

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE AGRONOMIA

AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Augusto Donadel Basso

Matrícula: 00228257

MALACOCULTURA: CULTIVANDO O MAR

PORTO ALEGRE

Abril de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE AGRONOMIA

AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO

MALACOCULTURA: CULTIVANDO O MAR

Augusto Donadel Basso

Matrícula: 00228257

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Supervisor de campo do estágio: Carlos Henrique de Araújo Miranda Gomes, Biólogo

Orientador acadêmico do estágio: Prof. Dr. Danilo Pedro Streit Junior, Dr. em Zootecnia

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Selbach - Depto de Solos (Coordenador)

Prof. Alexandre Kessler - Depto Zootecnia

Prof. José Antônio Martinelli - Depto Fitossanidade

Prof. Sérgio Tomasini - Depto de Horticultura e Silvicultura

Prof. Alberto Inda Jr. - Depto de Solos

Profa. Carla Andrea Delatorre - Depto de Plantas de Lavoura

Prof. André Luis Thomas - Depto de Plantas de Lavoura

Profa. Carine Simione - Depto de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

PORTO ALEGRE

Abril de 2020

RESUMO

A Malacocultura é uma forma de Maricultura onde não há necessidade de entrada externa de alimento, sendo este um dos principais custos nas demais produções, sejam marinhas ou terrestres. Nesta atividade, dentre os produtos de interesse comercial, destacam-se os moluscos bivalves: mexilhões (*Perna perna*), a ostra japonesa (*Crassostrea gigas*), a ostra nativa (*Crassostrea gasar* e *C. rhizophorae*) e as vieiras (*Nodipecten nodosus*), sendo a cadeia de produção de moluscos em Santa Catarina responsável por 98% de toda a produção nacional. Desta forma o local escolhido para realização do estágio obrigatório foi o Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC) localizado na Estação de Maricultura Elpidio Beltrame, Barra da Lagoa, no município de Florianópolis, referência na atividade. O objetivo foi acompanhar a dinâmica do setor, entender seus problemas e acompanhar as atividades do laboratório, especialmente a produção de larvas de ostras nativas e japonesas, nas quais concentram-se a produção. As atividades foram realizadas em conjunto com a equipe, como o manejo das larvas e adultos, seleção de gametas, limpeza de tanques e equipamentos. Concluiu-se que o trabalho executado pelo LMM é de fundamental importância para a sustentabilidade e o desenvolvimento da malacocultura brasileira.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Esquema básico do processo de produção de sementes de molusco para venda desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC)	13
Figura 2 – Tanques de larvicultura de moluscos na estrutura do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC)	15
Figura 3 – Análise do desenvolvimento larval de moluscos em microscópio no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC)	16
Figura 4- Fluxograma do procedimento de metamorfose induzida desenvolvida no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).....	16
Figura 5 – Ciclo de desenvolvimento da larva de molusco	18
Figura 6 – Coleta de gametas pelo método “strip” desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).....	19
Figura 7 – Determinação de sexo das ostras desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).....	22
Figura 8 – Propagação de microalgas para alimentação larval dos Moluscos desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).....	22

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução	6
2. Caracterização do meio físico e socioeconômico de Florianópolis	7
3. Caracterização do LMM	8
4. Referencial teórico	9
4.1 Cenário geral da Malacocultura nacional	9
4.2 Cultivo em Santa Catarina	10
4.3 Obtenção de sementes	11
5. Atividades realizadas	14
5.1 Manejo da larvicultura	14
5.2 Desova de ostras	17
5.3 Produção de microalgas	20
6. Discussão	23
7. Considerações finais	25
8. Referências	26

1. INTRODUÇÃO

A malacocultura é uma atividade produtiva conhecida no ocidente desde o Império Romano, onde era feita a produção, processamento (cozimento e preservação em óleo comestível) e transporte de moluscos por vias marítimas, partindo da Itália com destino a península ibérica. Espalhando-se pela Europa desde o século XII, o consumo e cultivo destes organismos propiciou a existência de um processo de beneficiamento já naquela época, com logística e comércio regular entre diversos pontos da Europa (FERREIRA E OLIVEIRA NETO, 2007).

Considerando o cenário de desenvolvimento atual da sociedade, onde se torna inconcebível a produção de alimentos sem a preocupação com a minimização do impacto ambiental proveniente dos seus processos, a malacocultura representa uma boa alternativa para tal situação, uma vez que os cultivos podem melhorar a qualidade da água auxiliando na redução da concentração de nutrientes. Por meio da filtração, esses moluscos, reduzem as quantidades de matéria orgânica, nutrientes, silte, bactérias e vírus, aumentando a transparência da água e a penetração da luz solar, que por sua vez, estimulam a atividade fotossintética. Toda esta ação contribui para o aumento do oxigênio e fornece habitat para inúmeros organismos marinhos. A ação de cultivar o mar, pela própria necessidade ética e legal de fornecer um produto isento de contaminantes, impõe ao maricultor a atenção ambiental nas áreas de produção. Com isto os produtores tornam-se sentinelas na preservação do meio ambiente marinho (DA SILVA, et al. 2014).

A partir da contextualização acima descrita, optou-se por realizar o estágio no Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina. As atividades foram realizadas no período de 13 de janeiro a 04 de março 2020, totalizando 304 horas. O objetivo do estágio foi expandir o conhecimento acerca desta atividade de produção, acompanhando as atividades do laboratório, onde o foco era a produção de larvas de moluscos marinhos e o aprimoramento dos processos envolvidos na larvicultura.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONOMICO DA REGIÃO DE FLORIANÓPOLIS

Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina localizado na região Sul do país, possui uma população de 421.240 pessoas, com densidade demográfica de 623,68 hab/km². O município inclui uma parte continental, uma ilha principal e algumas pequenas ilhas possuindo uma área territorial de 674,844 km². Predomina o clima Cfa¹ - Clima subtropical, com verão quente e índice pluviométrico médio de 1462mm por ano. Os tipos de solo presentes são os argissolos, cambissolos, neossolos, gleissolos e organossolos. A cobertura vegetal é composta de Vegetação Litorânea, Floresta Ombrófila Densa e Vegetação Secundária. O relevo pode ser descrito através das duas unidades geomorfológicas presentes que são a Serra Litorânea e a Planície Costeira, apresentando assim, planícies costeiras com morros isolados e cristas montanhosas descontínuas (SMHSA, 2009).

Quanto aos indicadores socioeconômicos do município, o PIB/capita em 2017 foi de R\$ 40.162,60 (IBGE, 2020) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) é de 0,847 (2010), o que situa esse município na faixa de Desenvolvimento Humano muito alto (IDHM entre 0,800 e 1). O fator que mais contribui para o IDHM do município é longevidade (0,873), seguida de renda, (0,870), e de educação (0,800). A economia do município se destaca pelos setores de turismo, indústria, serviços e agropecuário. A integração da tecnologia com o setor produtivo, bem como a existência de aspectos naturais favoráveis tem gerado resultados positivos junto a setores produtivos tradicionais como por exemplo a aquicultura, que tem experimentado nos últimos anos um forte crescimento e notoriedade junto ao cenário nacional (SEBRAE, 2013).

