ajustado com água do mar salgada (filtrada a 1 μm e tratada com UV) para 10 L. Os oócitos foram hidratados durante 1 h. Vinte minutos antes do término do processo de hidratação, os machos foram raspados, peneirados (em peneiras de 18 e 70 μm) e os gametas acondicionados em recipiente de 6 L, sendo o volume de água ajustado para 4 L. O número de oócitos de cada fêmea foi contado a fim de estipular a quantidade de espermatozóide a ser utilizado na fertilização.

Após o período de hidratação, a fertilização dos oócitos foi realizada adicionando três doses (em intervalos de 20 minutos) de 20 mL da solução de água do mar salgada e gametas masculinos.

Após a fertilização (quando não havia mais passagem de luz no ovo), estimou-se o número de ovos de cada família e manteve-se uma densidade de 150 ovos.mL⁻¹ em reservatórios individuais (de 750 L e identificados por cruzamento) com água do mar numa salinidade de 35 aeração constante.

Após 24 horas, os reservatórios foram esvaziados e as larvas em estágio “D” retidas em peneira (35 μm) foram acondicionadas em recipientes de 20 L e quantificadas. Para quantificação, de cada amostra

foram contadas somente as larvas que apresentavam formato de “D” perfeito. Após a contagem, a densidade foi ajustada para 100 larvas.mL⁻¹ e o povoamento foi realizado no sistema de larvicultura.

2.1.2. Larvicultura

Durante a larvicultura, os animais foram cultivados sob as mesmas condições ambientais num sistema contínuo de recirculação de água (Anexo A), como descrito por Dybas (2014). Neste sistema, cada família foi mantida separadamente em duas repetições em unidades experimentais cilíndricos cônicos de acrílico (2,4 L) com aeração constante e fluxo de água do mar salgada mais alimento de 100 mL.minuto⁻¹. A temperatura da água foi mantida em 28 °C. A salinidade da água utilizada na larvicultura foi ajustada com água doce para 27. O alimento diário consistiu da combinação de microalgas das espécies *Isochrysis galbana* e/ou *Pavlova luteri*, *Nannochloropsis oculata* e *Chaetoceros muelleri* e/ou *Chaetoceros calcitrans*. A concentração de alimento variou de 4x10⁴ a 6x10⁴ células.mL⁻¹, aumentando conforme o estágio de desenvolvimento larval e observação de sobra de alimento nas unidades experimentais. A fim de evitar a perda de larvas, filtros eram acoplados na saída de água e na entrada de aeração de cada unidade experimental. A abertura da malha do filtro variou de 35 a 100 µm de acordo com o desenvolvimento larval. A renovação parcial de água e o manejo em todas as unidades foram realizados a cada 72 h. O manejo consistiu no peneiramento de larvas (malhas 35 a 500 µm) e limpeza das unidades com água doce e solução de limão.

O término de cada larvicultura foi determinado pela presença de larvas na peneira de malha 230 µm (estágio de larva olhada – larvas aptas a assentarem). Nem todas as larvas chegaram neste tamanho ao mesmo tempo: as que chegaram foram retiradas do sistema, mantidas em recipientes telados e identificados, imersas em água do mar salgada e acondicionadas em baixa temperatura (de 4 a 8°C). As demais permaneceram no sistema de larvicultura por até mais três dias. Após esse período e as que não chegaram ao tamanho necessário, foram descartadas.

2.1.3. Assentamento

O assentamento consistiu de um sistema de recirculação de água (Anexo B), formado por um tanque de distribuição (1500 L), o qual distribuía água e alimento com auxílio de uma bomba para quatro

tanques de assentamento (500 L), nos quais estavam alojadas as unidades experimentais em duplicata. As unidades consistiram de recipientes cilíndricos de 20 cm diâmetro e 30 cm altura, teladas no fundo com malha de 200 μm , as quais acomodaram individualmente cada repetição das famílias. A água foi mantida em temperatura ambiente (23 a 25°C) e salinidade em 35.

Para alojar as larvas olhadas providas da larvicultura, as unidades receberam parafina líquida, para evitar a fixação de larvas na parede destas. Utilizou-se o pó de concha como substrato para fixação das larvas.

A alimentação foi fornecida diariamente, usando concentrações das microalgas *Isochrysis galbana* e *Chaetoceros muelleri* variando de 6×10^4 a 16×10^4 células. mL^{-1} conforme o desenvolvimento das pré-sementes.

Na primeira semana de assentamento (quando as larvas se fixavam no substrato), o nível de água nos tanques de assentamento foi mantido em 20% da sua capacidade. Nessa fase, a alimentação foi ofertada por circulação “*downweller*”, onde a entrada de alimento e água foi feita por gotejamento dentro da unidade experimental. Esse processo possibilitou que o alimento fosse distribuído de forma homogênea na coluna d’água e permitiu aos organismos, que ainda estavam sofrendo metamorfose, melhor captura do alimento. Na segunda semana, já com larvas assentadas, o nível nos tanques de assentamento foi ajustado para 50% da sua capacidade. Nesta fase a alimentação e a água foram fornecidas de modo “*upweller*”, permitindo melhor acesso ao alimento na fase de pré-semente.

O manejo de limpeza dos tanques foi realizado diariamente e consistiu no seu esvaziamento total e limpeza das telas das unidades experimentais com água do mar salgada. Após a limpeza, o sistema foi reenchido com água do mar salgada (filtrada com filtro de 10 μm e UV) e foram adicionadas microalgas ao tanque de distribuição.

Quando os animais atingiram 4 mm (30 dias no sistema) as famílias foram transferidas para lanternas berçários e encaminhados para o mar.

2.2. Cultivo em campo

As ostras foram cultivadas em espinhel utilizando lanternas berçário (LB) e intermediária (LI) de acordo com Silva (2015). Durante o período experimental, o manejo consistiu na retirada das lanternas do mar, limpeza com água doce sobre pressão (semanalmente na LB e

mensal para LI), retirada de organismos incrustantes e peneiramentos (a cada 30 dias). Descartes aleatórios e proporcionais por classe de tamanho foram realizados em cada família, para evitar o efeito da densidade no crescimento das ostras.

Ao serem transferidas para a LI, 840 ostras por família foram coletadas aleatoriamente e povoadas em três lanternas numa densidade de 70 ostras/piso, totalizando 12 andares (Anexo C).

2.3. Coleta de dados

Durante o cultivo no mar, a temperatura da água foi monitorada (a cada hora) utilizando um registrador de temperatura. Uma vez por semana foi feita a verificação da salinidade (com auxílio de um refratômetro) e coletou-se água para quantificação do seston.

Os valores de matéria particulada total (MPT), matéria orgânica particulada (MOP) e matéria inorgânica particulada (MIP) foram obtidos de acordo com a metodologia proposta por Strickland e Parsons (1972).

Neste estudo, foram realizadas duas coleta de dados (juvenil e despesca) para cada larvicultura. A primeira foi realizada com 47 (L1), 73 (L2) e 63 (L3) dias de cultivo em campo. A segunda foi realizada com 180 (L1), 165 (L2) e 158 (L3) dias de cultivo em campo.

