

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA MARICULTURA DO MEXILHÃO (*Perna perna*) E DO
BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) NO SISTEMA MULTITRÓFICO**

Gabriela Claudia Arato Bergamo

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Setembro – 2018

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA MARICULTURA DO MEXILHÃO (*Perna perna*) E DO
BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) NO SISTEMA MULTITRÓFICO**

Gabriela Claudia Arato Bergamo

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Setembro – 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

B493v Bergamo, Gabriela Claudia Arato
Viabilidade econômica da maricultura do mexilhão (*Perna perna*) e do bijupirá (*Rachycentron canadum*) no sistema multitrófico.
v. 51f. ; il. ; gráf. , tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.
Orientador: Eduardo Gomes Sanches

1. IMTA. 2. Piscicultura marinha.. 3. Cobia. 4. Bivalve. 5. Policultura.
I. Sanches, Eduardo Gomes. II. Título.

CDD 639.4

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

“VIABILIDADE ECONÔMICA DA MARICULTURA DO MEXILHÃO
(*Perna perna*) E DO BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) NO
SISTEMA MULTITRÓFICO”

AUTORA: Gabriela Claudia Arato Bergamo

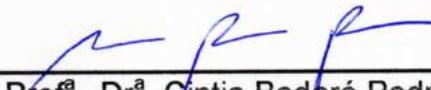
ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

CO-ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Villanova Kuhnen

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em
Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches



Prof.ª. Dr.ª. Cintia Badaró Pedroso



Prof. Dr. Alberto Ferreira Amorim

Data da realização: 31 de outubro de 2018



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto dois anos de intensas pesquisas sobre a viabilidade da produção de organismos marinhos no Brasil e suas interações com o ambiente natural e social que a cerca. Durante este período sonhos distantes, se transformaram em realidade cotidiana.

Por essa oportunidade de transformação, agradeço:

Os meus orientadores...

Eduardo Gomes Sanches e Vanessa Villanova Kuhnen

E a todos aqueles que participaram comigo desta intensa jornada...

Parceiros de Laboratório (Otávio, Kleper, Nayara)

Parceiros do Pesca (Marcelinho, Venâncio, David, Luis Sergio)

Parceiros da pós-graduação (que fizeram tudo isso muito mais divertido!)

Todos os professores e orientadores do Programa

Família e amigos (pelo apoio e paciência)

ÍNDICE

Pág.

RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
OBJETIVO GERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
REFERÊNCIAS	11
ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	16
1. Introdução.....	19
2. Material e Métodos	21
3. Resultados	26
4. Discussão	30
5. Considerações Finais.....	37
6. Referências	38
MATERIAL DE SUPORTE	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

RESUMO

A aquicultura integrada multitrófica vem sendo considerada como alternativa para o desenvolvimento sustentável da maricultura. Este estudo avaliou a utilização do sistema multitrófico na maricultura visando melhorar os índices de viabilidade econômica. Para tanto, considerou os indicadores econômicos de dois cultivos monotróficos: mexilhão *Perna perna* e o bijupirá *Rachycentron canadum* e de um sistema multitrófico envolvendo as duas espécies. Os índices para a avaliação da rentabilidade foram a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Retorno do Capital (RC) e o Valor Presente Líquido (VPL). A análise de investimento foi realizada por meio da elaboração de fluxo de caixa e determinação de indicadores de viabilidade econômica para um horizonte de projeto de dez anos. O sistema multitrófico demonstrou maior viabilidade econômica nos diferentes cenários avaliados. Este sistema apresenta maior resiliência proporcionando maior atratividade econômica ao empreendedor.

Termos para indexação: IMTA, piscicultura marinha, cobia, bivalves, filtradores, policultura

ABSTRACT

Integrated aquaculture systems has been presented as an alternative to achieve sustainability development of mariculture. This project aims to verifying if multitrophic systems are capable off promoting economic feasibility by comparing monoculture system on two species cultured on Brazil: mexilhão *Perna perna* e cobia *Rachycentron canadum*. The indexes for the evaluation of the profitability were the Internal Return Rate (IRR), PayBack Período (PP) and Net Present Value (NPV). Investment analyses were calculated

through cash flow and determination of economic viability indicators for a period of ten years. The results showed that multi-trophic system has been able of promoting higher incomes and increase economic indexes, since it could promote higher incomes and productivities and compensate for variations in market prices.

Index terms: IMTA, mariculture, cobia, *shellfish*, *policulture*

INTRODUÇÃO GERAL

O pescado é responsável pelo atendimento de cerca de 17% da demanda proteica mundial e contribui diretamente para subsistência de cerca de 10% da população (FAO, 2016). Estimativas atuais apontam índices de consumo superiores a 20 kg per capita, ante um consumo de menos de 10kg per capita na década de 1960 (FAO, 2016). A aquicultura atende cerca de metade desta demanda, apresentando índices significativos de crescimento nas últimas décadas (FAO, 2016).

A capacidade produtiva natural do ambiente marinho, encontra-se estagnada desde a década de 1980, uma vez que grande parte dos estoques pesqueiros estão no limite máximo de captura, ou sobre-explorados (FAO, 2016). Estudos mais alarmantes, prevêem extinção acentuada de espécies marinhas e colapso dos principais objetos das pescarias até 2048, com sérias implicações para a oferta mundial de alimentos (Worm et al., 2006).

A aquicultura marinha, ou maricultura, diferente da continental, não é limitada pela disponibilidade de terra e água, o que lhe confere potencial significativo de crescimento em um futuro próximo (Holmer, 2010) e um papel de destaque no futuro da alimentação humana (Duarte et al., 2009); e, sendo assim, fundamental para o atendimento da crescente demanda por produtos pesqueiros (FAO, 2016).

Neste cenário, a atividade vem sendo discutida como alternativa sustentável para a preservação dos estoques pesqueiros marinhos e para atender as crescentes demandas proteicas (FAO, 2016). Estima-se que menos de 4% da plataforma continental conseguiria atender a demanda projetada para uma população de nove bilhões de pessoas em 2050 (Duarte et al., 2009).

A pesca e a aquicultura são atividades de subsistência para mais de 11 milhões de pessoas no mundo. Recentes estimativas indicam um número superior a 56,6 milhões de pessoas diretamente envolvidas neste setor (FAO, 2016). A maricultura tem ainda

potencial para gerar desenvolvimento econômico para comunidades costeiras, contribuindo para segurança alimentar e manutenção de seus modos-de-vida, especialmente em países em desenvolvimento (Finegold, 2009, Kawarazuka and Béné, 2010; Belton, 2013; Thilsted et al., 2016).

No entanto, a sustentabilidade da atividade produtora marinha vem sendo questionada em função do consumo de recursos naturais (Naylor et al., 2000; Hasan and Halwart, 2009), degradação ambiental (Soto et al., 2007; Olsen et al., 2008) e interações sociais negativas (Barrington, 2010; Wiber et al., 2012). Os impactos negativos exercem uma forte opinião pública e política, limitando constantemente a expansão da atividade (Barrington et al., 2010).

Grande parte dos peixes marinhos cultivados são carnívoros e demandam altos teores de farinha e o óleo de peixe na composição da ração (FAO, 2016), o que pode implicar no aumento da pressão extrativa sobre pequenos peixes pelágicos. Estes animais apresentam altos índices de fecundidade e ciclo curto de vida, o que permite a rápida recuperação dos estoques (Hasan and Halwart, 2009). Porém, ainda são desconhecidos os efeitos desta prática para a oferta de alimentos para comunidades costeiras e para a cadeia alimentar marinha (Naylor et al., 2000; Hasan and Halwart, 2009).

A degradação ambiental é relacionada em grande parte com o aumento da quantidade de nutrientes ao redor dos cultivos de grande porte. A carga orgânica proveniente das excretas metabólicas e da ração não consumida pelos animais cultivados, influenciam principalmente nos índices de nitrogênio e fósforo do ambiente. Estes compostos são diretamente relacionados com a eutrofização das águas costeiras e podem causar diversos distúrbios nas comunidades bentônicas (Olsen et al., 2008).

A aquicultura comumente envolve-se em relações conflituosas com os outros usuários dos recursos hídricos, dentre os quais destacam-se a pesca e o turismo, este

refletido na valorização econômica das áreas costeiras e, em virtude das restrições ambientais que muitas vezes limitam o uso econômico destas áreas (Marshall, 2001; Soto, 2007; HLPE, 2014). A aceitação da sociedade, além de um pré-requisito para a sustentabilidade da produção, tem um papel muito importante considerando que pode evitar litígios, boicotes, possíveis depredações e vandalismos (Ridler et al., 2007; Barrington et al., 2010).

O crescimento contínuo da aquicultura demandará sistemas produtores que provoquem menores impactos no ambiente natural e social (Soto, 2009). A Aquicultura Integrada Multitrófica (IMTA), vem sendo apresentada como chave para o desenvolvimento sustentável da atividade produtora marinha. O sistema IMTA consiste no cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos no mesmo sistema produtivo, como uma forma de complementar o funcionamento do ecossistema. Esse sistema prevê que espécies extrativas, como macroalgas e mexilhões, podem ser beneficiadas dos subprodutos (restos de alimentação e dejetos) provenientes do cultivo de espécies de nível trófico superior, como peixes e camarões (Chopin et al., 200; Chopin et al., 2012; Handâ et al., 2012).

O crescimento acelerado de bivalves cultivados próximos a tanques de peixes é reportado por diversos autores (Macdonald et al., 2011; Handâ et al., 2012). Moluscos bivalves cultivados próximos (até 60 metros) a cultivos de peixes apresentam incremento de biomassa significativamente superior a monocultivos (Kerrigan and Suckling, 2018). Outro possível benefício do cultivo integrado de peixes e bivalves é a potencialidade de reduzir doenças de origem viral, bacteriana e parasitárias (Skår and Mortensen 2007; Molloy et al., 2011), promovendo uma abordagem biológica para controle de doenças.

A deteriorização da qualidade da água nas proximidades dos cultivos é considerada um dos principais impactos negativos ao ambiente marinho (Lindahl et al., 2005). A assimilação dos nutrientes pelos indivíduos extrativos pode, também, servir para

biomitigação dos efluentes gerados pela cultura de peixes e contribuir para redução dos impactos ambientais (Nobre et al., 2010; Chopin et al., 2012; Reid et al., 2013).

Os bivalves são conhecidos por promoverem melhorias na qualidade das águas e na saúde dos ecossistemas costeiros, uma vez que tem a capacidade de reduzir o processo de eutrofização gerada pelos efluentes de cultivos (Lindahl et al., 2005). Ressalta-se, porém, que diversos trabalhos realizados em cultivos marinhos, não encontraram relações significativas no crescimento de mexilhões cultivados próximo a cultura de peixes, o que implica, também, em uma capacidade limitada na reciclagem dos nutrientes orgânicos (Navarrete-Mier et al., 2010; Cranford et al., 2013).

