

UNIVERSIDADE METROPOLITANA DE SANTOS

EDUARDO GOMES DA SILVA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUACULTURA INTEGRADA
MULTITRÓFICA (MEXILHÃO *Perna perna*, VIEIRA *Nodipecten nodosus* E
ALGA *Kappaphycus alvarezii*) NO LITORAL SUDESTE DO BRASIL: UM
MODELO DE FAZENDA AQUÍCOLA EM PEQUENA ESCALA**

SANTOS

2021

EDUARDO GOMES DA SILVA

Viabilidade econômica da aquacultura integrada multitrófica (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) no litoral sudeste do Brasil: Um modelo de fazenda aquícola em pequena escala

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Metropolitana de Santos para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária.

Área de concentração:
Medicina Veterinária

Orientador:
Prof^o. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Co-Orientador:
Prof^o Dr Leonardo Castilho de Barros

SANTOS

2021

Biblioteca Central UNIMES
Angela M^a Monteiro Barbosa – Bibliotecária CRB-

S579v Silva, Eduardo Gomes da
Viabilidade econômica da aquicultura integrada multitrófica
(mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga
Kappaphycus alvarezzi) no litoral sudeste do Brasil: um modelo de
fazenda aquícola em pequena escala. / Eduardo Gomes da Silva. –
Santos, 2021.
64 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques
Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Castilho de Barros
Dissertação (Mestrado) Medicina Veterinária no Meio Ambiente
Litorâneo. – Universidade Metropolitana de Santos, 2021.

1. AIMT. 2. Algocultura. 3. Modelo de negócios. 4. Moluscos
bivalves. 5. Relação benefício-custo. I. Título.

CDD 639.4

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SILVA, Eduardo Gomes

Título: Viabilidade econômica da aquicultura integrada multitrófica (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) no litoral sudeste do Brasil: Um modelo de fazenda aquícola em pequena escala

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Metropolitana de Santos para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária.

Data: 02/07/2021

Banca Examinadora

Prof. Dr.: Marcelo Barbosa Henriques

Instituição: Universidade Metropolitana de Santos – Julgamento: Aprovado

Profa. Dra.: Graciela Lucca Braccini

Instituição: UniCesumar – Julgamento: Aprovado

Prof. Dr.: Fábio Parra Sellera

Instituição: Universidade Metropolitana de Santos – Julgamento: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, por toda força, luz e sabedoria transmitida ao longo de minha vida, e por estar comigo e todos os momentos, sempre me guiando para o caminho certo.

Aos meus pais, por todo apoio ao longo da minha vida acadêmica e também durante minhas pesquisas durante a especialização.

Ao meu orientador do Mestrado Acadêmico em Medicina Veterinária, o Profº Dr. Marcelo Barbosa Henriques por todo conhecimento transmitido, pelas contribuições científicas ao longo de todo mestrado, e por ter incentivado a gostar de Bivalves Marinhos e me aprofundado no tema.

Ao Coordenador do Mestrado Acadêmico em Medicina Veterinária, o Profº Dr. Milton Ricardo Azedo, pela oportunidade de ter me aceitado como aluno e ter me proporcionado todo aprendizado e apoio durante o curso.

À Profª Dra. Juliana Martins Aguiar, por ter me aceitado como estagiário em suas duas disciplinas da graduação de Medicina Veterinária, onde tive a oportunidade de me aprofundar mais nos assuntos relacionados a Parasitologia Veterinária e Doenças Parasitárias, e ter apresentado esses conhecimentos na disciplina de Preparação Pedagógica no Mestrado.

À Profª MSc Angela Ferreira de Lima Pizzaia, da Unicesumar em Maringá, por toda sua ajuda, compreensão e amizade ao longo desses anos em nossos trabalhos e projetos de pesquisa.

À Profª Dra. Graciela Lucca Braccini, da Unicesumar em Maringá, por todo seu apoio, amizade, dedicação e participação em meus projetos de pesquisas.

À Médica Veterinária Juliana Ferreira, pela sua amizade e paciência durante o Mestrado.

À Médica Veterinária Marcella Tavares, por toda sua amizade e compreensão ao longo do Mestrado.

À todos os professores, palestrantes e amigos do Mestrado em Medicina Veterinária da Unimes por terem me aceitado como aluno e colega de curso, onde mesmo não sendo veterinário, pude aprender de perto a profissão e ter tido a chance de aprender cada dia mais.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial ao Jonathan Matheus de Melo da especialização em Biotecnologia da Universidade Estadual de Maringá, Larissa Borges, operadora de caixa da Drograria Pouparfarma e a Fisioterapeuta e aluna de Medicina da Unaerp (Guarujá), Dra Daiane Carvalho, pela amizade que cada um tem comigo, e principalmente por acreditarem na educação e sempre me apoiarem em todos os meus estudos e decisões a respeito das minhas pesquisas, onde sem essa energia positiva, não teria chegado até aqui.

Agradeço também a todos que não mencionei, mas que de alguma forma puderam acreditar em mim e nos meus estudos, enviando energias positivas e esperança de um futuro melhor.

Sou muito grato por tudo e por todos durante toda minha vida.

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”

Marcel Proust

RESUMO

SILVA, E. G. **Viabilidade econômica da aquacultura integrada multitrófica (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) no litoral sudeste do Brasil: Um modelo de fazenda aquícola em pequena escala.** [Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model]. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Metropolitana de Santos, Santos, 2021.

O cultivo de moluscos bivalves é considerado uma atividade estratégica para o desenvolvimento do litoral paulista, tendo em vista seu alcance social e econômico às comunidades e populações litorâneas, tornando alternativa para minimizar a crise atravessada pelo setor pesqueiro, visando reduzir o esforço sobre os estoques dentro de um contexto econômico e ambientalmente sustentável. A viabilidade econômica da aquacultura integrada multitrófica (AIMT) (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) na costa sudeste do Brasil foi avaliada para o sistema de produção familiar de pequena escala, em 0,4 ha. Foram utilizados dois *longlines* de 85 m para o cultivo de *P. perna* e dois para *N. nodosus* (Cenário A). Além disso, entre os *longlines*, para o sistema AIMT (Cenário B) foram instaladas quatro balsas de 85 m para o cultivo de *K. alvarezii*. Custos de investimento e operacionais, e índices de rentabilidade foram estimados para os dois cenários de produção. Foram também realizadas simulações de variações na sobrevivência e nos preços de comercialização dos produtos. Uma análise de sensibilidade simulou as consequências de uma perda anual de safra. Os indicadores financeiros de Receita bruta e Lucro operacional, bem como os indicadores de rentabilidade da Margem bruta e Índice de lucratividade apresentaram valores positivos em todas as condições propostas para os dois cenários avaliados, mesmo considerando a perda de safra. O *Payback period* na pior condição avaliada foi de 4,24 anos, considerado ainda assim de baixo risco para o investimento realizado. Conforme as particularidades aqui descritas, houve viabilidade econômica com retornos sempre superiores a taxa mínima de atratividade de 6%. O modelo de avaliação econômica proposto teve a finalidade de obter resultados exatos, que caracterizassem pontualmente a experiência ainda inicial dos cultivos comerciais

em sistema AIMT em escala familiar no Sudeste do Brasil, podendo ser considerado um grande avanço socioeconômico na região.

Palavras-chave: AIMT; algocultura, modelo de negócios; moluscos bivalves; relação benefício-custo

ABSTRACT

SILVA, E. G. **Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model.** [Viabilidade econômica da aquacultura integrada multitrófica (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) no litoral sudeste do Brasil: Um modelo de fazenda aquícola em pequena escala]. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Metropolitana de Santos, Santos, 2021.

The bivalve molluscs culture is considered a strategic activity for the development of the São Paulo coast, in view of its social and economic reach to communities and coastal populations, making it an alternative to minimize the crisis faced by the fishing sector, aiming to reduce the effort on natural stocks within economic and environmentally sustainable context. The economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in Southeast Brazil was evaluated for the small scale family production system, on 0.4 ha. Two 85 m longlines were used for the *P. Perna* and two for *N. nodosus* culture (Scenario A). In addition, among the longlines, for the IMTA system (Scenario B), four 85 m rafts were installed for the culture of *K. alvarezii*. Investment and operating costs and profitability indexes were estimated for the two production scenarios. Simulations of variations in survival and in the commercialization prices of products were also carried out. A sensitivity analysis simulated the consequences of an annual crop loss. The financial indicators of Gross Revenue and Operating Profit, as well as the profitability indicators of the Gross Margin and Profitability Index showed positive values in all the conditions proposed for the two scenarios evaluated, even considering the crop loss. The Payback period in the worst condition assessed was 4.24 years, still considered to be of low risk for the investment. According to the particularities described here, there was economic viability with returns always above the minimum attractiveness rate of 6%. The proposed economic evaluation model had the purpose of obtaining exact results, which would occasionally characterize the still initial experience of commercial crops in AIMT system on a family scale in Southeast Brazil, which can be considered a major socioeconomic advance in the region.

Keywords: algoculture; bivalve molluscs; business model; cost-benefit ratio; IMTA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Litoral da região Sudeste do Brasil. Em destaque, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, área onde a maricultura é autorizada pela Instrução Normativa IBAMA nº 185, de 22 de julho de 2008 (Fonte: Nogueira e Henriques, 2020).....	25
Figura 2 – Representação das estruturas de cultivo. Detalhe: a) <i>Layout</i> do sistema Multitrófico de produção (<i>longlines</i> e balsas); b) Visão lateral do <i>longline</i> destinado a produção de mexilhões; c) Visão lateral do <i>longline</i> destinado a produção das vieiras.....	27
Figura 3 – Análise de sensibilidade pela Taxa Interna de Retorno modificada (TIRm) do sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga) frente as diferentes taxas de sobrevivência final dos cultivos de mexilhões, vieiras e macroalgas, em 0,4 ha de lâmina d’água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização. Fonte: Dados da pesquisa.....	41
Figura 4a – Análise de sensibilidade comparando bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização. Figura a) TIR e TIRm para Bicultivo; figura b) TIR e TIRm para o sistema AIMT. Ambas análises com TMA de 6%.....	42
Figura 4b – Análise de sensibilidade comparando bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização. Figura a) NPV e ANPV para Bicultivo; a) NPV e ANPV para o sistema AIMT. Ambas análises com TMA de 6% para horizonte de 10 anos da atividade.....	43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Cenários e simulações avaliadas pela sobrevivência de cada cultura para os diferentes sistemas de cultivo.....28
- Tabela 2 – Fatores de produção para o cultivo do mexilhão (*Perna perna*), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....29
- Tabela 3 – Fatores de Produção para o cultivo da vieira (*Nodipecten nodosus*), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....30
- Tabela 4 – Fatores de Produção para o cultivo da macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....31
- Tabela 5 – Estrutura base para análise da biomassa mínima economicamente viável pelo percentual de sobrevivência por espécie cultivada no sistema de multitrófico (Mexilhão+Vieira+Macroalga), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....34
- Tabela 6 – Investimento necessário para o cultivo multitrófico entre moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*) em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 202035
- Tabela 7 – Custo Operacional por ciclo e anual para o bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....37
- Tabela 8 – Custo de produção efetivo e total para o cultivo do mexilhão *Perna perna*, da vieira *Nodipecten nodosus* e da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....38
- Tabela 9 – Indicadores financeiros e de rentabilidade para o cultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*), em 0.4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 202039
- Tabela 10 – Indicadores financeiros para o cultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), analisados separadamente, em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....40
- Tabela 11 – Resultados dos indicadores econômicos taxa interna de retorno modificado (MIRR) e valor presente líquido anualizado (ANPV 6%), simulando uma perda de safra, para o bicultivo de moluscos (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.....44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIMT	Agricultura Integrada Multitrófica
COE	Custo Operacional Efetivo
COT	Custo Operacional Total
CTP	Custo Total de Produção
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FC	Fluxo de Caixa
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IL	Índice de Lucratividade
LO	Lucro Operacional
PP	<i>Payback Period</i>
RB	Receita Bruta
SOFIA	<i>State of The World Fisheries and Aquaculture</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIRm	Taxa Interna de Retorno Modificada
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
EU	União Europeia
VPL	Valor Presente Líquido
VPLa	Valor Presente Líquido Anualizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
Figura 1 – Mexilhão <i>Perna perna</i>	17
Figura 2 – Vieira <i>Nodipecten nodosus</i>	18
REFERÊNCIAS	19
2 ARTIGO CIENTÍFICO: VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUACULTURA INTEGRADA MULTITRÓFICA (MEXILHÃO <i>Perna perna</i>, VIEIRA <i>Nodipecten nodosus</i> E ALGA <i>Kappaphycus alvarezii</i>) NO LITORAL SUDESTE DO BRASIL: UM MODELO DE FAZENDA AQUÍCOLA EM PEQUENA ESCALA	21
2.1 INTRODUÇÃO	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
Estruturas de cultivo.....	26
Cenários avaliados.....	28
Principais indicadores zootécnicos.....	29
Principais indicadores fitotécnicos.....	30
Comercialização.....	31
Análise econômica: investimento, custeio e rentabilidade.....	32
Análise da sensibilidade e resiliência do empreendimento.....	34
4 RESULTADOS	34
Investimento.....	34
Custos operacionais e de produção.....	36
Indicadores financeiros e de rentabilidade.....	38
Biomassa mínima para o cultivo pela TIRM.....	40
Análise de sensibilidade.....	41
Perda de safra.....	41
Variações nos preços de comercialização.....	43
5 DISCUSSÃO	44
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

Aquicultura é definida como a produção de espécies que vivem em ambientes aquáticos, com destaque para a piscicultura, carcinicultura, ostreicultura, mitilicultura e maricultura (Kirchner et al., 2016). A atividade vem crescendo rapidamente nas últimas décadas, e de acordo com o relatório da FAO, Estado Mundial da Pesca e Aquicultura 2016 (SOFIA) estima-se que em 2025 o Brasil deverá registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura. O aumento da produção brasileira será o maior na América, seguido de México (54,2%) e Argentina (53,9%). O crescimento no país se deve aos investimentos públicos e privados feitos no setor nos últimos anos. (FAO, 2016).

A aquicultura vem sendo considerada uma das fontes mais eficazes para diminuição do déficit nas vendas do pescado no mercado. Em todo o mundo sua contribuição em relação a pesca tem aumentando nos últimos anos, e com isso, a preocupação com a qualidade do produto também está interligada neste segmento (Ferreira e Cavalli, 2010).

Nos últimos anos, a produção e extração de moluscos bivalves em bancos naturais vem crescendo nas comunidades pesqueiras devido ao seu valor econômico, sendo fonte de renda para produtores e maricultores, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, possibilitando melhorar a economia num contexto regional (Henriques et al., 2007).

O avanço da comercialização de moluscos bivalves no Brasil está amplamente relacionada a diversos pontos associados a características do produto e valorização pelos consumidores, passando pela identificação das exigências do mercado quanto à qualidade, apresentação do produto, quantificação da oferta e da demanda, diferenciação de cada espécie e como será ofertado no comércio, de forma a atrair produtores locais e a população de forma geral (Pereira et al., 2007).