Para juvenil e despesca foram coletados dados de peso fresco individual (n=80 ostras) e altura (n=80 ostras). Na despesca além do peso fresco individual e da altura, foram coletados dados de sobrevivência (número de animais vivos por andar de lanterna; n=3 lanternas), peso fresco individual médio (peso fresco total das ostras por andar de lanterna dividido pelo número de indivíduos vivos no andar; n=3 lanternas) e rendimento (peso fresco total dos animais por andar de lanterna; n=3 lanternas).

2.4. Estatística e estimativa de parâmetros genéticos

Foi realizada a estatística descritiva utilizando o pacote de dados do software *Statistical Analysis System* (SAS Institute Inc., 2005). Os componentes de variância foram estimados utilizando o software AIREMLF90 utilizando um modelo animal multivariado.

Peso fresco individual e altura

Para a análise dos dados de peso fresco individual e altura (inicial e final) utilizou-se o Modelo 1 (Eq.1):

$$y_{ijk} = L_i + f_j + u_k + e_{ijk} \quad [1]$$

Onde:

y_{ijk} é a altura e peso fresco individual do animal k pertencente a larvicultura i e a família j ;

L_i é o efeito fixo de larvicultura;

f_j é o efeito aleatório de família (ambiente comum);

u_k genético aditivo de animal;

e_{ijk} é o erro aleatório.

Rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência

Para os dados de rendimento (kg), peso fresco individual médio (g) e sobrevivência (%) utilizou-se o Modelo 2 (Eq. 2):

$$y_{ijkl} = L_i + A_j + (f \times Lanterna)_{ij} + f_k + e_{ijkl} \quad [2]$$

Onde:

y_{ijkl} é o rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência da família k , pertencente a larvicultura i , cultivada no andar (profundidade) j , na lanterna l ;

L_i é o efeito fixo de larvicultura;

A_j é o efeito fixo de andar de cultivo (profundidade);

f_k é o efeito aleatório genético de família;

e_{ij} é o erro aleatório.

Os componentes de variância nos dois modelos foram obtidos com o programa AIREMLF90 (MISZTAL *et al.*, 2002; MISZTAL, 2008).

Utilizaram-se as variâncias para estimar a herdabilidade (h^2) e o ambiente comum (c^2) ou efeito de família (f^2) e as correlações genéticas ($r_{GX/Y}$) (Tabela 2).

Tabela 2. Equações utilizadas para o cálculo dos parâmetros genéticos, variância fenotípica, efeitos aleatórios de ambiente comum e genético de família, herdabilidade e correlação nos modelos 1 e 2.

Parâmetros	Equações	
	Modelo 1	Modelo 2
Variância fenotípica	$\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2$	$\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_f^2 + \sigma_e^2$
Efeito	$c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_p^2}$	$f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_p^2}$
Herdabilidade		$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$
Correlação genética		$r_{GX/Y} = \frac{Cov_{GX/Y}}{\sqrt{\sigma_{aX}^2 \cdot \sigma_{aY}^2}}$

Fonte: Elaboração própria.

Notas: σ_a^2 , σ_e^2 , σ_p^2 , σ_c^2 e σ_f^2 correspondem às variâncias genética aditiva, residual, fenotípica, de efeito de ambiente comum e de efeito de família respectivamente. Ainda, $r_{GX/Y}$ corresponde à correlação genética entre a característica X e Y; $Cov_{GX/Y}$ a covariância entre a característica X e Y; σ_{aX}^2 variância da característica X e σ_{aY}^2 a variância da característica Y.

A *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP, valores genéticos) para prever o desempenho das famílias para as características analisadas foram obtidos usando as estimativas de herdabilidade obtidas através dos componentes de variância estimados.

3. RESULTADOS

Neste estudo, foram produzidas 50 famílias das quais 43 famílias foram utilizadas para as análises (Tabela 3). Houve a perda de sete famílias durante o cultivo em mar.

Tabela 3. Larvicultura, mês de desova, transferência para o campo e coleta de dados, idades dos animais e número inicial e final de famílias nas fases de cultivo em laboratório e no campo.

Laboratório			Campo			
Larvicultura	Mês da desova	N _i	Mês de transferência para o campo (idade dos animais em dias)	Mês de coleta de dados (idade dos animais em dias no campo)		N _f
				Juvenil	Despesca	
L1	12/2014	10	01/2015 (42)	03/2015 (47)	07/2015 (180)	8
L2	01/2015	20	03/2015 (41)	05/2015 (73)	08/2015 (175)	18
L3	04/2015	20	06/2015 (59)	08/2015 (63)	11/2015 (158)	17

Fonte: Elaboração própria.

Nota: N_i é o número inicial e N_f é o número final de famílias em cada larvicultura.

3.1. Parâmetros ambientais

A temperatura média mensal da água do mar durante o período de cultivo variou de $19,12 \pm 0,45$ a $28,19 \pm 1,30$ °C (Figura 1). A média geral durante todo o experimento foi de $22,49 \pm 2,98$ °C. A menor temperatura foi registrada no mês de junho ($16,15$ °C) e a maior no mês de fevereiro ($34,37$ °C).

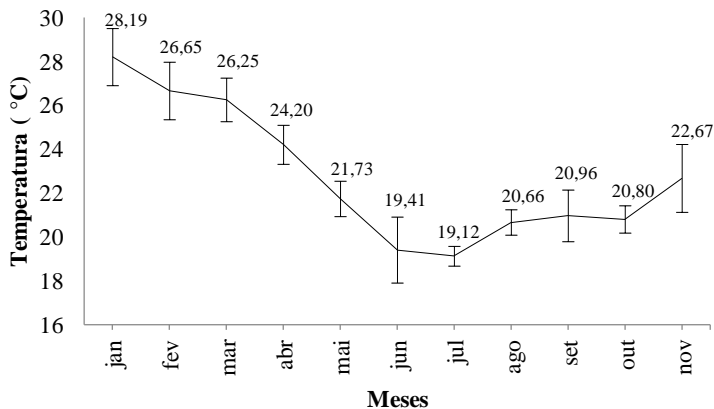


Figura 1. Temperatura média \pm desvio padrão (°C) da água mar durante o período de cultivo na área experimental no LMM, Praia do Sambaqui, Florianópolis.

A salinidade média mensal da água do mar durante o período de cultivo variou de $30 \pm 1,87$ a $35,33 \pm 0,58$ g/L (Figura 2). A média geral durante o todo período experimental foi de $34,31 \pm 1,74$ g/L. A menor salinidade foi observada no mês de março (27 g/L) e a maior no mês de agosto (36 g/L).

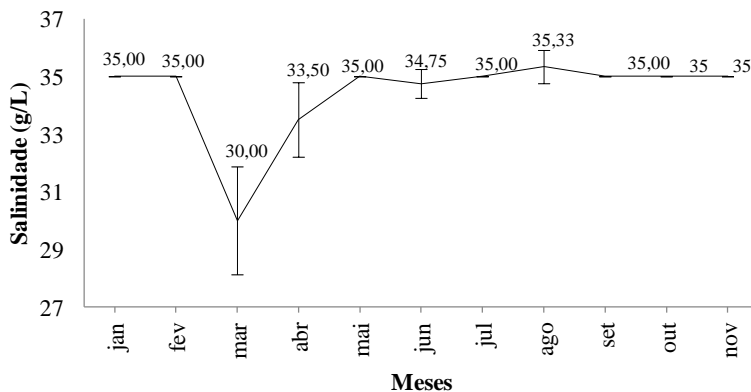


Figura 2. Salinidade média \pm desvio padrão (g/L) da água mar durante o período de cultivo na área experimental no LMM, Praia do Sambaqui, Florianópolis.