São variados os fatores que podem contribuir para a interação trófica entre os cultivos. Dentre eles, pode-se destacar: velocidade da circulação local de água, o posicionamento das estruturas de cultivo, a abundância planctônica local, entre outros fatores (Soto, 2009; Handâ, 2012; Reid et al., 2013). Muitas pesquisas, porém, são ainda necessárias para o desenvolvimento de sistemas produtivos ecológicos, que garantam a efetivação da interação biológica que ocorre naturalmente entre as espécies no ecossistema (Macdonald et al., 2011).

O cultivo integrado pode garantir o aumento da capacidade produtiva do sistema. Este fator é economicamente e ambientalmente benéfico pois, aumenta a rentabilidade do sistema produtor, sem impacto à capacidade de suporte do ambiente (Chopin et al., 2012; Chopin et al., 2008). Essa condição é particularmente interessante, quando não há possibilidade de aumentar o tamanho da área produtiva (Soto, 2009; Chopin et al., 2008). Sistemas dimensionados para o cultivo de mais de uma espécie são capazes de promover uma renda secundária capaz de amenizar os efeitos da variação de preços de comercialização e dos insumos (Ridler et al., 2007). Dessa maneira, podem contribuir para melhorar os índices de viabilidade econômica dos empreendimentos (Whitmarsh et al., 2006; Ridler et al., 2007; Nobre et al., 2010).

A produção aquícola baseada no sistema IMTA tem grande aceitação pelo consumidor, podendo suprir o nicho de mercado que demanda produtos marinhos sustentáveis (Barrington et al., 2010; Chopin et al., 2012). Produtos provenientes de sistemas ambientalmente e socialmente corretos, tendo como base os princípios da sustentabilidade, poderiam ter um valor até 10% maior, quando comparado a sistemas tradicionais (Barrington et al., 2010).

A maricultura é, ainda, pouco representativa no Brasil. Segundo os dados da FAO (2016), os crustáceos foram os organismos mais produzidos (65,1 ton.), seguido pelos moluscos (22,1 ton.) e por plantas aquáticas (0,7 ton.). Neste levantamento, não há registro de produção de peixes marinhos (FAO, 2016).

O camarão do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) é a única espécie atualmente produzida pela carcinicultura brasileira. A região nordeste, responde por mais de 90% da produção nacional (Bessa-Junior, 2014). A atividade é realizada em viveiros e não existem registros de produção da espécie em mar aberto. Essa prática, porém, tem sido limitada em função da valorização das áreas litorâneas e dos potenciais impactos nos ecossistemas costeiros (Bessa-Junior, 2014).

O Mexilhão (*Perna perna*) é considerado como potencial fonte de renda para comunidades caiçaras do Estado de São Paulo, uma vez que é associada a baixos custos de instalação e manutenção (Fagundes et al., 1997). As sementes de mexilhões podem ser naturalmente obtidas em costões rochosos ou através de coletores artificiais e não há necessidade de arraçamento. A produção em grande escala é limitada especialmente pela disponibilidade de sementes no meio natural e pela restrição de tamanho dos cultivos. O baixo valor agregado ao produto *in natura*, associado a uma política de distribuição e comercialização precária, tem resultado no abandono da atividade por parte de muitos produtores, especialmente no Estado de São Paulo (Fagundes et al., 2004).

O cultivo da vieira *Nodipecten nodosus* apresenta maior valor agregado, dentre os moluscos cultivados (Marques et al., 2018). Atualmente, porém, são poucos os registros de produção comercial da espécie no país (Rupp, 2016). Não há possibilidade de captação natural de sementes e existem apenas dois laboratórios de produção de sementes registrados (Marques et al., 2018). O cultivo de vieiras depende de investimento inicial e custos de produção mais elevados (Marques et al., 2018), quando comparados a produção de mexilhões (Fagundes et al., 1997).

O Brasil é um dos países com maior potencial para a produção de peixes marinhos, dado o extenso litoral, abrigado de grandes correntes e com profundidades adequadas (Kapetsky, 2013). O elevado custo e a baixa oferta de formas jovens e de ração comercial formulada para peixes marinhos já foram apontados como um dos limitantes ao desenvolvimento da atividade (Sanches et al., 2006; Sanches et al., 2014).

Atualmente, o bijupirá vem sendo considerado a espécie de peixe marinho mais promissora para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil (Hamilton et al., 2013). Trata-se de uma espécie nativa de grande porte, que apresenta elevada taxa de crescimento, boa resistência ao manejo, eficiente conversão alimentar e alto valor de mercado (Sanches et al., 2008; Hamilton et al., 2013). Atualmente, apenas um laboratório trabalha com a produção comercial de formas jovens desta espécie.

Outra espécie bastante estudada para aquicultura marinha é a garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus*, uma espécie de grande importância para a pesca artesanal, esportiva e comercial (Rodrigues Filho et al., 2009). A espécie consta na lista de animais ameaçados de extinção pela União Internacional de Conservação (IUCN, 2017). Tais fatores acentuam a importância da viabilização de seu cultivo comercial (Sanches et al., 2006). Porém, apesar de ser uma espécie muito valorizada, apresenta crescimento bem mais lento, quando comparada ao bijupirá (Sanches et al., 2006; Sanches et al., 2008)

A maricultura vem sendo considerada por diversos autores como alternativa sustentável para as comunidades tradicionais residentes no litoral do Brasil (Sanches et al., 2008; Sodre et al., 2008). O suporte a produção de alimentos em pequena escala, além de importante fornecedor nutricional, pode trazer impactos positivos a economia local e permitir melhor distribuição de renda (Kawarazuka and Béné, 2010; Thilsted et al., 2016).

Como qualquer outra atividade produtora, porém, só pode ser considerada sustentável se existir uma relação positiva, entre viabilidade econômica, desenvolvimento social e conservação do meio ambiente e dos recursos naturais (Soto, 2007). Neste sentido, deve encontrar sistemas de produção adequados a realidade social, econômica e ambiental em que estará inserida (Sanches et al., 2014). A adoção de tecnologias produtivas ambientalmente corretas, não ocorrerá sem circunstâncias econômicas favoráveis (Whitmarsh et al., 2006).

OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade econômica do bijupirá e do mexilhão, cultivados no sistema multitrófico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho buscou verificar se sistemas produtivos multitróficos são economicamente mais atrativos, quando comparados a sistemas de monocultura. Para tanto este trabalho teve como objetivos comparar os indicadores econômicos de três sistemas (i) Monocultura de Mexilhão, (ii) Monocultura de Bijupirá, (iii) Sistema Multitrófico Mexilhão-Bijupirá, dimensionados para a mesma área produtiva. Desta forma, este trabalho tem como objetivos específicos:

1. Avaliar o investimento inicial e os custos de produção para cada um dos três sistemas produtivos dimensionados;
2. Verificar os indicadores econômicos: Receita Bruta (RB), Lucro Operacional (LO); Margem Bruta (MB), Taxa Interna de Retorno (TIR), Tempo de Retorno do Capital (RC) e o Valor Presente Líquido (VPL) para cada um dos três sistemas produtivos dimensionados;
3. Comparar o investimento inicial, os custos de produção e os indicadores econômicos dos três sistemas produtivos dimensionados;
4. Avaliar os três sistemas produtivos dimensionados em distintos cenários de mercado e de produtividade.

REFERÊNCIAS

Barrington, K., Ridler, N., Chopin, T., Robinson, S., Robinson, B., 2010. Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture International*, 18: 201–211.

Belton, B. 2013. Small-scale aquaculture, development and poverty: a reassessment. In M.G. Bondad-Reantaso & R.P. Subasinghe, eds. *Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio-economic development*, pp. 93-108. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 31. Rome, FAO. 255 pp.

Bessa-Junior, A. P. 2014. Cultivo de camarão marinho em tanques-rede. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2 (2): 65-81.

Cranford, P.K., Reid, G. K., Robinson, S. M. C. 2013. Open water integrated multi-trophic aquaculture: constraints on the effectiveness of mussels as an organic extractive component. *Aquaculture Environment Interactions*, 4: 163–173.

Chopin, T., Robinson, S. M. C., Troell, M., Neori, A., Buschmann, A. H., Fang, J., 2008. Multitrophic integration for sustainable marine aquaculture. *Ecological Engineering*, 5: 2463–2475.

Chopin, T., Cooper, J. A., Cross, G. R. S., Moor, C. 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4:209–220.

Duarte, C.M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbä, N., Gulu, J., Black, K., Karakassis, L. 2009. Will the oceans help feed humanity? *Bioscience*, 59: 467-976.

Fagundes, L., Henriques, B. M., Ostini, S., Gelli, V. C. 1997. Custos e benefícios da mitilicultura em espinhel no sistema empresarial e familiar. *Informações Econômicas*, 27: 33-47.

Fagundes, L., Gelli, V.C., Otani, M.N., Vicente, M.C.M., Fredo, C.E. 2004. Perfil sócio- econômico dos mitilicultores do Litoral Paulista. *Informações Econômicas*, 34: 47-59.

FAO. 2016. *The state of world fisheries and aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all*. Rome. 200 p.

Finegold, C. 2009. The importance of fisheries and aquaculture to development. *Fisheries, Sustainability and Development*, 35: 353-364.

Hamilton, S., Severi, W., Cavalli, R.O. 2013. Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, 39: 461-477.

Handå, A., Min H., Wang X., Broch O.J., Reitan K.I., Helge R., Olsen Y. 2012. Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 356: 328-341.

Hasan, M. R., Halwart, M., 2009. Fish as feed inputs for aquaculture: Practices, Sustainability and Implications. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 518*. 55p.

HLPE, 2014. Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014.

Holmer, M. 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment Interactions*, 1: 57–70.

Kawarazuka, N. and Béné, C., 2010. Linking small-scale fisheries and aquaculture to household nutritional security: an overview. *Food Security*, 2:343–357.

Kerrigan, D., Suckling, C.C. 2018. A meta-analysis of integrated multitrophic aquaculture: extractive species growth is most successful within close proximity to open-water fish farms. *Reviews in Aquaculture*, 10: 560–572.

Kapetsky JM, Aguilar-Manjarrez J, Jenness J (2013) A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective. *FAO fisheries and aquaculture technical paper no. 549*. FAO, Rome.

Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kolberg, S., Loo, L.O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A.-S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, U., 2005. Improving marine water quality by mussel farming — a profitable solution for Swedish society. *Ambio*, 34 (2): 129–136.

Macdonald, B. A., Robinson, S. M. C., Barrington, K. A. 2011. Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. *Aquaculture* 314: 244–251.

Marshall, J. Landlords, leaseholders & sweat equity: changing property regimes in aquaculture. 2001. *Marine Policy*, 25: 335–352

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.

Molloy Sd, Pietrak Mr, Bouchard Da, Bricknell I., 2011. Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 311: 61–64.

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J.H., Kautsky, N., M.C.M, Beveridge, Clay, J., Folke, C., Lubchenko, J., Mooney, H., Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017-1024.

Navarrete-Mier, F., Sanz-Lázaro, C., Marín Francisco. 2010. A. Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture*, 306: 101-107.

