

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Indicadores de sustentabilidade na  
larvicultura de camarão-da-amazônia,  
*Macrobrachium amazonicum***

**Josué Fernandes Frota Filho  
Engº Agrônomo**

**Jaboticabal, São Paulo  
2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Indicadores de sustentabilidade na  
larvicultura de camarão-da-amazônia,  
*Macrobrachium amazonicum***

**Josué Fernandes Frota Filho**

**Orientadora: Profa. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Maria Contente Moraes Valenti**

**Co-orientadora: Dra. Janaina Mitsue Kimpara**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

**Jaboticabal, São Paulo**  
**2018**

F941i Frota Filho, Josué Fernandes  
Indicadores de sustentabilidade na larvicultura de camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* / Josué Fernandes Frota Filho. 24 Jaboticabal, 2018  
vi, 53 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura da UNESP, 2018  
Orientadora: Patrícia Maria Contente Moraes Valenti  
Co-orientadora: Janaina Mitsue Kimpara  
Banca examinadora: Marcello Villar Boock, Fabiana Garcia Scaloppi  
Bibliografia

1. Carcinicultura. 2. Larvicultura. 3. Sustentabilidade. I. Título. II. Jaboticabal -, Centro de Aquicultura da UNESP.

CDU 595.371

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: *Indicadores de Sustentabilidade na  
Aqüicultura de camarão da Amazônia  
Macrobrachium amazonicum.*

**AUTOR: JOSUÉ FERNANDES FROTA FILHO**

**ORIENTADORA: PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI**

**COORIENTADORA: JANAINA MITSUE KIMPARA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA,  
pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI  
Departamento de Ciências Biológicas / Universidade de Santo Amaro, UNISA

Pesquisador Científico FABIANA GARCIA SCALOPPI  
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA / Votuporanga-SP

Pesquisador Científico MARCELLO VILLAR BOOCK  
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA / Pirassununga-SP

Jaboticabal, 19 de abril de 2018.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVO GERAL.....	18
2.1. Objetivos específicos.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Local do estudo e sistema de produção.....	19
3.2. Análise de água.....	20
3.3. Análise de gases do efeito estufa.....	21
3.4. Indicadores ambientais.....	22
3.5. Indicadores econômicos.....	25
3.5.1. Análise de Fluxo de caixa.....	30
3.5.2. Análise de Sensibilidade.....	30
4. RESULTADOS.....	32
4.1 Indicadores ambientais.....	32
4.2 . Indicadores econômicos.....	35
5. DISCUSSÃO.....	42
5.1. Indicadores ambientais.....	42
5.2. Indicadores econômicos.....	44
6. CONCLUSÕES.....	47
7. REFERÊNCIAS.....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tanques de larvicultura (Setor de Carcinicultura do CAUNESP).....	19
Figura 2 Tanques de eclosão de larvas (Setor de Carcinicultura do CAUNESP). 20	
Figura 3: Câmera de difusão e posição adequada para coleta dos gases (esquema da câmara de difusão da coleta de gases, utilizada no Projeto Indicadores de Sustentabilidade para Aquicultura da “Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura”).....	21
Figura 4 Câmera de difusão e posição adequada de coleta dos gases (Câmera de Difusão, utilizada no Projeto Indicadores de Sustentabilidade para Aquicultura da “Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura”).....	22

## LISTA DE SIGLAS

E.....	Uso do espaço
En.....	Uso de energia
UP.....	Uso de fósforo
UN.....	Uso de nitrogênio
EEn.....	Eficiência no uso de energia
EUp.....	Eficiência no uso de fósforo
EUn.....	Eficiência no uso de nitrogênio
PR (p,n).....	Potencial de retenção de nutrientes
PEp.....	Potencial de eutrofização por fósforo
PEn.....	Potencial de eutrofização por nitrogênio
PAG.....	Potencial de aquecimento global
GGE.....	Gases do efeito estufa
TIR.....	Taxa interna de retorno
PRC.....	Período de retorno de capital
RBC.....	Relação benefício/custo
VPL.....	Valor presente líquido
L.....	Lucro
RRi.....	Relação renda/investimento
RA.....	Renda anual
CF.....	Custos fixos
CV.....	Custos variáveis
COE.....	Custo operacional efetivo
COT.....	Custo operacional total
MC.....	Margem de contribuição