¹ Segundo a Classificação climática de Köppen-Geiger;

3. CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO DE MOLUSCOS MARINHOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

O Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC) foi pioneiro no Brasil na produção comercial de sementes de ostras. A atividade iniciou no ano de 1990 e vem sendo incrementada ano a ano, concentrando-se na espécie ostra japonesa (*Crassostrea gigas*). Com o avanço da infra-estrutura e tecnologia nos processos do LMM, ampliou-se a gama de espécies de ostras, incluindo a ostra nativa (*Crassostrea sp.*), e de outros moluscos, no caso a vieira nativa (*Nodipecten nodosus*), o mexilhão nativo (*Perna perna*), dentre outras espécies. Em 2001 ocorreu a ampliação do laboratório, possibilitando o desenvolvimento tecnológico do cultivo de microalgas, maturação de reprodutores, larvicultura e manejo de sementes (C. Gomes, comunicação pessoal).

Através de uma parceria entre o LMM, EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) e os pescadores artesanais, desenvolveu-se uma forma alternativa não extrativista de produção. Este fato tornou o estado de Santa Catarina o maior produtor nacional de moluscos bivalves marinhos, gerando emprego, renda e resultados sociais percebidos na melhoria da qualidade de vida e na fixação de comunidades tradicionais nas regiões litorâneas, atuando como um importante mecanismo de contenção e reversão de fluxos migratórios (C. Gomes, comunicação pessoal). A produção de ostras da espécie *C. gigas*, atualmente a mais procurada por produtores, é diretamente dependente da oferta de sementes (juvenis) produzidas em laboratório, pois, embora hajam desovas de adultos maduros em ambiente natural, não são produzidas sementes viáveis. Segundo o levantamento realizado pelo IBGE em 2018, a quantidade de ostras, vieiras e mexilhões produzidas no município foi de 2.943.080 kg com valor da produção de R\$ 12.655.240,00 e de 39.973.000 sementes com valor de R\$ 799.460,00 (IBGE, 2020).

Nestes trinta anos de existência do LMM foram desenvolvidos 70 TCC's, 17 cursos de capacitação, 59 Dissertações, 7 Teses e 5 pós-doutorados. Foram criados mais de 350 empregos diretos e gerada uma renda estimada de R\$ 20.000.000,00 por ano (C. Gomes, comunicação pessoal). Atualmente o LMM é composto por dez técnicos e cinco apoiadores fixos além de bolsistas e estagiários temporários.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão apresentados com base na literatura os assuntos mais relevantes discutidos durante o estágio obrigatório.

4.1. Cenário geral da malacocultura nacional.

No ano de 1968, a produção aquícola brasileira foi incluída nas estatísticas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO). Isso possibilitou a avaliação nacional da situação de produção em escala industrial com os resultados de desempenho e referências de tendências em outros países. Conforme o último relatório de produção aquícola da FAO, a produção mundial de moluscos marinhos chegou a 17,1 milhões de toneladas, gerando 29.200 milhões de dólares, enquanto a produção nacional foi de quase 14 mil toneladas e gerou R\$ 45 milhões (FAO, 2018). Cabe ressaltar a diversidade de condições ambientais do território, possibilitando a produção dos diversos produtos relacionados ao cultivo aquícola (BARROSO et al., 2004).

Por necessitar uma boa qualidade ambiental durante a produção para a sua posterior comercialização, as ostras e mexilhões devem ser cultivados em áreas monitoradas e seguir padrões sanitários (SUPLICY, 2018). Seguramente este fato colabora para a proteção do meio ambiente através da produção e consequente preservação destas regiões onde os cultivos são realizados (BARG, 1992). Ao longo da costa nacional alguns cultivos são realizados em áreas que apresentam um potencial alto de impactar o sistema bentônico. De acordo com SUPLICY (2005) estes cultivos estão operando acima da capacidade de suporte do ambiente ou em locais demasiadamente rasos com limitada circulação de água, causando acumulação de resíduos e consequentemente danos na cadeia trófica do local. Por outro lado, a sustentabilidade dos sistemas pode ser alcançada por meio da utilização de boas práticas de manejo, como; a) a alocação dos cultivos em áreas com maior dinâmica das correntes marinhas e profundidade b) mudança periódica dos cultivos, uma vez que os mesmos possuem uma facilidade de mobilidade por não apresentarem estruturas fixas permanentes. A difusão entre os malacocultores desta prática de rotacionar os locais de cultivo, usual na agricultura sustentável, já foi recomendada por NALESSO et al. (2007). Por meio dessas medidas pode-se obter uma produção intensiva controlando adequadamente a qualidade ambiental das áreas de cultivo.

Com uma produção cada vez mais consolidada, a malacocultura apresenta uma excelente alternativa como matéria-prima para indústrias de processamento de pescado e produção de conservas. Há diversificação da oferta de produtos, gerando empregos, fixando

populações nativas litorâneas, evitando o êxodo para outros locais, permitindo complemento de renda para essas populações que geralmente obtêm sua manutenção diretamente do mar, o qual apresenta cada vez menos capacidade de suporte da demanda (BARBIERI et al., 2014). Relativamente, a simplicidade tecnológica e o pequeno investimento necessário para a produção de moluscos marinhos favorecem o desenvolvimento de empresas familiares. Sendo assim, pode-se dizer que a malacocultura abrange desde sistemas familiares, que utilizam para escoar sua produção o comércio local, até a escala empresarial que abrange a comercialização em níveis regional, nacional ou mesmo internacional (BARROSO et al., 2004).

4.2. Cultivo em Santa Catarina

No estado se destaca a ligação entre a pesquisa (UFSC), a extensão (EPAGRI) e a participação de pescadores locais como produtores. Ainda no final da década de 90, COSTA (1998) observou o evidente benefício desses atores na cadeia local de produção da carne de molusco. O autor observou ser evidente o trabalho da pesquisa na transferência de tecnologias para o setor a fim de consolidar a produção, permitindo que o cultivo de moluscos se colocasse como uma atividade comercial no estado, assim como estendendo sua abrangência a nível nacional, o que ocorreu a partir de 1990. O estreitamento desta relação pesquisa-extensão-produção, levou Santa Catarina à posição de maior produtor de moluscos cultivados do país. Esta experiência possibilitou que a malacocultura fosse difundida em praticamente todos os estados litorâneos brasileiros.

Em Santa Catarina, a malacocultura está consolidada principalmente na produção das espécies da família Mytilidae, (mexilhão = *P. perna*) e da família Ostreidae (ostra japonesa = *C. gigas*). Ainda cultiva-se em menor volume ostras nativas (*Crassostrea sp.*) e vieira nativa (*N. nodosus*) (DA SILVA, et al. 2014). Santa Catarina possui uma área litorânea com a presença predominante de baías e enseadas, com baixa profundidade, entre 3 e 8m e com uma declividade pequena próxima da costa. Este ambiente facilita o cultivo de forma simplificada, pois as áreas se localizam em locais rasos e com baixa corrente marinha, resultando em baixo investimento de infraestrutura. Estes locais apresentam boa qualidade de água para o cultivo, porém são considerados ecossistemas sensíveis a intervenções, por se tratarem de áreas semifechadas com forte pressão antrópica. Sendo assim, os cultivos devem ser dimensionados corretamente, pois a produção pode gerar uma sedimentação de resíduos, prejudicando o ambiente e comprometendo a sustentabilidade da produção (SUPLICY, 2005). Compreendendo tal fragilidade, em 2018, a EPAGRI em conjunto com o Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural – CEDERURAL, através da Câmara Setorial da Maricultura, elaborou um Plano

Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense. Para torná-lo mais abrangente, empregou-se uma abordagem participativa e ecossistêmica, considerando os principais aspectos sociais, econômicos e ambientais relacionados com o cultivo de moluscos marinhos no estado de Santa Catarina (SUPLICY, 2018). Esse plano possibilitou definir as áreas adequadas de cultivo que, desde 2012, já vinham sendo monitoradas pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC através de um convênio entre o Ministério da Pesca e Aquicultura. A companhia disponibiliza os resultados da classificação das áreas em relação ao risco de consumo em seu website (www.cidasc.sc.gov.br), atualizando o status das áreas quinzenalmente (SOUZA, 2017).