Durante o período experimental no local de estudo, a média da matéria particulada total foi de $63,85 \pm 13,40 \text{ mg.L}^{-1}$, com maior valor registrado no mês de novembro ($79,75 \pm 0,35 \text{ mg.L}^{-1}$) e o menor em fevereiro ($31,80 \pm 12,73 \text{ mg.L}^{-1}$) (Figura 3). Para matéria orgânica particulada, a média foi de $19,77 \pm 4,31 \text{ mg.L}^{-1}$, com maior valor registrado no mês de novembro ($26,50 \pm 9,19 \text{ mg.L}^{-1}$) e o menor em janeiro ($13,56 \pm 0,34 \text{ mg.L}^{-1}$). Já para matéria inorgânica particulada a média foi de $44,09 \pm 10,95 \text{ mg.L}^{-1}$, com o maior valor registrado no mês de novembro ($53,67 \pm 6,47 \text{ mg.L}^{-1}$) e o menor em janeiro ($18,00 \pm 9,26 \text{ mg.L}^{-1}$).

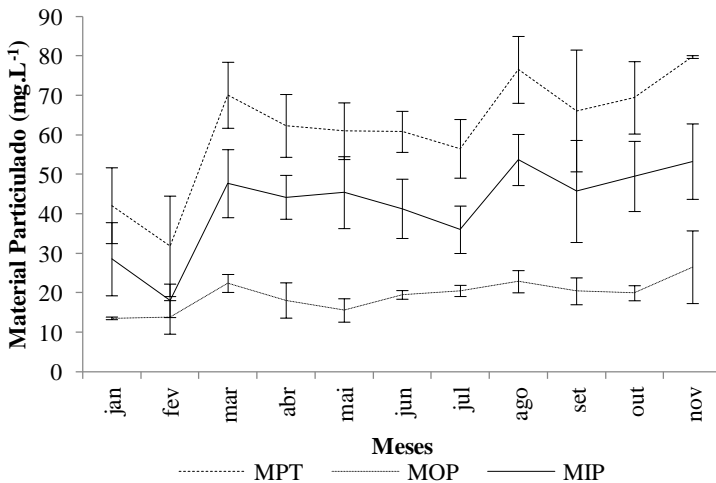


Figura 3. Concentração média \pm desvio padrão (mg.L^{-1}) de matéria particulada total (MPT), matéria orgânica particulada (MOP) e matéria inorgânica particulada (MIP) na área experimental do LMM durante o período de cultivo.

3.2. Estatística e estimativa de parâmetros genéticos

A média de peso fresco individual foi de $3,35 \pm 3,80 \text{ g}$ para juvenis e $47,50 \pm 16,11 \text{ g}$ na despesca e para altura de $33,31 \pm 13,84 \text{ mm}$ para juvenis e $87,04 \pm 15,26 \text{ mm}$ na despesca (Tabela 4).

Tabela 4. Total de animais amostrados (N), média \pm desvio padrão (SD), mínimo e máximo do peso fresco individual e da altura para as fases de juvenil e despesca.

Fase	Característica	N	Média \pm SD	Mínimo	Máximo
Juvenil	Peso fresco individual (g)	3385	3,35 \pm 3,80	0,05	30,16
	Altura (mm)	3385	33,31 \pm 13,84	4,70	96,66
Despesca	Peso fresco individual (g)	3390	47,50 \pm 16,11	6,00	113,97
	Altura (mm)	3390	87,04 \pm 15,26	10,19	166,99

Fonte: Elaboração própria.

Parâmetros genéticos: peso fresco individual e altura

A herdabilidade para peso fresco individual foi semelhante para juvenil (0,29 \pm 0,06) e na despesca (0,26 \pm 0,05). Entretanto a herdabilidade para o caractere altura foi menor para juvenil (0,24 \pm 0,05) e do que para despesca (0,34 \pm 0,05) (Tabela 5).

A variância genética aditiva variou de 2,67 \pm 0,55 a 64,16 \pm 12,11 para peso fresco individual e de 31,23 \pm 6,32 a 77,83 \pm 13,87 para altura (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativa (\pm desvio padrão) de variâncias genética aditiva (σ_a^2), residual (σ_e^2) e de efeito comum de família (σ_f^2), herdabilidade (h^2) e efeito comum de família (f^2) para peso fresco individual e altura para juvenil e despesca.

Variância/ Parâmetro	Juvenil		Despesca	
	Peso fresco individual (g)	Altura (mm)	Peso fresco individual (g)	Altura (mm)
σ_a^2	2,67 \pm 0,55	31,23 \pm 6,32	64,16 \pm 12,11	77,83 \pm 13,87
σ_e^2	4,54 \pm 0,30	78,26 \pm 3,86	172,26 \pm 7,75	142,34 \pm 8,12
σ_f^2	2,13 \pm 0,74	21,75 \pm 6,93	11,05 \pm 7,96	5,46 \pm 5,43
h^2	0,29 \pm 0,06	0,24 \pm 0,05	0,26 \pm 0,05	0,34 \pm 0,05
f^2	0,22 \pm 0,07	0,16 \pm 0,05	0,04 \pm 0,03	0,02 \pm 0,02

Fonte: Elaboração própria.

As correlações genéticas entre as características foram todas positivas e variaram de $0,48 \pm 0,12$ (entre altura para juvenil e peso fresco individual na despesca) a $0,88 \pm 0,03$ (entre peso fresco individual e altura na despesca) e as de efeito familiar de $-0,16 \pm 0,71$ (entre altura para juvenil e altura na despesca) a $0,88 \pm 0,12$ (entre peso fresco individual para juvenil e altura na despesca) (Tabela 6).

Tabela 6. Correlações (\pm desvio padrão) genéticas (acima da diagonal) e correlações de efeito familiar (abaixo da diagonal) entre peso fresco individual e altura para juvenil e na despesca.

Fase		Fase			
		J		D	
		Peso fresco individual (g)	Altura (mm)	Peso fresco individual (g)	Altura (mm)
J	Peso fresco individual (g)		$0,71 \pm 0,07$	$0,85 \pm 0,05$	$0,60 \pm 0,10$
	Altura (mm)	$0,88 \pm 0,12$		$0,48 \pm 0,12$	$0,51 \pm 0,11$
D	Peso fresco individual (g)	$0,37 \pm 1,98$	$0,70 \pm 0,69$		$0,88 \pm 0,03$
	Altura (mm)	$-0,42 \pm 0,94$	$-0,16 \pm 0,71$	$0,24 \pm 2,06$	

Fonte: Elaboração própria.

Notas: J representa a fase juvenil e D representa a fase despesca.

Parâmetros genéticos: rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência

As herdabilidades variaram de $0,16 \pm 0,07$ para sobrevivência a $0,58 \pm 0,08$, para peso fresco individual médio (Tabela 7).

A variância genética aditiva variou de $0,31 \pm 0,09$ para rendimento a $63,81 \pm 17,46$ para peso fresco individual médio (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativa (\pm desvio padrão) de variâncias genética aditiva (σ_a^2), efeito residual (σ_e^2), de efeito de ambiente permanente (σ_c^2), herdabilidade (h^2) e efeito de ambiente permanente (c^2) para rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência.