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados para avaliar a sustentabilidade do sistema de cultivo em pequena escala de camarão-da-amazônia.....	24
Tabela 2: Dados de produção para um ciclo de produção usados para análise econômica da larvicultura camarão-da-amazônia.....	29
Tabela 3. Concentração (média $\pm$ desvio padrão) de nitrogênio total e fósforo total nos tanques (T) de produção de pós-larva de camarão-da-amazônia.....	33
Tabela 4. Valores das taxas de transferências por difusão dos gases do efeito estufa (GEE) em g/tanques (g/tq) de produção de larvas do camarão-da-amazônia durante os 18 dias de cultivo.....	33
Tabela 5. Valores totais das variáveis utilizadas para o cálculo dos indicadores de sustentabilidade ambiental de um ciclo da larvicultura de camarão-da-amazônia. ....	34
Tabela 6. Indicadores de sustentabilidade ambiental relativos à larvicultura de camarão-da-amazônia. ....	34
Tabela 7. Investimento para instalação da fazenda de produção de pós-larva de camarão-da-amazônia. ....	36
Tabela 8. Custos e retornos anuais da produção de pós-larva do camarão-da-amazônia.....	38
Tabela 9. Custos operacionais e retornos anuais da larvicultura de camarão-da-amazônia por ciclo de produção. ....	39
Tabela 10. Indicadores de viabilidade econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia.....	40
Tabela 11. Valores da taxa interna de retorno (TIR), período de retorno de capital em anos (PRC) e lucro obtidos pela análise de sensibilidade combinados com o número de ciclos de produção para a larvicultura do camarão-da-amazônia. ....	41



## **Agradecimentos**

A Universidade Estadual Paulista – UNESP, por meio do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pela oportunidade de conceder recursos e espaço para a realização do trabalho.

A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Maria Contente Moraes Valenti, pelas orientações e paciência, sempre passando muito conhecimento e me fazendo crescer profissionalmente.

A minha coorientadora, Dr.<sup>a</sup> Janaina Mitsue Kimpara, também por sua orientação, paciência, disponibilidade e confiança que fora depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, pela atenção e por contribuir para o meu crescimento intelectual.

Agradeço a todos os meus colegas de do setor de carcinicultura, pois estivemos juntos por dois anos, o qual lembrarei por toda minha vida. A Michelle Roberta Santos, Tamara Fonseca, Baltasar Neto, Rafael Amorim, Letícia de Cássia Oliveira e a Tavani, os quais estiveram sempre me orientando como funcionava o nosso setor. A Ariel Calister, que me ajudou nas análises do meu experimento e ao técnico Roberto Polachini, que esteve sempre presente para o que eu precisasse para o meu experimento e amizade. Em especial, agradeço aos meus caros amigos Danilo Cintra Proença e David Lucas Hilário, pela amizade e parceria quando moramos juntos na “república macaco gordo”. Agradeço a todos os amigos que fiz no CAUNESP durante esses dois anos e também, a todos aqueles que aqui não foram citados, mas que de alguma forma deram alguma contribuição fundamental neste trabalho.

Por fim, dedico todo meu esforço e agradecimentos em especial primeiramente a DEUS. A minha família, minha mãe, irmã e minha namorada Éllen Bianca, que mesmo na distância foram essenciais para que eu conseguisse percorrer esse caminho até aqui.

Muito obrigado!

## **Ao Apoio financeiro e Institucional:**

Da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, agradeço pela Bolsa de mestrado;

Da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pelo apoio Institucional;

Este estudo é parte integrante da Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura (Edital MCT / CNPq / MEC / CAPES / CT AGRO / CT HIDRO / FAPS / EMBRAPA No 22/2010 – REPENSA; 88882.156917/2017-01 (Migrado - SACPAIS).

## RESUMO

O crescimento acelerado da aquicultura vem sendo acompanhado pela crescente preocupação em se garantir a sustentabilidade das atividades aquícolas. A sustentabilidade neste trabalho é baseada principalmente em duas dimensões: ambiental, e econômica. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica em pequena escala de produção de pós-larvas do camarão de água doce da espécie *Macrobrachium amazonicum*, por meio de um conjunto indicadores de sustentabilidade. Foram considerados os ciclos de produção durante um ano de cultivo de pós-larvas do camarão-da-amazônia. A capacidade produtiva considerada foi de 290 milheiros de pós-larvas/mês. A sustentabilidade ambiental foi medida com base na utilização de recursos naturais, eficiência no uso destes recursos e poluição liberada ao ambiente pelo meio de cultivo. A sustentabilidade econômica foi medida com base nos aspectos sobre a eficiência no uso dos recursos financeiros e a capacidade de gerar recursos para reinvestimentos na atividade. Os resultados sugerem que há viabilidade econômica para o produtor que realiza larvicultura em sistemas de fundo de quintal (backyard hatchery). Além disso, os dados obtidos também mostraram que embora a larvicultura seja uma atividade bastante intensificada, há eficiência na utilização dos recursos naturais, sendo mais sustentável do que outras fases de produção, como o berçário e crescimento final da mesma espécie. Desse modo, o modelo utilizado é uma alternativa viável com sustentabilidade econômica e ambiental para produção de pós-larvas de *M. amazonicum* em sistemas familiares de produção.

**Palavras-chave:** carcinicultura, larvicultura, sustentabilidade.

## ABSTRACT

The rapid growth of aquaculture has been accompanied by the increasing concern to ensure sustainability of aquatic activities. In this work, sustainability is based on environmental and economic dimensions. The objective of the study is to evaluate the environmental and economic sustainability of a small scale *Macrobrachium amazonicum* post-larvae production using a set of indicators for sustainability. Production cycles during one year of the Amazon Prawn hatchery was considered. The considered productive capacity was 290 thousand post larvae/month. Environmental sustainability measurements were based on the use of natural resources, efficiency in the use of resources and pollution released to environment from the production facility. Economic sustainability measurements were based on the aspects of efficiency in the use of financial resources and the capacity to generate resources for reinvestments in the activity. Results show that there is economic feasibility for the 'backyard' hatcheries system for freshwater prawn farmers. In addition, data indicate that in spite of hatchery being a highly intensified activity, there is efficiency in using natural resources, and it is more sustainable than other production phases, such as nursery and grow-out phase of the same species. To sum it up, the hatchery model studied is a feasible and sustainable alternative to produce *M. amazonicum* post-larvae with environmental and economic sustainability to be operated using either family labour production.