4.3. Obtenção de sementes

Existem três formas para a obtenção de sementes de moluscos: (a) Produção de sementes em laboratório através da fecundação induzida e desenvolvimento das larvas até o estágio de assentamento onde são comercializadas aos produtores; (b) Coletores artificiais das larvas colocados na coluna da água em ambiente natural e (c) Extração monitorada dos estoques nativos (FERREIRA E OLIVEIRA NETO, 2007). Dos métodos citados, o de maior aplicabilidade tanto em termos de eficiência quanto de impactos ambientais é o de produção em laboratório, mesmo sendo o de maior custo, pois requer um investimento em tecnologia específica, como um laboratório para produção de microalgas que servirão de alimento para as larvas e sementes, entre outros equipamentos e sistemas. Contudo, como a espécie mais cultivada é exótica no Brasil, são necessárias condições ambientais como temperatura da água ideal, quantidade e qualidade de estoque adulto (reprodutores) para obtenção de sementes viáveis no ambiente. Isto torna o cultivo no Brasil dependente exclusivamente da produção de sementes em laboratório, onde a reprodução e o desenvolvimento das larvas são realizados em ambientes controlados (GOMES, 1986 *apud* BASTOS, 2003).

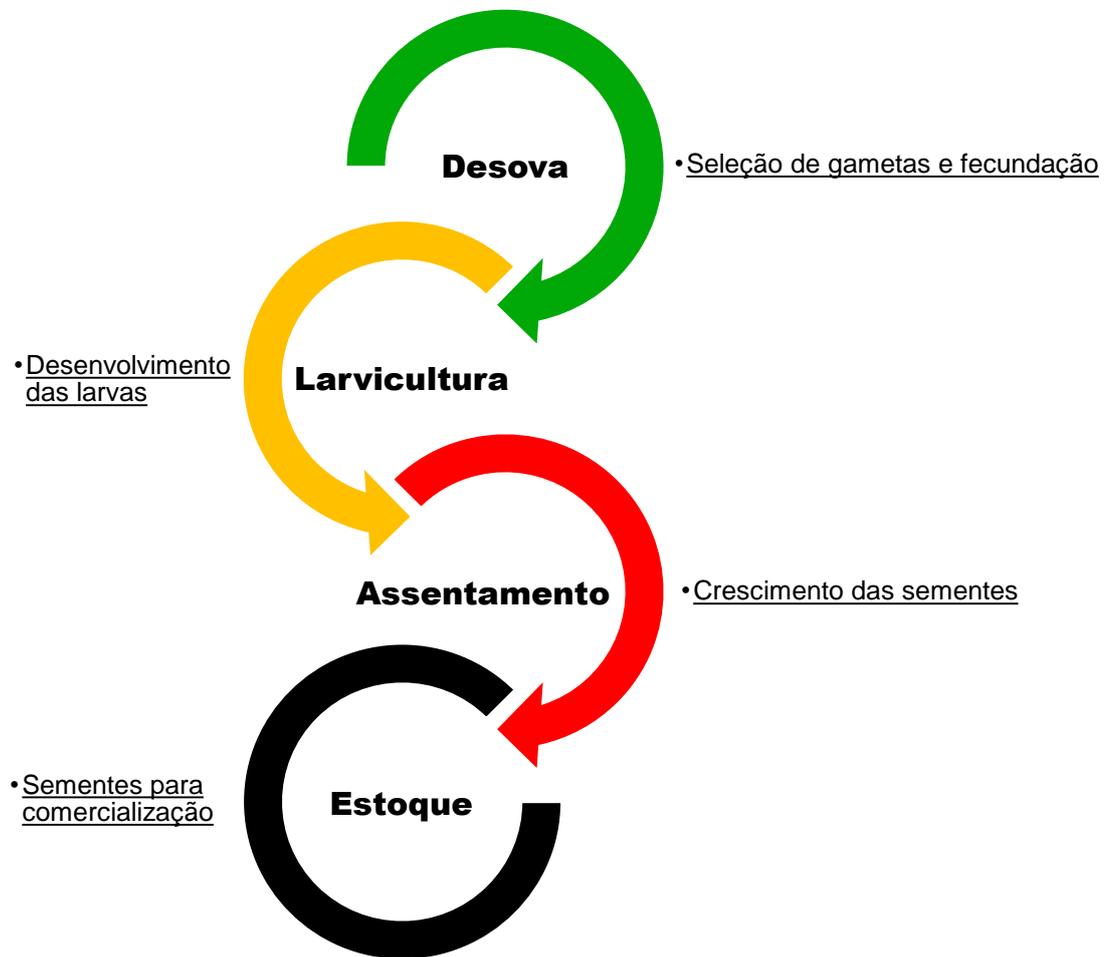
A produção comercial de sementes é uma atividade bastante onerosa, se comparada à extração do ambiente natural. Contudo é condição fundamental para garantir a continuação sustentável da malacocultura nacional. Conforme GUZENSKI (2013) o *déficit* no fornecimento de sementes no passado criou uma instabilidade no setor, desestimulando os produtores. Atualmente este fornecimento está garantido, entretanto observa-se uma inconstância nas safras anuais, tanto no número de sementes adquiridas pelos produtores como na produção de ostras.

O LMM é o único laboratório no Brasil com produção regular de sementes da ostra japonesa, sustentando a atividade em nível nacional e atendendo os estados brasileiros de Santa Catarina, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Piauí, Pernambuco, Bahia, Rio

Grande do Norte e Ceará. Por fazer parte da UFSC, o LMM participa dos processos de pesquisa e ensino, ações fundamentais para o desenvolvimento da atividade, criando uma relação muito eficaz entre a produção e a investigação científica. Esta relação torna o setor economicamente sustentável, pois a venda das sementes mantém a pesquisa e as atividades do laboratório funcionando independentes das verbas repassadas pelo setor público, podendo assim sustentar a produção até a iniciativa privada criar interesse no mesmo (FERREIRA E OLIVEIRA NETO, 2007).

Este processo de produção de sementes, como em toda atividade de cultivo, é o primeiro para iniciar a cadeia de produção de moluscos. Na figura 1 está esquematizada a cadeia de produção da semente de molusco.

Figura 1. Esquema básico do processo de produção de sementes de molusco para venda desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).



Fonte: Autor.

5. ATIVIDADES REALIZADAS

Ao longo do período do estágio obrigatório foram realizados o acompanhamento e a execução das atividades de rotina do Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC. Os trabalhos variavam conforme as atividades em execução no período. Por outro lado, existiam tarefas constantes que necessitavam de atenção diária, tais atividades se concentravam na parte de manejo dos tanques de larvicultura, as quais serão detalhadas a seguir.