A aquicultura destaca-se como uma atividade de rápido crescimento na produção de alimentos saudáveis, apresentando contribuição relevante para geração de emprego e renda, bem como para redução da pobreza e da fome em várias partes do mundo (Siqueira, 2018).

Moluscos bivalves são organismos filtradores que têm sua qualidade diretamente relacionada às condições sanitárias das águas onde são cultivados (Kay et al., 2008).

Dentro dessa temática o cultivo e produção de moluscos bivalves tem importância estratégica e questões econômicas ligadas a produção dessas espécies por produtores locais, e devem ser estudadas objetivando o consumidor final (Abelin et al., 2016).

O mexilhão *Perna perna* é um molusco bivalve da família *Mitilidae* (Figura 1), possui boa aceitação e valor comercial, se caracterizando por sua importância em termos socioeconômicos (Ferreira et al., 2013).



Figura 1 – Mexilhão *Perna perna*

Fonte: Próprio Autor

Atualmente, o cultivo de mexilhões é praticado no litoral brasileiro nos estados de Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, apresentando a maior taxa de crescimento dentro da maricultura de 22% ao ano, o que representa 7,5% da produção aquícola do país (Resgalla Junior et al., 2007).

O cultivo de mexilhões é uma atividade que surgiu como uma alternativa de renda para maricultores locais no litoral paulista, sendo utilizada de forma familiar, cujo seu crescimento está de acordo com a facilidade em seu manejo e localização, favorecendo seu cultivo (Cordeiro et al., 2007).

A espécie em estudo *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758), mais conhecida como vieira (Figura 2), pertence à família *Pectinidae* e possui alto valor econômico, tendo grande importância para indústria de extração e cultivo em diversos países, como Brasil, Chile e China (Soares et al., 2012).



Figura 2 – Vieira *Nodipecten nodosus*

Fonte: Próprio Autor

Dentre os representantes da família *Pectinidae* no Brasil, a espécie *Nodipecten nodosus* é a mais comercializada, apresentando um grande potencial econômico para a aquicultura (Abelin et al., 2016). Esta espécie pode ser encontrada em fundos arenosos com substratos, em uma profundidade de 5 a 25 m, sendo que sua distribuição vai desde a costa da Flórida, nos Estados Unidos, chegando em Santa Catarina, no Brasil (Lodeiros et al., 1998).

Esta espécie tem rápido crescimento e alto valor comercial, bem como disponibilidade de reprodutores e viabilidade de produção de sementes em laboratório (Rupp, 2016).

A macroalga *Kappaphycus alvarezii*, originária da Malásia, é a principal fonte de kappa-carragenana, hidrocolóide essencial para a indústria (Johnson e Gopakumar, 2011). A espécie foi introduzida em 1995 na costa sudeste do Brasil pelo Instituto de Pesca de São Paulo em parceria com o Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e desde então vem sendo propagada de forma vegetativa no litoral sudeste e sul do Brasil (Nogueira e Henriques, 2020).

A pesquisa se baseou no cultivo de bivalves marinhos, onde foi estudado a viabilidade econômica dos mexilhões (*Perna perna*) e vieiras (*Nodipecten nodosus*), criando um cenário alternativo, associando sua produção com a da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, para o alcance social e econômico de populações litorâneas, e como alternativa para minimizar a crise pesqueira, e reduzir o esforço sobre os estoques dentro do contexto econômico, melhorando assim, a questão comercial das espécies na região, proporcionando alternativas para o crescimento e desenvolvimento sustentável desta atividade na região Sudeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

Abelin, P.; Araújo, A.L.; Rombenso, A.N (2016). *Current status of scallop culture in Brazil. World Aquaculture*, 47(3): 12-17.

Cordeiro, D.; Lopes, T.G.G.; Oetterer, M.; Porto, E.; Galvão, J.A (2007). Qualidade do mexilhão *Perna perna* submetido ao processo combinado de cocção, congelamento e armazenamento. *Boletim CEPPA, Curitiba*, v.25, n.1, p.165-179.

FAO - *Food and Agriculture Organization. The State of world Fisheries and Aquaculture 2016*. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/423722>> Acesso em: 20 dez. 2019.

Ferreira, J.F.; Cavali, R.O (2010). O Futuro da Pesca e da Aquicultura Marinha no Brasil. *Ciência e Cultura*, v.62, n.3, São Paulo.

Ferreira, M.S.; Mársico.; E.T.; Junior, C.A.C.; Junior, A.N.M.; Mano, S.B.; Clemente, S.C.S (2013). Contaminação por metais traços em mexilhões *Perna perna* da costa brasileira. *Ciência Rural: Santa Maria*, v.43, n.6, p.1012-1020.

Henriques, M.B.; Pereira, O.M.; Marques, H.L.A (2007). Resistência do mexilhão *Perna perna* (L.) a altas temperaturas e sua relação com a contaminação bacteriológica. *Arquivo Ciências do Mar* 40: 52–57.

Johnson, B.; Gopakumar, G. (2011). *Farming of the seaweed Kappaphycus alvarezii in Tamil Nadu coast - status and constraints* Marine Fisheries Information Service T&e Ser. Mandapam 208:1–5 <http://eprints.cmfri.org.in/8882/1/208-1.pdf>.

Kay, D.; Kershaw, S.; Lee, R.; Wyer, M.D.; Watkins, J.; Francis, C (2008). *Results of field investigations into the impact of intermittent sewage discharges on the microbiological quality of wild mussels (Mytilus edulis) in a tidal estuary*. *Water Research*, v.41, p.3033- 3046.

Kirchner, M.R.; Chaves, M.A.; Silinske, J.; Essi, L.; Scherer, M.E.; Durigon, E.G (2016). Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. *Revista Agro@mbiente On-line, Roraima*, v.10, n.2, p. 168 - 177.

Lodeiros, C.J.; Rengel, J.J.; Freites, L.; Morales, F.; Himmelman, J.H (1998). *Growth and survival of the tropical scallop Lyropecten (Nodipecten) nodosus maintained in suspended culture at three depths*. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 165(1-2): 41-50, [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00212-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00212-9).

Nogueira, M.C.F.; Henriques, M.B. (2020). *Large-scale versus family-sized system production: economic feasibility of cultivating Kappaphycus alvarezii along the southeastern coast of Brazil*. *J Appl Phycol*, 32, 1893–1905. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02107-2>

Pereira, O.M.; Galvão, M.S.N.; Pimentel, C.M.; Henriques, M.B.; Machado, I.C (2007). Distribuição dos bancos naturais e estimativa de estoque do gênero *Mytella* no estuário de Cananéia, SP, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 11, n. 1, p. 21 - 29.

Resgalla, J.C.; Brasil, S.; Salomão, L.C (2007). *The effect of temperature and salinity on the physiological rates of the mussel Perna perna (Linnaeus 1758)*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 50, p. 543-556.

Siqueira, T.W (2018). Aquicultura: A nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável. *Revista BNDES*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. 119-170.

Soares, C.I.; Mesquita, E.F.M.; Franco, R.M.; Vital, H.C.; Rubião.; C.A (2012). Análise bacteriológica de músculo e gônadas de vieira, *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia), congelados e irradiados. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci*, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 24-29.

Rupp, G.S (2016). *Aquaculture of the scallop Nodipecten nodosus in Brazil*. In: *Shumway, S.E.; Parsons, G.J. Scallops: biology, ecology, aquaculture, and fisheries*. Amsterdam: Elsevier Science. p. 999-1018.

2 ARTIGO CIENTÍFICO: VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUACULTURA INTEGRADA MULTITRÓFICA (MEXILHÃO *Perna perna*, VIEIRA *Nodipecten nodosus* E ALGA *Kappaphycus alvarezii*) NO LITORAL SUDESTE DO BRASIL: UM MODELO DE FAZENDA AQUÍCOLA EM PEQUENA ESCALA

Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model

Eduardo Gomes da Silva¹, Leonardo Castilho-Barros², Marcelo Barbosa Henriques^{1,3}

¹Universidade Metropolitana de Santos – Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo - Av. Gen. Francisco Glicério, 8, 11045-002, Santos (SP), Brasil.

²Embrapa Pesca e Aquicultura - Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com a Av. LO 18 Sentido Norte Loteamento Água Fria, 77008-900, Palmas (TO), Brasil.

³Instituto de Pesca – Governo do Estado de São Paulo. Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Ponta da Praia, 11030-906, Santos (SP), Brasil.

Resumo

A viabilidade econômica da aquacultura integrada multitrófica (AIMT) (mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*) na costa sudeste do Brasil foi avaliada para o sistema de produção familiar de pequena escala, em 0,4 ha. Foram utilizados dois *longlines* de 85 m para o cultivo de *P. perna* e dois para *N. nodosus* (Cenário A). Além disso, entre os *longlines*, para o sistema AIMT (Cenário B) foram instaladas quatro balsas de 85 m para o cultivo de *K. alvarezii*. Custos de investimento e operacionais, e índices de rentabilidade foram estimados para os dois cenários de produção. Foram também realizadas simulações de variações na sobrevivência e nos preços de comercialização dos produtos. Uma análise de sensibilidade simulou as consequências de uma perda anual de safra. Os indicadores financeiros de Receita bruta e Lucro operacional, bem como os indicadores de rentabilidade da Margem bruta e Índice de lucratividade apresentaram valores positivos em todas as condições propostas para os dois cenários avaliados, mesmo considerando a perda de safra. O *Payback period* na pior condição avaliada foi de 4,24 anos, considerado ainda

assim de baixo risco para o investimento realizado. Conforme as particularidades aqui descritas, houve viabilidade econômica com retornos sempre superiores a taxa mínima de atratividade de 6%. O modelo de avaliação econômica proposto teve a finalidade de obter resultados exatos, que caracterizassem pontualmente a experiência ainda inicial dos cultivos comerciais em sistema AIMT em escala familiar no Sudeste do Brasil, podendo ser considerado um grande avanço socioeconômico na região.

Palavras-chave: AIMT; algocultura, modelo de negócios; moluscos bivalves; relação benefício-custo

Abstract

The economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in Southeast Brazil was evaluated for the small scale family production system, on 0.4 ha. Two 85 m longlines were used for the *P. Perna* and two for *N. nodosus* culture (Scenario A). In addition, among the longlines, for the IMTA system (Scenario B), four 85 m rafts were installed for the culture of *K. alvarezii*. Investment and operating costs, and profitability indexes were estimated for the two production scenarios. Simulations of variations in survival and in the commercialization prices of products were also carried out. A sensitivity analysis simulated the consequences of an annual crop loss. The financial indicators of Gross Revenue and Operating Profit, as well as the profitability indicators of the Gross Margin and Profitability Index showed positive values in all the conditions proposed for the two scenarios evaluated, even considering the crop loss. The Payback period in the worst condition assessed was 4.24 years, still considered to be of low risk for the investment. According to the particularities described here, there was economic viability with returns always above the minimum attractiveness rate of 6%. The proposed economic evaluation model had the purpose of obtaining exact results, which would occasionally characterize the still initial experience of commercial crops in AIMT system on a family scale in Southeast Brazil, which can be considered a major socioeconomic advance in the region.

Keywords: algoculture; bivalve molluscs; business model; cost-benefit ratio; IMTA.

2.1 INTRODUÇÃO

A produção global anual de bivalves marinhos para consumo humano já superou 15 milhões de toneladas, representando cerca de 14% do total da produção marinha mundial, a maior parte (89%) proveniente da aquacultura (Wijsman et al., 2019).

A aquacultura oferece grande potencial para o fornecimento de fontes sustentáveis de alimento, desempenhando, assim, papel fundamental para geração de emprego e desenvolvimento socioeconômico (Nita et al., 2019). O cultivo de moluscos bivalves oferece uma ótima oportunidade de negócio, gerando renda para produtores e famílias de pescadores artesanais que vivem na região litorânea (Marques et al., 2018), melhorando a economia num contexto regional (Alves et al., 2020).

O avanço da comercialização de moluscos bivalves no Brasil está amplamente relacionado a diversos pontos associados a características do produto e valorização pelos consumidores, passando pela identificação das exigências do mercado quanto à qualidade, apresentação, quantificação da oferta e da demanda, de forma a atrair produtores locais e a população de forma geral (Soares et al., 2012).

A produção brasileira em 2016 foi cerca de 18.000 toneladas, 95% referente ao estado de Santa Catarina (Santos et al., 2018), no entanto, outros estados da região Sudeste do Brasil como São Paulo e Rio de Janeiro também possuem fazendas comerciais de bivalves marinhos, impactando positivamente a economia local, substituindo gradualmente a pesca artesanal, que atualmente está em declínio (Marques et al., 2018).

No Brasil, dentre as espécies de moluscos bivalves de interesse zootécnico e comercial destacam-se o mexilhão *Perna perna* (Campolim et al., 2017) e a vieira *Nodipecten nodosus* (Abelin et al., 2016).

Perna perna (Linnaeus, 1758) é um mitilídeo proveniente das regiões tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico e Índico, se estendendo até o mar Mediterrâneo. Na costa atlântica da América do Sul, distribui-se desde a Venezuela até o Uruguai (Souza et al., 2003). *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758), pertence à família Pectinidae, ocorre naturalmente desde a costa da Flórida, nos Estados Unidos, até o estado de Santa Catarina, no Brasil, em

profundidades que variam entre 5 e 25 m, habitando preferencialmente locais arenosos com substratos consolidados (Lodeiros et al., 1998).

A principal técnica utilizada para o cultivo destes bivalves nas águas subtropicais do Atlântico (Brasil) é a suspensão em *longlines*, tendo demonstrado rápido crescimento e alto rendimento quando comparado a outros países que utilizam o mesmo sistema de produção (Marques et al., 2018; Alves et al., 2020).

A aquacultura integrada multitrófica (AIMT) é uma tecnologia de cultivo que agrega espécies de diferentes níveis tróficos no mesmo ambiente, visa não só o lado econômico, mas também promove uma abordagem ecológica, sustentável e social (Ertör e Ortega-Cerdà, 2015).

Foi realizado o primeiro estudo sobre o cultivo integrado de macroalgas (*Saccharina latissima*) com mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*) no mar da Galícia, Espanha, e demonstraram melhor produtividade quando comparado aos cultivos individuais, tornando atraente alternativa para o desenvolvimento de sistemas AIMT que possam diversificar a aquacultura ao mesmo tempo em que reduz seu impacto ambiental. Mexilhões em sua atividade metabólica produzem grande quantidade de resíduos orgânicos e inorgânicos. As algas marinhas utilizam a amônia excretada pelos moluscos como fonte de nitrogênio, melhorando o crescimento, além de contribuir para a melhoria da qualidade da água ao redor (Freitas Jr et al., 2016).