Variância/ Parâmetro	Rendimento (kg)	Peso fresco individual médio (g)	Sobrevivência (%)
σ_a^2	0,31 \pm 0,09	63,81 \pm 17,46	1,81 \pm 0,84
σ_e^2	0,13 \pm 0,01	27,15 \pm 2,45	8,34 \pm 0,74
σ_c^2	0,12 \pm 0,03	17,21 \pm 4,85	0,84 \pm 0,66
h^2	0,54 \pm 0,09	0,58 \pm 0,08	0,16 \pm 0,07
c^2	0,22 \pm 0,07	0,16 \pm 0,05	0,08 \pm 0,06

Fonte: Elaboração própria.

As correlações genéticas entre as características foram todas positivas e variaram de 0,47 \pm 0,36 (entre peso fresco individual médio e sobrevivência) a 0,98 \pm 0,03 (entre rendimento e peso fresco individual médio). As correlações de efeito ambiental variaram de -0,14 \pm 0,83 (entre rendimento e sobrevivência) a 0,81 \pm 0,08 (entre rendimento e peso fresco individual médio) (Tabela 8).

Tabela 8. Correlações (\pm desvio padrão) genéticas (acima da diagonal) e correlações de efeito ambiental (abaixo da diagonal) entre rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência na despesca.

Características	Rendimento (kg)	Peso fresco individual médio (g)	Sobrevivência (%)
Rendimento (kg)		0,98 \pm 0,03	0,58 \pm 0,39
Peso fresco individual médio (g)	0,81 \pm 0,08		0,47 \pm 0,36
Sobrevivência (%)	-0,14 \pm 0,83	0,21 \pm 2,81	

Fonte: Elaboração própria.

Os valores genéticos (*BLUP*) preditos para rendimento (Figura 4), peso fresco individual médio (Figura 5) e sobrevivência (Figura 6) variaram de -1,67 (família 45) a 0,86 (família 15), -3,13 (família 35) a 1,45 (família 34) e -24,65 (família 45) a 11,73 (família 15), respectivamente.

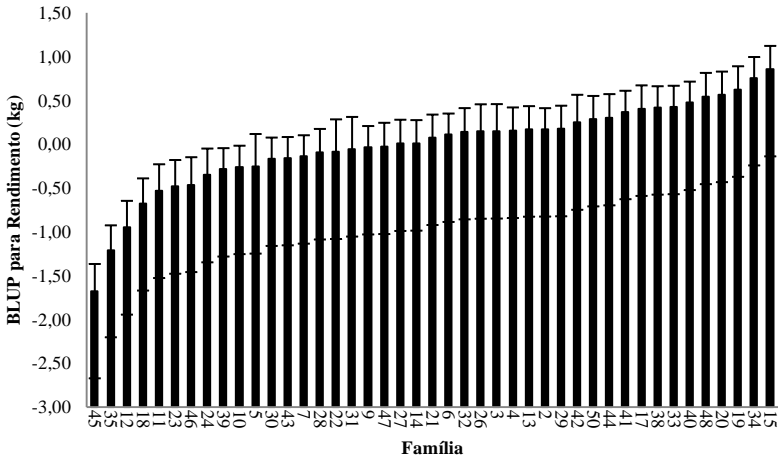


Figura 4. Valores genéticos (BLUP) para o caractere rendimento (kg) +desvio padrão por família.

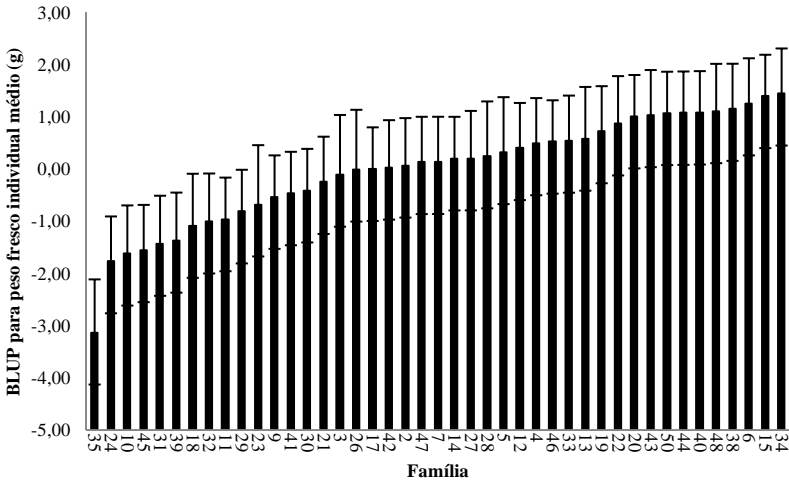


Figura 5. Valores genéticos (BLUP) para peso fresco individual médio +desvio padrão por família.

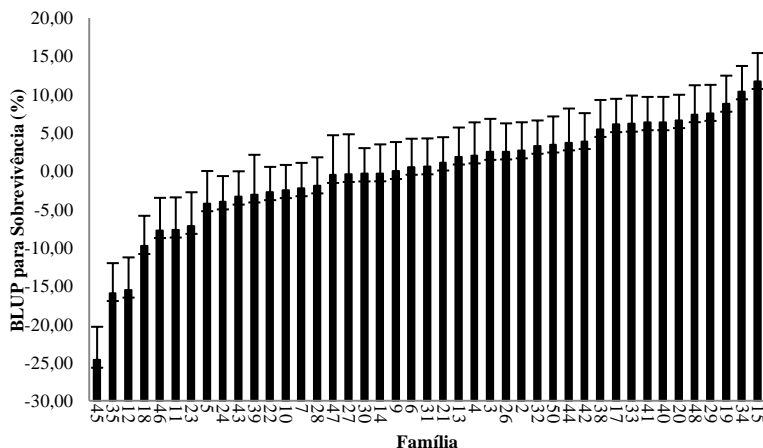


Figura 6. Valores genéticos (BLUP) para sobrevivência +desvio padrão por família.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo foram estimados valores de herdabilidade e correlações para sobrevivência e crescimento (altura, peso fresco individual, rendimento e peso fresco individual médio) de famílias da ostra *Crassostrea gigas* cultivadas no Sul do Brasil.

O tamanho médio das ostras em todas as famílias na despesca já era suficiente para a comercialização (superiores a 70 mm). Embora não tenham ocorrido grandes variações dos parâmetros ambientais, efeitos ambientais podem influenciar as características (JERRY *et al.*, 2012; CHAO *et al.*, 2013) produtivas dos animais.

As temperaturas mais elevadas foram registradas nos primeiros meses de cultivo, ou seja, no período de verão (janeiro a março). Manzoni e Schmitt (2006) relataram que temperaturas superiores a 28 °C podem provocar mortalidades e retardar o crescimento de sementes de *C. gigas*. Poli (2004) ressalta que o melhor desenvolvimento da espécie *C. gigas* nas águas de Santa Catarina ocorre no inverno. Assim, para um melhor desempenho é preferível o início do cultivo em períodos mais frios para garantia de maior crescimento e sobrevivência.