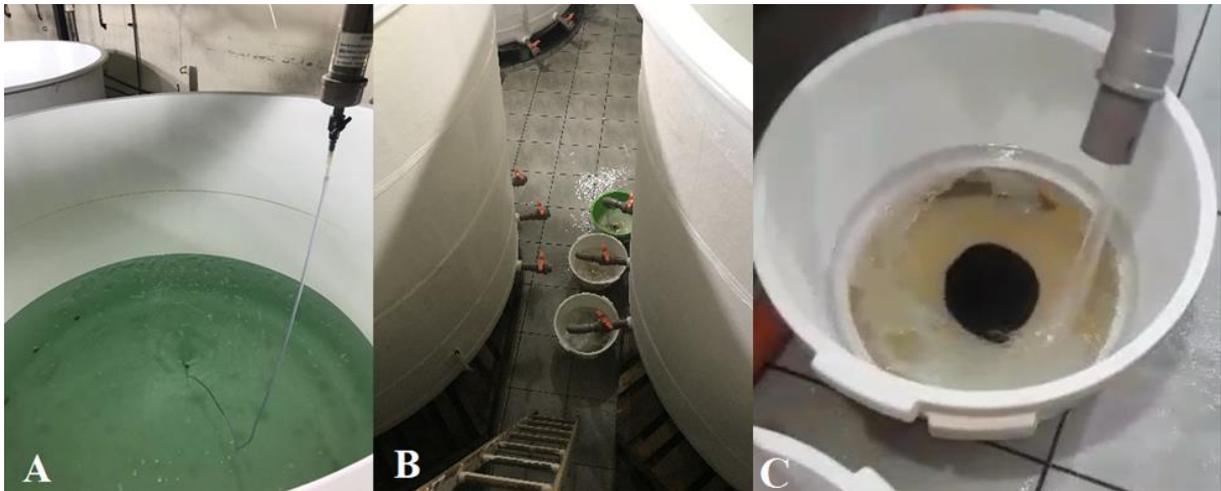
5.1. Manejo da larvicultura

O LMM possui uma estrutura que possibilita manter duas produções de larvas (larvicultura) concomitantes. Para cada produção são utilizados dois tanques de fibra de vidro com aeração forçada e alimentação manual. Os tanques de larvicultura são caracterizados por reservatórios de água com capacidade para 20.000 litros (figura 2- A). Dentro dos tanques, o sistema de difusão de O₂ é composto por uma mangueira com uma pedra porosa na extremidade, e esta fica posicionada no fundo do reservatório. A drenagem da água ocorre na parte inferior do tanque, onde existem seis saídas com registros de 50mm, sendo uma dessas localizada mais abaixo do que as outras. A drenagem é executada em três etapas: (1) Coluna d'água: Abrem-se os cinco registros, deixando apenas o localizado mais abaixo fechado, drenando todo o tanque; (2) Fundo: Inclina-se o tanque colocando-se um apoio do lado oposto das saídas e abrindo-se o registro restante; (3) Parede: Ainda com o tanque inclinado utiliza-se um jato de água para enxaguar a superfície interna do tanque.

O manejo diário das larvas nos tanques é realizado através da drenagem do tanque (figura 2 - B) e classificação das larvas por jogos de peneiras (figura 2 - C) com malhas de tamanhos diferentes. Estes jogos de peneiras com tecido de náilon possuem diferentes micragens² (35, 50, 70, 100, 145, 210, 230, 240, 315 e 500 µm) para classificação de larvas, facilitando assim o acompanhamento do desenvolvimento das mesmas. A contenção das larvas na peneira de 230 µm, juntamente com a análise visual de indivíduos fixados nas paredes e sistemas de drenagem dos tanques é um dos fatores utilizados para o direcionamento para a fase de assentamento na qual a larva estará apta para se tornar semente e posteriormente ser destinada a comercialização.

² Micra é o plural de micrometro ou micron, e equivale a dividir 1 milímetro por 1000. Ou seja, 1 micra é igual a 0,001 milímetro.

Figura 2. Tanques de larvicultura de moluscos na estrutura do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). A) Tanque com sistema de aeração, B) Drenagem de tanque, C) Jogo de peneira para classificação das larvas de ostras.

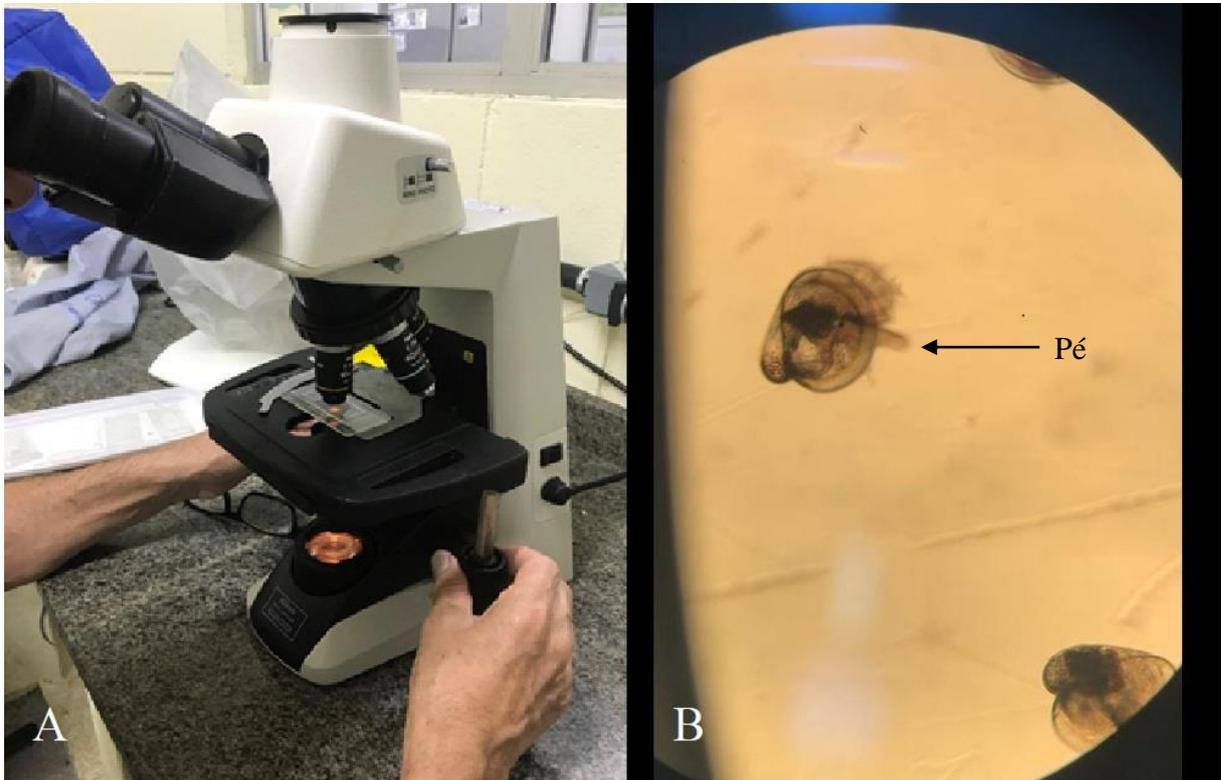


Fonte: Autor.

Um manejo regular adotado para a confirmação do estágio de assentamento da larva é a análise em microscópio de uma amostra (figura 3 - A) buscando identificar a presença de uma estrutura semelhante a um “pé”, classificando a larva como pedivéliger (figura 3 - B). Este critério de avaliação indica que a larva está procurando um lugar para assentar e submeter-se à metamorfose, processo no qual é móvel e após se fixar em algum substrato se tornará imóvel, denominando-se assim semente. Para facilitar a venda por unidade das sementes é necessário padronizar o tamanho dos lotes e suprimir a necessidade de substrato para fixação.