No Brasil, um exemplo de macroalga marinha é a *Kappaphycus alvarezii* que quando utilizada em consórcio com moluscos bivalves pode absorver metabólitos e nutrientes não aproveitados. Essa macroalga, originária da Malásia, é a principal fonte de kappa-carragenana, hidrocolóide essencial para a indústria (Johnson e Gopakumar, 2011). Possui alta taxa de crescimento e baixo risco de invasão no ambiente natural devido à natureza híbrida do espécime introduzida no Brasil. É vista como a principal espécie vegetal para integrar e desenvolver a aquacultura integrada multitrófica no país (Bulboa et al., 2008). Muitos estudos têm demonstrado que a tecnologia AIMT aumenta a produção de biomassa de algas marinhas enquanto reduz o fluxo de resíduos no ambiente ao redor (Barrington et al., 2009; Ren et al., 2012; Freitas Jr et al., 2016).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a viabilidade econômica do cultivo consorciado dos bivalves marinhos: mexilhões (*Perna perna*) e vieiras

(*Nodipecten nodosus*) no litoral da região Sudeste do Brasil, para diferentes cenários de produção, em função dos preços recebidos pelo produto, introduzindo no sistema de criação a produção de *Kappaphycus alvarezii* visando além da sustentabilidade ambiental, obtenção de renda complementar para os produtores envolvidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O litoral da região Sudeste do Brasil (Figura 1) apresenta características geomorfológicas, oceanográficas e legais propícias a produção aquícola marinha (Marques et al., 2018; Nogueira e Henriques, 2020). Essa região é formada por baías e enseadas abrigadas das fortes correntes marítimas ocasionadas por marés meteorológicas e apresenta produção primária compatível com a produção de moluscos bivalves (Castilho et al., 2008), além de permitir fácil escoamento da produção aos locais de comercialização (Marques et al., 2018; Kuhnen et al., 2019).

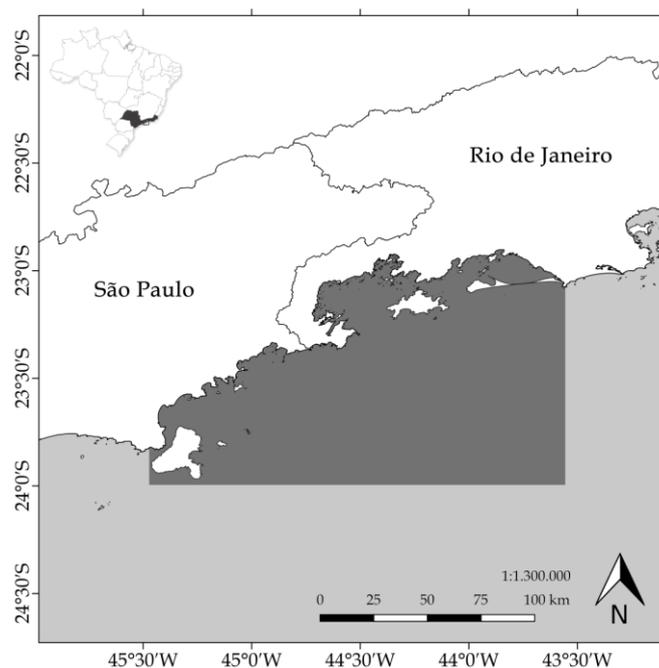


Figura 1 - Litoral da região Sudeste do Brasil. Em destaque, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, área onde a maricultura é autorizada pela Instrução Normativa IBAMA nº 185, de 22 de julho de 2008 (Fonte: Nogueira e Henriques, 2020).

Entre os meses de janeiro e fevereiro de 2020 foram realizadas entrevistas semiestruturadas (em anexos) a membros da Associação de Pescadores e Maricultores da Cocanha, na cidade de Caraguatatuba, estado de São Paulo (23°34'39"S; 45°19'06"W), para obtenção de informações técnicas e socioeconômicas da atividade aquícola. Utilizou-se a técnica metodológica denominada "Bola de Neve" (*Snowball Sampling*), onde os primeiros entrevistados indicam novos participantes até que seja alcançado o ponto de saturação, que ocorre quando os novos entrevistados passam a repetir os conteúdos já obtidos em entrevistas anteriores, sem acrescentar novas informações relevantes à pesquisa (Bailey, 1994; Castilho-Barros et al., 2014).

O questionário (em anexo) passou por análise do comitê de ética via Plataforma Brasil, uma base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos, e com sua aplicação foi possível verificar os fatores de produção, índices de produtividade e capacidade de comercialização. A partir dessas informações foi possível formular os dois cenários produtivos e econômicos para a atividade praticada na região.

Estruturas de cultivo

No presente estudo utilizou-se como unidade de produção aquícola uma área de 0,4 ha de lâmina d'água, correspondente ao tamanho máximo permitido pela Lei do Zoneamento Ecológico Econômico do litoral norte de São Paulo (Decreto 49.215/04), estando em vigor atualmente.

As estruturas de cultivo foram dimensionadas em compatibilidade a área proposta. Para tanto, foram utilizados quatro *longlines*, dois para o cultivo de *P. perna* e dois para *N. nodosus*, com espaçamento de 5 m (Figura 2.a). Os *longlines* possuem comprimento de 85 m, e contêm 171 cordas mexilhoneiras para *P. perna* (com 2 metros de comprimento) espaçadas a cada 0,5 m e 86 lanternas para o cultivo de *N. nodosus* (com 7 pisos), espaçadas em 1.0 m.

Além disso, entre os *longlines*, para o sistema AIMT proposto (Mexilhão+Vieira+Macroalga) foram instaladas quatro balsas de 85 m para o cultivo de *K. alvarezii* (Figura 2a). O padrão tecnológico foi adaptado de Góes e Reis (2011) e Nogueira e Henriques (2019), onde cada balsa é composta por 17

tubos de 100 mm de diâmetro de polivinil (PVC) e 1,5 m de comprimento, fechados nas extremidades, dispostos em paralelo e distando 5 m entre si, ligados pelas extremidades por cabos de 12 mm, totalizando 127,5 m² por balsa.

O comprimento dos cabos de fundeio utilizados para sustentação das estruturas de cultivo é igual a três vezes a profundidade do local, resultando no comprimento total de 1.000 m de cabos, sempre respeitando o limite de 4.000 m² (0,4 ha) da área legal. Os *longlines* e balsas são fundeados por 18 poitas de concreto de 800 kg (Figura 2a). As poitas, os vértices e os *longlines* são sinalizados por boias de arinque, segundo as normas para sinalização de áreas aquícolas constantes na Norma 17 da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DNH, 2017) (Figuras 2b e 2c).

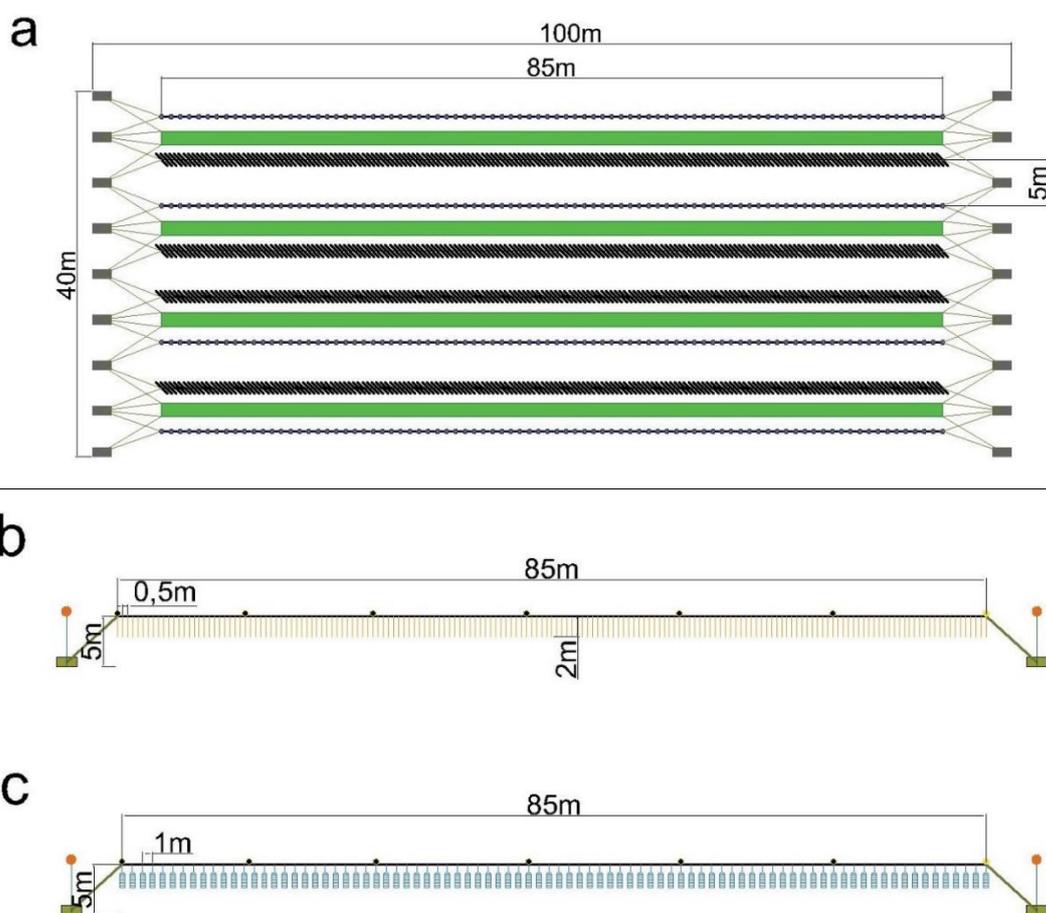


Figura 2 - Representação das estruturas de cultivo. Detalhe: a) *Layout* do sistema Multitrófico de produção (*longlines* e balsas); b) Visão lateral do *longline* destinado a produção de mexilhões; c) Visão lateral do *longline* destinado a produção das vieiras.

Cenários avaliados

A partir das informações obtidas nos questionários aplicados aos produtores foi possível modelar dois cenários diferentes para estimativa de custos e rentabilidade do empreendimento. Definiu-se como “Cenário A” a produção em sistema de bicultivo entre o mexilhão (*Perna perna*) a vieira (*Nodipecten nodosus*); e “Cenário B” um sistema multitrófico com a produção consorciada entre os moluscos, do primeiro cenário, e a macroalga *Kappaphycus alvarezii* simultaneamente na mesma área de cultivo (Cenário hipotético). Ambos os cenários tiveram como variação a taxa de sobrevivência final para cada espécie, apresentada na tabela 1.

Tabela 1 – Cenários e simulações avaliadas pela sobrevivência de cada cultura para os diferentes sistemas de cultivo.

	Cenário A		Cenário B
	Bicultivo ¹		AIMT ²
	Mexilhão	Vieira	Macroalga
Simulação 1	60%	70%	
Simulação 2	60%	80%	
Simulação 3	70%	70%	
Simulação 4	70%	80%	
Simulação 5	60%	70%	90%
Simulação 6	60%	80%	90%
Simulação 7	70%	70%	90%
Simulação 8	70%	80%	90%

¹Bicultivo: Consórcio produção de bivalves *Perna perna* e *Nodipecten nodosus*;

²AIMT (Aquacultura Integrada Multitrófica): *Perna perna*, *Nodipecten nodosus* e *Kappaphycus alvarezii*.

De acordo com as informações obtidas, o ciclo produtivo da atividade para ambos os cenários foi definido em 10 meses. Assim, considerou-se a realização de 1,2 ciclos por ano para os cultivos do mexilhão *P. perna* e da vieira *N. nododus* (Cenário A). A macroalga *K. alvarezii* tem ciclo produtivo de 2 meses a contar do momento do plantio das mudas com peso inicial de aproximadamente 0,1 kg (Cenário B). Desta forma, devido as características da atividade praticada na região, não havendo sazonalidade na produção devido às condições climáticas e oceanográficas favoráveis, o cultivo da *K. alvarezii* pode ser realizado de forma escalonada, evitando paradas completas, totalizando seis ciclos por ano (Nogueira e Henriques, 2020).

Principais indicadores zootécnicos

Os principais indicadores zootécnicos considerados nesta análise, e relacionados nas tabelas 2 e 3 como fatores de produção, para *P. perna* e *N. nodusus*, respectivamente, foram baseados nas entrevistas realizadas com os produtores, complementados com dados descritos por Rupp (2016) e Marques et al., (2018) para a região estudada. As condições A e B propostas diferem apenas pela taxa de sobrevivência final.

Tabela 2 – Fatores de produção para o cultivo do mexilhão (*Perna perna*), em 0,4 ha de lâmina d’água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Item	Unidade	Condição A	Condição B
Ciclo de Produção	mês	10	10
Ciclo de Produção/ano	nº	1.2	1.2
Comprimento unitário do <i>longline</i>	m	85	85
Total de <i>longlines</i>	nº	2	2
Comprimento total dos <i>longlines</i>	m	170	170
Total de cordas mexilhoneiras por <i>longline</i>	nº	171	171
Total de cordas mexilhoneiras por ciclo ¹	nº	342	342
Total de cordas mexilhoneiras por ano	nº	410.4	410.4
Densidade inicial por metro de corda	kg	1.5	1.5
Comprimento da corda mexilhoneira	m	2	2
Biomassa inicial da corda mexilhoneira	kg	3	3
Biomassa final da corda mexilhoneira	kg	20	20
Biomassa final por <i>longline</i>	kg	3,420	3,420
Biomassa final por ciclo ¹	kg	6,840	6,840
Biomassa final por ano	kg	8,208	8,208
Taxa de sobrevivência	%	60%	70%
Produção final de mexilhões por <i>longline</i>	kg	2,052	2,394
Produção final de mexilhões por ciclo ¹	kg	4,104	4,788
Produção final de mexilhões por ano	kg	4,924	5,745

¹Ciclo de produção = 2 *longlines*.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 – Fatores de Produção para o cultivo da vieira (*Nodipecten nodosus*), em 0,4 ha de lâmina d’água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Item	Unidade	Condição A	Condição B
Ciclo de Produção	mês	10	10
Ciclo de Produção por ano	nº	1.2	1.2
Total de <i>longlines</i> por ciclo ¹	nº	2	2
Total de lanternas berçário por <i>longline</i>	nº	8	8
Total de lanternas berçário por <i>longline</i> por ciclo ¹	nº	16	16
Total de andares por lanterna	nº	7	7
Densidade total de sementes por andar no berçário	nº	292	292
Total inicial de sementes por lanterna berçário	Milheiro	2,047.49	2,047.49
Total inicial de sementes por <i>longline</i> no berçário	Milheiro	16,379.90	16,379.90
Total inicial de sementes no berçário por ciclo ¹	Milheiro	32,759.80	32,759.80
Total inicial de sementes por ano por ciclo ¹	Milheiro	39,311.76	39,311.76
Sobrevivência final no berçário	%	90	90
Total final de sementes por lanterna no berçário	Milheiro	1,842.74	1,842.74
Total final de sementes por <i>longline</i> no berçário	Milheiro	14,741.91	14,741.91
Total final de sementes no berçário por ciclo ¹	Milheiro	29,483.82	29,483.82
Total final de sementes por ano	Milheiro	35,380.58	35,380.58
Total de lanternas de engorda por <i>longline</i>	nº	78	78
Total de lanternas de engorda por <i>longline</i> por ciclo ¹	nº	156	156
Total de andares por lanterna de engorda	nº	7	7
Densidade inicial na engorda por andar	nº	15	15
Densidade inicial na engorda por lanterna	nº	105	105
Densidade inicial na engorda por <i>longline</i>	nº	8,190	8,190
Densidade inicial na engorda por ciclo ¹	nº	16,380	16,380
Densidade inicial na engorda por ano	nº	19,656	19,656
Taxa de sobrevivência	%	70	80
Número final de vieiras por lanterna	dz	6.13	7.00
Número final de vieiras por <i>longline</i>	dz	477.75	546.00
Número final de vieiras por ciclo ¹	dz	955.50	1,092.00
Número final de vieiras para ano	dz	1,146.60	1,310.40

¹ Ciclo de produção = 2 *longlines*.