A salinidade durante o período experimental apresentou queda acentuada de fevereiro a março (35 para 30), todavia manteve-se estável nos demais meses. A baixa salinidade pode estar relacionada a um

período chuvoso, aumentando o aporte de água doce e diminuindo a salinidade. Conforme dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP, 2016), foi registrada na região durante o período de cultivo uma pluviosidade total de 2060,5 mm acumulados, acima da média acumulada para o mesmo período (1666,74 mm) nos últimos cinco anos.

Os valores médio de matéria particulada total foram semelhantes ao reportado por Tureck *et al.* (2014) ($66,41 \pm 8,45$ de maio a julho de 2008) e superiores aos registrados por Squella (2008) ($38,06 \pm 14,87$ mg.L⁻¹ de março à dezembro de 2007) para a mesma área de estudo, na praia de Sambaqui. Valores crescentes de matéria particulada total foram observados por Curtius *et al.* (2003) na praia de Sambaqui em diferentes períodos de coleta ($10,7 \pm 0,7$ mg.L⁻¹ em abril e $16,3 \pm 2,1$ mg.L⁻¹ em outubro de 1999 e $12,5 \pm 2,2$ mg.L⁻¹ abril e $16,8 \pm 1,5$ mg.L⁻¹ em outubro de 2000, respectivamente). De fato, o seston pode variar de acordo com a época de coleta e sofrer influência de fatores ambientais. A elevada quantidade de matéria particulada total observada nesse estudo pode estar relacionada com as características da área de cultivo que apresenta baixa profundidade e proximidade da costa. As correntes marítimas e ventos também podem agir influenciando a movimentação de massas d'água carreando o material particulado do fundo para a coluna d'água. A disponibilidade de alimento do ambiente também afeta diretamente o crescimento de moluscos nos cultivos (PROENÇA, 2002), apesar dos bivalves selecionarem as partículas filtradas para ingestão ou rejeição (BAYNE *et al.*, 1988), provavelmente em ambientes com maior concentração de material em suspensão, ocorrerá maior gasto de energia separando a fração comestível, o que pode inferir no crescimento.

4.1. Estimativa de parâmetros genéticos

O número de famílias analisadas em nosso estudo e a quantidade de observações para os caracteres estudados foram suficientes para estimativa confiável dos parâmetros genéticos para *Crassostrea gigas* aqui estudados (com desvios para herdabilidades padrões variando de 0,05 a 0,09). Thompson *et al.* (2005) relataram que uma ampla estimativa de parâmetros genéticos tem por finalidade prever valores de produção eficientes e processos de seleção eficazes. Em trabalho com *C. gigas* no mesmo ambiente de cultivo, Vieira (2013) estimou parâmetros genéticos para peso fresco e altura na despesca (após 180 dias de cultivo) e observou valores de herdabilidade inferiores ao efeito

ambiental, os quais, segundo o autor, podem estar relacionados ao pequeno número de famílias produzidas ($n=24$) e ausência de réplicas desde nas etapas iniciais de cultivo.

Grande parte da variação fenotípica para os caracteres estudados resultou de variância genética aditiva. Falconer (1987) ressalta que o valor fenotípico do indivíduo pode ser diretamente medido, mas é o valor genético que determina sua influência na próxima geração.

4.1.1. Herdabilidade

Em nosso estudo as estimativas de herdabilidade para as características analisadas tiveram em geral valores médios a altos. Os valores de herdabilidade na despesca para altura ($0,34 \pm 0,05$) e peso fresco individual ($0,26 \pm 0,05$) observados no presente estudo são inferiores aos relatados por Kong *et al.* (2015) que utilizando abordagem familiar mista (*mixed-family*) para *Crassostrea gigas*, aos 12 meses relataram uma herdabilidade de sentido-restrito (*narrow-sense*) para altura de $0,49 \pm 0,25$ e para peso fresco de $0,35 \pm 0,17$.

Encontramos herdabilidades semelhantes para peso fresco individual para juvenis ($0,29 \pm 0,06$) e na despesca ($0,26 \pm 0,05$). Entretanto, a herdabilidade para a altura da concha para juvenis ($0,24 \pm 0,05$) foi inferior à observada na despesca ($0,34 \pm 0,05$).

Na despesca, observamos uma herdabilidade baixa para peso fresco individual ($0,26 \pm 0,05$) e moderada para altura ($0,34 \pm 0,05$). Em ambas as características, o efeito comum de família (f^2) foi baixo.

Ostras tendem a ter taxa de crescimento altamente variável e isso deve-se provavelmente a efeitos genéticos e ambientais (NEWKIRK e HALEY, 1982). Acreditamos que o efeito comum de família fez com que em juvenis a herdabilidade para peso fresco individual e altura fosse mais elevada do que na despesca, isso pode ser observado pelos valores de efeito em cada característica. Isso provavelmente ocorreu, pois inicialmente os animais foram cultivados juntos e, por conseguinte, houve a separação delimitada em andares de lanternas ($n = 70$ por andar de lanterna/família), fazendo com que o efeito comum de família fosse menor na despesca.

Apesar de que a herdabilidade pode expressar confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético (FALCONER, 1987), a herdabilidade para a altura pode conter efeito de densidade no cultivo. Altas densidades de animais no andar da lanterna pode expressar maior investimento em altura devido a plasticidade que o animal tem em moldar-se de forma alongada para adequar-se ao grande número de

indivíduos naquele espaço. Assim, é desaconselhável o uso desse caractere como critério de seleção por ser muito influenciável por tal efeito.

As herdabilidades estimadas para as características de rendimento ($0,54 \pm 0,09$) e peso fresco individual médio ($0,58 \pm 0,08$) foram superiores a obtida para sobrevivência ($0,16 \pm 0,07$).

As herdabilidades para rendimento e peso fresco individual médio foram altas. Valores altos para uma determinada herdabilidade indicam que a característica pode responder à seleção (WANG *et al.*, 2011). Todavia, em nosso modelo o efeito genético é caracterizado pela família e provavelmente a herdabilidade está sendo inflada por efeito não genético, por isso valores mais elevados. Melo *et al.* (2016) estimando herdabilidade para características de desempenho na colheita de *Crassostrea gigas*, verificaram que os efeitos de ambiente comum para irmãos completos e dominância podem confundir-se com variância genética aditiva.

Possivelmente os resultados de herdabilidade para sobrevivência podem estar inflados ou a variância genética aditiva pode estar contaminada por efeitos não genéticos. Nessas condições de cultivo, a utilização dessa característica como critério de seleção familiar indicaria pouco progresso genético. No entanto, em nosso estudo consideramos apenas uma fase de vida do animal, ao ponto que tal parâmetro deve ser superior se consideramos todo o ciclo de cultivo. Entretanto, Dégremont *et al.* (2010) verificaram que em ostras selecionadas para sobrevivência, não houve influência desta variável sobre o crescimento em diferentes locais de cultivo, porém observou-se impacto no rendimento.

4.1.2. Correlações

As correlações genéticas estimadas nesse estudo foram todas positivas. As correlações de efeito familiar foram, na maior parte, menores do que as correlações genéticas entre a característica correspondente, com exceção ao peso fresco individual e altura para juvenis que teve maior efeito comum de família ($0,88 \pm 0,12$) do que genético ($0,71 \pm 0,07$).