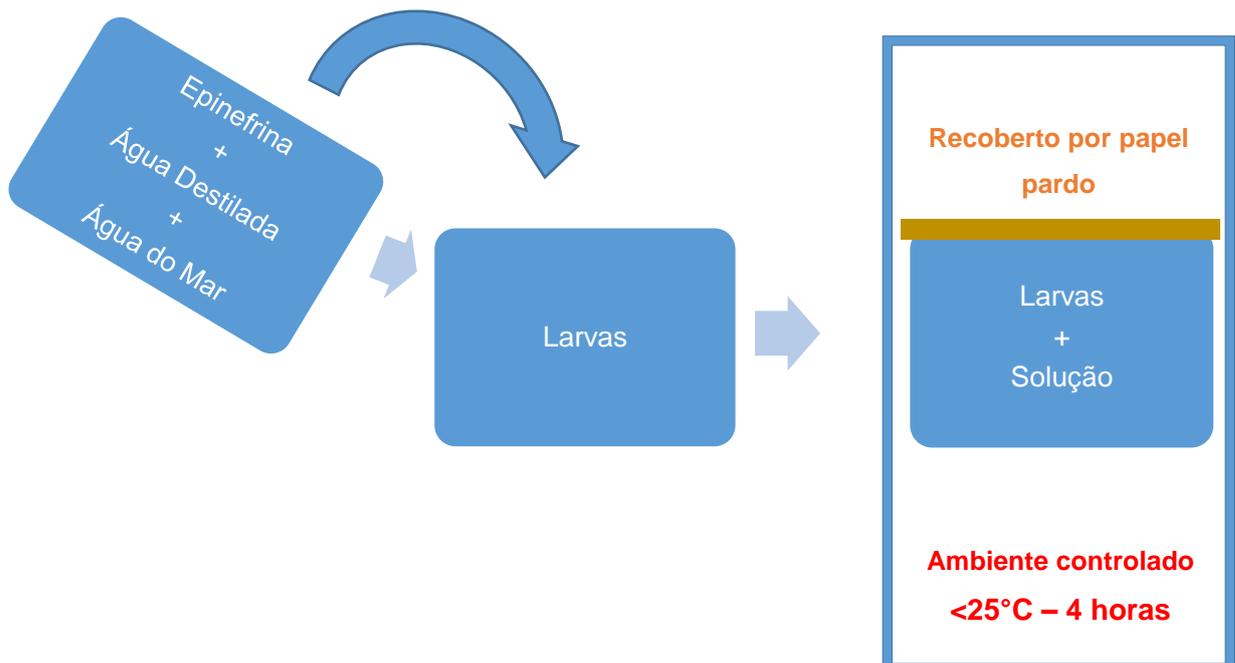
No manejo para induzir a metamorfose é necessária a utilização de um método químico que estimula o assentamento uniforme sem a necessidade de fixação dos indivíduos. A técnica é desenvolvida através do uso da epinefrina ($C_9H_{13}NO_3$) dissolvida em água destilada, na proporção de 0,33 g/L, e diluída na proporção de 1:9 em água do mar tratada. Esta solução é misturada com as larvas, e após ocorre a sobreposição dos baldes com cobertura de papel pardo por 4 horas em ambiente com temperatura controlada inferior a 25°C. Após o tratamento a solução é descartada e as larvas seguem para reservatórios menores e móveis com circulação de água contínua revestidos por uma camada de parafina para dificultar a fixação das larvas remanescentes do processo de metamorfose. Na figura 4 está esquematizado o procedimento de indução.

Figura 3 – Análise do desenvolvimento larval de moluscos em microscópio no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). A) Microscópio para análise e B) Larva em estágio pedivéliger.



Fonte: Autor.

Figura 4 – Fluxograma do procedimento de metamorfose induzida desenvolvida no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC).



Fonte: Autor

Quando as larvas são colocadas nos tanques de crescimento, esses recebem marcações com as especificidades de cada lote, informando a quantidade de indivíduos, estágio em que se encontram (larva ou semente) e quantidade de tratamentos com epinefrina a que foram submetidas. A recomendação para o sucesso das sementes é de no máximo três repetições, pois o tratamento com epinefrina causa grande estresse nas larvas contribuindo para um aumento da sua mortalidade. As larvas que não obtiverem sucesso na metamorfose são descartadas, já as que se transformarem em sementes ficarão no sistema com circulação contínua e alimentação diária até serem comercializadas, sendo classificadas com o uso de peneiras conforme seu tamanho e separadas em diferentes tanques.

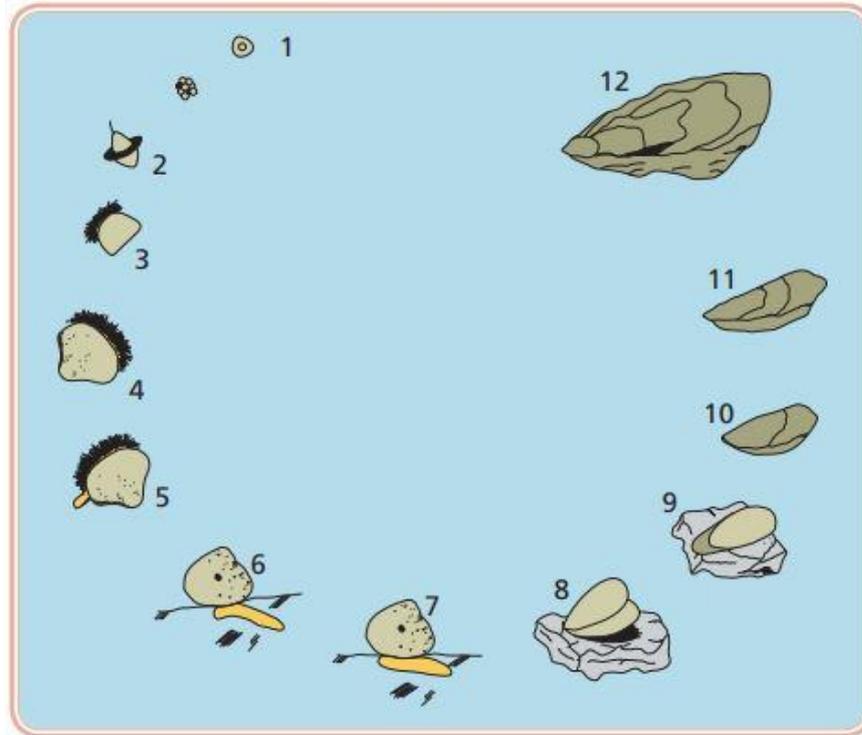
Os reservatórios de 20.000 litros, onde a larvicultura ocorre, são preparados diariamente após a drenagem para receber novamente larvas no dia seguinte. Esses reservatórios são lavados com água salgada, verificando cuidadosamente a existência de larvas que sofreram metamorfose e se agregaram às paredes e tubulações do reservatório. Após a lavagem e a verificação, enxagua-se com água doce para a primeira sanitização e posteriormente aplica-se uma solução de lima ácida (*Citrus latifolia*, Tanaka) cultivar Tahiti³, para assepsia dos mesmos. A solução é aplicada nos tanques com o uso de vassoura e escovão e após o tanque repousa por uma noite com a solução ácida. É interessante observar que a solução de lima ácida foi adotada no ano de 2002, pois até então era usado uma solução com hipoclorito de sódio, numa concentração que variava de 100 a 200 ppm. A vantagem encontrada na adoção da solução de lima ácida em relação à solução de hipoclorito de sódio, está no manuseio diário. O hipoclorito de sódio provocava problemas nas vias respiratórias dos operadores, principalmente o ressecamento das narinas (C. Gomes, comunicação pessoal). Além disso, a solução de lima ácida apresentou bons resultados de assepsia além de remover as machas amareladas deixadas pelo uso contínuo do hipoclorito de sódio, ressaltando a cor branca original dos tanques.

5.2. Desova de ostras

A desova é o processo inicial do ciclo da larvicultura (figura 5) consiste na: a) seleção dos indivíduos maduros para reprodução, b) estímulo ou raspagem da gônada para coleta dos gametas, c) determinação do sexo do indivíduo e qualidade dos gametas, d) fecundação e acomodação nos tanques de larvicultura.