Nobre, A. M., Robertson-Andersson, D., Neori, A., Sankar, K., 2010. Ecological–economic assessment of aquaculture options: comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture*, 306: 116–126.

Olsen, L.M., Holmer, M., Yngvar, O., 2008. Perspectives of nutrient emission from fish aquaculture in coastal waters. The Fishery And Aquaculture Industry Research Fund. Final Report, February.

Reid, G. K., Robinson, S. M. C., Chopin, T., Macdonald, B. A. 2013. Dietary Proportion of Fish Culture Solids Required by Shellfish to Reduce the Net Organic Load in Open-Water Integrated Multi-Trophic Aquaculture: A Scoping Exercise with Cocultured Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Blue Mussel (*Mytilus edulis*). *Journal of Shellfish Research*, 32(2): 509–517.

Ridler, N., Wowchuka, M., Robinson, B., Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S., Page, F., Reid, G., Szemerda, M., Sewuster, J., Boyne-Travis, S., 2007. Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics And Management*, 11: 99–110.

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

Sanches, E.G., Henriques, M.B., Fagundes, L., Silva, A.A. 2006. Viabilidade econômica do cultivo da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques rede, região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, 36: 15-25.

Sanches E. G., Seckendorff R. W., Henriques, M. B., Fagundes L., Sebastiani E. F., 2008. Viabilidade do cultivo econômico do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Informações Econômicas*, 38: 42-51.

Sanches, EG, Silva, FC, Ramos, APFA. 2014. Viabilidade econômica do cultivo do robalo- flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40: 577-588.

Skår, C.K., Mortensen, S. 2007. Fate of infectious salmon anaemia virus (Isav) in experimentally challenged blue mussels *Mytilus edulis*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 74: 1–6.

Sodré, F. N. G. A. Dos S., Freitas, R. R., Rezende, V. L. F. M. 2008. Um panorama da aqüicultura como alternativa sócio-econômica as comunidades tradicionais. *Revista Brasileira de Agroecologia*.3(3):13-23.

Soto, D. J., Aguilar-Manjarrez N. Hishamunda (Eds). 2007. Building An Ecosystem Approach To Aquaculture. *FAO Fisheries And Aquaculture Proceedings*, No. 14. 120 p.

Soto, D. (Ed.). *Integrated mariculture: A Global Review*. 2009. *FAO Fisheries And Aquaculture Technical Paper*, 529: 47–131.

Thilsted, S. H., Thorne-Lymana, A., Webbc, P., Bogard, J. R., Subasinghe, R., Phillips, M. J., Allison, E. H. 2016. Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, 61: 126–131.

Whitmarsh, D.J., Cook, E.J., Black, K.D., 2006. Searching for sustainability in aquaculture: an investigation into the economic prospects for an integrated salmon-mussel production system. *Marine Policy*, 30: 293-298.

Wiber, M. G., Young S., Wilson, L. 2012. Impact of Aquaculture on Commercial Fisheries: Fishermen's Local Ecological Knowledge. *Human Ecology*, 40: 29–40.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 5800.

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

VIABILIDADE ECONÔMICA da MARICULTURA do MEXILHÃO (*Perna perna*) e do
BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) no SISTEMA MULTITRÓFICO

Artigo redigido nas normas do periódico científico

Ecological Economics

QUALIS A1

VIABILIDADE ECONÔMICA DA MARICULTURA DO MEXILHÃO (*Perna perna*) E DO BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) NO SISTEMA MULTITRÓFICO

Gabriela Claudia Arato Bergamo^(1,2), Vanessa Villanova Kuhnen⁽²⁾,

Eduardo Gomes Sanches ⁽²⁾

⁽¹⁾ Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, nº 455 - CEP 05001-970/ CP 61070, São Paulo, Brasil.

⁽²⁾ Laboratório de Piscicultura Marinha, Instituto de Pesca/APTA/SAA. Estrada Joaquim Lauro de Monte Claro Neto, nº 2275 - CEP 11680-000, Ubatuba, Brasil. E-mail: gcabergamo@gmail.com, vanessavk3@gmail.com, esanches@pesca.sp.gov.br

*Corresponding author: esanches@pesca.sp.gov.br

Resumo: A aquicultura integrada multitrófica vem sendo considerada como alternativa para o desenvolvimento sustentável da maricultura. Este estudo avaliou a utilização do sistema multitrófico na maricultura visando melhorar índices de viabilidade econômica. Para tanto, considerou os indicadores econômicos de dois cultivos monotróficos: mexilhão *Perna perna* e o bijupirá *Rachycentron canadum* e de um sistema multitrófico envolvendo as duas espécies. Os índices para a avaliação da rentabilidade foram a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Retorno do Capital (RC) e o Valor Presente Líquido (VPL). A análise de investimento foi realizada por meio da elaboração de fluxo de caixa e determinação de indicadores de viabilidade econômica para um horizonte de projeto de dez anos. O sistema multitrófico demonstrou maior viabilidade econômica nos diferentes cenários avaliados. Este sistema apresenta maior resiliência proporcionando maior atratividade econômica ao empreendedor.

Termos para indexação: IMTA, piscicultura marinha, cobia, bivalves, filtradores, policultura

ECONOMIC FEASIBILITY OF MEXILHÃO (*Perna perna*) AND COBIA (*Rachycentron canadum*) CULTURED ON MULTI-TROPHIC SYSTEM

Abstract: Integrated aquaculture systems has been presented as an alternative to achieve sustainability development of mariculture. This project aims to verifying if multitrophic systems are capable off promoting economic feasibility by comparing monoculture system on two species cultured on Brazil: mexilhão *Perna perna* e cobia *Rachycentron canadum*. The indexes for the evaluation of the profitability were the Internal Return Rate (IRR), PayBack Periodo (PP) and Net Present Value (NPV). Investment analyses were realized through cash flow and determination of economic viability indicators for a period of ten years. The results showed that multi-trophic system has been able of promoting higher incomes and increase economic indexes, since it could promote higher incomes and productivities and compensate for variations in market prices.

Index terms: IMTA, mariculture, cobia, *shelfish*, *policulture*

1. Introdução

A aquicultura é hoje responsável pelo atendimento de cerca de metade da demanda mundial de pescados (FAO, 2016). Considerando que grande parte do planeta é coberto por água salgada, a maricultura deve ter um papel de destaque no futuro da alimentação humana. Estima-se que menos de 4% da plataforma continental conseguiria atender a demanda projetada para 9 bilhões de habitantes em 2050 (Duarte et al., 2009). Este contínuo crescimento demandará o desenvolvimento de sistemas economicamente viáveis e que provoquem menores impactos no ambiente (Whitmarsh et al., 2006).

A sustentabilidade da aquicultura, porém, vem sendo questionada em função do consumo de recursos naturais (Hasan e Halwart, 2009), degradação ambiental (Soto et al., 2007) e interações sociais negativas (Barrington, 2010). Impactos negativos estão relacionados ao sistema de monocultura (Mao et al., 2009; Largo et al., 2016). Estes impactos geram expressivo clamor público, limitando a expansão da atividade (Barrington, 2010). Diversos autores têm ainda demonstrado especial preocupação quanto a rentabilidade dos sistemas de monocultura (Ridler et al., 2007; Sanches et al., 2014).

Por outro lado, a maricultura tem potencial para gerar desenvolvimento econômico para comunidades costeiras, contribuindo para a segurança alimentar (Finegold, 2009; Thilsted et al., 2016). Uma alternativa cada vez mais considerada para aumentar rentabilidade dos sistemas de maricultura e gerar menor impacto ambiental reside na diversificação dos organismos cultivados. O cultivo aquícola integrado multitrófico (IMTA), consiste no cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos, como uma forma de complementar o funcionamento do ecossistema. Esse sistema prevê sinergias positivas entre os organismos, tais como espécies extrativas, como macroalgas e mexilhões, sendo beneficiadas dos subprodutos (restos de alimentação e dejetos) provenientes do cultivo de espécies de nível trófico superior, como peixes e camarões (Chopin et al., 2008;

Handá et al., 2012). Outro exemplo de sinergia é que o cultivo integrado de peixes e bivalves pode reduzir a incidência de doenças de origem viral e bacteriana nos peixes (Skår e Mortensen, 2007; Molloy et al., 2011). Paralelamente, o aproveitamento dos nutrientes por parte de determinados organismos pode atuar na biomitigação dos efluentes gerados pela cultura de peixes, contribuindo para redução dos impactos ambientais (Nobre et al., 2010). Sistemas dimensionados para o cultivo de mais de uma espécie são capazes de promover uma renda secundária, que pode, por exemplo, servir para amenizar os efeitos da variação de preços de comercialização e dos insumos (Ridler et al., 2007). Dessa maneira, podem contribuir para melhorar os índices de viabilidade econômica dos empreendimentos (Whitmarsh et al., 2006; Nobre et al., 2010).

A maricultura em sistema multitrófico já é praticada no Japão, Canadá, Chile, Itália, Noruega e na China (Shi et al., 2013). No Brasil praticamente a totalidade dos cultivos marinhos operam em sistemas de monocultura, centrados em moluscos bivalves (mexilhões, ostras e vieiras) ou no bijupirá. O Mexilhão (*Perna perna*) é considerado como potencial fonte de renda para comunidades caiçaras, uma vez que é associada a baixos custos de instalação e manutenção (Fagundes et al., 1997). As sementes de mexilhões podem ser naturalmente obtidas em costões rochosos ou através de coletores artificiais e não há necessidade de fornecer alimentação. O bijupirá *Rachycentron canadum* é uma espécie de peixe marinho que apresenta rápido crescimento e boa adaptação em cultivos (Sanches et al., 2008). Apresenta viabilidade econômica em diferentes escalas de produção, entretanto, exige elevado investimento inicial e apresenta dependência por rações comerciais, embora muitos produtores utilizem complementação da dieta com rejeito de pesca (Sanches et al., 2008; Domingues et al., 2014). Considerando o exposto, o mexilhão e o bijupirá são organismos aquáticos que reúnem condições para o cultivo integrado. Apesar de muitos trabalhos destacarem aspectos produtivos e a possibilidade de incremento da renda em sistemas multitróficos, poucos abrangem os custos e

investimentos relativos as práticas de gestão de sistemas de produção com múltiplas espécies (Troel et al., 2009).

O cultivo integrado de mexilhão com bijupirá, deve apresentar melhores resultados econômicos devido a diversificação e a prováveis sinergias positivas entre os cultivos. Visto isso, esse trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade econômica de três diferentes sistemas produtivos: (a) monocultura de mexilhão; (b) Monocultura de bijupirá; (c) Sistema Mexilhão e Bijupirá - IMTA.

2. Material e Métodos

Este estudo considerou uma área produtiva de 2.000 m² de espelho d'água, medida padrão utilizada na concessão de áreas aquícolas no litoral do Estado de São Paulo/Brasil, em função de medidas restritivas, imposta pelo zoneamento ecológico econômico das áreas costeiras, que abrange toda a sua zona costeira (São Paulo, 2004). Foram considerados três sistemas produtivos: (a) monocultura de mexilhão *Perna perna*, estruturado em seis *long lines* de 50 m; (b) monocultura de bijupirá *Rachycentron canadum*, dimensionado em dois tanques-rede com 12 m de diâmetro e 4,5 m de profundidade; (c) Sistema Mexilhão e Bijupirá - IMTA, que conta com dois tanques-rede e dois *long lines* de mesmas dimensões (Figura 1).