A correlação genética alta entre peso fresco individual e altura para juvenis ($0,71 \pm 0,07$) e despesca ($0,88 \pm 0,03$) sugere que a seleção direta para altura pode melhorar o peso fresco individual ou vice-versa. Embora para juvenis o valor da correlação genética tenha sido menor do que o efeito comum de família isso pode ser explicado pelo período de coleta de dados terem sido num intervalo pequeno.

As correlações estimadas para os caracteres rendimento, peso fresco individual médio e sobrevivência foram todas positivas. A menor correlação foi obtida entre peso fresco individual médio e sobrevivência (de $0,47 \pm 0,36$) e a maior para peso fresco individual médio e rendimento ($0,98 \pm 0,03$), o que sugere que a seleção direta para peso fresco individual médio pode melhorar o rendimento ou vice-versa. Dégremont *et al.* (2007) também relataram baixas correlações genéticas ($-0,17 \pm 0,14$) entre crescimento e sobrevivência para *Crassostrea gigas* em 3 locais na França. Melo *et al.* (2016) sugeriram que correlações negativas entre características (sobrevivência e peso individual) podem ser devidas à competição por alimento ou até pela sensibilidade ao estresse em famílias de rápido crescimento, já as correlações positivas entre características (rendimento, crescimento e sobrevivência) podem ser afetadas por fatores genéticos que controlam a robustez de famílias selecionadas. Assim, espera-se que a seleção para peso fresco individual médio e rendimento possam levar a ganhos genéticos nas próximas gerações.

4.2. Ganho Genético

A estimativa de parâmetros encontrados neste estudo pode conduzir a uma futura melhoria por seleção na produção da ostra *C. gigas*. Melo *et al.* (2016) em estudos com *C. gigas* na Costa Oeste dos EUA, observaram avanços ao longo de cinco gerações de seleção e ganhos genéticos acumulados para os caracteres sobrevivência (+ 15,7%) e rendimento (+ 19%). Nell *et al.* (1996) verificaram que em ostras *Saccostrea commercialis*, duas linhagens selecionadas para crescimento foram significativamente mais pesadas do que os controles e demonstraram melhoria para ganho de peso (2,9 e 8,5%).

Acreditamos que o fator tempo de seleção também deve ser considerado e análises que abrangem um período de cultivo maior devem ser realizadas. Newkirk e Haley (1982), em estudo com taxa de crescimento da ostra *Ostrea edulis* no Canadá, sugerem que dois anos de idade é uma idade apropriada para a seleção, pois é tempo suficiente para indicar desempenho em relação ao tamanho exigido no mercado. Para as famílias de *C. gigas* cultivadas nas condições aqui experimentadas, 8 a 12 meses de cultivo pode ser um período satisfatório para obtenção de resultados de desempenho.

O rendimento é um caractere econômico importante. Considerando o elevado efeito de ambiente comum para esta característica e que tal efeito pode ser ocasionado em parte pelo efeito

de dominância, as herdabilidades para peso fresco individual e rendimento, seriam semelhantes. Assim, para medidas de produção é uma característica facilmente mensurada se comparada a medidas individuais.

Em conclusão, os parâmetros apresentados neste trabalho sugerem como critério de seleção familiar para a ostra *Crassostrea gigas* os caracteres peso fresco individual médio e rendimento, confirmando o potencial e viabilidade para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para a espécie no Brasil. Embora a seleção possa incrementar ganhos genéticos para futuras gerações, pesquisas que contemplem um maior número de famílias, respostas dos caracteres em mais de um ambiente de cultivo e a abrangência de um período de cultivo superior, devem ser verificadas para solidificar os resultados aqui apresentados.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não teria sido possível sem as contribuições de pesquisadores, funcionários e estagiários que fazem a Universidade Federal de Santa Catarina incluindo: Robson Cardoso, Gabriel Nandi, Mariane Silveira, Jaqueline Araújo, Itamar José, Josué Oliveira, Francisco Lagreze, Cássio Ramos, Emílio Mateus, Ana Carolina, Glauber de Souza, Gustavo Cardoso, Diego Chierighini, Diego Nogueira, Juliana Portella, George Martins, Giulia Pereira, Gabrielly Vieira, Angela e Jefferson Legat, Thiago Gil, Vitor Fernandes, Redna Faraco, Carlos Henrique, Alexandre Dênis, Rosenilda Nunes, Ednilson Nunes, Eduardo Nunes, José Emanuel, Cláudio Blacher, Ricardo Silva e Gilberto Andrade. Agradecemos a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, através de seus centros especializados de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (CEDAP) e de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), pela disponibilização dos dados de temperatura da água do mar para o período experimental. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Projeto 406641/2012-9), ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, Projeto 034/2013) pelo apoio financeiro. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado de RS e ao CNPq (Processo 305092/2015-4) pela bolsa de produtividade em pesquisa de Claudio Manoel Rodrigues de Melo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bayne B.L., Hawkins A.J.S., Navarro E. (1988) Feeding and Digestion in Suspension-Feeding Bivalve Molluscs: The Relevance of Physiological Compensations. *Amer. Zool.* **28**, 147–159.

BDMEP. (2016) **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83897&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=16/01/2010&mRelDtFim=24/12/2015&mAtributos=,,,,,,,1,,,,,,> (acesso em 23 mai. 2016)

Boudry P., Dégremont L., Taris N., McCombie H., Haffray P., Ernande, B. (2004) Genetic Variability and Selective Breeding for Traits of Aquacultural Interest in the Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*). *Bull. Aquacul. Assoc.* **104** (2), 12 – 18.

Chao W., Xueliang C., Baojun T., Baozhong L. (2013) Growth performance of the clam, *Meretrix meretrix*, breeding selection populations cultured in different conditions. *Acta Oceanol. Sin.* **32** (10), 82-87.

Curtius A.J., Seibert E.L., Fiedler H.D, Ferreira J.F., Vieira P.H.F. (2003) Avaliando a contaminação por elementos traço em atividades de maricultura. Resultados parciais de um estudo de caso realizado na ilha de Santa Catarina, Brasil. *Aquaculture. Quim. Nova.* **26**, 44–52.

Dégremont L., Bédier E., Boudry P. (2010) Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). II. Response to selection for survival and its influence on growth and yield. *Aquaculture* **299**, 21–29.

Dégremont L., Ernande B., Boudry P. (2007) Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). I. Estimation of genetic parameters for survival and growth. *Aquaculture* **262**, 41–53.

Dégremont L., Nourry M., Maurouard E. (2015) Mass selection for survival and resistance to OsHV-1 infection in *Crassostrea gigas* spat in field conditions: response to selection after four generations. *Aquaculture*, **446**, 111–121.

Dunham R.A. (2014) Introduction to genetics in aquaculture XI: The past, present and future of aquaculture genetics. *Aquaculture* **S1–S2**, 420–421.

Dybas P.R. (2014) Sistema de recirculação de água para larvicultura de ostras *Crassostrea gigas*. *Dissertação*, 1-60. Florianópolis..

Falconer D.S. (1987) *Introdução à Genética Quantitativa*. (Trad. De Martinho de Almeda e Silva e José Carlos Silva). Imprensa Universitária, Viçosa, UFV.