**Keywords:** prawn farming, hatchery, sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos oriundos da pesca e da aquicultura apresentou um aumento significativo nas últimas décadas, principalmente, em função do crescimento da população. Segundo os dados da FAO (2016), o pescado vem se tornando a proteína de fonte animal mais produzida no mundo, com aproximadamente 167 milhões de toneladas. Desse valor, 93 milhões t foram provenientes da pesca extrativa e 73,8 milhões t provenientes da aquicultura (OCDE-FAO, 2016), ou seja, 44,1% da oferta de pescado, tendo valor estimado de US\$ 160,2 bilhões. Assim, a expectativa é de que até 2025 a aquicultura ultrapasse a pesca extrativa em volumes (FAO, 2016). Na produção mundial de pescado, o continente asiático foi responsável por 89% da produção de todo pescado proveniente da aquicultura com aproximadamente 65 milhões de toneladas. Desse continente destacam-se países como a China, com mais de 60% dessa produção, seguidos da Índia, Vietnã e Bangladesh (FAO, 2016).

O continente americano foi responsável pela produção de aproximadamente 1,7 milhões de toneladas, sendo estimado 2,3% de toda produção mundial de pescado proveniente de aquicultura. O Chile é o principal produtor no continente sul americano, com a produção em torno de 1,2 milhões de toneladas, tendo obtido aproximadamente 1,6% da produção mundial (FAO, 2016). De acordo com os dados da FAO (2016), o Brasil é o segundo maior produtor da América do Sul e também vem se destacando no cenário mundial.

O Brasil está entre os 25 principais produtores de organismos aquáticos, ocupando a 14ª posição (FAO, 2016) e pode ser um dos poucos países que virão atender à crescente demanda por pescado e derivados (Brasil, 2013). Segundo os dados da FAO (2016), a produção aquícola brasileira contribuiu com cerca de 562,5 mil toneladas, gerando R\$ 3,87 bilhões (IBGE, 2015). Desse modo, acredita-se que na próxima década haja um crescimento de 104% dessa produção (FAO, 2016).

Da produção brasileira de pescado, a piscicultura contribuiu em torno de 69,9% da produção nacional, e a carcinicultura com aproximadamente 20,6%, sendo estes, os setores que mais representam a produção nacional (IBGE, 2016). Os demais cultivos como a malacocultura, alevinagem, produção de larvas e pós-larvas de camarão e outros, contabilizaram cerca de 9,6% de pescado produzido (IBGE, 2016). Das principais espécies de peixes cultivadas, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e os peixes redondos dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus* merecem destaque. Já na carcinicultura, destaca-se o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), originário do Oceano Pacífico (IBGE, 2016; Kubitz, 2016).

A produção aquícola pode gerar vários benefícios para população humana, entre eles o suprimento das necessidades alimentares ao redor do mundo. Apesar de fornece vários benefícios, a aquicultura ainda é uma das atividades mais criticadas por ambientalistas (Froehlich *et al.*, 2017; Naylor *et al.*, 2000). Uma das razões é porque alguns sistemas de cultivo, como o monocultivo intensivamente arraçoado, fazem com que restos de ração, não consumidos e incorporados na biomassa dos animais, gerem grandes descargas de efluentes, que contribuem para a poluição dos corpos de água (Naylor *et al.*, 2000). Outro problema é a introdução de espécies exóticas, que pode trazer patógenos às espécies locais, bem como, a competição de alimentos em caso de escapes. Assim, esses danos podem vir colaborar com a diminuição e perda da biodiversidade aquática local (Ferreira *et al.*, 2011).

Aquicultura pode ser realizada dentro das boas práticas de manejo (BMP) (Chopin *et al.*, 2001). Desse modo, a aquicultura moderna precisa ser realizada dentro do conceito de sustentabilidade, contemplando a sustentabilidade social, ambiental e econômica. Esses componentes formam os três pilares da sustentabilidade, sendo essenciais e indissociáveis para que a atividade seja perene (Valenti *et al.*, 2018).

Segundo Valenti *et al.* (2018), aquicultura é uma atividade que utiliza recursos naturais, manufaturados e humanos, no entanto estes recursos devem ser

usados de forma racional para que a atividade seja duradoura e lucrativa. Portanto, existe uma forte ligação entre a produção e o desenvolvimento sustentável, já que a sociedade e a economia dependem dos recursos gerados pelo meio ambiente. Assim, uma aquicultura para ser considerada sustentável precisará ter os três pilares da sustentabilidade bem consistentes e definidos (Valenti *et al.*, 2018).