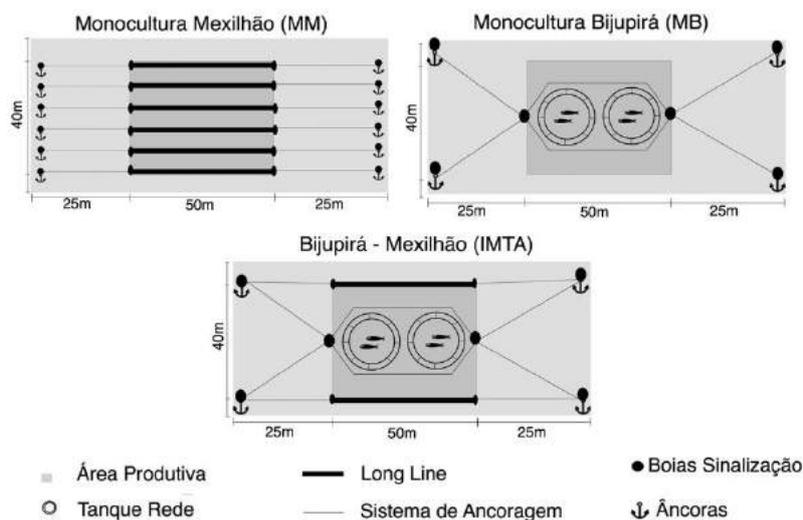


Figura 1. Dimensionamento de três sistemas de maricultura para uma área produtiva de 2.000 m². (a) mexilhão *Perna perna*, (b) bijupirá *Rachycentron canadum*, (c) mexilhão e bijupirá - IMTA.

Todos os sistemas foram dimensionados considerando o aproveitamento máximo da área produtiva (2.000 m²). O volume dos tanques foi estabelecido visando adequar o empreendimento ao limite máximo de produção (1.000 m³) estabelecido para empreendimentos de pequena escala, isentos de licenciamento ambiental (São Paulo, 2016).

O cultivo de mexilhão considerou *long lines*, cada um dimensionado em 50 m, 100 redes de cultivo e produtividade média de 1.500 kg/ano (Tabela 1). O Sistema de Monocultura foi dimensionado com seis *long lines*, enquanto o Sistema IMTA inclui dois *long lines* (Figura 1). As sementes de mexilhão são obtidas através da coleta de juvenis, fixados naturalmente em cordas coletoras. O custo anual com sementes, inclui os insumos necessários à semeadura dos juvenis, retirados dos coletores.

Para o cultivo de bijupirá *Rachycentron canadum*, foi adotada a densidade de três peixes/m³ (Sampaio et al., 2011; Hamilton et al., 2013; Bezerra et al., 2016) e índices de sobrevivência de 70% (Benetti et al., 2008; Sanches et al., 2008). O peso médio estimado no final do ciclo produtivo é de três kg por indivíduo (Benetti et al., 2008; Sanches et al.,

2008; Bezerra et al., 2016). A alimentação dos animais inclui ração comercial e rejeito de pesca, em iguais proporções. A conversão alimentar adotada para o uso de ração foi 2:1 (Nhu et al., 2011; Hamilton et al., 2013; Domingues et al., 2014) e para o uso do rejeito de pesca 4:1 (Sampaio et al., 2011; Nhu et al., 2011).

Tabela 1. Variáveis zootécnicas e econômicas para o cultivo do mexilhão e do bijupirá na região sudeste do Brasil (agosto, 2018).

Variáveis zootécnicas e econômicas	Mexilhão	Bijupirá
Formas jovens estocadas (unid.)	-	4.000 ¹
Preço forma jovem (R\$/unid.)	-	5,00
Taxa de sobrevivência (%)	-	70
Peixes para fase de engorda (unid.)	-	2.800
Engordas/ano	1	1
Produção total de peixes/ano (unid.)	-	8.400
Conversão alimentar	-	2,0:1,0
Peso médio (kg/peixe)	-	3,0
Preço ração (R\$/kg)	-	6,50
Preço rejeito de pesca (R\$/kg)	-	1,50
Produção anual (kg) ²	1.500,00 ²	8.400
Preço de venda (R\$/kg)	10,00	40,00

¹Capacidade máxima anual estimada para 1.000m³

² Produção anual de produção estimada por *long line*, ver Figura 1.

Considerando as premissas anteriormente descritas para o cultivo de ambas espécies, o investimento inicial do sistema multitrófico mexilhão e bijupirá considerou todos os investimentos estimados para o cultivo do bijupirá, acrescentando-se os custos de dois *long lines* do coletor de sementes e dos equipamentos de manejo referentes ao mexilhão. Da mesma forma, nos custos com manutenção inclui-se gastos anuais com as

sementes de mexilhão e com mão de obra auxiliar de dois funcionários contratados para trabalho de semeadura (oito dias/ano) e colheita (dois dias/ano).

Para a análise econômica, a estrutura dos custos de produção foi baseada na metodologia de Matsunaga et al. (1976). O ciclo de produção para o cálculo do custo operacional foi de doze meses, para ambas espécies. Considerou-se a seguinte disposição dos custos:

a) Custo operacional efetivo (COE), onde são incluídas as despesas com: mão de obra permanente, alimentação e demais materiais utilizados durante o processo produtivo;

b) Custo operacional total (COT), inclui a soma do COE acrescidas dos encargos sociais sobre a mão de obra que corresponde a 40% do salário mensal; encargos financeiros, estimados como sendo uma taxa de juros anual que incide sobre a metade do COE no ciclo de produção (Sanches et al., 2008); e a depreciação das instalações e dos equipamentos

c) Custo total de produção (CTP), que é a soma do COT adicionada aos custos relativos aos juros anuais do capital referente ao investimento e a remuneração do empreendedor.

Os indicadores de rentabilidade foram baseados em Martin et al. (1998):

a) Receita Bruta (RB): é o produto do rendimento da criação por ciclo multiplicado pelo preço de venda da produção;

b) Lucro Operacional (LO): diferença entre a RB e o COT. Esse indicador mede a lucratividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade. Deste modo tem-se: $LO = RB - COT$;

c) Margem Bruta (MB): margem em relação ao COT, isto é, o resultado obtido após o empreendedor arcar com o custo operacional, considerando o preço de venda e a

produtividade do sistema de produção. $MB = (RB - COT)/COT \times 100$;

O fluxo de caixa (a soma algébrica das entradas, receita bruta, e das despesas, saídas de caixa, efetuadas durante o ciclo da atividade sobre o CTP) foi calculado com base em planilhas dentro de um horizonte arbitrado em dez anos, onde o investimento inicial e o capital de giro necessário à manutenção do primeiro ciclo de produção foram incluídos no primeiro ano. O fluxo de caixa foi utilizado para o cálculo da taxa interna de retorno (TIR) (taxa de juros que iguala as inversões ou custos totais aos retornos ou benefícios totais obtidos durante a vida útil do projeto), do retorno do capital (RC) (tempo necessário para que a soma das receitas nominais líquidas futuras iguale o valor do investimento inicial) e do valor presente líquido (VPL) (valor atual dos benefícios menos o valor atual dos custos ou desembolsos) (Sanches et al., 2013). Foi prevista a perda total de duas safras anuais em todos os sistemas avaliados (no segundo e no quarto ano). A previsão de perda das duas safras encontra apoio no pioneirismo e elevado risco da maricultura.

Os preços utilizados nos cálculos foram baseados nos praticados na região sudeste do Brasil, no período de maio e junho de 2018. Como indicador econômico para a tomada de decisão foi utilizada a taxa interna de retorno (TIR). Ao se avaliar um projeto pela TIR, verifica-se que ele só é economicamente viável quando essa taxa for superior a uma determinada taxa de atratividade. A taxa de atratividade considerada nesse estudo foi de 12% ao ano.

Análises de sensibilidade foram realizadas, considerando distintos cenários na cadeia produtiva, com intuito de avaliar os indicadores econômicos VLP e TIR nos diferentes sistemas dimensionados (Ridler et al., 2007; Shi et al., 2013; Yu et al., 2017). Cada cenário foi estimado por meio de variações de 20% e 40% sobre o valor adotado nas seguintes premissas econômicas e zootécnicas: (1) preço unitário das formas jovens do bijupirá (R\$ 3,00; 4,00; 5,00; 6,00; 7,00), (2) preço médio de uma ração com 40% de proteína bruta (PB) e 12% de extrato etéreo (EE) (R\$ 3,90; 5,20; 6,50; 7,80; 9,10), (3)

preço de comercialização do bijupirá (R\$ 24,00; 32,00; 40,00; 48,00; 56,00), (4) preço de comercialização do mexilhão (R\$ 5,00; 8,00; 10,00; 12,00; 14,00), (5) produtividade do bijupirá (Toneladas, 5,04; 6,72; 8,40; 10,80; 11,76) e (6) produtividade de mexilhão por *long line* (Toneladas, 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1).

3. Resultados

O investimento necessário para o sistema de monocultura de mexilhão é cerca de 125% menor do que o aquele necessário à produção de bijupirá, nos sistemas de monocultura e multitrófico. O sistema multitrófico apresentou investimento 7% maior, quando comparado a monocultura de bijupirá (Tabela 2).

Tabela 2. Investimentos necessários, tendo como base uma área aquícola de 2.000 m², no litoral do estado de São Paulo/Brasil, para empreendimentos de maricultura nos sistemas: Monocultura de mexilhão; Monocultura de bijupirá; Sistema Mexilhão e Bijupirá - IMTA (agosto, 2018).

Item	Valor Total (R\$)		
	Mexilhão	Bijupirá	IMTA
Tanques-rede	-	68.000,00	68.000,00
Malhas Multifilamento	-	36.000,00	36.000,00
Sistema de Ancoragem	12.240,00	12.840,00	12.840,00
<i>Long Lines</i>	16.350,00	-	4.480,00
Coletor de Sementes	5.930,00	-	3.940,00
Freezer	-	2.000,00	2.000,00
Equipamentos Diversos ¹	1.110,00	4.580,00	5.170,00
Embarcação	16.000,00	16.000,00	16.000,00
Balsa	6.000,00	6.000,00	6.000,00
Investimento total	57.630,00	145.420,00	155.400,00
Juros anuais sobre o investimento ²	6.915,60	17.450,40	18.648,00

¹Equipamentos variados de Manejo e Equipamentos de Proteção Individual

²Taxa de juros estimada em 12% ao ano

O custo operacional relativo a monocultura de mexilhão é cerca de 300% menor, do que aquele necessário à produção de peixes. O custo operacional do sistema multitrófico é 4% maior, quando comparado a monocultura de bijupirá (Tabela 3).