Fonte: Dados da pesquisa.

Principais indicadores fitotécnicos

No sistema AIMT proposto em cada balsa de cultivo da macroalga *K. alvarezii* são instalados 11 cabos de 85 metros lineares, onde são fixadas 0,1 kg de mudas, com espaçamentos regulares de 15 cm, totalizando 935 m de cabos, possibilitando a acomodação de 5.738 mudas. Foi estimada a produção de 4,9 toneladas por balsa (Nogueira e Henriques, 2020) (Tabela 4).

A duração do ciclo de 60 dias, compreendendo os períodos de plantio, crescimento e colheita, são realizados de forma subsequente: 5 dias para plantio, 50 dias de crescimento e 5 dias para colheita está compatível com o pico do período de crescimento exponencial já observado em estudos anteriores na região (Hayashi et al., 2007), possibilitando seis ciclos por ano.

Tabela 4 – Fatores de Produção para o cultivo da macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), em 0,4 ha de lâmina d’água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Item	Unidade	Condição única
Ciclo de Produção	mês	2
Ciclo de Produção/ano	nº	6
Total de balsas no empreendimento	nº	4
Área total da balsa	m ²	127.5
Quantidade inicial de plantas por m ²	nº	45
Total inicial de mudas por balsa	nº	5,738
Total inicial de mudas por ciclo	nº	22,950
Total inicial de mudas por ano	nº	137,700
Peso inicial das mudas	kg	0.10
Biomassa inicial por balsa	kg	573.75
Biomassa inicial por ciclo	kg	2,295.00
Biomassa inicial por ano	kg	13,770.00
Sobrevivência final	%	95.0
Total final de plantas por balsa	nº	5,450.6
Total final de plantas por ciclo	nº	21,802.5
Total final de plantas por ano	nº	130,815
Peso final por planta	kg	0.90
Biomassa final por balsa	kg	4,905.6
Biomassa final por ciclo	kg	19,622.3
Biomassa final por ano	kg	117,733.5

Fonte: Dados da pesquisa.

Comercialização

A procura pelas espécies de mexilhão *P. perna* e vieira *N. nodosus* tem crescido nos últimos anos (Marques et al., 2018). Em se tratando de cultivos de pequena escala, a comercialização é feita diretamente aos consumidores (sem atravessadores), em hotéis, restaurantes, bares e quiosques de praia, atingindo não somente os visitantes, mas também os próprios moradores locais.

A comercialização é realizada diretamente pela Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha em Caraguatatuba. Os preços de venda variam de US\$ 1.93¹ a US\$ 2.26 por quilo do mexilhão e US\$ 7.54 a US\$ 9.63 a dúzia da vieira. Esses valores formaram a base de cálculo para determinar o fluxo de caixa de cada cenário avaliado.

O cultivo da macroalga *K. alvarezii*, por sua vez, vem se tornando incremento alternativo na produção aquícola marinha no litoral brasileiro. Para o presente estudo, baseado nos dados de Nogueira e Henriques (2019),

¹ Dollar = R\$ 4,1553/US\$ (<https://www.bcb.gov.br/>) 07/07/2020.

considerou-se o valor de US\$ 0.15 para comercialização do quilograma fresco produzido, com taxa de sobrevivência final de 90%.

Análise econômica: investimento, custeio e rentabilidade

As estruturas de investimento, custeio e indicadores financeiros e de rentabilidade basearam-se em metodologias já aplicadas e validadas em diferentes estudos de viabilidade econômica de projetos aquícolas marinhos (Castilho-Barros et al., 2018; Nogueira e Henriques, 2020).

Para o cálculo do custo de produção utilizou-se o Custo Operacional Efetivo (COE), onde são considerados os custos referentes apenas aos gastos realizados na condução da atividade, tais como mão de obra, combustíveis, energia elétrica entre outros; e o Custo Operacional Total (COT) que corresponde ao COE somados aos custos correspondentes aos encargos sociais, encargos financeiros e depreciação dos equipamentos (Matsunaga et al., 1976).

A viabilidade do investimento foi avaliada a partir da formação de um fluxo de caixa para cada cenário e condição avaliados. Utilizando o COT de cada modelagem foi possível estimar a Taxa Interna de Retorno, nas fórmulas simples e modificada, o Valor Presente Líquido simples e anualizado, e o *Payback Period* (PP), como indicadores de rentabilidade, e o Lucro Operacional e Índice de Lucratividade como indicadores financeiros.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma importante ferramenta de tomada de decisão pois leva em consideração a variação de capital ao longo do tempo. Ao avaliar um projeto por esse indicador, verifica-se que só é economicamente viável quando a taxa é superior a uma determinada Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (Engle et al., 2005). Considerou-se a TMA de 6% ao ano, superior aos juros que poderiam ser recebidos nas aplicações financeiras tradicionais no Brasil e nas taxas disponíveis nos empréstimos bancários subsidiados pelo governo brasileiro destinadas ao custeio de atividades aquícolas e pesqueiras (Pereira e Henriques, 2019).

A TIR modificada (TIRm) por sua vez, propõe que o fluxo de caixa gerado pelo projeto seja reinvestido pela Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e que as saídas (desembolsos), quando financiadas, sejam reinvestidas pela taxa de juros de mercado do financiamento, adotando uma postura mais conservadora para a

análise do projeto (Brom e Balian, 2007, Castilho-Barros et al., 2020). Por se tratar de análise cujo capital de custeio é oriundo de empréstimo de uma instituição financeira, as taxas base para os cálculos foram determinadas em 10% de reinvestimento. Os resultados encontrados pela TIRm permitem ao analista, ou empreendedor, optar pela execução de projetos de diferentes atividades com mais segurança.

O Valor Presente Líquido (VPL), é o valor atual da série de futuros do investimento líquido (Shang, 1990). Assim como o VPL, o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) também representa o ganho esperado de um investimento. A diferença é que, ao comparar projetos de longo prazo, mas com diferentes tempos de atividade, o VPL não apresenta resultados corrigidos, sendo corrigido pelo VPLa. Ou seja, quando as propostas de investimento avaliadas possuem periodizações diferentes, como na maioria dos casos, aplica-se o método do VPLa (Brom e Balian, 2007).

A análise pelo *Payback Period* (PP), por sua vez, resulta no número de anos necessários para recuperar o capital inicial investido. Em conjunto com as outras ferramentas (TIR, TIRm, VPL e VPLa), é possível optar, com mais assertividade, qual proposta de investimento é a mais adequada.

Outros indicadores de rentabilidade descritos por Martin et al., (1998) também foram utilizados: Renda Bruta (RB): produção de mexilhões, vieiras e macroalgas (quando aplicado) por quilos ou dúzias, no caso das vieiras, multiplicada por seus respectivos preços de venda; Lucro Operacional (LO): diferença entre RB e COT, esse indicador mede a rentabilidade de curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade; e Índice de Lucratividade (IL): relação entre LO e RB, em porcentagem, este indicador mostra a taxa de receita disponível do cultivo após o pagamento de todos os custos operacionais envolvidos.

Por fim, com objetivo de aferir a biomassa econômica minimamente viável de ambos cenários avaliados (bicultivo e AIMT), fez-se a análise sobre as variações percentuais de sobrevivência para cada espécie sobre a Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRm). Estrutura base para essa análise, aqui denominada como “Modelagens”, é detalhada na tabela 5.

Tabela 5 – Estrutura base para análise da biomassa mínima economicamente viável pelo percentual de sobrevivência por espécie cultivada no sistema de multitrófico (Mexilhão+Vieira+Macroalga), em 0,4 ha de lâmina d’agua, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Modelagem	Produção em sistema multitrófico		
	Mexilhão (<i>P. perna</i>)	Vieira (<i>N. nodosus</i>)	Macroalga (<i>K. alvarezii</i>)
1	80	20	90
2	70	30	90
3	60	40	90
4	50	50	90
5	40	60	90
6	30	70	90
7	20	80	90

Fonte: Dados da pesquisa.

Análise da sensibilidade e resiliência do empreendimento

Para aferir a resiliência da atividade analisada foi considerada a perda anual completa de uma safra, hipoteticamente no ano 6, em ambos os cenários. Essa perda total pode ocorrer devido a condições ambientais adversas ocasionais, furtos ou doenças que podem acometer tanto os moluscos como a macroalga. Embora a região de análise não apresente características ambientais ou oceanográficas extremas a ponto de comprometer a estrutura de produção, essa análise se faz extremamente necessária para auxiliar na tomada de decisão de qualquer investidor interessado em iniciar na atividade (Shang, 1990).

Para aferir a saúde financeira do empreendimento proposto foi considerada a variação de 10%, para mais e para menos, sobre o preço de comercialização praticados na região. Essa análise justifica-se devido principalmente as sazonalidades dos preços de comercialização das espécies cultivadas ao longo do ano.

4. RESULTADOS

Investimento

O montante necessário para a implantação do cultivo de mexilhões e vieiras (cenário A), incluindo aquisição de equipamentos, embarcação e mão-de-obra para construção e montagem é de US\$ 31,718.56 (Tabela 6). Ao se considerar os investimentos para as instalações do sistema AIMT (cenário B),

com o acréscimo dos itens para a produção das macroalgas, é necessário um aporte inicial de US\$ 34,794.29, o que representa acréscimo de 9,7% frente ao investimento do cenário A. Os dados referentes a vida útil e reposição dos itens da pesquisa se enquadram dentro das despesas, sendo incorporadas nos valores dos investimentos.

Analisando os custos de investimento por cultivo, no cenário A, os valores da produção de *P. perna* e *N. nodosus* representaram, respectivamente, 47,76% e 52,24% do total. No cenário B, os custos de investimento distribuem-se quase homogeneamente, sendo 32,33% para a produção dos mexilhões, 36,42% para as vieiras e 31,25% para as macroalgas.

Tabela 6 – Investimento necessário para o cultivo multitrófico entre moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*) em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020¹.

Item	Qtde.	Preço total (US\$)	Vida útil (reposição) ²	Depreciação anual
1- Retro-área (banheiro químico e depósito de material)	1	3,850.50	10	385.05
2- Balsa de apoio – 40 m ²	1	5,294.44	5(2)	1,058.89
3- Poitas de concreto	18	8,663.63	10	866.36
4- Boias de sinalização	18	173.27	5(2)	34.65
5- Boias de suspensão dos <i>longlines</i>	56	269.54	5(2)	53.91
6- Cabos (ancoragem, fixação e <i>longlines</i>)	1,480 m	5,106.01	5(2)	1,021.20
7- Mão de obra para construção e montagem (1 a 6)	84	1,681.90		
8- Embarcação de alumínio (6 m)	1	1,323.61	10	132.36
9- Motor de popa (15 HP)	1	1,925.25	10	192.53
10- Caixa plástica	50	541.48	10	54.15
11- Kit de ferramentas	1	192.53	5(2)	38.51
12- Caixa vazada para transporte	40	144.39	5(2)	28.88
13- Lavadora de pressão (1.500 libras)	1	481.31	10	48.13
14- Mesa para emalhar	1	144.39	10	14.44
15- Coletor artificial	300	505.38	2(5)	252.69
16- Lanternas (Berçários e engorda)	172	2,069.65	5(2)	413.93
17- Cabo guia de fixação das macroalgas	3,740	900.06	5(2)	180.01
18- Conjunto de tubos para flutuação da balsa	108	844.70	5(2)	168.94
19- Documentação e Elaboração de Projeto (%)	2	682.24		
Total mexilhão (<i>Perna perna</i>)		15,149.34		1,577.43
Total vieira (<i>Nodipecten nodosus</i>)		16,569.21		1,724.23
Total geral (Mexilhão + Vieira)		31,718.56		3,301.66
Total mexilhão (<i>Perna perna</i>)		11.250,63		1.662,14
Total vieira (<i>Nodipecten nodosus</i>)		12.670,50		1.808,94
Total macroalga (<i>Kappaphycus alvarezii</i>)		10,873.16		1,293.53
Total geral (Mexilhão + Vieira + Macroalga)		34,794.29		4,764.61

¹ Valores expressos em dólar americano (US\$ = R\$ 4,1553)

² Vida útil e reposição () em anos

Fonte: Dados da pesquisa

A confecção das 18 poitas foi o item que mais onerou os custos de investimento para ambos os cenários com 27,31% no cenário A e 24,90% no cenário B, seguidos aquisição da “balsa de apoio”, com 16,69% e 15,22%, para os cenários A e B, respectivamente.

O valor referente a depreciação devido a condições de obsolescência ou desgaste natural dos itens utilizados para coleta e manejo no bicultivo (cenário A) foi de US\$ 3,301.66 (Tabela 6). Deste montante, US\$ 1,577.43 referem-se aos itens do cultivo de *P. perna* e US\$ 1,724.23 de *N. nodosus*. O cenário B (AIMT) apresentou depreciação de US\$ 4,764.61, dos quais US\$ 1,662.14, US\$ 1,808.94 e US\$ 1,293.53 correspondem aos cultivos de mexilhão, vieira e macroalga, respectivamente.

Custos operacionais e de produção

O Custo Operacional Total anual (COT) estimado para o cultivo de mexilhões e vieiras (cenário A) foi US\$ 10,721.38 e US\$ 8,934.48 por ciclo de produção de 10 meses (Tabela 7), sendo que 41,63% e 58,37% referem-se a *P. perna* e *N. nodosus*, respectivamente. O COT por ciclo do cenário B foi de US\$ 9,313.62, passando a US\$ 23,396.66 por ano. Ainda no cenário B, ao relacionar os custos de produção por espécie cultivada, identifica-se diferenças entre os percentuais por ciclo e por ano, devido principalmente as quantidades de ciclos produtivos possíveis em doze meses. Desta forma, os percentuais de custos de produção por ciclo para os cultivos de mexilhão, vieira e macroalga representaram 28,39%, 44,44% e 27,17%, respectivamente. Para os COTs anuais, a produção da macroalga representou o maior percentual com 65,21%, seguido da vieira com 21,23% e do mexilhão com 13,56%. Proporcionalmente, no cenário B (AIMT), as macroalgas obtiveram o maior percentual de COT anual devido a possibilidade de obter seis ciclo em um único ano, frente a 1,2 ciclos anuais dos bivalves. Os valores identificados no COT anual foram utilizados como despesa no cálculo do fluxo de caixa (Pereira e Henriques, 2019) para cada cenário avaliado.