O conceito de sustentabilidade já vem sendo discutido há mais de 30 anos. Inicialmente a maioria das discussões sobre sustentabilidade teve início com o relatório Brundtland (“*Our Common Future*”) publicado na WCED (World Commission on Environment and Development) em 1987. A criação desse relatório colocou o conceito de “desenvolvimento sustentável” na agenda política dos países participantes (Valenti *et al.*, 2018). Desde então, o termo sustentabilidade evoluiu e entre as várias definições de sustentabilidade pode-se basear na premissa da gestão dos recursos financeiros, tecnológicos, institucionais, naturais e sociais, garantindo a satisfação das necessidades humanas para as gerações atuais e futuras (Valenti *et al.*, 2018). Atualmente, existe um consenso de que sistemas de produção como a aquicultura devem ser sustentáveis. No entanto, é essencial definir o que é sustentável e o quanto sustentável esses sistemas realmente são (Valenti *et al.* 2018).

Essa preocupação com a sustentabilidade nos sistemas de produção aquícola, fez surgir um dos grandes desafios encontrados por pesquisadores em todo mundo, o de avaliar os vários sistemas e seus manejos de produção dentro dos conceitos da sustentabilidade. Dessas análises, os principais métodos utilizados para medir a sustentabilidade da aquicultura no mundo são: Análise Emergética, Pegada Ecológica, Análise do Ciclo de Vida, Resiliência e Conjuntos de Indicadores (Dalsgaard *et al.*, 1995; Lightfoot *et al.*, 1996; Dalsgaard & Oficial, 1997; FAO, 2010; Caffey *et al.*, 2001; González *et al.*, 2003; Stevenson *et al.*, 2005; Boyd *et al.*, 2007; Pullin *et al.*, 2007; Tipraqsa *et al.*, 2007; Dey *et al.*, 2007; Evad, 2008; Zajdband *et al.*, 2010; Valenti, 2008; Valenti *et al.*, 2010, 2011, 2018). Cada método tem sua característica própria. O método da Análise Emergética fornece uma visão holística do processo e considera as interações internas e

externas do sistema produtivo (Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018). Análise emergética tem como limitações a dificuldade de obtenção dos dados necessários para a análise e a difícil interpretação dos resultados. Os métodos da Pegada Ecológica e a Análise do Ciclo de Vida focam principalmente a sustentabilidade ambiental. A interpretação dos resultados é relativamente simples, mas os inventários de dados são difíceis de serem obtidos (Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018). Análise de Resiliência permite avaliar a capacidade dos sistemas se perpetuarem ao longo do tempo (Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018). No entanto, até o presente, ainda não há um método adequado para medir a resiliência nos sistemas de aquicultura.

Os conjuntos de indicadores têm sido desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade da aquicultura (Boyd *et al.*, 2007; Evad, 2008; Valenti, 2008; Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018). Esses conjuntos consistem em variáveis definidas para refletirem de forma simplificada um fenômeno ou um processo e que podem medir um atributo de um sistema (Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018). Desse modo, pode-se obter uma visão merística, possibilitando a análise de cada parte do sistema produtivo em separado. Isso permite localizar os pontos fracos e corrigi-los. Os dados são de mais fácil obtenção e a interpretação dos resultados é simples e facilmente compreensível. Desse modo, Valenti *et al.* (2018) desenvolveram um conjunto de indicadores de sustentabilidade econômicos, ambientais e sociais na aquicultura no período de 2003-2016. O objetivo foi de avaliar os diferentes sistemas produção aquícolas, tendo inicialmente o Brasil como modelo, combinando métodos (top-down e bottom-up), juntamente com observações práticas em instalações de aquicultura experimental e comercial.

No ano de 2010 foi criada uma Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura. Esse trabalho é parte integrante do Projeto Indicadores de Sustentabilidade para a Aquicultura da Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura (Edital MCT/CNPq/MEC/CAPES/CT AGRO/CT HIDRO/FAPS/EMBRAPA No 22/2010 – REPENSA). O objetivo da rede foi desenvolver um conjunto de indicadores de sustentabilidade adequados para



avaliar a aquicultura brasileira, visando formar pessoal qualificado para atuar na avaliação da sustentabilidade da aquicultura.