³ 1 litro de água potável para duas limas trituradas, pesando em média 180 gramas totais, peneirados em tela de 50 micras e diluídos até o volume total de 3 litros.

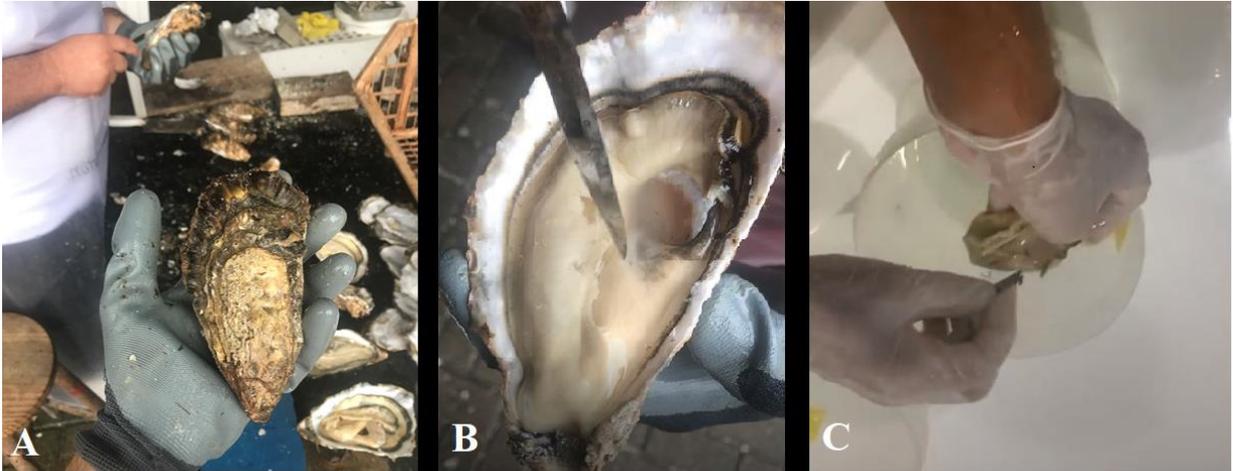
Figura 5 - Ciclo de desenvolvimento da larva de molusco.



Fonte: Abrunhosa, 2011

O LMM possui o seu próprio banco de reprodutores, tanto das espécies exóticas quanto nativas, localizado no parque marinho da praia do Sambaqui (27°29'18"S e 48°32'12"W), município de Florianópolis. Os indivíduos maduros são transferidos para as salas de acondicionamento do laboratório onde ficam armazenados sob condições controladas até o momento da desova. Para iniciar o processo, os indivíduos selecionados que irão para a desova são separados em mesas para o estímulo ambiental ou abertos para a raspagem das gônadas. Durante o estágio no LMM os dois métodos foram utilizados em momentos diferentes. Para o estímulo ambiental são utilizados fatores externos como: (a) mudança alternada da salinidade da água, onde as ostras são submergidas em água doce por um período e posteriormente colocadas em água salgada; (b) períodos de seca, deixando as ostras fora da água; (c) por variação da corrente, aplicando mudanças na intensidade de circulação e (d) alteração da temperatura da água. Já para a raspagem é executado o método "strip" (figura 6) onde os animais são abertos, removidos de suas conchas e sua gônada é cuidadosamente raspada com auxílio de uma lâmina, evitando a perfuração da glândula digestiva o que pode ocasionar uma contaminação dos gametas. Cabe ressaltar que neste método a ostra é sacrificada.

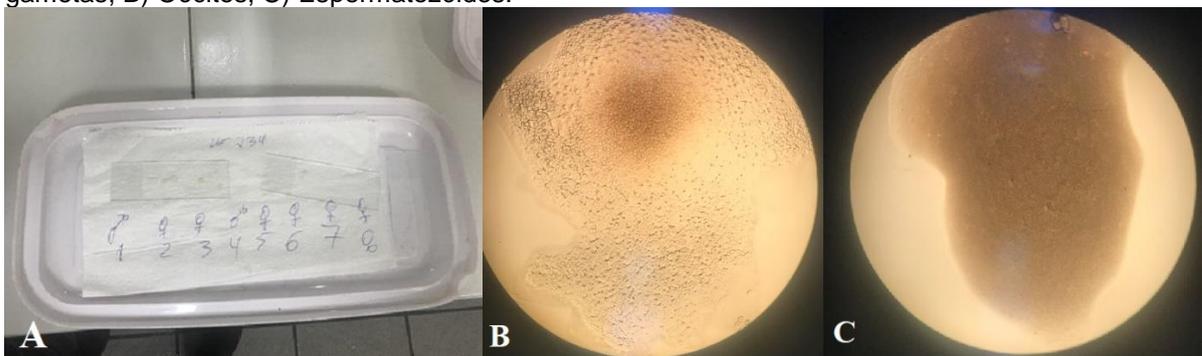
Figura 6 - Coleta de gametas da ostra pelo método “strip” desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). A) Seleção dos reprodutores, B) Abertura e retirada da concha, C) Raspagem com lâmina.



Fonte: Autor..

Após o processo de “strip” os gametas são amostrados e analisados em microscópio para determinação do sexo e qualidade dos mesmos. Por se tratar de uma espécie dióica e não haver dimorfismo sexual esta análise é necessária. Neste momento é realizada a seleção genética, pois são selecionados os gametas com as características desejadas, como: fêmeas que apresentam oócitos em formato arredondado e com maiores dimensões e machos com espermatozoides como um aglomerado compacto e com maior movimentação (figura 7).

Figura 7. Determinação de sexo das ostras desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). A) Amostras com confirmação de sexo dos gametas, B) Oócitos, C) Espermatozóides.



Fonte: Autor.

A seleção dos oócitos ocorre quando estes são peneirados em uma malha de 20 μm para selecionar os que apresentarem as melhores condições de tamanho e forma. Estes são colocados em um recipiente de 20 L com água salgada e misturados com uma solução de espermatozoides para que ocorra a fecundação. Na sequência, são colocados nos reservatórios maiores de 20.000 L

para iniciar o desenvolvimento, que acontece duas horas após a fecundação com o processo de clivagem, onde o embrião evolui para os estágios de mórula, blástula e gástrula, representadas nas fases 1 e 2 (figura 5), em apenas seis horas. Entre 12 a 16 horas a larva desenvolve a capacidade de nadar usando uma estrutura denominada “coroa de cílios”, sendo classificada como trocófora, fase 3 (figura 5). Continuando seu desenvolvimento, após 24 horas a larva ganha uma forma de “D” e se torna transparente, fase 4 (figura 5). Esta fase perdurará por uma média de seis dias, onde ela desenvolverá uma forma mais arredondada ocorrendo a formação do umbo, sendo classificada como larva véliger umbonada. Assim ela seguirá se desenvolvendo até a última fase no tanque de larvicultura, denominada larva pedivéliger, fase 5 (figura 5), aproximadamente pelo décimo sétimo dia, onde já apresenta uma estrutura de fixação, abandonando a coluna d’água e direcionando-se para o fundo.

O conhecimento das 12 fases de desenvolvimento de metamorfoses, desde o desenvolvimento embrionário do molusco, é de vital importância para o sucesso da larvicultura. Cada fase determinará a quantidade de alimentação que será fornecida para o lote, assim como a micragem das peneiras que serão utilizadas para drenagem e classificação a medida que ocorre o desenvolvimento do molusco. No primeiro dia da larvicultura é utilizada uma peneira com 35 µm para a drenagem do tanque e as larvas não recebem alimentação, no segundo e terceiro dia usa-se uma peneira com 50 µm e se começa a fornecer alimentação. No quarto dia, e assim sucessivamente até o final da larvicultura, em torno de 17 dias, é utilizada uma peneira com 70 µm e a alimentação é calculada conforme o crescimento das larvas e a disponibilidade de microalgas.