Tabela 7 – Custo Operacional por ciclo e anual para o bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipectem nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020¹.

Item	Qtd.	COE ²	Encargos Sociais ³	Encargos financeiros ⁴	COT ⁵
Custos Gerais					
Mão-de-obra permanente (salário mínimo)	1.5	3,602.63	1,441.05	504.37	5,548.05
Combustível para embarcação (litros)	630	667.10		66.71	733.81
Materiais diversos para limpeza e manutenção (conjunto)	1	72.20		7.22	79.42
Equipamentos de proteção individual (EPI) (conjunto)	1	120.33		12.03	132.36
Água, energia elétrica e telefone	1	601.64		60.16	661.81
Depreciação dos itens de investimento ⁶					394.16
Custos do mexilhão					
Malhar tubular de algodão (m)	342	4.12		0,41	4.53
Custos da vieira					
Aquisição de sementes (milheiro)	32.76	1,182.58		118.26	1,300.84
Tiras de borracha para fechamento das vieiras (sc)	2	96.26		9.63	105.89
Bandejas de isopor para transporte	100	84.23		8.42	92.65
Custos da macroalga					
Cabos de fixação das mudas (m)	5,737.50	11.48		1.15	12.62
Total <i>Perna perna</i>/Ciclo⁷		2,536.06			3,719.82
Total <i>Perna perna</i>/Ano		3,043.27			4,463.78
Total <i>Nodipectem nodosus</i>/Ciclo⁷		3,895.02			5,214.67
Total <i>Nodipectem nodosus</i>/Ano		4,674.02			6,257.38
Total geral/Ciclo		6,431.08			8,934.48
Total geral/Ano		7,717.30			10,721.38
Total <i>Perna perna</i>/Ciclo⁷		1.803,26			2.644,33
Total <i>Perna perna</i>/Ano		2.163,92			3.173,19
Total <i>Nodipectem nodosus</i>/Ciclo⁷		3.162,22			4.139,18
Total <i>Nodipectem nodosus</i>/Ano		3.794,66			4.967,01
Total <i>Kappaphycus alvarezii</i>/Ciclo⁸		1.699,44			2.530,12
Total <i>Kappaphycus alvarezii</i>/Ano		10.265,49			15.256,45
Total geral/Ciclo		6.664,92			9.313,62
Total geral/Ano		16.224,07			23.396,66

¹ Valores expressos em dólar americano (US\$ = R\$ 4,1553);

² Custo Operacional Efetivo;

³ 40% do COE;

⁴ 12% ao ano, do COE adicionado aos encargos sociais;

⁵ Custo Operacional Total;

⁶ Depreciação estimada de acordo com a vida útil;

⁷ Ciclo produtivo = 2 *Long-Lines*;

⁸ Ciclo produtivo = 4 balsas.

Fonte: Dados da pesquisa

A mão-de-obra foi o item que mais onerou ambos os cenários, com COT de US\$ 5,548.05 por ciclo de produção, variando entre 62,10% para o cenário A e 59,57% para o cenário B (Tabela 7). Os encargos sociais, onde se inclui as obrigações trabalhistas pagas a cada funcionário foi de US\$ 1,441.05, valor que também compõe o COT.

Para determinar os custos por quilo ou dúzia das espécies avaliadas foram considerados diferentes condições de sobrevivência que serviram de base de cálculo para ambos os cenários (Tabelas 2, 3 e 4). As sobrevivências finais estimadas no cultivo de mexilhão foram de 60% (4,924.80 kg/ano) e 70% (5,745.60 kg/ano), condições A e B, respectivamente. Essa biomassa, para *P. perna* resultou em COE de US\$ 0.62/kg e COT de US\$ 0.91/kg para a condição A, e COE de 0.53/kg e COT de US\$ 0.78/kg para a condição B. Para *N. nodosus*, aplicou-se a variação percentual de 70% (1,146.60 dz/ano) e 80% (1,310.40 dz/ano) de sobrevivência final nas condições A e B, respectivamente, resultando em COE de US\$ 4.08/dz e COT de US\$ 5.46/dz para a condição A e COE de US\$ 3.57/dz e COT de US\$ 4.78/dz para a condição B (Tabela 8).

No Cenário B, para *K. alvarezii* com taxa de sobrevivência final de 90%, com produção final de 117,733.50 kg/ano, os valores de COE e COT por quilo fresco produzidos anualmente foram, respectivamente, de US\$ 0.09/kg e US\$ 0.13/kg (Tabela 8).

Tabela 8 – Custo de produção efetivo e total para o cultivo do mexilhão *Perna perna*, da vieira *Nodipecten nodosus* e da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020¹.

	Condição A		Condição B	
	COE	COT	COE	COT
<i>Perna perna</i>	0.62	0.91	0.53	0.78
<i>Nodipecten nodosus</i>	4.08	5.46	3.57	4.78
<i>Kappaphycus alvarezii</i> ²	0.09		0.13	

¹ Valores expressos em dólar americano (US\$ = R\$ 4,1553)

² Condição única

Fonte: Dados da pesquisa.

Indicadores financeiros e de rentabilidade

Os preços utilizados para venda dos mexilhões, vieiras e macroalgas (US\$ 1.93/kg, US\$ 9.63/dz e US\$ 0.15/kg, respectivamente) são equivalentes aos praticados no mercado da região.

Os indicadores financeiros de Receita bruta (RB) e Lucro operacional (LO), bem como os indicadores de rentabilidade da Margem bruta (MB) e Índice de lucratividade (IL) apresentaram valores positivos em todas as condições para os dois cenários avaliados (A e B) (Tabela 9).

Atribuindo as modelagens sobre as taxas de sobrevivência estipuladas para o cenário A (Mexilhão e vieiras), as TIRs e TIRmodificadas variaram entre 28,34% e 39,36% e 17,28% e 22,64%, respectivamente (Tabela 9). Os VPLs e VPLanualizados de todas as condições avaliadas apresentaram valores positivos superiores US\$ 40,000.00 para VPL e US\$ 5,000.00 para o VPLanualizado (Tabela 9), o que demonstra que quanto maior o valor da venda de cada espécie, maior será sua lucratividade. O *Payback period* (PP) na pior condição avaliada é de 4,24 anos, considerado ainda assim de baixo risco (Tabela 9).

Tabela 9 - Indicadores financeiros e de rentabilidade para o cultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*), em 0.4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020¹.

Indicadores	Modelagem	Modelagem	Modelagem	Modelagem
	1	2	3	4
Receita bruta (US\$)	20,518.95	22,095.73	22,099.20	23,675.98
Lucro operacional (US\$)	9,797.57	11,374.35	11,377.82	12,954.60
Margem bruta (%)	91.38	106.09	106.12	120.83
Índice de lucratividade (%)	47.75	51.48	51.49	54.72
TIR (%)	28.34	33.93	33.94	39.36
TIRmodificada (%)	17.28	19.04	19.05	22.64
VPL (US\$)	40,392.42	51,997.67	52,023.18	54,855.28
VPLanualizada (US\$)	5,488.04	7,064.82	7,068.28	9,708.52
<i>Payback period</i> (Anos)	4.24	3.79	3.79	3.07
Ponto de nivelamento – Mexilhão (kg)		2,318.54		
Ponto de nivelamento – Vieira (dz.)		650.06		

¹ Valores expressos em dólar americano (US\$ = R\$ 4,1553)

Fonte: Dados da pesquisa.

No cenário B observou-se pequena variação do Índice de Lucratividade (IL) (92,25% a 92,42%, modelagens 5 a 8, respectivamente), Taxa Interna de Retorno (TIR) com 41,13% a 50,71%, TIRmodificada com 21,08% a 23,44% para um horizonte de 10 anos da atividade (Tabela 10). Tanto a TIR como a TIRm ficaram muito acima da taxa de atratividade de 6%.

Verificou-se que o melhor Valor Presente Líquido (VPL) e Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), ambos com taxa de desconto de 6%, foram de US\$ 97,240.88 e US\$ 13,211.92, respectivamente, para a modelagem 8. A modelagem 5 apresentou os menores valores de VPL e VPLa com US\$ 74,004.88 e US\$ 10,054.89, o que demonstra que quanto maior o valor da venda de cada espécie, maior será sua lucratividade (Tabela 10).

O *Payback Period* (PP) no pior modelo (modelagem 5) é de 3,35 anos (Tabela 10), considerado de baixo risco, ainda assim, proporcionando maior chance de sucesso e rápido retorno do capital investido.

Tabela 10 - Indicadores financeiros para o cultivo de moluscos bivalves (mexilhão *Perna perna* e vieira *Nodipecten nodosus*) e macroalga (*Kappaphycus alvarezii*), analisados separadamente, em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Indicadores	Modelagem 5	Modelagem 6	Modelagem 7	Modelagem 8
Receita bruta (US\$)	138,252.60	139,829.38	139,832.85	141,409.63
Lucro operacional (US\$)	127,531.22	129,108.00	129,111.47	130,688.25
Margem bruta (%)	1,189.50	1,204.21	1,204.24	1,218.95
Índice de lucratividade (%)	92.25	92.33	92.33	92.42
TIR (%)	41.13	45.94	45.95	50.71
TIR modificada (%)	21.08	22.13	22.31	23.44
VPL (US\$)	74,004.88	85,610.13	85,635.64	97,240.88
VPL anualizada (US\$)	10,054.89	11,631.67	11,635.14	13,211.92
<i>Payback period</i> (ano)	3.35	3.13	3.13	2.94
Ponto de nivelamento – Mexilhão (kg)		1,648.19		
Ponto de nivelamento – Vieira (dz.)		515.99		
Ponto de nivelamento – Macroalga (kg)		101,709.68		

¹ Valores expressos em dólar americano (US\$ = R\$ 4,1553)

Fonte: Dados da pesquisa.

Biomassa mínima para o cultivo pela TIRM

A figura 3 apresenta as variações da Taxa Interna de Retorno modificada (TIRm) relacionadas as diferentes taxas de sobrevivência finais. Para tanto, avaliou-se as variações de 20% a 80% nas sobrevivências dos cultivos de mexilhões e vieiras e percentual único de 90% no cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

		<i>Nodipecten nodosus</i>						
		20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%
<i>Perna perna</i>	20.00%	31.40	37.42	41.72	45.09	47.88	50.26	52.35
	30.00%	32.01	37.83	42.03	45.34	48.09	50.45	52.51
	40.00%	32.59	38.22	42.33	45.59	48.30	50.63	52.67
	50.00%	33.15	38.61	42.63	45.84	48.51	50.81	52.83
	60.00%	33.69	38.99	42.93	46.08	48.71	50.99	52.99
	70.00%	34.21	39.36	43.21	46.31	48.92	51.16	53.15
	80.00%	34.72	39.72	43.50	46.55	49.12	51.34	53.30

Figura 3 - Análise de sensibilidade pela Taxa Interna de Retorno modificada (TIRm) do sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga) frente as diferentes taxas de sobrevivência final dos cultivos de mexilhões, vieiras e macroalgas, em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização.

Fonte: Dados da pesquisa.

Embora todos os indicadores apresentados sejam positivos, os melhores resultados são atribuídos diretamente às melhores taxas de sobrevivência na produção da vieira (*Nodipecten nodosus*). Nesta análise é possível inferir que esses resultados se devem, sobretudo, ao baixo custo de produção por dúzia produzida e o maior valor de comercialização do produto.

Análise de sensibilidade

Perda de safra

Ao considerar, hipoteticamente, a perda total do ciclo produtivo (safra) dos cultivos no sexto ano de produção, observa-se que tanto a TIR quanto a TIRm oscilaram de forma diferente (Figuras 4a e 4b). Destaca-se, no entanto, a TIRm que oscilou uniformemente em ambos cenários.

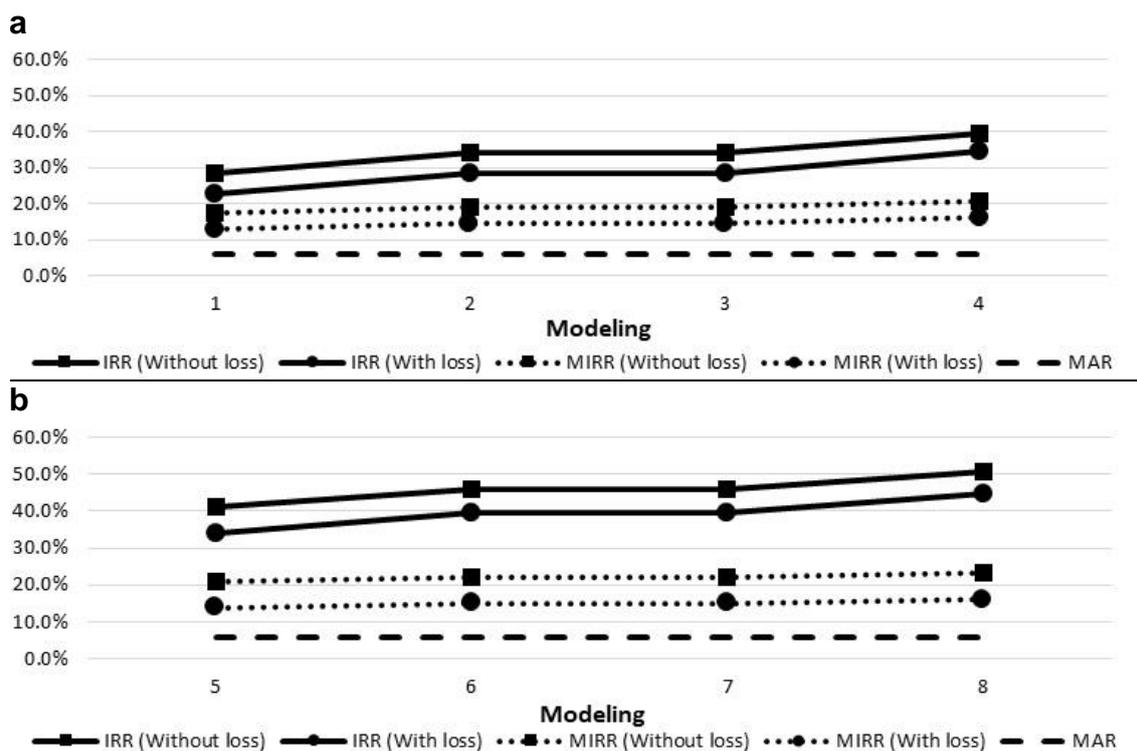


Figura 4a - Análise de sensibilidade comparando bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização. Figura a) TIR e TIRm para Bicultivo; figura b) TIR e TIRm para o sistema AIMT. Ambas análises com TMA de 6%.