A rede foi composta por 38 pesquisadores de 15 Instituições Brasileiras de Pesquisas das Regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste. Essa rede foi dividida em 10 grupos de trabalho, os quais estudariam 22 sistemas de cultivo de aquicultura realizados no Brasil. Os grupos coletaram amostras de variáveis econômicas, sociais e ambientais. As amostras das variáveis foram analisadas em um laboratório central da UNESP. Após analisados, os dados retornaram para cada grupo para análise e interpretação dos resultados. A seguir, foram realizadas reuniões presenciais e virtuais para discussão dos dados obtidos.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica em um sistema de produção de pós-larvas do camarão de água doce da espécie *Macrobrachium amazonicum*, utilizando um conjunto de indicadores de sustentabilidade (Valenti *et al.*, 2018). O sistema estudado foi a produção de pós-larvas de camarão-da-amazônia em uma larvicultura popularmente conhecida como “larvicultura de fundo de quintal” (“backyard hatchery”). Esse cultivo também pode ser realizado para larviculturas de pequeno e médio porte, em sistemas familiares de produção. O ponto de vista estratégico foi justificado por ser uma espécie nativa do Brasil, possuindo toda tecnologia de larvicultura desenvolvida. Assim, foram identificados os impactos ambientais e a viabilidade econômica para realização desta atividade. De todos os sistemas de cultivos estudados por essa Rede de Sustentabilidade na Aquicultura, esse é o único sistema de larvicultura de camarões de águas doce analisado. Portanto, os dados dos indicadores obtidos nesse sistema são considerados inéditos e de extrema importância. Os resultados obtidos podem vir a contribuir para validar e aprimorar a metodologia do sistema de cultivo de “larvicultura de fundo de quintal” em sistemas familiares de produção. Desse modo, poderão contribuir para redução dos possíveis impactos causados pela atividade de larvicultura de camarão de água doce, bem como, subsidiar a instalação de empreendimentos de larvicultura de *M. amazonicum*.

## **2. OBJETIVO GERAL**

O trabalho teve o objetivo de avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica de uma larvicultura de camarão-da-amazônia em pequena escala.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Identificar pontos do sistema que podem gerar impactos ambientais causados pela atividade;
- Determinar a viabilidade econômica da larvicultura em pequena escala.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local do estudo e sistema de produção

O trabalho foi realizado no setor de Carcinicultura da UNESP, campus de Jaboticabal, SP. Foi feita uma larvicultura do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*, em quatro tanques de fibrocimento com volume útil de 600L de água. Cada 2 tanques eram acoplados a um biofiltro com volume de 120L útil (Figura 1). A densidade de estocagem usada na larvicultura foi de 120 larvas/L, o que possibilita a capacidade máxima de produção de 72 mil larvas por tanque. O preparo da água salobra para a larvicultura foi feita de acordo com Valenti *et al.* (2010), utilizando-se da água do mar diluída para salinidade 12. O manejo alimentar adotado conforme descrito em Araújo & Valenti (2007). Eram sifonadas as sobras de alimentos nos tanques a cada dois dias. A quantidade de alimento fornecido para as pós-larvas foi suficiente para que não houvesse sobras. Por tanto, não houve deposição de material sedimentado no fundo do tanque, e, formação de gases. Dez larvas de cada tanque de cultivo foram examinadas, em dias alternados, sob microscópio invertido (Olympus CKX41) para a verificação do desenvolvimento larval. O índice de estágio larval (IEL) foi calculado de acordo como descrito por Manzi *et al.* (1977). A salinidade utilizada foi de 12, e foi monitorada diariamente usando sonda YSI Professional Plus (Pro-Plus). A temperatura foi mantida a aproximadamente 28°C e foi monitorada diariamente por meio de sonda YSI Professional Plus (Pro-Plus). Semanalmente, a água do cultivo foi analisada quanto aos compostos nitrogenados inorgânicos N-amônia, N-nitrito e N-nitrato utilizando-se as metodologias descritas em APHA (2005).

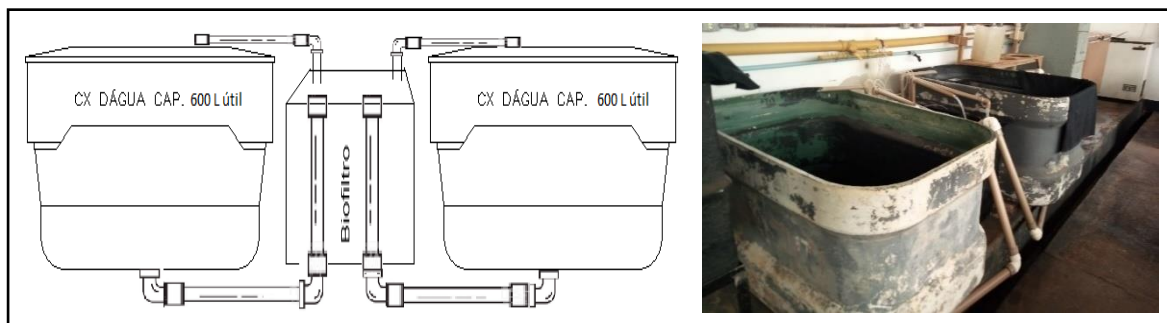


Figura 1: Tanques de larvicultura (Setor de Carcinicultura do CAUNESP).

As despesas em cada tanque experimental foi realizada somente após cerca de 95% das larvas terem se metamorfoseado para pós-larvas. No momento da despesa, foi quantificada a sobrevivência dos animais na fase de larvicultura. As larvas utilizadas de *M. amazonicum* foram provenientes de fêmeas obtidas do plantel de reprodutores do setor de Carcinicultura. Este plantel foi formado e cultivado em sistema semi-intensivo para fins de pesquisa. Fêmeas com ovos no final do desenvolvimento embrionário, de coloração transparente foram colocadas em tanques de eclosão (Figura 2), na densidade de 70 fêmeas/m<sup>2</sup>. Os tanques foram mantidos com água salobra, em salinidade 5, temperatura de 28°C e aeração constante. Durante este período, as fêmeas foram alimentadas com filé de tilápia duas vezes ao dia. Após a eclosão, as larvas foram sifonadas para um balde, com aeração, e estimadas. A seguir, foram aclimatadas, lentamente, até que a diferença de temperatura e pH da água do balde e do tanque de cultivo não ultrapassassem 1°C e 0,5 unidade, respectivamente. A seguir, foram transferidas para os tanques de larvicultura.