5.3. Produção de microalgas

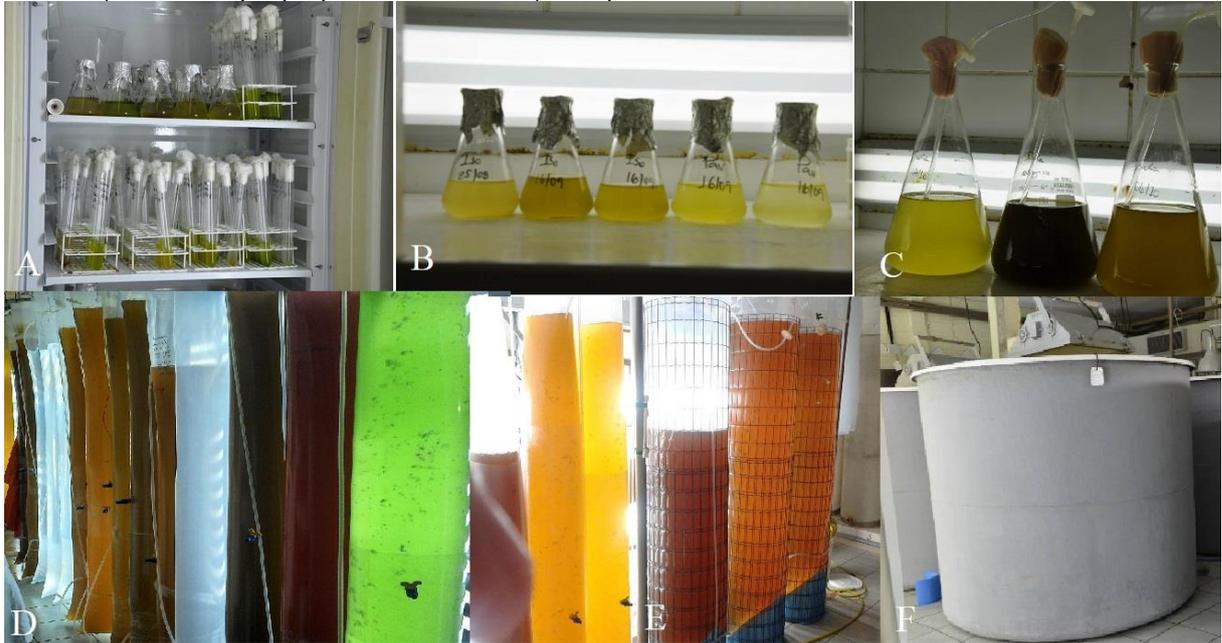
A alimentação das larvas de moluscos é de vital importância para o sucesso da produção, sendo requerida diariamente e em grande volume. Para isso o LMM possui um laboratório de microalgas para suprir esta demanda, contando com variedades importadas do Banco de cepas de Provasoli Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton (CCMP – USA), com capacidade máxima de produção diária de 20 toneladas. Entre as espécies de microalgas produzidas estão: *Chaetoceros calcitrans*, *C. muelleri*, *Thalassiosira pseudonana* – clone 3H, *Skeletonema sp.*, *Isochrysis sp.* – ISO, *Pavlova sp.*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis suecica* e *Thalassiosira fluviatilis*. Para iniciar a propagação em escala de uma variedade, as cepas são selecionadas em meio ao banco de cepas do laboratório.

O manejo de microalga para propagação em escala ocorre a partir de uma repicagem originada do banco de cepas. Para isso, um volume de cepas é transferido primeiramente para

recipientes de menor volume, como tubos de ensaio e erlenmeyers pequenos. Estes recipientes contém meio de cultura f/2 de Guillard ⁴sob condições controladas de luz, temperatura e assepsia. Cabe ressaltar que sempre deve retornar uma quantidade de microalgas para manutenção do banco. Após visualização de sucesso na propagação, a microalga selecionada continuará sendo repicada para volumes maiores até alcançar a quantidade de produção requerida (figura 8). Diariamente é realizado o monitoramento, coletando-se informações sobre os dados físico-químicos, quantidade dos inóculos, concentrações celulares e contaminações. Pela complexidade de fatores envolvidos para a manutenção do estoque e importância do mesmo para o sucesso da produção de larvas e pesquisa, estas tarefas citadas são executadas por um corpo técnico específico, composto por uma bióloga e uma bolsista do curso de aquicultura da UFSC, sendo este processo apenas observado durante o estágio. Através do levantamento da concentração celular dos reservatórios de microalgas, é realizado o cálculo da quantidade em litros de alimentação a ser fornecido para as larvas e sementes. Este protocolo então é realizado manualmente com o uso de baldes de 20 L e mangueiras pelos bolsistas, estagiários e funcionários do local.

⁴ Meio de cultura para algas marinhas composto de água do mar, soluções de nitrato (NaNO₃), fosfato (NaH₂PO₄), traço de metais (CoCl₂, CuSO₄, MnCl₂, Na₂MoO₄, ZnSO₄, FeCl₃ e EDTA) e vitaminas (tiamina, biotina e cianocobalamina).

Figura 8 - Propagação de microalgas para alimentação larval dos moluscos desenvolvido no Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC). A) Banco de cepas, B) Erlenmeyers pequenos, C) Erlenmeyers maiores, D) Sacos de polipropileno de 100 L, E) Sacos de polipropileno de 500 L, F) Tanques de 4000 L.



Fonte: Autor.

6. DISCUSSÃO

O Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC) diferencia-se de outros laboratórios por possuir um setor de produção em conjunto com a pesquisa e o ensino, fazendo da difusão de tecnologias o seu principal foco. Os diferentes manejos de produção desenvolvidos seguem um processo de melhoria contínua, sendo submetidos a testes constantes.

A substituição do uso de cloro por lima ácida para assepsia dos tanques de larvicultura e outros equipamentos foi um exemplo deste processo de inovação, tornando-se uma metodologia difundida entre outros produtores de sementes para executar a limpeza de seus equipamentos. É importante salientar que toda a pesquisa e conhecimento desenvolvido pelo laboratório é publicado e disponibilizado para o setor produtivo, como uma atividade de extensão do LMM. Isto demonstra o empenho que o LMM tem em desenvolver a malacocultura de forma ampla e homogênea, preconizando a sustentabilidade do setor e ressaltando a importância de integração entre as cadeias produtivas. Como enfatiza Costa (1998), é importante a ligação entre os trabalhos de pesquisa (UFSC), a extensão, representada pelo governo do estado (EPAGRI), e a direta participação do setor produtivo nos trabalhos. Por fim, a atuação de pescadores locais como produtores evidenciou o direcionamento da pesquisa e transferência tecnológica para o setor produtivo. Com isso o aumento de produção passou a permitir a caracterização do Cultivo de Moluscos como atividade comercial no Brasil, a partir de 1990.

Durante o período do estágio obrigatório, foi possível observar alguns mestrandos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e técnicos do próprio laboratório desenvolvendo suas pesquisas. Infelizmente pelo curto tempo de duração não foi possível acompanhar com maior atenção o desenvolvimento das pesquisas. Por outro lado, é sabido que as mesmas estão sendo conduzidas com foco na nutrição das ostras nativas (*Crassostrea gasar*) e na variação da aeração do sistema contínuo de larvicultura que está em testes de produção. Cabe salientar que este sistema foi mais um processo inovativo do LMM, após a ampliação do setor de microalgas do laboratório, onde duplicou-se a produção, podendo assim aumentar a densidade larval nos tanques, diminuindo o espaço físico necessário e a mão de obra envolvida.