Seguindo o comportamento identificado nas TIRs, os VPLs, simples e anualizados, em ambos cenários, apresentaram comportamentos semelhantes, também mostrando pouca oscilação (Figuras 4.a e 4.b).

A identificação de tal comportamento por meio destas ferramentas de análise, permitem supor que a atividade, mesmo com a simulação de risco, em ambos cenários analisados, são seguras sob o ponto de vista financeiro.

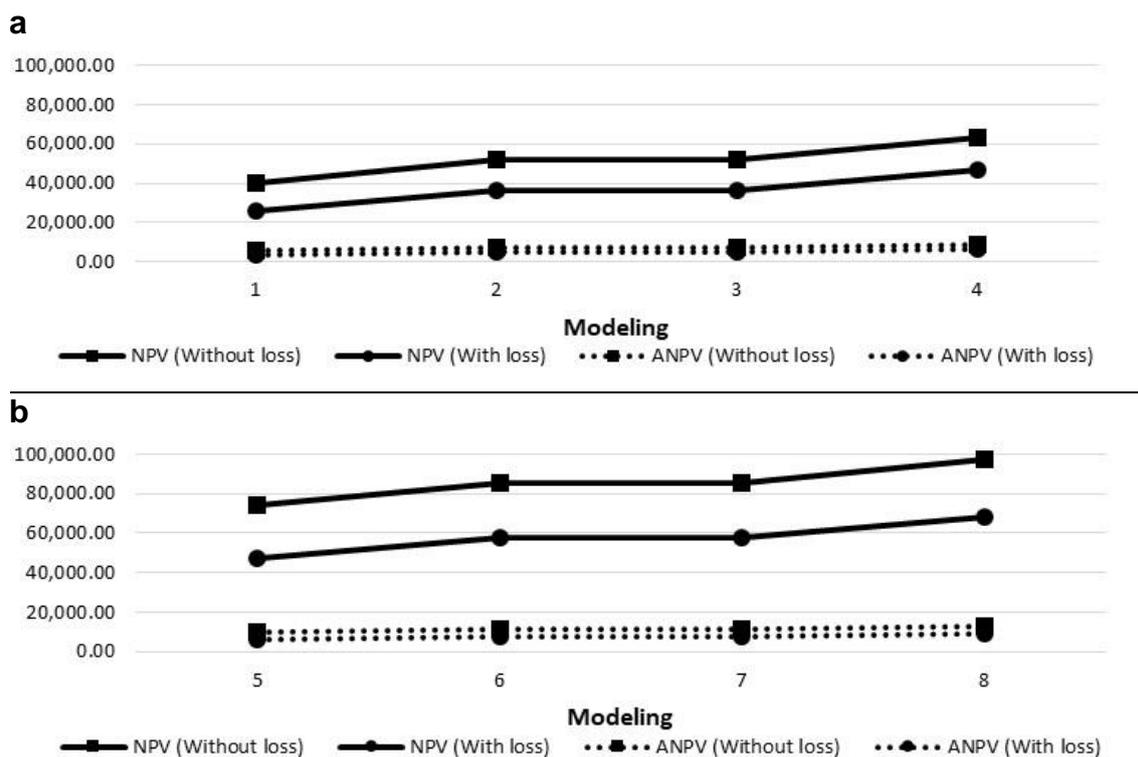


Figura 4b - Análise de sensibilidade comparando bicultivo de moluscos bivalves (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020, considerando preço base de comercialização. Figura a) NPV e ANPV para Bicultivo; b) NPV e ANPV para o sistema AIMT. Ambas análises com TMA de 6% para horizonte de 10 anos da atividade.

Variações nos preços de comercialização

A análise das variações de preço de venda, por meio do VPLanualizado nas modelagens 2 e 3, 4 e 5 e 6 e 7 apresentaram sutis oscilações. Tendo a TIRmodificada como parâmetro, apenas as modelagens 2 e 3 e 6 e 7 apresentaram similaridades nos resultados.

Tabela 11 - Resultados dos indicadores econômicos taxa interna de retorno modificado (MIRR) e valor presente líquido anualizado (ANPV 6%), simulando uma perda de safra, para o bicultivo de moluscos (mexilhão e vieira) e sistema AIMT (mexilhão, vieira e macroalga), em 0,4 ha de lâmina d'água, litoral sudeste do Brasil, fevereiro de 2020.

Modelagem	Pior preço		Preço médio praticado		Melhor preço	
	MIRR (%)	ANPV (US\$)	MIRR (%)	ANPV (US\$)	MIRR (%)	ANPV (US\$)
1	14.56	3,436.14	17.28	5,488.04	19.53	7,539.93
2	16.50	4,855.24	19.04	7,064.82	21.17	9,274.39
3	16.50	4,858.36	19.05	7,068.28	21.18	9,278.20
4	18.19	6,277.47	20.60	8,645.06	22.64	11,012.66
5	17.58	6,269.09	21.15	10,086.99	23.96	13,904.89
6	19.02	7,688.20	22.38	11,663.77	25.07	15,639.35
7	19.02	7,691.32	22.38	11,667.24	25.07	15,643.16
8	20.32	9,110.42	23.51	13,244.02	26.10	17,377.62

Fonte: Dados da pesquisa.

5. DISCUSSÃO

Em todo o mundo, são incentivadas produções aquícolas integradas, com diferentes espécies cultivadas no mesmo ambiente (FAO, 2009; 2016; Largo et al., 2016). Atualmente, diversas pesquisas analisam a viabilidade técnica de sistemas de produção integrada multitrófica (Neori et al., 2000; FAO, 2016; Largo et al., 2016; Knowler et al., 2020). Entretanto, informações econômicas relacionadas aos custos de estabelecimento e manutenção e à lucratividade potencial do bicultivo de bivalves marinhos associados a produção de macroalgas são escassas (Johnston et al., 2019). Esta é a primeira comparação na literatura relativa a modelagens bioeconômicas da produção integrada dessas espécies utilizando diferentes cenários de cultivo e condições de produção.

Mesmo utilizando uma área de pequenas dimensões (0,4 ha) quando comparada a outras fazendas marinhas no Brasil (Rupp, 2016) e no mundo (Theodoridis et al., 2020), os resultados obtidos no presente estudo demonstram a viabilidade econômica do cultivo integrado do mexilhão *Perna perna*, vieira *Nodipecten nodosus* e alga *Kappaphycus alvarezii*, o que pode ser atribuído ao bom valor comercial dos produtos, principalmente da vieira e à utilização de estruturas de cultivo que otimizam o uso do espaço, integrando as três culturas. Savidov e Brooks (2004) e Bosma et al. (2017), afirmam que produtos provenientes de cultivos integrados, considerados ecologicamente amigáveis,

possuem forte apelo socioambiental, possibilitando a agregação de valor aos produtos, permitindo preços tipo “*premium*”. Desta forma, seria oportuno o incentivo à agregação de valor aos produtos oriundos do AIMT cultivados em escala familiar como é o caso analisado no presente estudo. Knowler et al. (2020), afirmam que a AIMT pode melhorar a sustentabilidade da produção, reduzindo os impactos das operações intensivas de aquicultura e fornecendo benefícios financeiros através de produtos diversificados e ciclos de produção mais rápidos.

Segundo Henriques et al. (2010), a maior inversão de capital em empreendimentos aquícolas marinhos está relacionada à aquisição de equipamentos e à confecção das estruturas de cultivo. Esse dado se confirmou para o presente estudo, no qual o investimento inicial tanto de US\$ 31,718.56 (Cenário A - Bicultivo) como de US\$ 34,794.29 (Cenário B – AIMT) podem ser considerados altos para o pequeno produtor, ou pescador artesanal, restringindo a atividade aos empreendedores com maiores recursos financeiros. Porém, uma alternativa para pessoas com menor capacidade financeira ingressarem nessa atividade seria através de associações ou cooperativas de produtores, fato que já ocorre na região estudada.

Os dados utilizados no modelo AIMT proposto incluem os custos associados à infraestrutura necessária a implantação da atividade em sistema familiar de pequena escala, nos dois cenários propostos, com a produção dos bivalves *P. perna*, *N. nodosus* e a macroalga *K. alvarezii*, seus custos operacionais e trabalhistas. Maiores cultivos tendem a ser viáveis na sua operação ao longo do ciclo, pela possibilidade de melhor diluição dos custos fixos e aproveitamento da mão-de-obra contratada ou temporária. Theodoridis et al. (2020) ressaltam que uma fazenda familiar, ocupando menores áreas, é uma alternativa interessante, pela vantagem do potencial de flexibilidade, mas que é ameaçada, no entanto, pelos altos custos fixos.

Os valores pagos a mão-de-obra foram os que mais oneraram o custeio da atividade, variando, dependendo do cenário, entre 59,57% e 62,10%. Ressalta-se que o cálculo base deste item deve-se a contratação de um trabalhador em tempo integral e outro para meio período, suficientes para manter a rotina necessária da produção. Porém, quando comparamos a cultivos nas Filipinas, a mão-de-obra não é remunerada e onera em apenas de 10% a 14%

do custeio, sendo calculada pelo custo de oportunidade, que representa a remuneração que os indivíduos obteriam em outras atividades caso não houvesse opção de praticar a aquacultura (Samonte, 2017). É importante salientar que em alguns países asiáticos essa mão-de-obra é composta basicamente por trabalhadores rurais que buscam ultrapassar a linha da pobreza, recebendo baixíssimas remunerações (Valderrama et al., 2015). No Brasil, mesmo tendo conhecimento da ocorrência do trabalho não remunerado em algumas fazendas marinhas, no presente estudo optou-se, por remunerar os trabalhadores com salários e encargos sociais de acordo com a legislação trabalhista vigente no país. Subestimar o custo da mão-de-obra acarreta diretamente em subestimar o real custo de produção da atividade.

O modelo econômico utilizado para a análise de custo-benefício incorpora uma projeção de fluxo de caixa descontado durante um período de 10 anos para garantir a estacionalidade, devido as características do sistema de produção de bivalves marinhos (Chen et al., 2017). Vários indicadores financeiros são utilizados para avaliar a viabilidade do investimento em um empreendimento. A Taxa Interna de Retorno (TIR) fornece uma indicação da sensibilidade do projeto às mudanças na taxa de desconto, representa a taxa máxima de juros que poderia ser paga em todo o capital investido em um projeto.

Neste estudo, as TIRs, em todas as condições propostas, variaram entre 28,34% e 39,36%, no Cenário A, influenciadas pelas taxas de sobrevivência e pelos preços de comercialização dos produtos. No cenário B (AIMT) os resultados foram ainda melhores, com TIR variando de 41,13% a 50,71%, todas rentabilidades foram atrativas, considerando a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 6%. Bunting e Shpigel (2009), utilizando conceitos de modelagem bioeconômica, afirmam que empreendimentos que integram cultivos de diferentes níveis tróficos (Halófitas, camarão marinho e macroalgas) podem apresentar valores financeiros muito atrativos como TIR (133,4%), VPL (15%) de US\$ 4,926,207.31 e Payback period de 1,3 anos para um horizonte de 10 anos. Como salientado anteriormente, os baixos valores encontrados no presente trabalho frente aos relatados por Bunting e Shpigel (2009), podem ser devidos aos altos encargos trabalhistas computados corretamente que oneram a produção.

As Taxas Internas de Retorno Modificadas (TIRm) permitem ao analista definir qual melhor projeto de empreendimento entre diferentes propostas de setor de atividades não correlatas. As produções de bicultivo e AIMT avaliadas nesta pesquisa apresentaram valores acima da TMA (6%) com variação de 17,28% a 22,64% no Cenário A e 21,08% a 23,44% no Cenário B. Em se tratando de produção aquícolas integradas com a mesma taxa de desconto empregada no presente estudo (6%), Tokunaga et al. (2015), obtiveram valores abaixo dos encontrados nas produções de moluscos bivalves e macroalgas (Cenários A e B). Aferindo a viabilidade econômica da produção de pequena escala em sistema de aquaponia entre tilápias (*Oreochromis spp*) e alfaces (*Lactuca sativa*), cultivados no Hawaii-US, esses autores apresentaram TIRm de 7,36%, para um horizonte de produção de 10 anos. Castilho-Barros et al. (2020), ao avaliarem o monocultivo de pequena escala de tilápias na região Sul do Brasil, em diferentes cenários de produção, obtiveram valores que variaram de negativos para peixes com peso final de 700g, produzidos em 1 ha (pior cenário) a 3,12% para peixes com peso final de 1100g, produzidos em 5 ha (melhor cenário).

Indicadores positivos obtidos através do VPL empregado como ferramenta de análise financeira, apontam o mínimo que o empreendimento pode lucrar em determinado período futuro. Tanto a produção consorciada dos moluscos (Cenário A), quanto a produção integrada de moluscos e macroalgas (Cenário B), em todas as condições e modelagens avaliadas, apresentaram indicadores positivos. Os resultados obtidos no presente estudo, contrastam com os identificados por Yu et al. (2017) que, ao avaliarem as produções de monocultura (*Laminaria japonica*) e de AIMT (*L. japonica* + *Chlamys farreri* e *L. japonica* + *Haliotis discus hannai*) em Weihai, China, afirmam que além de algumas inadequações no projeto inicial, o crescimento constante do custo da mão-de-obra e os baixos preços de comercialização dos moluscos conspiraram para a baixa eficiência econômica dos modos de produção em AIMT da macroalga marinha e abalone. Os VPLs, com 5% de desconto, apresentados por esses autores variaram de US\$ 886.00 (*L. japonica* + *C. farreri*) e US\$ - 5,964.00 (*L. japonica* + *H. discus hannai*), frente a US\$ 1,323.00 para a produção monocultural da macroalga *L. japonica*.

Seguindo os mesmos conceitos da TIRm, a utilização do Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) como ferramenta de tomada de decisão, permite ao

analista optar por projetos mais rentáveis quando confrontados com projetos de investimento de outros segmentos. Henriques et al. (2019), ao estimarem a rentabilidade da produção de iscas-vivas (*Deuterodon iguape*) cultivados em sistema de recirculação de água (RAS), apresentaram VPLa, com 10% de desconto e horizonte de 10 anos de produção, variando de US\$ 1,150.67 a US\$ 42,174.03. Entre as modelagens avaliadas, para cada cenário proposto, o presente estudo obteve valores positivos que variaram de US\$ 5,488.04 (Modelagem 1) a US\$ 13,211.92 (Modelagem 8), mostrando certa solidez, tanto na produção dos moluscos (Cenário A), quanto na associação desta produção com macroalgas (Cenário B).