Figura 2 Tanques de eclosão de larvas (Setor de Carcinicultura do CAUNESP).

### 3.2. Análise de água

As amostras de água foram coletadas semanalmente na saída dos tanques de cultivo de larvas. A água foi analisada quanto à quantidade de fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT). Para a determinação do fósforo total, as amostras foram submetidas à digestão, de acordo com o método 4500-P.B5, seguida de

determinação de ortofosfato pelo método 4500-P.D, ambos descritos em APHA (2005). As leituras colorimétricas foram feitas em espectrofotômetro digital (Hach® DR/2000). Para a determinação do nitrogênio total, os valores de nitrogênio Semi-Micro-Kjeldahl (método 4005-N C descrito em APHA, 2005), foram somados aos valores de N-nitrato (4500-NO<sub>3</sub> E) e N-nitrito (4500-NO<sub>3</sub> E. e 4500-NO<sub>2</sub> B), também de acordo com APHA (2005).

### 3.3. Análise de gases do efeito estufa

Para a determinação dos gases do efeito estufa liberados da larvicultura para a atmosfera, foram feitas amostragens semanais dos gases, analisados posteriormente por cromatografia gasosa (Matvienko *et al.*, 2000). A liberação de gases para a atmosfera pode ocorrer por ebulição (liberação de bolhas da camada de sedimento) e difusão (trocas de gases entre a interface água-ar) (Matvienko *et al.*, 2000). A liberação de gases do efeito estufa pela larvicultura ocorre somente por difusão. Para a amostragem dos gases, a aeração dos tanques foi desligada e o fluxo de água do tanque para o biofiltro foi interrompido por 5 minutos para a instalação da câmara de difusão no tanque. A troca de gases por difusão foi avaliada pelo método do equilíbrio de porções de ar confinadas em uma câmara de difusão (Figura 3), que tendem a equilibrar-se parcialmente com o gás dissolvido na água, por períodos de 0,1,2 e 4 minutos (Matvienko *et al.*, 2000). Foram utilizados para o cálculo do indicador de sustentabilidade ambiental, o potencial de aquecimento global (PAG), com os valores dos gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

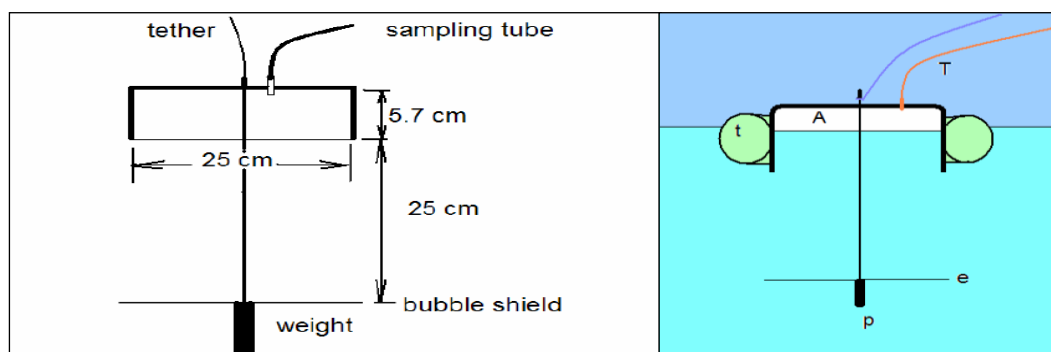
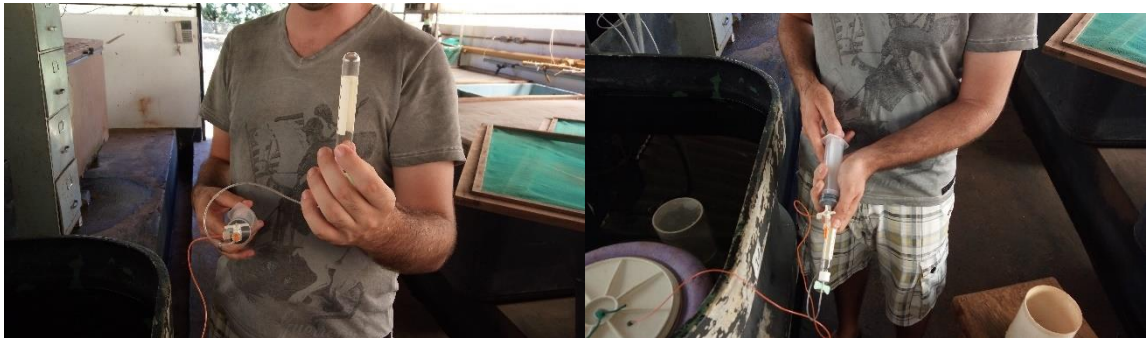


Figura 3: Câmara de difusão e posição adequada para coleta dos gases (esquema da câmara de difusão da coleta de gases, utilizada no Projeto Indicadores de Sustentabilidade para Aquicultura da “Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura”).