Tabela 3. Custos operacionais, tendo como base uma área aquícola de 2.000m², no litoral do estado de São Paulo/Brasil, para empreendimentos de maricultura nos sistemas: Monocultura de mexilhão; Monocultura de bijupirá; Sistema Mexilhão e Bijupirá - IMTA (agosto, 2018).

Item	Mexilhão	Bijupirá	IMTA
Mão-de-obra fixa (R\$1.500,00)	18.000,00	36.000,00	36.000,00
Mão-de-obra avulsa (R\$100,00/dia)	-	3.600,00	6.800,00
Formas jovens e Sementes	7.800,00	20.000,00	22.600,00
Ração	-	54.600,00	54.600,00
Rejeito de pesca	-	25.200,00	25.200,00
Manutenção ¹	2.881,50	7.271,00	7.761,25
Combustível	4.500,00	9.000,00	9.000,00
Depreciação Equipamentos ²	6.467,00	18.600,00	20.051,00
Custo Operacional Efetivo (COE)	33.181,50	155.671,00	161.961,25
Custo Operacional Total (COT)³	51.694,28	209.079,52	217.575,60
Custo Total de Produção (CTP)⁴	58.609,88	226.529,92	236.223,60

¹ Depreciação estimada de acordo com a vida útil estimada (Tabela 3);

² Manutenção corresponde a 5% do investimento inicial(Tabela 3);

³ COT: Inclui os encargos sociais e financeiros;

⁴ CTP: Inclui os encargos sociais e financeiros; e juros sobre o capital investido (12% a.a.).

Os três sistemas produtivos avaliados por este estudo apresentaram viabilidade econômica. Em função dos menores custos de investimento e de custeio, a monocultura de mexilhão apresentou índices elevados de retorno financeiro. Porém, o lucro operacional obtido com este sistema é cerca de 3 vezes menor do que aquele obtido com a criação do bijupirá, nos sistemas monocultura e multitrófico (Tabela 4).

O sistema multitrófico apresentou indicadores econômicos superiores a todos os

sistemas avaliados. Quando comparado a monocultura de bijupirá, o sistema multitrófico apresentou taxa interna de retorno 23% maior.

Tabela 4. Indicadores de rentabilidade estimados, tendo como base uma área aquícola de 2.000 m², no litoral do estado de São Paulo/Brasil para empreendimentos de maricultura nos sistemas: Monocultura de mexilhão; Monocultura de bijupirá; Sistema Mexilhão e Bijupirá - IMTA (agosto, 2018).

Indicador	Mexilhão	Bijupirá	IMTA
Receita Bruta (R\$)	90.000,00	336.000,00	366.000,00
Lucro Operacional (R\$)	38.305,72	126.920,48	148.862, 00
Margem Bruta (%)	43	38	41
Valor Presente Líquido –VPL (12%) (R\$)	145.121,29	381.157,80	469.658,39
Taxa Interna de Retorno – TIR (%)	19	19	24
Relação Custo Benefício – RCB	2,52	2,64	3,11
Tempo de Retorno – TR (anos)	1,50	1,14	1,04
Produção Total do sistema (toneladas)	9,00	8,4	11,4
Produção/m ² (toneladas/m ²)	4,5	4,2	6

O sistema multitrófico apresentou melhores indicadores econômicos em todos os cenários de sensibilidade avaliados. Este sistema apresentou alto poder de resiliência, sendo capaz de manter índices positivos, mesmo com elevação de 40% no valor dos principais insumos (ração e formas jovens) (Figura 2).

A rentabilidade do sistema multitrófico foi superior aquela obtida no sistema de monocultura de bijupirá, mesmo nos cenários projetados com queda de 40% no valor de venda e na produtividade do mexilhão. Se considerado o aumento de 20% nestes índices, a rentabilidade do sistema multitrófico seria 37% maior do que aquela estimada para o sistema de monocultura de bijupirá.

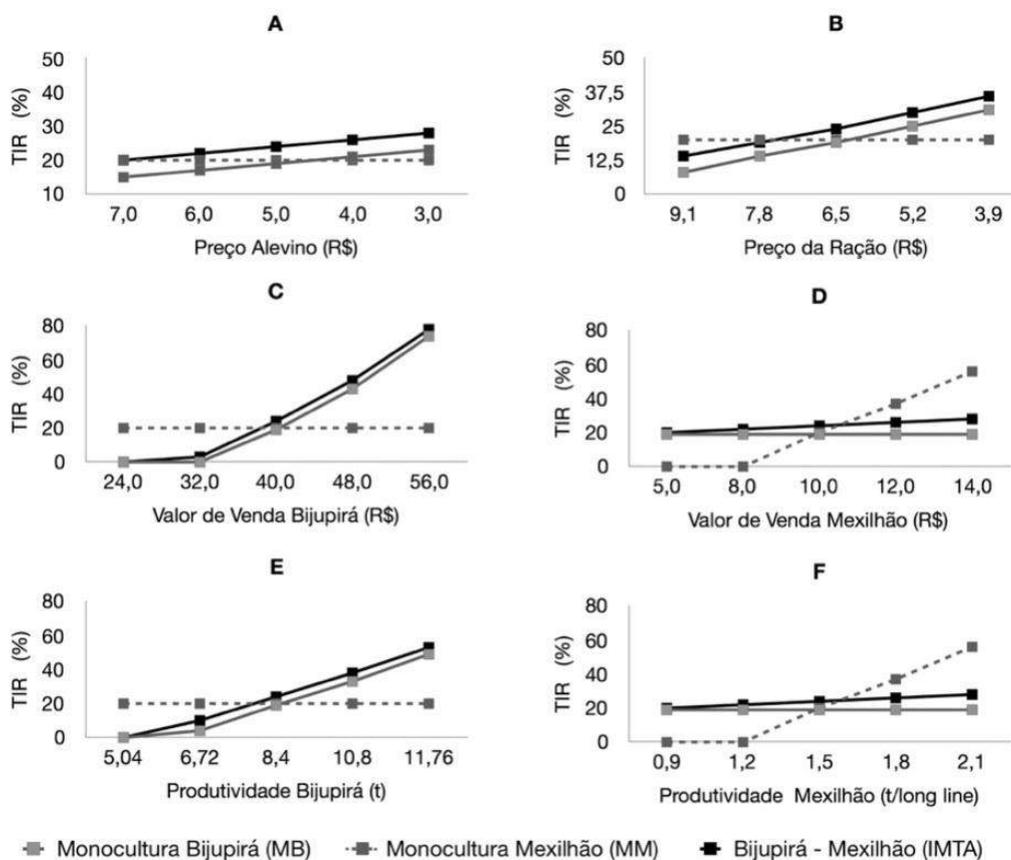


Figura 2. Taxa Interna de Retorno (TIR) face variações de 20% e 40% sobre o valor adotado nas seguintes premissas econômicas e zootécnicas: (A) preço unitário das formas jovens do bijupirá (R\$5,00); (B) no preço médio de uma ração com 40% de proteína bruta (PB) e 12% de extrato etéreo (EE) (R\$6,50); (C) preço de comercialização do bijupirá (R\$40,00); (D) preço de comercialização do mexilhão (R\$10,00); (E) produtividade do bijupirá (8,4 toneladas/ano); (F) produtividade de mexilhão (1,5 toneladas/long line/ano).

O valor presente líquido (VPL) foi impactado por flutuações no preço de comercialização do bijupirá, no preço unitário das formas jovens do bijupirá, no preço médio da ração e na produtividade do bijupirá, demonstrando que a criação desta espécie apresentou a maior parcela de variabilidade dentre os sistemas propostos (Figura 3).

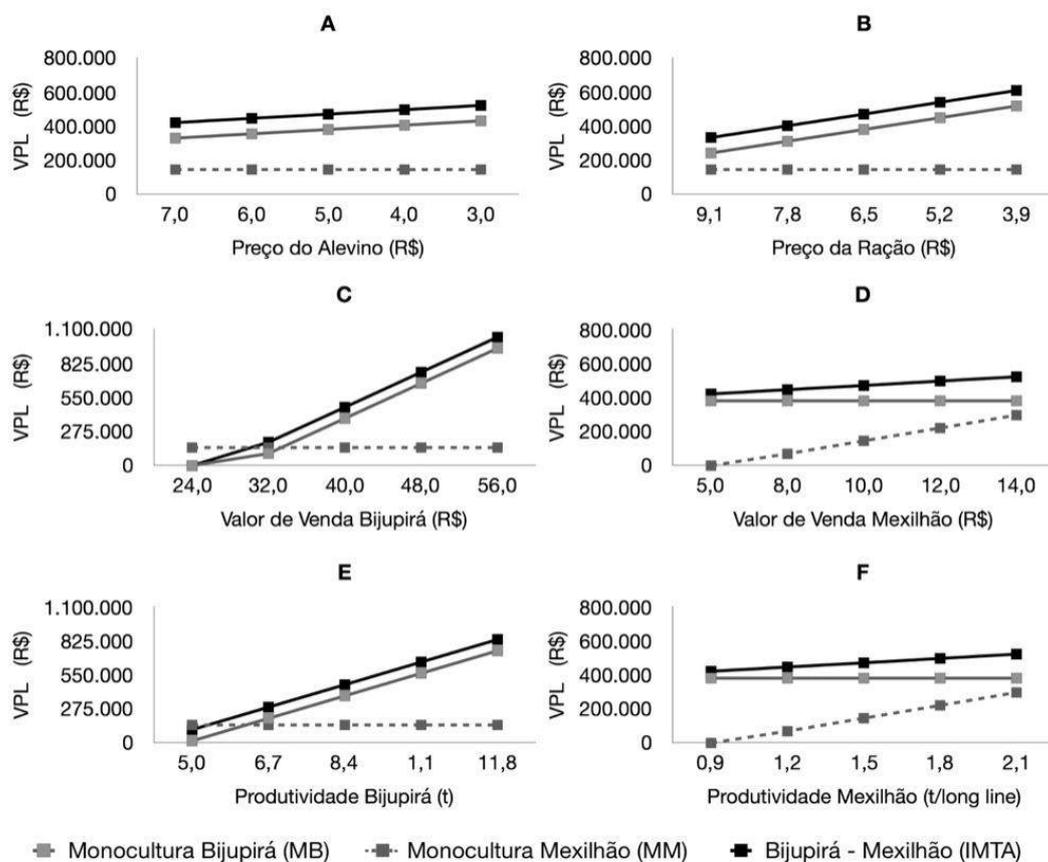


Figura 3. Valor Presente Líquido (VPL) face variações de 20% e 40% sobre o valor adotado nas seguintes premissas econômicas e zootécnicas: (A) preço unitário das formas jovens do bijupirá (R\$5,00); (B) no preço médio de uma ração com 40% de proteína bruta (PB) e 12% de extrato etéreo (EE) (R\$6,50); (C) preço de comercialização do bijupirá (R\$40,00); (D) preço de comercialização do mexilhão (R\$10,00); (E) produtividade do bijupirá (8,4 toneladas/ano); (F) produtividade de mexilhão (1,5 toneladas/long line/ano).