Os *Paybacks period* (PP) nas melhores condições avaliadas, foram de 3,07 anos (Cenário A) e 2,94 anos (Cenário B), valores próximos aos 2,5 anos encontrado por Marques et al. (2018) para o monocultivo de *N. nodosus* na mesma região, porém utilizando lanternas de 10 pisos, enquanto utilizamos apenas sete para os dois cenários; e melhores que os seis anos obtidos por Taylor et al. (2006) para o cultivo de *N. subnodosus*, na baía Magdalena, península de Baja California, México, para cultivo de fundo em travesseiros sem contato com o substrato. O cultivo de fundo normalmente apresenta maior custo de produção e conseqüentemente maior tempo de retorno do capital investido devido ao manejo mais complexo e também menor produtividade por área, já que é realizado em uma superfície plana, não explorando a coluna d'água como a AIMT proposta no presente estudo.

Zuniga-Jara e Marin-Riffo (2016), propuseram um modelo dinâmico que relacionou os parâmetros que afetam a produtividade do monocultivo de *K. alvarezii* na Índia para avaliar de forma simples a viabilidade econômica de cultivos em pequena escala para comunidades de pescadores artesanais de baixa renda. A análise dinâmica realizada no presente estudo, assim como este tipo de modelo realizado na Índia poderiam ser adotados em diversos locais para verificar a viabilidade de implantação de futuros empreendimentos. O modelo de avaliação econômica proposto no presente estudo teve a finalidade de obter resultados exatos, que caracterizassem pontualmente a experiência ainda inicial dos cultivos comerciais sistema AIMT em escala familiar no Sudeste do Brasil. Este exemplo pode ser extrapolado, alterando as séries de variáveis propostas,

respeitando as particularidades de cada local, comunidade ou contextos socioeconômico e ambiental onde se pretender implantá-los.

A atividade de cultivo e produção das espécies tem sido avaliada como benéfica com baixo impacto ambiental, devido a qualidade do produto oferecido em termos comerciais. O cultivo integrado do mexilhão *P. perna*, vieira *N. nodosus* e macroalga *K. alvarezii* pode ser considerado um grande avanço socioeconômico na região, favorecendo a economia local com boas perspectivas financeiras para os aquacultores locais.

Pesquisas sobre viabilidade técnica e econômica da aquacultura integrada multitrófica (AIMT) das três espécies citadas ainda não foram publicadas no Brasil e no mundo. Este estudo constitui um primeiro passo importante e necessário, pois trata-se da primeira análise econômica do bicultivo de moluscos bivalves *P. perna* e *N. nodosus* integrado a produção de *K. alvarezii* para venda do produto fresco no próprio local de cultivo, sem qualquer agregação de valor, avaliando um sistema de produção familiar de pequena escala no Brasil.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a produção integrada e comercialização de *P. perna*, *N. nodosus* e *K. alvarezii* pode ser viável economicamente conforme as particularidades aqui descritas, confirmando a hipótese da rentabilidade sofrer alterações conforme os cenários e condições propostos. Pesquisas focadas no melhoramento zootécnico e na viabilização de novos sistemas de criações integrados poderiam corroborar para o sucesso de novos projetos e conseqüentemente geração de empregos e renda, recolhimento de impostos, desenvolvimento local, podendo ainda desestimular práticas danosas tal como a extração de bivalves em bancos naturais que ainda ocorrem indiscriminadamente na região.

REFERÊNCIAS

Alves, J.L.; Galvão, M.S.N.; Garcia, C.F.; Marques, H.L.A. (2020). Productive performance of brown mussels *Perna perna* (Linnaeus, 1758) cultivated on ropes at low densities in Caraguatatuba, Brazil. *Aquaculture Research*. 2020:1–8. <https://doi.org/10.1111/are.14665>.

Bailey, K. D. (1994). *Methods of social research*. 4. Ed. New York: The Free Press, 588 pp.

Barrington, K.; Chopin, T.; Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 529, 7–46. <https://doi.org/10.3354/aei00179>.

Bosma, R.H, Lacambra, L.; Landstra, Y.; Poulie, J.; Schwaner, M.J.; Yin, Y. (2017). The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. *Aquac Eng* 78:146–154.

Brom, L.G.; Balian, J.E.A. (2007). *Analysis of investment and working capital: Concepts and applications*. São Paulo: Saraiva pp 132.

Bulboa, C.R.; Paula, E.J.; Chow, F. (2008). Germination and survival of tetraspores of *Kappaphycus alvarezii* var. *alvarezii* (Solieriaceae, Rhodophyta) introduced in subtropical waters of Brazil. *Phycol Res* 56: 39–45.

Bunting, S. W.; Shpigel, M. (2009). Evaluating the economic potential of horizontally integrated land-based marine aquaculture. *Aquaculture*. v. 294, p. 43-51.

Campolim, M.B.; Henriques, M.B.; Petesse, M.L.; Rezende, K.F.O.; Barbieri, E. (2017). Metal trace elements in mussels on the island of Urubuqueçaba, Santos Bay. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52: 1131-1139.

Castilho, L.A.; Costa, R.C.; Fransozo, A.; Negreiros-Fransozo, M.L. (2008). Reproduction and recruitment of the South american red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Drustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. *Marine Biology Research*, 4: 361-368.

Castilho-Barros, L.; Alves, P.M.F.; Silva, N. J. R.; Henriques, M.B. (2014). Cadeia produtiva do camarão branco utilizado como isca viva na pesca amadora da Baixada santista, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 44(6): 23-35.

Castilho-Barros, L.; Almeida, F.H.; Henriques, M.B.; Seiffert, W.Q. (2018). Economic evaluation of the commercial production between Brazilian samphire and whiteleg shrimp in an aquaponics system. *Aquaculture international*, <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0277-8>.

Castilho-Barros, L.; Owatary, M.S.; Mouriño, J.L.P.; Silva, B.C.; Seiffert, W.Q. (2020). Economic feasibility of tilápia culture in Southern Brazil: A small-scale farm model. *Aquaculture*, 515. DOI:10.1016/j.aquaculture. 2020.734551.

Chen, J. Q.; Haws, M. C.; Fong, Q. S.; Leung, P. (2017). Economic feasibility of producing oysters using a small-scale Hawaiian fishpond model. *Aquaculture Reports*, 5, 41–51.

Engle, C.R.; Pomerleau, S.; Fornshell, G.; Hinshaw, J.M.; Sloan, D.; Thompson, S. (2005). The economic impact of proposed effluent treatment options for production of trout *Oncorhynchus mykiss* in flow-through systems. *Aquacult Eng* 32: 303–323.

Ertör, I.; Ortega-Cerdà, M. (2015). Political lessons from early warnings: Marine finfish aquaculture conflicts in Europe. *Marine Policy*, v. 51: 202-210.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2009). Integrated mariculture - A global review. Rome, 194 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2016). The state of world fisheries and aquaculture – Contributing to food security and nutritional for all. Rome, 200 pp.

Freitas Jr.; J.R.C.; Morrondo, J.M.S.; Ugarte, J.C. (2016). *Saccharina latissima* (Laminariales, Ochrophyta) farming in an industrial IMTA system in Galicia (Spain). *J Appl Phycol*, 28: 377-385. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-015-0526-4>.

Góes, H.G.; Reis, R.P. (2011). An initial comparison of tubular netting versus tie–tie methods of cultivation for *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) on the south coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 607-613. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9647-y>.

Hayashi, L.; de Paula, E.J.; Chow, F. (2007). Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the subtropical waters of São Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 19(5): 393-399. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9135-6>.

Henriques, M.B.; Machado, I.C.; Fagundes, L. (2010). Análise econômica comparativa dos sistemas de cultivo integral e de “engorda” da ostra do mangue *Crassostrea* spp. no estuário de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 36(4): 307-316.

Henriques, M.B.; Carneiro, J.S.; Fagundes, L.; Castilho-Barros, L.; Barbieri, E. (2019). Economic feasibility for the production of live bait lambari (*Deuterodon iguape*) in recirculation system. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(4):e516. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.4.516>.

Johnson, B.; Gopakumar, G. (2011). Farming of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* in Tamil Nadu coast - status and constraints *Marine Fisheries*

Information Service T&e Ser. Mandapam 208:1–5
<http://eprints.cmfri.org.in/8882/1/208-1.pdf>.

Johnston, B.; Hine, D.; Kishore, P.; Southgate, P.C. (2019). Cost–benefit analysis of two culture methods that influence pearl production from the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*. *J World Aquacult Soc.*, 50:510–521. <https://doi.org/10.1111/jwas.12594>.

Knowler, D.; Chopin, T.; Martínez-Espiñeira, R.; Neori, A.; Nobre, A.; Noce, A.; Reid, G. (2020). The economics of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: where are we now and where do we need to go? *Reviews in Aquaculture*, 1–16. <https://doi.org/10.1111/raq.12399>.

Kuhnen, V.V.; Costa, L.G.; Raiol, K.L.; Souza, O.M.; Sanches, E.G. (2019). Mariculture impacts on the benthonic ichthyofauna of itaguá bay, Ubatuba, Southeast Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(4): e500. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.4.500>.

Largo, D.B.; Diola, A. G.; Marababol, M. S. (2016). Development of an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system for tropical marine species in southern cebu, Central Philippines. *Aquaculture Reports*, 3: 67-76.

Marques, H.L.A.; Galvão, M.S.N.; Garcia, C.F.; Henriques, M.B. (2018). Economic analysis of scallop culture at the north coast of São Paulo State, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 44(2): e290. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.290>.

Martin, N.B.; Serra, R.; Oliveira, M.D.M.; Angelo, J.A.; Okawa, H. (1998). Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Informações Econômicas*, 28(1): 7-28.

Matsunaga, M.; Bemelmans, P.F.; Toledo, P.E.N.; Dulley, R.D.; Okawa, H.; Peroso, I.A. (1976). Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, 23(1): 123-139.

Neori, A.; Shpigel, M.; Ben-Ezra, D. (2000). A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186: 279-291.

Nita, V.; Theodorou, J.; Nicolaev, S.; Nenciu, M.L. (2019). Advancing shellfish aquaculture as a sustainable food procurement option in emerging Black Sea riparian countries: Romania country report. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. Vol. LXII, No. 2, 2019 ISSN 2285-5750.

Nogueira, M.C.F.; Henriques, M.B. (2020). Large-scale versus family-sized system production: economic feasibility of cultivating *Kappaphycus alvarezii* along the southeastern coast of Brazil. *J Appl Phycol*, 32, 1893–1905. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02107-2>

Pereira, D.A.S.; Henriques, M.B. (2019). Economic feasibility for producing Imperial Zebra pleco (*Hypancistrus zebra*) in recirculating aquaculture systems:

An alternative for a critically endangered ornamental fish. *Aquaculture Economics & Management*, 23(4): 428-448.
<https://doi.org/10.1080/13657305.2019.1641574>

Ren, J.S.; Stenton-Dozey, J.; Plew, D.R.; Fang, J.; Gall, M. (2012). An ecosystem model for optimizing production in integrated multitrophic aquaculture systems. *Ecol. Model.* 246, 34–46.

Samonte, G.P.B. (2017). Economics of *Kappaphycus* spp. Seaweed Farming with Special Reference to the Central Philippines. *Tropical Seaweed Farming Trends, Problems and Opportunities*, 147-154. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-63498-2_9.

Shang, Y.C. (1990). *Aquaculture economic analysis: an introduction*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, 211 p.

Santos, A.A.; Dorow, R.; Araújo, L.A.; Hayashi, L. (2018). Socioeconomic analysis of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* and mollusks (*Crassostrea gigas* and *Perna perna*) farming in Santa Catarina State, Southern Brazil. *Custos e @gronegocio on line* 14(3), 443-473.

Savidov, N.; Brooks, AB. (2004). Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities in Alberta. *Crop Diversification Centre South, Alberta Agriculture, Food and Rural Development*.

Soares, I.; Mesquita, E.F.; Franco, R.; Vital, H.; Rubião, C. (2012). Bacteriological analysis of frozen and irradiated scallops' muscle and gonads *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 49(1), 24-29. <https://doi.org/10.11606/issn.2318-3659.v49i1p24-29>.

Souza, R.C.; Fernandes, F.; Silva, E. (2003). A study on the occurrence of the brown mussel *Perna perna* on the sambaquis of the Brazilian coast. *Revista Do Museu De Arqueologia E Etnologia*, (13), 3-24.
<https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2003.109462>.

Taylor, M.H.; Koch, V.; Wolff, M.; Sínsel, F. (2006). Evaluation of different shallow water culture methods for the scallop *Nodipecten subnodosus* using biologic and economic modeling. *Aquaculture*, 254(1): 301-316.

Theodoridis, A.; Ragkos, A.; Koutouzidou, G. (2020). Revealing the profile of economically efficient mussel farms: a restricted data envelopment analysis application. *Aquaculture International* 28: 675–689.
<https://doi.org/10.1007/s10499-019-00490-3>

Tokunaga, K.; Tamaru, C.; Ako, H.; Leung, P.S. (2015). Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawai'i. *Journal of the world aquaculture society*. 46(1): 20 – 32. <https://doi.org/10.1111/jwas.12173>

Valderrama, D.; Cai J.; Hishamunda, N.; Ridler, N.; Neish, I.C.; Hurtado, A.Q.; Msuya, F.E.; Krishnan, M.; Narayanakumar, R.; Kronen, M.; Robledo, D.; Gasca-Leyva, E.; Fraga, J. (2015). The economics of *Kappaphycus* seaweed cultivation in developing countries: a comparative analysis of farming systems. *Aquaculture Economics & Management*, 19(2), 251-277. <http://dx.doi.org/10.1080/13657305.2015.1024348>.

Wijnsman, J.W.M, Troost, K.; Fang, J.; Roncarati A. (2019). Global production of marine bivalves. Trends and Challenges. In: Smaal AC, Ferreira JG, Grant J, Petersen JK, Strand Ø (eds) Goods and services of marine bivalve, pp 7–26.

Yu, L. Q. J.; Mu, Y.; Zhao, Z.; Lam, V. W. Y.; Sumaila, U. R. (2017). Economic challenges to the generalization of integrated multi-trophic aquaculture: An empirical comparative study on kelp monoculture and kel-mollusk polyculture in Weihai, China. *Aquaculture*, 471: 130-139.

Zuniga-Jara S.; Marin-Riffo M. (2016). Bioeconomic analysis of small-scale cultures of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty in India. *Journal of Applied Phycology*, 28: 1133-1143. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0616-3>.

ANEXOS

QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO APLICADO AOS MARICULTORES

QUESTIONÁRIO 1

Dados Pessoais

Nome: Idade: **36 anos**

Cidade: **Caraguatatuba/São Paulo** Local de cultivo (Praia?): **Cocanha**

Nível de Escolaridade: **Pós-Graduado**

Histórico de Vida

1) Há quanto tempo você é Maricultor?

R: É Maricultor a 3 meses, porém, está em andamento seu Registro na Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha.

2) Quando e como começou a atividade de Maricultor? Que produtos cultiva?

R: Começou a atividade de Maricultor a exatmente 2 anos ajudando na produção de Mexilhão e Vieira.

3) Qual a importância da sua atividade como Maricultor para sua vida e sociedade?

R: A importância está principalmente no retorno financeiro para os Maricultores, onde muitos dependem dessa atividade como fonte de renda, e também na questão do turismo local.

Locais de Coleta

a) Coleta sementes de marisco? Qual Local?