FAO (2015) Global Aquaculture, Production (FishStat) Dataset. Disponível em:
<http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/es>. (acesso em 07 dez. 2015)

Feng D., Li Q., Yu H., Zhao X., Kong L. (2015) Comparative Transcriptome Analysis of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* Characterized by Shell Colors: Identification of Genetic Bases Potentially Involved in Pigmentation. *PLoS ONE* **10** (12), 1–17.

Ge J., Li Q., Yu H., Kong L. (2015) Mendelian inheritance of golden shell color in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* **441**, 21–24.

Gjedrem T., Robinson N., Rye M. (2012) The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture* **350–353**, 117–129.

Hershberger W.K., Perdue J.A., Beattie J.H. (1984) Genetic selection and systematic breeding in pacific oyster culture. *Aquaculture* **39**, 237–245.

Jerry D.R., Kvingedal R., Lind C.E., Evans B.S., Taylor J.J.U, Safari A.E. (2012) Donor-oyster derived heritability estimates and the effect of genotype×environment interaction on the production of pearl quality traits in the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima*. *Aquaculture* **338–341**, 66–71.

Kong N., Li Q., Yu H., Kong L-F. (2015) Heritability estimates for growth-related traits in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) using a molecular pedigree. *Aquaculture Research* **46**, 499–508.

Kube P., Cunningham M., Dominik S., Parkinson S., Finn B., Henshall J., Bennett R., Hamilton M. (2011) Enhancement of the Pacific oyster selective breeding program. *FRDC and Seafood*.

Langdon C., Evans F., Jacobson D, Blouin M. (2003) Yields of cultured Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg improved after one generation of selection. *Aquaculture* **220**, 227–244.

Lannan J. E. (1972) Estimating heritability and predicting response to selection for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Proc. Natl. Shellfish Assoc.* **62**, 62-66.

Li Q., Wang Q, Liu S, Kong L. (2011) Selection response and realized heritability for growth in three stocks of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Fish Sci.* **77**, 643–648.

Manzoni G. C., Schmitt J. F. (2006) Cultivo de ostras japonesas *Crassostrea gigas* (Mollusca: Bivalvia), na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In: Joaquim Olinto Branco & Adriano W. C. Marenzi (Org.). Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudo de caso em Penha, SC, pp 292. Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.

Melo C.M.R., Durland E., Langdon C. (2016) Improvements in desirable traits of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, as a result of five generations of selection on the West Coast, USA. *Aquaculture* **460**, 105–115.

Misztal I. (2008) Reliable computing in estimation of variance components. *J. Anim. Breed. Genet* **125**, 363–370.

Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D.H. (2002) BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.* **28**, 1–2.

Nell J.A., Sheridan A. K., Smith I.R. (1996) Progress in a Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley) , breeding program. *Aquaculture* **144**, 295-302.

Newkirk G.F., Haley L.E. (1982) Phenotypic analysis of the European oyster *Ostrea edulis* L.: Relationship between length of larval period and postsetting growth rate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **59**, 177-184.

Poli C. R. (2004) Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*, 1852). In: Poli C. R., Bassanesi A. T., Andreatta E. R., Beltrame E. Aquicultura: experiências brasileiras. Multitarefa. pp. 251-266, Florianópolis.

Proença L.A.O. (2002) Clorofila a do fitoplâncton em seis enseadas utilizadas para o cultivo de moluscos bivalves no litoral de Santa Catarina. *Notas Téc. FACIMAR* **6**, 33-44.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT® user's guide, version 9.1.3. **SAS Institute Inc.** Cary, NC, USA. 2005.

SILVA, A.T. (2012) Componentes de variância para larvas e juvenis de ostras *Crassostrea gigas*. *Relatório de estágio*, 1-27. Florianópolis.

Silva, A.T. (2014) Crescimento de ostras *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) em diferentes sistemas de cultivo. *Dissertação*, 1-47. Florianópolis.

Squella F.J.L. (2008) Taxas fisiológicas alimentares e potencial de crescimento da vieira *Nodipecten nodosus* (L. 1758) cultivada em ambiente com alta concentração de seston. *Dissertação*, 1-53. Florianópolis.

Strickland, J.D.H.; Parsons, T.R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis*. Fishery Research Board, Canada.

Taris N., Ernande B., McCombie H., Boudry P. (2006) Phenotypic and genetic consequences of size selection at the larval stage in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.* **333**, 147–158.

Thompson R., Brotherstone S., White I.M.S. (2005) Estimation of quantitative genetic parameters. *Phil. Trans. R. Soc. B.* **360** (2), 1469 – 1477.

Tureck C.R., Vollrath F., Melo C.M.R., Ferreira J.F. (2014) Rendimento de sementes da ostra *Crassostrea gasar* produzidas em laboratório e cultivadas em Santa Catarina – Brasil. *Bol. Inst. Pesca* **40** (2), 281 – 290.

Vieira K.S. (2013) Parâmetros genéticos para peso e altura de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*). *Dissertação*, 1– 40. Florianópolis.

Wang, H.; Chai, X.; Liu, B. (2011) Estimation of genetic parameters for growth traits in cultured clam *Meretrix meretrix* (Bivalvia: Veneridae) using the Bayesian method based on Gibbs sampling. *Aquaculture Research* **42**, 240 – 2479.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BOUDRY, P.; DÉGREMONT, L.; TARIS, N.; MCCOMBIE, H.; HAFFRAY, P.; ERNANDE, B. Genetic Variability and Selective Breeding for Traits of Aquacultural Interest in the Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*). **Bull. Aquacul. Assoc.** v.104, n. 2, p. 12 – 18. 2004.

BOURDON, R. M. **Understanding animal breeding**. 2nd edition. New Jersey: Trentice-Hall Inc. 2000.

BOWMAN, J.C. **Introdução ao melhoramento genético animal**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 87p. 1981.

BRASIL. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira - 2015/2020** Disponível em:

<http://www.mpa.gov.br/files/docs/Outros/2015/Plano_de_Developim ento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2015.

DÉGREMONT, L.; BÉDIER, E.; BOUDRY, P. Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). II. Response to selection for survival and its influence on growth and yield. **Aquaculture**. v. 299, p. 21–29. 2010.

DÉGREMONT, L.; ERNANDE, B.; BOUDRY, P. Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). I. Estimation of genetic parameters for survival and growth. **Aquaculture**. v. 262, p. 41–53. 2007.

DORE, I. **Shellfish: a guide to oysters, mussels, scallops, clams and similar products for the comercial user**. New York : Van Nostrand Reinhold, xiv, 240p. 1991.

DUNHAM, R.A. Introduction to genetics in aquaculture XI: The past, present and future of aquaculture genetics. **Aquaculture**. S1–S2: 420–421, 2014.

ELER, J.P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal: II Seleção**. São Paulo. 2014. Disponível em:

<<http://www.usp.br/gmab/discip/apos1.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Informativa da Maricultura 2014**. Florianópolis,

Santa Catarina. 2014. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese_informativa_da_maricultura_2014.pdf> . Acesso em: 29 dez. 2015.

FALCONER, D.S. **Introdução à Genética Quantitativa**. Trad. De Martinho de Almeda e Silva e José Carlos Silva. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 279p. 1987.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh : Longman Group Limited.,464p. 1996.

FAO. El estado mundial de la pesca e acuicultura 2014. **Publicação da Food and Agriculture Organization**. 253p. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/7870db4d-2558-4714-9c560cf49f010f3e/i3720s.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Parceria público x privada no desenvolvimento de pesquisa em melhoramento genético animal. **Rev. Bras. Zootec.**, v.39, p. 216-222. 2010.