4. Discussão

A atividade produtora de mexilhões no Brasil é majoritariamente realizada pela atividade familiar e artesanal, associada a baixos custos de investimento e custeio (Fagundes et al., 1997). A monocultura do mexilhão exibe valores significativamente menores para investimento e custeio da produção, quando comparados ao sistema produtor de peixes.

O monocultivo do mexilhão estudado por Fagundes et al. (1997), na mesma região, litoral norte do estado de São Paulo, no sistema empresarial, apresentou TIR entre 14,55%, e 55,14% em diferentes condições de produção e comercialização. Já o sistema

familiar, apresentou TIR positiva, variando de 26,9% a 129,14% de acordo com a melhoria das condições de produção e valor de comercialização. Neste estudo, considerando o sistema proposto, a monocultura de mexilhão apresentou TIR variando entre 19% e 56%, considerando diferentes condições de preço e produtividade. Tais diferenças são decorrentes da menor escala de produção em relação ao sistema empresarial e em função dos maiores custos de investimentos e manutenção estimados, principalmente em relação ao sistema familiar, conforme propostos por Fagundes et al. (1997).

O monocultivo de mexilhões, apesar dos altos índices de retorno financeiro, apresentou baixa lucratividade e altos riscos a variação dos preços de mercado e de produtividade. Estas questões podem estar relacionadas com o abandono da atividade por parte de muitos produtores no Estado de São Paulo (Fagundes et al., 2004). O aumento da escala produtiva pode melhorar estes indicadores, conforme verificado nestes estudos. No entanto, além de limitada pela disponibilidade natural de sementes do ambiente marinho, implicaria no aumento dos custos de produção, em virtude da necessidade de comercialização para além dos mercados locais, da diminuição do valor agregado e da ampliação de custos de produção, logística, transporte, mão de obra, dentre outros.

Avaliando a viabilidade econômica da produção da vieira nativa *Nodipecten nodosus*, o estudo de Marques et al. (2018), considerando a mesma área produtiva, indica TIR variando entre 40,58 e 103,99%, com preços de comercialização entre R\$ 49,50 e R\$ 39,50. O investimento inicial estimado por estes autores, foram mais elevados do que aqueles estimados para a produção de peixes nestes estudos. Entretanto, os custos operacionais apresentados são significativamente menores. Embora o cultivo desta espécie seja relativamente novo, o cultivo de vieira apresenta boas perspectivas de retorno econômico (Marques et al., 2018). Esses resultados indicam, também, a possibilidade de avaliação deste bivalve para compor os sistemas multitróficos.

A monocultura de bijupirá apresentou TIR de 19%, relativamente baixa considerando o risco desta atividade e o alto preço de comercialização estipulado (R\$ 40,00/kg). A baixa escala de produção pode explicar a baixa rentabilidade, uma vez que esta exerce influencia expressiva no custo de produção de peixes marinhos (Bezerra et al., 2016, Domingues et al., 2014, Sanches et al., 2008). Os monocultivos de peixes marinhos descritos na literatura apresentam resultados mais atrativos, notadamente por produzirem em maior escala. Avaliando o cultivo da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* em tanques-rede, Sanches et al. (2006) obtiveram uma TIR entre 15,05% e 36,74%, para preços de comercialização entre R\$15,00/kg e R\$18,00/kg. Em outro estudo, Sanches et al. (2008), ao estimar a viabilidade econômica do cultivo do bijupirá em tanques rede em sistema *off shore*, verificaram TIR entre 8,86% e 45,51%, considerando preço de comercialização entre R\$15,00/kg e R\$18,00/kg. Avaliando o cultivo do robalo-flecha *Centropomus undecimalis* em viveiros dedicados a carcinicultura, Sanches et al. (2014), apresentou resultados bem superiores. Considerando o preço de comercialização de R\$ 20,00/kg e R\$ 23,00/kg, a TIR apresenta valores entre 28% e 93%. Os referidos estudos, no entanto, adotam valores significativamente menores para o custo dos insumos, em relação aqueles atualmente praticados.

O elevado custo das formas jovens e da ração comercial formulada para peixes marinhos já foram apontados em diversos trabalhos como um dos limitantes ao desenvolvimento da atividade (Sanches et al., 2006, Sanches et al., 2014). Os custos atribuídos a utilização da ração comercial em cultivos marinhos variam entre 40% e 60% do custo total da produção, podendo atingir até 85% em sistemas intensivos (Sanches et al., 2008; Miao et al., 2009).

Neste trabalho, considerando a utilização de ração e rejeito de pesca, os custos com alimentação dos peixes corresponderam a 47% no sistema de monocultura de bijupirá e 45% no sistema multitrófico mexilhão e bijupirá. A utilização de rejeito de pesca é

bastante comum para diminuir os custos de produção, em sistemas de pequeno porte (Nhu et al., 2011; Domingues et al., 2014). O baixo custo da dieta em relação às rações comerciais torna viável sua utilização, principalmente em áreas próximas a pontos de desembarque pesqueiro (Sanchez et al., 2008). A prática pode ser considerada uma solução ecológica, capaz de reduzir o impacto da produção de ração para peixes no ecossistema marinho (Hasan and Halwart, 2009) e diminuir a quantidade de resíduos resultantes da atividade pesqueira comercial (Árnason et al., 2015). Entretanto, a ração comercial amplia os índices de crescimento da espécie (Hamilton et al., 2013, Nhu, et al., 2011) e reduz os riscos de contaminação com patógenos (Kim et al., 2007).

A variação do preço da ração influenciou fortemente a rentabilidade do empreendimento. A análise de sensibilidade deste parâmetro indicou que uma diminuição dos preços praticados por este insumo elevariam significativamente a rentabilidade do cultivo do bijupirá. Entretanto, segundo Sanchez et al. (2014) a possibilidade de ocorrência da redução é muito reduzida em função do elevado custo dos ingredientes (farinha de peixe e óleo de peixe) para a produção de rações para peixes marinhos (que apresentam elevada demanda energética e protéica). Devido ao elevado impacto nos custos de produção, cabe ao empreendedor atentar em gerenciar adequadamente a aquisição deste insumo e otimizar sua utilização.

O preço das formas jovens impactou significativamente a rentabilidade do empreendimento, porém devido ao baixo número de alevinos, as variações estimadas nos cenários de sensibilidade não revelaram resultados negativos de rentabilidade. Em virtude da baixa demanda, os laboratórios produtores de formas jovens de peixes marinhos necessitam trabalhar altos valores unitários, o que limita ainda mais a atividade (Sanchez et al., 2013). O crescimento da cadeia produtiva, a ampliação da demanda e a adoção de novas tecnologias de reprodução e larvicultura podem reduzir os custos de produção e o

preço de comercialização das formas jovens (Alvarez-Lajonchère e Taylor, 2003; Ibarra-Castro et al., 2011).

Considerando-se que o elevado preço de comercialização do bijupirá deve-se a sua escassa oferta realizada exclusivamente pela pesca, pode-se prever uma tendência a diminuição deste valor ao elevar-se a oferta desta espécie em função da produção pela aquicultura. Neste caso, a análise de sensibilidade para este cenário demonstrou que a simples redução do valor de venda de R\$ 40,00 para R\$ 32,00, já resulta em uma TIR próxima de zero, e, em caso de diminuição deste valor, o prejuízo pode ser considerável. Este horizonte, entretanto, é pouco provável pela significativa demanda por pescado de qualidade para pescados de qualidade comprovada e garantia de origem, como os produzidos pela aquicultura.

Paralelamente, a agregação de valor a este produto, de origem comprovada e adequada padronização, pode gerar novas oportunidades de comercialização e, conseqüentemente, de valoração que não foram alvo deste estudo. Diversas alternativas poderiam ser adotadas para agregar valor ao bijupirá proveniente da pequena escala de produção, dentre as quais a venda direta a consumidores e restaurantes regionais. Deve ser considerado, também, a percepção positiva do consumidor em saber que o sistema produtivo adota práticas sustentáveis (Barrington, 2010; Chopin et al, 2012).

Dentre os sistemas analisados, o cultivo de peixes apresenta maiores riscos às variações de mercado, quando comparado ao monocultivo de mexilhões. Isso ocorre porque o cultivo de peixes é influenciado por uma série maior de variáveis externas, como custos de alimentação dos animais e das formas jovens. Este estudo demonstrou que o mexilhão pode compensar as variações de mercado de um sistema de monocultivo de peixes, comprovado pelo fato do sistema multitrófico ter apresentado melhores resultados de TIR e VPL em todos os cenários avaliados.

Os sistemas multitróficos são considerados mais sustentáveis que os sistemas de

monoculturas, incrementando a resiliência e a sustentabilidade econômica. Cultivos experimentais do cavalo-marinho *Hippocampus reidi* em empreendimentos dedicados a monocultura do camarão *Litopenaeus vannamei*, demonstraram ganhos econômicos advindos da diversificação produtiva (Fonseca et al., 2015). O cultivo do peixe ornamental acará bandeira *Pterophyllum scalare* associado ao camarão marinho *L. vannamei* em baixa salinidade mostrou-se mais rentável que monocultivos da mesma espécie de camarão (Ribeiro et al., 2014). Associação do cultivo de pepinos do mar *Holoturia tubulosa* com tanques-rede de peixes marinhos providenciou valores econômicos significativos sem agregar custos expressivos, comparativamente à monocultura dos peixes (Tolon et al., 2017). O estudo de Sanches et al. (2014) demonstrou que o cultivo integrado do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* e do robalo *Centropomus undecimalis* é uma alternativa economicamente e ambientalmente eficiente para viveiros monocultores, dedicados a carcinicultura. Este estudo demonstrou que o cultivo multitrófico do mexilhão *Perna perna* e do bijupirá *Rachycentron canadum* foi mais eficiente em prover resistência ante cenários econômicos desfavoráveis e em prover maior viabilidade econômica, dentre os demais sistemas avaliados para a mesma área produtiva.

O sistema multitrófico aumentou a capacidade produtiva da área dimensionada. Essa condição é economicamente e ambientalmente eficiente pois, aumenta a rentabilidade do sistema, sem impactar a capacidade de suporte do ambiente (Chopin et al., 2008; Chopin et al., 2012). A diversificação da produção melhorou os índices de rentabilidade do sistema produtor, especialmente ante cenários de variação do preço dos insumos. Porém, não foi capaz de reduzir todos os riscos associados ao preço de mercado e a produtividade. No entanto, sistemas produtivos ecologicamente eficientes, podem atrair o mercado consumidor que busca produtos marinhos sustentáveis (Chopin et al., 2008; Troel et al., 2009) e elevar em até 10% o valor de mercado da produção (Barrington et al.,

2010).