As amostras de gás foram armazenadas em ampolas de vidro (Figura 4), que foram enviadas ao Laboratório de Sustentabilidade em Aquicultura (UNESP, campus de São Vicente) para análise do material por cromatografia gasosa. A quantidade de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foi determinada em cromatógrafo de gás com detector TCD – Shimadzu GC-2014® e ECD-Eletron Captor Detector.



**Figura 4** Câmara de difusão e posição adequada de coleta dos gases (Câmara de Difusão, utilizada no Projeto Indicadores de Sustentabilidade para Aquicultura da “Rede de Pesquisa Sustentabilidade na Aquicultura”).

A abordagem para determinação do carbono equivalente utilizada no estudo foi o GTP (Global Temperature Change Potential). O GTP leva em consideração a influência dos gases no aumento de temperatura da Terra. Essa metodologia usa carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), sendo que a cada um g de CH<sub>4</sub> corresponde a 21g de CO<sub>2</sub>, e cada um g de N<sub>2</sub>O corresponde a 270g de CO<sub>2</sub>e.

### **3.4. Indicadores ambientais**

A dimensão ambiental da sustentabilidade foi calculada utilizando a metodologia de indicadores de sustentabilidade descrita por Valenti *et al.* (2018). As categorias, os indicadores e as fórmulas para cálculos usados estão apresentados na Tabela 1. Para medir o uso de recurso natural, foram utilizados indicadores que avaliam a utilização dos recursos naturais, eficiência na utilização dos recursos, liberação de poluentes para cada unidade de produto gerado. À eficiência no uso dos recursos, foi avaliado quanto o sistema gera de resíduo e usa de energia e materiais que foram gastos na produção. A liberação de poluentes foi mensurada por meio de indicadores que medem as cargas de nitrogênio, fósforo

liberados no efluente para o meio ambiente e os gases do efeito estufa CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> em equivalência de carbono (GTP), liberados para a atmosfera em relação à produção (Boyd *et al.*, 2007; CONSENSUS, 2005; Valenti, 2008; Valenti *et al.*, 2011; Valenti *et al.*, 2018).

Para a análise da biomassa dos animais, as larvas foram coletadas no povoamento e as pós-larvas, na despesca dos tanques de cultivo. Os animais foram abatidos em gelo e pesados em balança analítica (Mettler Toledo AT21, precisão de 1 µg) para obtenção da massa média. As amostras foram mantidas em estufa com circulação forçada a 60 °C por 48 horas para a obtenção do peso seco. Posteriormente, foi determinado o conteúdo de nitrogênio total e de fósforo total (AOAC, 1995). Para a análise do alimento, as amostras de dieta inerte e de Artêmias foram congeladas e posteriormente analisadas. As amostras foram pesadas em balança analítica (Mettler Toledo AT21, precisão de 1µg) para obtenção da massa média e mantida em estufa de circulação forçada a 60 °C por 48 horas. Foi determinado o conteúdo nitrogênio total e o de fósforo total (AOAC, 1995) no alimento.

Para a quantificação da energia aplicada no sistema, somou-se o valor da energia gasta pela mão-de-obra trabalhada. Essa quantificação pode ser representada por um trabalhador fixo durante seis horas de trabalho/dia, além da energia elétrica gasta pelos equipamentos. Foram adotados os valores de 500 kcal por hora trabalhada (Mello, 1989).

**Tabela 1. Indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados para avaliar a sustentabilidade do sistema de cultivo em pequena escala de camarão-da-amazônia.**

<b>Categoria</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>
	Uso do espaço (E) (m <sup>2</sup> /milheiro)	$E = \text{área utilizada} / \text{produção total}$
Uso dos recursos naturais	Uso da energia (En) (MJ/kg)	$En = \text{energia aplicada} / \text{produção total}$
	Uso de fósforo (UP) (g/kg)	$UP = \text{massa de fósforo aplicada} / \text{produção total}$
	Uso de nitrogênio (UN) (g/kg)	$UN = \text{massa de nitrogênio aplicada} / \text{produção total}$
Eficiência no uso dos recursos	Eficiência no uso da energia (EEn)	$EEn = \text{energia recuperada na produção} / \text{energia aplicada}$
	Eficiência no uso de fósforo (EUp) (%)	$EUp = \text{massa de fósforo na PL} / \text{massa de fósforo aplicada}$
	Eficiência no uso de nitrogênio (EUn) (%)	$EUn = \text{massa de nitrogênio na PL} / \text{massa de nitrogênio aplicada}$
	Potencial de retenção de nutrientes (PRc, PRn e PRp) (g/kg)	$PR = \text{massa de nutriente nas PL} / \text{produção total}$
Liberação de Poluentes	Potencial de eutrofização P (PEp) (g/kg)	$PEp = \text{massa de fósforo liberada no efluente} / \text{produção total}$
	Potencial de eutrofização N (PEn) (g/kg)	$PEn = \text{massa de nitrogênio liberada no efluente} / \text{produção total}$
	Potencial de aquecimento global (PAG) – kg.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> (kg/kg)	$PAG = \text{massa de CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O} \text{ (em equivalentes de CO}_2\text{)} \text{ liberada para a atmosfera} / \text{produção total}$