R: Sim, na praia da Cocanha, em Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo.

b) Usa coletor artificial? Quanto custa montar um? Qual a quantidade coletada por metro linear de coletor?

R: Usa Coletor artificial, onde custa mais ou menos R\$7,00 reais o metro. A quantidade coletada por metro linear varia da localização, região e época do ano, porém a quantidade gira em torno de 700 sementes por 2,5 metros de corda.

c) Onde compra sementes de vieiras e gigas? Qual o valor do Milheiro?

R: Compra no Rio de Janeiro, porém não trabalha com Gigas. O valor é de R\$ 150,00 reais o Milheiro da Vieira.

Mão de Obra

a) Quantas horas por dia é utilizado para o manejo de long lines? Quantos long lines possui? Qual a metragem de cada um ?

R: Trabalha mais no período da manhã, com uma carga horária de 6 horas, onde utiliza 3 log lines de 50 metros cada um.

b) Contrata mão de obra? Se sim, quantos seriam? Como são remunerados?

R: Não contrata mão de obra.

c) Quais atividades são exercidas pelos contratados e em que periodicidade?

R: Não há atividades, pois não possui funcionários contratados por ele.

d) Existe outra atividade geradora de renda?

R: Trabalha como professor em outros períodos do dia ao longo da semana.

e) Quais seriam elas? Houve alguma mudança?

R: Não Houve mudanças.

Informações Econômicas

a) Onde é realizado o manejo em terra? Galpão ou Rancho de Pesca? Quanto custou? Divide com outros produtores? Quantos?

R: O manejo em terra é realizado em volta da praia da Cocanha no município de Caraguatatuba, onde as atividades são realizadas em um Galpão.

b) Qual o tamanho e a quantidade de cabos, boias e poitas usadas nos long lines? Preço estimado?

R: Tamanho do long line: 17kg de cabo de 2mm (100m) – Preço: R\$:30,00 o kg. 34 bombonas de R\$25,00 cada. 200 m de cabo de engorda custando R\$5,00 m. 2 poita/âncora R\$500,00 cada.

R\$400,00 abraçadeira e R\$800,00 de cabo de 16mm para amarração das bombonas. O cabo de espia de bóias de sinalização das poitas tem um preço de R\$250,00. O total estimado é de R\$4.810,00 por long line.

c) Qual a quantidade de coletores? Preço Estimado?

R: 250 metros de colete consegue coletar 175 mil sementes.

d) Qual o preço da mão de obra para construção e montagem dos long lines e coletores artificiais? Quantos dias leva para montar um long line?

R: Cerca de R\$2.000 onde leva em torno de 2 a 8 dias para montar um long line

e) Quantas lanternas utiliza? Qual o preço de cada lanterna (berçário, intermediária e definitiva)?

R: Utiliza 30 lanternas pequenas de sementes e juvenis, 30 lanternas de engorda. R\$50,00 cada lanterna. O total estimado para as lanternas por long lines é de R\$3.000,00.

f) Quantos pisos tem as lanternas?

R: 5 pisos. O preço estimado é de R\$75,00 por lanterna de vieiras.

g) Qual a taxa de sobrevivência das lanternas (berçário, intermediária e definitiva)?

R: A taxa de sobrevivência é de 20% se tiver um manejo de qualidade.

h) Quantos quilos de mariscos e dúzias de gigas e vieiras são coletados por ciclo de produção?

R: São coletados mais ou menos 2 mil kg de mariscos e vieiras. Gigas não está trabalhando no momento por falta de semestre no Laboratório em Angra dos Reis (RJ).

i) Qual o preço médio de venda dos bivalves (kg de mariscos ou dúzias de gigas e vieiras)?

R: Mexilhão: R\$15,00 o kg

Vieira: Varia em torno de R\$40,00 a 60,00 reais a dúzia.

j) Quantidade média semeada por metro de corda de marisco, e a quantidade em kg final por metro? Quantos meses demora para colheita?

R: Mais ou menos 10 kg por metro, onde a colheita demora em torno de 6 a 7 meses.

k) Quantidade média semeada de gigas e vieiras por piso de lanternas, e a quantidade em dúzias por piso?

R: 200 sementes por piso e 15 vieiras por piso.

l) Quantos meses demora para colheita dos mariscos, gigas e vieiras?

R: Mariscos: de 7 a 8 meses para colheita.

Vieiras: de 8 meses a 1 ano para colheita.

m) Quais apetrechos que utiliza para a colheita de mariscos, vieiras e gigas? Onde adquire?

R: Usa corda especial de filamento para colheita de mariscos nas praias. Já as vieiras precisa de suporte técnico do laboratório em Angra dos Reis (RJ).

n) Possui embarcação para o manejo da criação? Qual o valor estimado? O barco também serve outros serviços? Qual o tempo diário ou semanal que a embarcação serve o cultivo?

R: Possui embarcação para criação, onde o valor estimado está em R\$7.000, sendo utilizada para que outras pessoas possam conhecer seu trabalho. Usa o bote para trabalhas pesados em torno de 4 vezes na semana.

Comercialização

a) Como, quando e para quem é feito a comercialização?

R: É comercializado 50% para o varejo e outros 50% para o comércio e quiosques das praias do Litoral Norte de São Paulo.

b) De que forma o produto é conservado até a venda final?

R: O período de venda é diário e dura 12 horas para servir no dia.

1) Há incidência de algum imposto na venda?

R: Não há incidência de imposto na venda.

2) Faz parte de alguma Associação?

R: No momento não é associado por estar trabalhando a 3 meses, mas está em processo de associação nos próximos meses, porém ele já trabalha com Mariscos e Vieiras a mais de 2 anos.

3) Quantas Associações ou Cooperativas existem?

R: Existe a Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha. No momento não existe Cooperativas.

4) Você têm ideia do número de associados em cada uma delas?

R: Cerca de 20 maricultores e 20 pescadores associados.

QUESTIONÁRIO 2**Dados Pessoais**

Nome: Idade: **44 anos**

Cidade: **Caraguatatuba/São Paulo** Local de cultivo (Praia?): **Cocanha**

Nível de Escolaridade: **Ensino Médio Completo**

Histórico de Vida

1) Há quanto tempo você é Maricultor?

R: É Maricultor deis de 1995.

2) Quando e como começou a atividade de Maricultor? Que produtos cultiva?

R: Começou a atividade de Maricultor na década de 90, no ano de 1995 com criação de Mexilhão.

3) Qual a importância da sua atividade como Maricultor para sua vida e sociedade?

R: É importante como fonte de renda, como trabalho empreendedor e principalmente ajuda no comércio local e turismo da cidade, que atrai muitas pessoas ao longo do ano.

Locais de Coleta

a) Coleta sementes de marisco? Qual Local?

R: Sim, na praia da Cocanha, em Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo.

b) Usa coletor artificial? Quanto custa montar um? Qual a quantidade coletada por metro linear de coletor?

R: Usa Coletor artificial, onde custa mais ou menos R\$7,00 reais o metro. A quantidade coletada por metro linear varia da localização, região e época do ano, porém a quantidade gira em torno de 700 sementes por 2,5 metros de corda.

c) Onde compra sementes de vieiras e gigas? Qual o valor do Milheiro?

R: Compra no Rio de Janeiro, porém não trabalha com Gigas. O valor é de R\$ 150,00 reais o Milheiro da Vieira.

Mão de Obra

a) Quantas horas por dia é utilizado para o manejo de long lines? Quantos long lines possui? Qual a metragem de cada um ?

R: Trabalha em torno de 6 horas por dia para o manejo de long lines. Possui 6 long lines de 50 metros.

b) Contrata mão de obra? Se sim, quantos seriam? Como são remunerados?

R: Não contrata mão de obra.

c) Quais atividades são exercidas pelos contratados e em que periodicidade?

R: Não possui atividades por não possuir mão de obra.

d) Existe outra atividade geradora de renda?

R: Trabalha apenas como maricultor.

e) Quais seriam elas? Houve alguma mudança?

R: Não houve mudanças.

Comercialização

a) Como, quando e para quem é feito a comercialização?

R: É comercializado 50% para o varejo e outros 50% para o comércio e quiosques das praias do Litoral Norte de São Paulo.

b) De que forma o produto é conservado até a venda final?

R: O período de venda é diário e dura 12 horas para servir no dia.

1) Há incidência de algum imposto na venda?

R: Não há incidência de impostos na venda.

2) Faz parte de alguma Associação?

R: Sim, pela Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha

3) Quantas Associações ou Cooperativas existem?

R: Existe a Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha. No momento não existe Cooperativas.

4) Você tem ideia do número de associados em cada uma delas?

R: Cerca de 20 maricultores e 20 pescadores associados.

QUESTIONÁRIO 3**Dados Pessoais**

Nome: Idade: **49 anos**

Cidade: **Caraguatatuba/São Paulo** Local de cultivo (Praia?): **Cocanha**

Nível de Escolaridade: **Pós-Graduado**

Histórico de Vida

1) Há quanto tempo você é Maricultor?

R: É Maricultor há 30 anos.

2) Quando e como começou a atividade de Maricultor? Que produtos cultiva?

R: Começou a atividade de Maricultor no início de 1989, com um projeto de criação de mexilhão para aumentar a renda dos maricultores.

3) Qual a importância da sua atividade como Maricultor para sua vida e sociedade?

R: Vê como atividade econômica e empreendedora para ter um bom retorno financeiro, onde auxilia principalmente no turismo da cidade.

Locais de Coleta

a) Coleta sementes de marisco? Qual Local?

R: Sim, na praia da Cocanha, em Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo.

b) Usa coletor artificial? Quanto custa montar um? Qual a quantidade coletada por metro linear de coletor?

R: Usa coletor artificial. O curso do coletor de 100 metros gira em torno de R\$700,00 reais. 1 coletor de 100 metros consegue obter em média 70.000 mil sementes.

c) Onde compra sementes de vieiras e gigas? Qual o valor do Milheiro?

R: Compra no Rio de Janeiro, porém não trabalha com Gigas. O valor é de R\$ 150,00 reais o Milheiro da Vieira.

Mão de Obra

a) Quantas horas por dia é utilizado para o manejo de long lines? Quantos long lines possui? Qual a metragem de cada um ?

R: Trabalha mais no período da manhã, com carga horário de 6 horas. No período de abril de 2013 houve o vazamento da transpetro e a produção ficou parada por quase 2 anos, prejudicando todo o comércio local. Possui 3 long lines de 50 metros.

b) Contrata mão de obra? Se sim, quantos seriam? Como são remunerados?

R: Na década de 90 possuía 1 funcionário que recebia 1 salário mínimo e meio, porém hoje não tem mais mão de obra.

c) Quais atividades são exercidas pelos contratados e em que periodicidade?

R: As atividades é na questão do manejo, coleta e toda parte de produção, porém não mexe com vendas. A periodicidade era de terça-feira a domingo.

d) Existe outra atividade geradora de renda?

R: Trabalha como maricultor e exerce outras atividades pequenas que não são registradas em carteira.

e) Quais seriam elas? Houve alguma mudança?

R: Não houve mudanças.

Informações Econômicas

a) Onde é realizado o manejo em terra? Galpão ou Rancho de Pesca? Quanto custou? Divide com outros produtores? Quantos?

R: O manejo é realizado em terra em um galpão, onde esse manejo fica por conta de cada produtor que possui produção familiar. O preço estimado é de R\$100,00 reais do material dividida com outros 3 produtores.

b) Qual o tamanho e a quantidade de cabos, boias e poitas usadas nos long lines? Preço estimado?

R: Para encher um long line de 50 metros com 100 cordas de 2 metros de engorda. 80 boias pequenas para manter o coletor na superfície é R\$60,80. 25 metros de cada lado para cabos de poita, para manter o coletor fixo R\$500,00 reais.

c) Qual a quantidade de coletores? Preço Estimado?

R: Hoje possui 300 metros de coletor de água. O custo de 100 metros de coletor é R\$700,00 reais.

d) Qual o preço da mão de obra para construção e montagem dos long lines e coletores artificiais? Quantos dias leva para montar um long line?

R: Algo em torno de R\$5.000,00 de material. Dependendo da prática, demora de 2 a 4 dias para montar um long line.

e) Quantas lanternas utiliza? Qual o preço de cada lanterna (berçário, intermediária e definitiva)?

R: Utiliza 18 lanternas por ciclo, com preço de R\$50,00 reais cada lanterna.

f) Quantos pisos tem as lanternas?

R: Possui 5 pisos por 75 vieiras por lanterna.

g) Qual a taxa de sobrevivência das lanternas (berçário, intermediária e definitiva)?

R: A taxa de sobrevivência é de 80% e 20% de mortalidade, caso tenha um bom manejo.

h) Quantos quilos de mariscos e dúzias de gigas e vieiras são coletados por ciclo de produção?

R: Cada corda gera 2 mil kg por ciclo de produção.

i) Qual o preço médio de venda dos bivalves (kg de mariscos ou dúzias de gigas e vieiras)?

**R: Mexilhão: R\$10,00 reais o kg
Vieira: R\$ 40,00 reais a dúzia**

j) Quantidade média semeada por metro de corda de marisco, e a quantidade em kg final por metro? Quantos meses demora para colheita?

R: Mais ou menos 10 kg por metro, onde a colheita demora em torno de 6 a 7 meses.

k) Quantidade média semeada de gigas e vieiras por piso de lanternas, e a quantidade em dúzias por piso?

R: 200 sementes por piso e 15 vieiras por piso.

l) Quantos meses demora para colheita dos mariscos, gigas e vieiras?

R: Mariscos: de 7 a 8 meses para colheita.

Vieiras: de 8 meses a 1 ano para colheita.

m) Quais apetrechos que utiliza para a colheita de mariscos, vieiras e gigas? Onde adquire?

R: Usa corda especial de filamento para colheita de mariscos nas praias. Já as vieiras precisa de suporte técnico do laboratório em Angra dos Reis (RJ).

n) Possui embarcação para o manejo da criação? Qual o valor estimado? O barco também serve outros serviços? Qual o tempo diário ou semanal que a embarcação serve o cultivo?

R: Possui embarcação para criação, onde o valor estimado está em R\$7.000, sendo utilizada para que outras pessoas possam conhecer seu trabalho. Usa o bote para trabalhas pesados em torno de 4 vezes na semana.

Comercialização

a) Como, quando e para quem é feito a comercialização?

R: É comercializado 50% para o varejo e outros 50% para o comércio e quiosques das praias do Litoral Norte de São Paulo.

b) De que forma o produto é conservado até a venda final?

R: O período de venda é diário e dura 12 horas para servir no dia.

1) Há incidência de algum imposto na venda?

R: Não há incidência de imposto na venda

2) Faz parte de alguma Associação?

R: Sim, pela Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha.

3) Quantas Associações ou Cooperativas existem?

R: Existe a Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha. No momento não existe Cooperativas.

4) Você têm ideia do número de associados em cada uma delas?

R: Cerca de 20 Maricultores e 20 pescadores associados.