GJEDREM, T. **Selection and breeding programs in aquaculture**, Springer. The Netherlands. 364p. 2005.

GJEDREM, T.; ROBINSON, N.; RYE, M. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. **Aquaculture**. v. 350–353, p. 117–129. 2012.

GOSLING, E. M. **Bivalve molluscs**. 443p. 2003.

HARRIS, J. Aquatic Invasive Species Profile. Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). **Aquatic Invasion Ecology**. Disponível em: <http://depts.washington.edu/oldenlab/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/Crassostrea-gigas_Harris.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2014.

HE, M.; GUAN, Y.; YUAN, T.; ZHANG, H. Realized heritability and response to selection for shell height in the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould). **Aquaculture Research**. v. 39, p. 801-805. 2008.

HELM, M, N. BOURNE, A. LOVATELLI. 2006. **Cultivo de Bivalvos en criadero. Un manual práctico**. FAO, Roma. 182 p. 2006. Disponível <<http://www.fao.org/docrep/009/y5720s/y5720s00.htm>> Acesso em: 04 jan. 2016.

HERSHBERGER, W. K. Genetic selection and systematic breeding in Pacific oyster culture. **Aquaculture**. v.39, p. 237-245. 1984.

KANG, J.-H.; KANG, H.-S.; LEE, J.-M.; AN, C.-M.; KIM, S.-Y.; LEE, Y.-M.; KIM, J.-J. Characterizations of Shell and Mantle Edge Pigmentation of a Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, in Korean Peninsula. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 26, n.12, p. 1659–1664. 2013.

KONG, N.; LI, Q.; YU, H.; KONG, L-F. Heritability estimates for growth-related traits in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) using a molecular pedigree. **Aquaculture Research**. v. 46, p. 499–508. 2015.

KY, C.-L.; BLAY, C.; SHAM-KOUA, M.; VANAA, V.; LO, C.; CABRAL, P. Family effect on cultured pearl quality in black-lipped pearl oyster *Pinctada margaritifera* and insights for genetic improvement. **Aquatic Living Resources**. v. 26, p. 133-145. 2013.

LERNER; I. M.; DONALD. H. P. **Recentes progressos no melhoramento genético dos animais**. Editora Polígono e EUSP. 342 p. 1969.

LI, Q.; WANG, Q; LIU, S; KONG, L. Selection response and realized heritability for growth in three stocks of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. **Fish Sci**. v. 77, p. 643–648. 2011.

LÔBO, R.B.; BITTNECOURT, T.C.B.S.C.; PINTO, L.F.B. Progresso científico em melhoramento animal no Brasil na primeira década do século XXI. **R. Bras. Zootec**. v.39, p.223-235. 2010.

MBP. Molluscan Broodstock Program - Program Summary.

Disponível em:

<http://marineresearch.oregonstate.edu/sites/default/files/mbp_brochure_9-20-07.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2016.

MELO, C.M.R.; DURLAND, E.; LANGDON, C. Improvements in desirable traits of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, as a result of five generations of selection on the West Coast, USA. **Aquaculture**. v. 460, p. 105–115. 2016.

MILAGRES, J.C. **Melhoramento animal: seleção**. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 77p. 1980.

NGUYEN, T.T.T; HAYES, B.J.; INGRAMC, B.A. Genetic parameters and response to selection in blue mussel (*Mytilus galloprovincialis*) using a SNP-based pedigree. **Aquaculture**. v. 420-421, p. 295-301. 2014.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. FEPMVZ Editora. 758p. 2012.

RESENDE, R.K.; OLIVEIRA, C.A.L.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. **Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas**. Embrapa Meio-Norte - Artigo em anais de congresso (ALICE). Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/871211>>. Acesso em: 03 jan. 2015.

RIBEIRO, R.P.; LEGAT, A.P. **Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil**. Embrapa Meio-Norte. 25p. 2008.

SANTOS, A.I.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; MORA, F.; FILHO, L.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, S.N. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. **Pesq. agropec. bras.** v.46, n.1, p.33-43. 2011.

THOMPSON, R. Estimations of quantitative genetic parameters. **Proc. R. Soc. B.** v. 275, p. 679–686. 2008.

VIEIRA, K.S. Parâmetros genéticos para peso e altura de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*). **Dissertação**. 40p. Florianópolis. 2013.

WARD, R.D.; ENGLISH, L.J.; MCGOLDRICK, D.J.; MAGUIRE, G.B.; NELL, J.A.; THOMPSON, P.A. Genetic improvement of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Austrália. **Aquaculture Research**. v. 31, p. 35-44. 2000.

YAN, X.; HUO, Z.; YANG, F.; ZHANG, G. Heritability of larval and juvenile growth for two stocks of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. **Aquaculture Research**. v. 45, p. 484–490. 2014

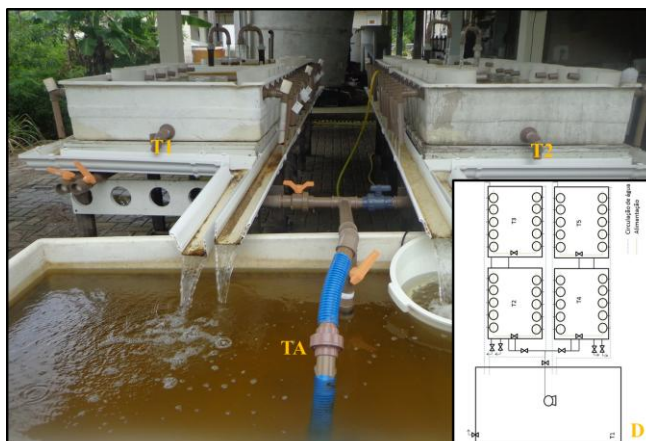
ANEXOS

Anexo A. Sistema de larvicultura.



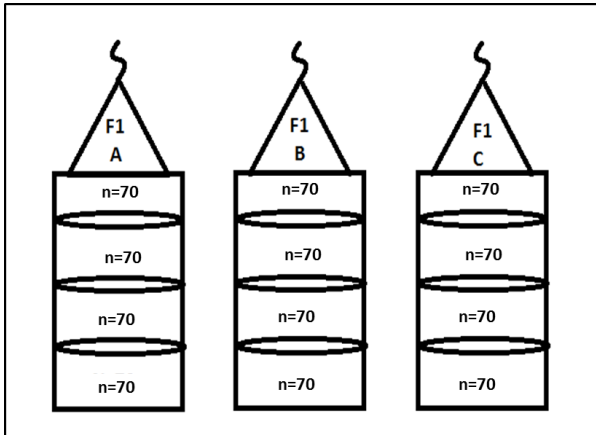
Onde: TA = tanque de alimento; TD 1 e 2 = tanques de distribuição de água e UE = unidade experimental (em detalhe).

Anexo B. Sistema de assentamento.



Onde: TA = tanque de distribuição de alimento; T1 e T2 = tanques de alojamento das unidades experimentais e em detalhe, uma visão superior do sistema.

Anexo C. Delineamento experimental das famílias em campo ao serem transferidas para a lanterna intermediária.



Onde: F1 = família; A, B e C = repetições; n = número de animais em cada andar da lanterna.