Diversos autores observaram maior crescimento dos mexilhões quando cultivados próximos a tanques-rede com peixes (Troel et al., 2009; Handâet al., 2012). Moluscos bivalves cultivados próximos (até 60 metros) a cultivos de peixes apresentam incremento de biomassa significativamente superior a monocultivos (Kerrigan and Suckling, 2018). Neste caso, se fosse considerado um aumento de 20% na produtividade dos mexilhões no sistema multitrófico (Whitmarsh et al., 2006; Ridler et al., 2007), as vantagens econômicas seriam ainda mais expressivas. Ressalta-se, porém, que esta possibilidade ainda vem sendo questionada. Avaliando se o cultivo de bivalves reduziria o impacto ambiental do cultivo de peixes, Navarrete-Mier et al. (2010) demonstraram que esta associação não representou uma adequada ferramenta para a redução do impacto ambiental da produção de peixes no oceano. Estes autores comprovaram, que os bivalves (*Ostrea edulis* e *Mytilus galloprovincialis*) não assimilaram os resíduos orgânicos dos cultivos de peixes. Isto sugeriu que os efeitos positivos descritos presentemente na literatura podem estar relacionados a causas indiretas ligadas ao hidrodinamismo e a oferta de nutrientes oriundos de outras fontes.

Empreendimentos multitróficos, quando corretamente dimensionados e monitorados, poderiam ocupar o nicho de mercado que demanda por produtos marinhos com certificação de sustentabilidade (Largo et al., 2016). A maricultura no Brasil precisa encontrar sistemas de produção mais adequados à realidade social, econômica e ambiental em que estará inserida (Sanchez et al., 2014).

O cultivo multitrófico se mostrou viável economicamente nas condições avaliadas, entretanto, trata-se de uma atividade com maior complexidade técnica e que demandam maior aporte financeiro no tocante a investimento inicial e custeio, o que pode limitar o acesso de pequenos empreendedores. Paralelamente, a maior resiliência frente aos diferentes cenários produtivos e econômicos pode trazer maior estabilidade financeira aos

produtores, consolidando a maricultura como uma cadeia produtiva no Brasil. Uma vez que crescimento contínuo da aquicultura demandará o desenvolvimento de sistemas que provoquem menores impactos no ambiente. A adoção de tecnologias produtivas ambientalmente corretas, porém, não ocorrerá sem circunstâncias econômicas favoráveis (Whitmarsh et al., 2006).

5. Considerações Finais

O sistema multitrófico demonstrou melhores resultados de viabilidade econômica, dentre os sistemas de monocultura analisados, tendo como base a mesma área produtiva. A diversificação da produção é uma alternativa com baixo investimento associado, que pode favorecer o retorno econômico e atenuar os riscos de sistemas de pequena escala, dedicados a monocultura.

Apesar dos indicadores econômicos positivos revelados nestes estudos, os altos investimentos e custos associados a produção de bijupirá, devem dificultar a disseminação dos sistemas multitróficos, especialmente quando voltado a comunidades locais, com restrito acesso a crédito. Nesse caso, políticas públicas devem direcionar o incentivo a adoção deste modelo, considerando os ganhos econômicos e os prováveis ganhos ambientais.

6. Referências

- Alvarez-Lajonchère, L., Taylor, R.G. 2003. Economies of scale for juvenile production of common snook (*Centropomus undecimalis* Bloch). *Aquaculture Economics & Management*, 7(5): 273-292.
- Árnason, J., Björnsdóttir, R., Larsen, B. K., Björnsson, B. C., Sundell, K., Hansen, A., Holen, E., Espe, M., Lindahl, O., Kalsdóttir, S., 2015. Local fish feed ingredients for competitive and sustainable production of high-quality aquaculture feed. *Nordic Innovation publication*, 02. 72p.
- Barrington, K., Ridler, N., Chopin, T., Robinson, S., Robinson, B., 2010. Social aspects of the sustainability of integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture International*, 18: 201–211.
- Benetti, D.D., Orhun, M.R., Sardenberg, B., O'Hanlon, B., Aaronwelch, R., Zink, I., Rivera, J.A., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K., Cavalin, F. 2008. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39: 701-711.
- Bezerra, T. R. Q., Domingues, E.C., Filho, L.F.A.M., Rombenso, A.N., Hamilton, S., Cavalli, R.C., 2016. Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. *Aquaculture International*, 24: 609-622.
- Chopin, T., Robinson, S. M. C., Troell, M., Neori, A., Buschmann, A. H., Fang, J., 2008. Multitrophic integration for sustainable marine aquaculture. *Ecological Engineering*, 5: 2463–2475.
- Chopin, T., Cooper, J. A., Cross, G. R. S., Moor, C. 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4:209–220.
- Domingues, E.C., Hamilton, S. Bezerra, T. R.C. Cavalli, R.O., 2014. Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40: 237- 249.
- Duarte, C.M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbä, N., Gulu, J., Black, K., Karakassis, L. 2009. Will the oceans help feed humanity? *Bioscience*, 59: 467-976.
- Fagundes, L., Henriques, B. M., Ostini, S., Gelli, V. C. 1997. Custos e benefícios da mitilicultura em espinhel no sistema empresarial e familiar. *Informações Econômicas*, 27: 33-47.

- Fagundes, L., Gelli, V.C., Otani, M.N., Vicente, M.C.M., Fredo, C.E. 2004. Perfil sócio-econômico dos mitilicultores do Litoral Paulista. *Informações Econômicas*, 34: 47-59.
- FAO. 2016. The state of world fisheries and aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 p.
- Finegold, C. 2009. The importance of fisheries and aquaculture to development. *Fisheries, Sustainability and Development*, 35: 353-364.
- Fonseca, T., David, F.S., Ribeiro, F.S., Wainberg, A., Valenti, W.C., 2015. Technical and economic feasibility of integrating seahorse culture in shrimp/oyster farms. *Aquaculture Research*, 1-10.
- Hamilton, S., Severi, W., Cavalli, R.O. 2013. Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, 39: 461-477.
- Handâ, A., Min H., Wang X., Broch O.J., Reitan K.I., Helge R., Olsen Y. 2012. Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 356: 328-341.
- Hasan, M. R., Halwart, M., 2009. Fish as feed inputs for aquaculture: Practices, Sustainability and Implications. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 518. 55p.
- Ibarra-Castro, L., Alvarez-Lajonchère, L., Rosas, C., Palomino-Albarrán, I.G., Holt. G.J., Sanchez-Zamora, A. 2011. GnRHa-induced spawning with natural fertilization and pilot-scale juvenile mass production of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). *Aquaculture*, 319: 479-483.
- Kerrigan, D., Suckling, C.C. 2018. A meta-analysis of integrated multitrophic aquaculture: extractive species growth is most successful within close proximity to open-water fish farms. *Reviews in Aquaculture*, 10: 560–572.
- Kim, J.H., Gomez, D.K., Choresca Junior, C.H., Park, S.C. 2007. Detection of major bacterial and viral pathogens in trash fish used to feed cultured flounder in Korea. *Aquaculture*, 272: 105-110
- 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.
- Mao, Y., Yang, H., Zhou, Y., Ye, N., Fang, J. 2009. Potential of the seaweed *Gracilaria lemaneiformis* for integrated multi-trophic aquaculture with scallop *Chlamys farreri* in North China. *Journal of Applied Phycology*, 21: 649-656.

- 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.
- Martin, N.B., Serra, S., Oliveira, M.D.M., Angelo, J.A., Okawa, H. 1998 Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Informações Econômicas*, 28: 7-27.
- Matsunaga, M., Bernelmans, P. F., Toledo, P. E. N. de, Dulley, R. D., Okawa,H., Pedroso, I. A. 1976. Metodologia de custos de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, 23: 123-139.
- Miao, S., Jen, C.C., Huang, C.T., Hu, S.H. 2009. Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. *Aquaculture International*, 17: 125–141.
- Molloy Sd, Pietrak Mr, Bouchard Da, Bricknell I., 2011. Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 311: 61–64.
- Navarrete-Mier, F., Sanz-Lázaro, C., Marín Francisco. 2010. A. Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture*, 306: 101-107.
- Nhu, V.C., Nguyen, H.Q., Le, T.L., Tran, M.T., Sorgeloos, P., Dierckens, K., Reinertsen, H., Kjørsvik, E., Svennevig, N. 2011. Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: Recent developments and prospects. *Aquaculture*, 315: 20-25.
- Nobre, A. M., Robertson-Andersson, D., Neori, A., Sankar, K., 2010. Ecological–economic assessment of aquaculture options: comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture*, 306: 116–126.
- Ribeiro F.A.S., Diogenes A.F., Cacho J.C.S., Carvalho, T.L., Fernandes J.B.K. 2014. Polyculture of freshwater angelfish *Pterophyllum scalare* and Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in low-salinity water. *Aquaculture Research*, 45: 637–646.
- Ridler, N., Wowchuka, M., Robinson, B., Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S., Page, F., Reid, G., Szemerda, M., Sewuster, J., Boyne-Travis, S., 2007. Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics And Management*, 11: 99–110.
- São Paulo, 2016. Decreto nº 62.243, de 01 de novembro de 2016.
- São Paulo, 2004. Decreto nº 49.215, de 07 de dezembro de 2004.

- Sampaio LAN, Moreira CB, Miranda-Filho KC, Rombenso AN (2011) Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L.) in near-shore cages off the Brazilian coast. *Aquaculture Research*, 42: 832–834.
- Sanches, E.G., Henriques, M.B., Fagundes, L., Silva, A.A. 2006. Viabilidade econômica do cultivo da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques rede, região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, 36: 15-25.
- Sanches E. G., Seckendorff R. W., Henriques, M. B., Fagundes L., Sebastiani E. F., 2008. Viabilidade do cultivo econômico do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Informações Econômicas*, 38: 42-51.
- Sanches, E.G., Tosta, G.A.M., Souza-Filho, J.J. 2013. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de bijupirá (*Rachycentron canadum*). *Boletim do Instituto de Pesca*, 39: 15-23.
- Sanches, EG, Silva, FC, Ramos, APFA. 2014. Viabilidade econômica do cultivo do robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40: 577-588.
- Skår, C.K., Mortensen, S. 2007. Fate of infectious salmon anaemia virus (Isav) in experimentally challenged blue mussels *Mytilus edulis*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 74: 1–6.
- Soto, D. J., Aguilar-Manjarrez N. Hishamunda (Eds). 2007. Building An Ecosystem Approach To Aquaculture. *FAO Fisheries And Aquaculture Proceedings*, No. 14. 120 p.
- Shi, H., Zheng, W., Zhang, X., Zhu, M., Ding, D. 2013. Ecological-economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China. *Aquaculture*, 410: 172-178.
- Tolon, T., Emiroğlu, D., Günay, D., Özgül, A. 2017. Sea cucumber (*Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790) culture under marine fish net cages for potential use in integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 46: 749-756.
- Troel, M. 2009. Integrated Marine And Brackishwater Aquaculture In Tropical Regions: research, implementation and prospects. In D. Soto (Ed.). *Integrated mariculture: A Global Review*. *FAO Fisheries And Aquaculture Technical Paper*, 529: 47–131.
- Thilsted, S. H., Thorne-Lymana, A., Webb, P., Bogard, J. R., Subasinghe, R., Phillips, M. J., Allison, E. H. 2016. Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy*, 61: 126–131.