Em relação aos resultados de produtividade, uma grande evolução ocorreu após o desenvolvimento tecnológico do cultivo de microalgas (SILVA, et al. 2004), maturação de reprodutores, larvicultura e manejo de sementes. Isto permitiu um salto na produção de sementes de ostra japonesa (*C. gigas*), a principal variedade comercializada, passando de uma entrega mensal de 400 mil em 1997 para 4,5 milhões em 2005. Conforme Ferreira e Oliveira

Neto (2007), até o ano de 1997 toda a produção dependia de maturação em ambiente natural e as sementes eram repassadas ao setor produtivo com tamanhos acima de 3 a 4 mm. Atualmente, 90% do manejo produtivo dá-se através de maturação controlada e induzida em laboratório, garantindo uma excelente produtividade e nos períodos do ano ideais de produção. Assim, mais de 80% da produção é entregue com tamanhos de 1 a 2 mm, com melhor rentabilidade e produtividade. Esta maior rentabilidade ocorre porque quanto mais cedo a semente for direcionada para o cultivo em ambiente aberto, maior será o desempenho desta.

A ampliação possibilitou também a intensificação dos trabalhos com espécies nativas de ostras, mexilhões e vieiras, esta última inclusive, sendo classificada por produtores de outros estados como de qualidade superior às demais já adquiridas, confirmando a qualidade das sementes fornecidas pelo LMM.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização do estágio foi possível confirmar a importância de um diálogo mais estreito entre a academia e o setor produtivo, demonstrando na prática que a relação entre a pesquisa, ensino e a produção é a chave para o desenvolvimento de uma economia sustentável e próspera. O LMM é um exemplo concreto desta tríade, pois apresenta uma aproximação constante com os malacocultores, tanto regionais quanto de outros estados. Esta experiência permite a troca de informações diretas, as quais facilitam a compreensão mútua entre os envolvidos, possibilitando a construção conjunta de um setor forte e engajado. Por outro lado, a exclusividade da produção de sementes, produto fundamental para a cadeia produtiva, em especial da região, estar sob responsabilidade apenas do LMM é um problema. Este cenário torna obrigatório este laboratório manter o suporte de oferta de sementes, que é uma tarefa árdua e onerosa. Certamente esta dependência é perigosa, já que é um gargalo para o setor caso ocorra alguma falha no sistema de produção de sementes por parte do LMM.

Apesar do laboratório apresentar uma boa estrutura, contando com suporte de técnicos qualificados e equipamentos, falhas de fornecimento de energia e água são comuns no município. Devemos ressaltar que o laboratório está localizado em uma ilha que recebe um aporte muito grande de turistas no período do verão, ocorrendo apagões energéticos com frequência e em alguns dias de maior demanda no laboratório. Desta forma, cabe tanto ao setor produtivo quanto ao poder público ampliar a produção de sementes e assegurar os investimentos em estrutura para que assim a cadeia se dissemine e possa crescer de forma estável e sustentável.

Em relação às melhorias relacionadas ao LMM, acredito que a principal a ser incorporada seria uma automatização dos processos de alimentação e classificação das sementes, pois entre todos os processos eram os que demandavam maior esforço físico. Apesar de requerer um investimento para a implantação das melhorias, são simples de serem executadas, podendo ser copiadas de sistemas eletromecânicos utilizados em indústrias. Já em relação ao setor produtivo, recomendaria uma ação de maior participação do poder público para estruturar a cadeia de produção e distribuição de moluscos. Devendo ser considerado os fatores socioeconômicos e ambientais dos locais de produção, criando zoneamentos, facilitando o acesso a créditos e abrindo mercados para exportação.

8. REFERÊNCIAS

BARBIERI, E.; MARQUEZ, H.L.A.; CAMPOLIM, M.B. & SALVARANI, P.I. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *RGCI*, 14(3): 385-398. 2014.

BARG, U.C., Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. *FAO Fisheries Technical Paper*, 328, 122 p. 1992.

BARROSO, G.F.; SUBTIL, E.L.; GARCIA, A.N. Aspectos da qualidade da água na área de cultivo de moluscos bivalves em Anchieta (ES). Capítulo 22 e 23, p. 211-223. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2004.

BASTOS, D.S.; Novo sistema de berçário para aumentar a eficiência e rendimento no cultivo de sementes de *Crassostrea giga*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

COSTA, S.W. Cadeias Produtivas do Estado de Santa Catarina: aquicultura e pesca. EPAGRI, Florianópolis, Boletim Técnico, n 97. 62 p. 1998.

DA SILVA, F.C., BERCHT, M., BLACHER C., DE MELO C.M., GOMES C.H., DE ARAÚJO J.. O Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) e seus 30 anos de desenvolvimento tecnológico na área de moluscos. Disponível em: <https://moluscosmarinhos.paginas.ufsc.br/files/2014/09/LMM-banner-AQUACIENCIA-2014-final.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2020.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2018.

FERREIRA, J. F.; OLIVEIRA NETO, F.M. . O Cultivo de Moluscos em Santa Catarina. In: Gilberto Fonseca Barroso, Luís Henrique da Silva Poersch, Ronaldo Olivera Cavalli, Alfredo Olivera Galvez. (Org.). *Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-econômicos*. Capítulo 10, p. 87-96. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 316 p. : il. ; 28 cm. - (Série Livros ; 26), 2007.

GUZENSKI J. Avaliação integrada das condições ambientais e do desempenho produtivo do cultivo de mexilhões e ostras no estado de Santa Catarina, Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 189 p. 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto dos Municípios, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/pesquisa/38/46996>. Acesso em: 14 de abril de 2020.

NALESSO, R. C.; COSTA, K. G.; PARESQUE, K; PIUMBINI, P. P.; ALMEIDA, L.G.; NICKEL, V. Impacto do cultivo de bivalves na estrutura da comunidade macrobentônica do sedimento em Anchieta, ES. In: Gilberto Fonseca Barroso; Luís Henrique da Silva Poersch; Ronaldo Olivera Cavalli. (Org.). Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: recursos, tecnologias e aspectos ambientais e socioeconômicos. Capítulo 24, p. 225-234. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 316 p. :il. ; il ; 28 cm. - (Série Livros ; 26), 2007.

SANTOS, C.M dos. Impactos positivos e negativos do cultivo de bivalves em áreas costeiras. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 62 f. : il., figs., tabs. 2016.

SEBRAE/SC - Santa Catarina em Números: Macrorregião Grande Florianópolis. 2013. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Macrorregiao%20-%20Grande%20Florianopolis.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL – SMHSA, PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS – PMF/SC. Diagnóstico da caracterização física das unidades territoriais de análise e planejamento. 2009. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/19_07_2010_17.32.06.d8b34934130a180a109f15ce1ad52eb1.pdf. Acesso em: 14 de abril de 2020.

SOUZA, R.V. de et al. Modelagem estatística da contaminação microbiológica de áreas de cultivo de moluscos bivalves. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 138 p. 2017.

SUPLICY, F. M. Cultivo de moluscos: Uma atividade que produz inúmeros impactos ambientais positivos. *Panorama da Aquicultura*, 9 (5): 27–31. 2005.

SUPLICY, F. M. Plano Estratégico para Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense (2018- 2028). Florianópolis: Epagri, 2018.

WILSON A. de A. Diagnóstico da malacocultura no município de bombinhas. Monografia submetida ao Departamento de Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 95 p. 2006.