- Whitmarsh, D.J., Cook, E.J., Black, K.D., 2006. Searching for sustainability in aquaculture: an investigation into the economic prospects for an integrated salmon-mussel production system. *Marine Policy*, 30: 293-298.
- 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 kelp-mollusk polyculture in Weihai, China. *Aquaculture*, 471: 130-139.

MATERIAL DE SUPORTE

Material complementar a ser submetido junto com o artigo principal.

MATERIAL DE SUPORTE

VIABILIDADE ECONÔMICA DA MARICULTURA DO MEXILHÃO (*Perna perna*) E DO BIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) NO SISTEMA MULTITRÓFICO

Gabriela Claudia Arato Bergamo^(1,2) e Eduardo Gomes Sanches⁽²⁾

⁽¹⁾ Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca. Avenida Francisco Matarazzo, nº 455 - CEP 05001-970/ CP 61070, São Paulo, Brasil.

⁽²⁾ Laboratório de Piscicultura Marinha, Instituto de Pesca/APTA/SAA. Estrada Joaquim Lauro de Monte Claro Neto, nº 2275 - CEP 11680-000, Ubatuba, Brasil. E-mail: gcabergamo@gmail.com, vanessavk3@gmail.com, esanches@pesca.sp.gov.br

*Autor correspondente: esanches@pesca.sp.gov.br

CONTEÚDO:

Tabela 1. Investimentos necessários para o cultivo do mexilhão em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	45
Tabela 2. Investimentos necessários para o cultivo do bijupirá em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	46
Tabela 3. Investimentos necessários para o cultivo Multitrófico (mexilhão e bijupirá) em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	47
Tabela 4. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo do mexilhão em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	48
Tabela 5. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo do bijupirá em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	49
Tabela 6. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo Multitrófico (mexilhão e bijupirá) em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.	50

Tabela 1. Investimentos necessários para o cultivo do mexilhão em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Item	Quantidade	Preço total (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação anual (R\$)	Juros anuais do capital (R\$) ¹	Total (R\$) (a) + (b)
<i>Long Lines</i>	6	16.350,00	10	1.635,00	1.962,00	3.597,00
Sistema de Ancoragem	6	12.240,00	10	1.224,00	1.468,80	2.692,80
Coletores de Sementes	1	5.930,00	5	1.186,00	711,60	1.897,60
Caixas plásticas	6	600,00	5	120,00	72,00	192,00
Equipamentos Diversos de Manejo ²	6	390,00	5	78,00	46,80	124,80
Equipamento de Proteção Individual (EPI)	1	120,00	5	24,00	14,40	38,40
Barco de alumínio (15 HP)	1	16.000,00	10	1.600,00	1.920,00	3.520,00
Balsa	1	6.000,00	10	600,00	720,00	1.320,00
Investimento total		57.630,00		6.467,00	6.915,60	13.382,60

¹ Taxa de juros anuais estimadas em 12% ao ano.

Tabela 2. Investimentos necessários para o cultivo do bijupirá em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Item	Quantidade	Preço total (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação anual (R\$)	Juros anuais do capital (R\$) ¹	Total (R\$) (a) + (b)
Tanque rede alevinagem (5m diâmetro)	4	8.000	10	800,00	960,00	1.760,00
Tanque rede engorda (10m diâmetro)	2	60.000,00	10	6.000,00	7.200,00	13.200,00
Panagens (Alevinagem e Engorda)	8	4.000,00	5	800,00	480,00	1.280,00
Panagens (Alevinagem e Engorda)	4	32.000,00	5	6.400,00	3.840,00	10.240,00
Espinhéis (poita+corda+boia)	1	12.840,00	10	1.284,00	1.540,80	2.824,80
Freezer	1	2.000,00	10	200,00	240,00	440,00
Lavadora pressão tipo Vap	1	1.500,00	5	300,00	180,00	480,00
Balança eletrônica	2	1.000,00	5	200,00	120,00	320,00
Puçás	6	480,00	5	96,00	57,60	153,60
Caixas plásticas	10	1.000,00	5	200,00	120,00	320,00
EPI	5	600,00	5	120,00	72,00	192,00
Barco de alumínio (5m) + motor de popa (15 HP)	1	16.000,00	10	1.600,00	1.920,00	3.520,00
Balsa	1	6.000,00	10	600,00	720,00	1.320,00
Investimento total		145.420,00		18.600,00	17.450,00	36.050,40

¹ Taxa de juros anuais estimadas em 12% ao ano.

Tabela 3. Investimentos necessários para o cultivo Multitrófico (mexilhão e bijupirá) em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Item	Quantidade	Preço total (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação anual (R\$)	Juros anuais do capital (R\$) ¹	Total (R\$) (a) + (b)
Tanque rede alevinagem (5m diâmetro)	4	8.000,00	10	800,00	960,00	1760,00
Tanque rede engorda (10m diâmetro)	2	60.000,00	10	6000,00	7200,00	13200,00
Panagens (Alevinagem e Engorda)	8	4.000,00	5	800,00	480,00	1280,00
Panagens (Alevinagem e Engorda)	4	32.000,00	5	6400,00	3840,00	10240,00
Espinhéis (poita+corda+boia)	1	12.840,00	10	1284,00	1540,80	2824,80
Long Lines (corda + flutuadores)	2	5.450,00	10	545,00	654,00	1199,00
Coletor Semente Marisco (corda + flutuadores+ ancoras+ caibros)	1	3.940,00	5	788,00	472,80	1260,80
Freezer	1	2.000,00	10	200,00	240,00	440,00
Lavadora pressão tipo Vap	1	1.500,00	5	300,00	180,00	480,00
Balança eletrônica	2	1.000,00	5	200,00	120,00	320,00
Puçás	6	480,00	5	96,00	57,60	153,60
Caixas plásticas	12	1.200,00	5	240,00	144,00	384,00
Equipamentos Diversos de Manejo ²	6	390,00	5	78,00	46,80	124,80
EPI	5	600,00	5	120,00	72,00	192,00
Barco aluminio (15hp)	1	16.000,00	10	1600,00	1920,00	3520,00
Balsa	1	6.000,00	10	600,00	720,00	1320,00
Investimento total		155.400,00		20.051,00	18.648,00	38.699,00

¹ Taxa de juros anuais estimadas em 12% ao ano.

Tabela 4. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo do mexilhão em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Item	COE (R\$)	Encargos sociais ¹ (R\$)	Encargos financeiros ² (R\$)	COT (R\$)	Outros custos fixos (R\$)	CTP (R\$)
Mão-de-obra permanente (1 funcionário) (R\$1500)	18.000,00	7.200,00	3.024,00	28.224,00		28.224,00
Sementes	7.800,00		936,00	8.736,00		8.736,00
Manutenção	2.881,50		345,78	3.227,28		3.227,28
Combustível e manutenção (15hp)	4.500,00		540,00	5.040,00		5.040,00
Depreciação Equipamentos ³				6.467,00		6.467,00
Juros anuais do capital de investimento					6.915,60	6.915,60
Total Anual	33.181,50	7.200,00	4.845,78	51.694,28	6.915,60	58.609,88

¹ Encargos sociais 40% do custo operacional efetivo (COE) da mão de obra;

² Encargos financeiros correspondem a 24% ao ano sobre a metade do COE adicionado aos encargos sociais;

³ Depreciação estimada de acordo com a vida útil e adicionada aos juros anuais do capital.

Tabela 5. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo do bijupirá em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Bijupira	COE (R\$)	Encargos sociais ¹ (R\$)	Encargos financei- ros ² (R\$)	COT (R\$)	Outros custos fixos (R\$)	CTP (R\$)
Mão-de-obra permanente (2 funcionários) (R\$1500)	36.000,00	14.400,00	6.048,00	56.448,00		56.448,00
Mão-de-obra avulsa (R\$100 diárias)(3 diárias/mes)	3.600,00		432,00	4.032,00		4.032,00
Formas jovens	20.000,00		2.400,00	22.400,00		22.400,00
Ração	54.600,00		6.552,00	61.152,00		61.152,00
Rejeito	25.200,00		3.024,00	28.224,00		28.224,00
Manutenção (instalações e equipamentos)	7.271,00		873,39	8.151,67		8.151,67
Combustível e manutenção Embarcação (15hp)	9.000,00		1.080,00	10.080,00		10.080,00
Depreciação Equipamentos ³				18.614,55		18.614,55
Juros anuais do capital de investimento					17.450,40	17.467,85
Total Anual	155.671,00	14.400,00	20.408,52	209.079,52	17.450,40	226.529,92

¹ Encargos sociais 40% do custo operacional efetivo (COE) da mão de obra;

² Encargos financeiros correspondem a 24% ao ano sobre a metade do COE adicionado aos encargos sociais;

³ Depreciação estimada de acordo com a vida útil e adicionada aos juros anuais do capital.

Tabela 6. Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e Custo Total de Produção (CTP) por ciclo (12 meses) para o cultivo Multitrófico (mexilhão e bijupirá) em um empreendimento na região Sudeste do Brasil, agosto de 2018.

Sistema IMTA	COE (R\$)	Encargos sociais ¹ (R\$)	Encargos financeiros ² (R\$)	COT (R\$)	Outros custos fixos (R\$)	CTP (R\$)
Mão-de-obra permanente (2 funcionários) (R\$1300)	36.000,00	14.400,00	6.048,00	56.448,00		56.448,00
Mão-de-obra avulsa (R\$150 diária)	6.800,00		816,00	7.616,00		7.616,00
Formas jovens	20.000,00		2.400,00	22.400,00		22.400,00
Ração	54.600,00		6.552,00	61.152,00		61.152,00
Rejeito	25.200,00		3.024,00	28.224,00		28.224,00
Sementes	2.600,00		312,00	2.912,00		2.912,00
Manutenção (instalações e equipamentos)	7.761,25		931,35	8.692,60		8.692,60
Combustível e manutenção (15 hp)	9.000,00		1.080,00	10.080,00		10.080,00
Depreciação Equipamentos ³				20.051,00		20.051,00
Juros anuais do capital de investimento					18.648,00	18.64,00
Total Anual	161.961,25	14.400,00	21.148,00	217.575,60	18.648,00	236.223,60

¹ Encargos sociais 40% do custo operacional efetivo (COE) da mão de obra;

² Encargos financeiros correspondem a 24% ao ano sobre a metade do COE adicionado aos encargos sociais;

³ Depreciação estimada de acordo com a vida útil e adicionada aos juros anuais do capital

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os potenciais benefícios econômicos, ambientais e sociais dos sistemas multitróficos na maricultura, o presente estudo teve como objetivo verificar a viabilidade econômica do cultivo integrado do bijupirá e do mexilhão.

Através da comparação entre o sistema integrado do bijupirá e do mexilhão e das alternativas monocultoras este estudo comprovou que o sistema dimensionado no cultivo multitrófico integrado do bijupirá e do mexilhão é economicamente mais atraente, comparado a alternativa monocultora.