### 3.5. Indicadores econômicos

A dimensão econômica da sustentabilidade foi calculada considerando duas estruturas de custo de produção. Na primeira, descrita por Shang (1990) e Jolly & Clonts (1993), o custo total (CT) é dividido em custos fixo (CF) e custo variável (CV). Na segunda estrutura de análise, descrita por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins & Borba (2006), foi definido o custo operacional efetivo (COE) e o custo operacional total (COT).

Nos CF estão incluídos gastos com os custos de oportunidade da terra de R\$ 85,71/ha/mês, baseados no preço de arrendamento de um hectare de terra para a atividade canavieira da região onde está instalada a larvicultura (IEA - Instituto de Economia Agrícola). O valor do m<sup>2</sup> construído utilizado para as obras civis foi baseado no preço do m<sup>2</sup> sem revestimento com cerâmica e acabamento residencial. Também está incluído neste mesmo custo o capital investido de 10,15% ao ano sobre o valor do capital médio, empresário, manutenção de equipamentos e benfeitorias e depreciação (2% do valor de compra ao ano) calculado pelo método linear, de acordo com a vida útil de cada item. Foram considerados como CV os insumos (ração dos reprodutores, ração úmida para larvas, produtos utilizados na larvicultura, óleo diesel e óleo para motor do gerador, embalagens, água do mar e o transporte, mão de obra eventual, energia elétrica, telefone e juros (8,5% a.a. sobre a metade do capital circulante, que corresponde ao custo variável somado a manutenção de equipamentos e benfeitorias). No fluxo de caixa, o preço da venda do milheiro das pós-larvas foi calculado a partir do valor dos custos totais da produção de um ciclo dividido pela quantidade de milheiro de pós-larvas obtidas, somando-se 10% ao valor obtido. A receita bruta (RB) foi calculada considerando a produção anual e o preço de venda do milheiro de PLs. O lucro foi calculado considerando a RB menos o CT. O nivelamento ou ponto de equilíbrio (“*break-even*”) da produção foi calculado dividindo o CT pelo valor de venda do milheiro de pós-larvas.

Foram considerados como COE os gastos com insumos, mão de obra eventual, manutenção de equipamentos e benfeitorias, despesas com máquinas, impostos, embalagens, energia elétrica e telefone. O COT inclui o COE mais a

depreciação. Este custo considera o que realmente é gasto em dinheiro com a produção sem remunerar todos os fatores de produção, como os custos de oportunidade.

Os indicadores de viabilidade econômica tradicionais (1 a 5) descritos por Shang (1990) e Jolly & Clonts (1993), podem ser calculados com ou sem a inclusão das externalidades nos custos de produção. Para o pequeno produtor as externalidades são mínimas e pode ser irrelevante nos custos de produção e rentabilidade real, já que mede os prejuízos causados ao bem comum, ou ao ambiente. Para este trabalho, as externalidades não foram consideradas.

### **1. Taxa interna de retorno (TIR)**

$$\sum_i^n \frac{Bi - Ci}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Sendo:

Bi = benefício total no ano i, (receitas);

Ci = custo total no ano i (capital + despesas operacionais);

n = horizonte do projeto.

### **2. Período de retorno de capital (PRC)**

$$\sum_{i=0}^j FLC_i = 0$$

Sendo:

j = PRC, em anos;

FLC<sub>i</sub> = Fluxo líquido anual do projeto no ano i;

i = 0,1,2,...j...,n.

### 3. *Relação benefício/custo (RBC)*

$$RBC = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Y_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+r)^i}}$$

Sendo:

$Y_i$  = benefício líquido anual no ano  $i$  (receita bruta menos as despesas operacionais);

$K_i$  = capital investido no ano  $i$  (investimento inicial mais reinvestimentos);

$r$  = taxa de desconto do projeto (taxa de atratividade);

$n$  = horizonte do projeto

### 4. *Valor presente líquido (VPL)*

$$VPL = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i}$$

Sendo:

$B_i$  = benefício total no ano  $i$ , (receitas);

$C_i$  = custo total no ano  $i$  (capital + despesas operacionais);

$r$  = taxa de desconto do projeto (taxa de atratividade);

$n$  = horizonte do projeto;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$ .

### 5. *Lucro (L)*

Receita bruta (RB) menos o custo total (CT) de produção (custo fixos + custos variáveis)

$$L = RB - CT$$

### 6. *Relação renda / investimento (RRI)*

Mede a renda gerada por unidade de capital investido.

$$RRI = \text{renda anual} / \text{investimento inicial}$$

Empreendimentos com investimento inicial menor e que gerem a mesma renda líquida são mais sustentáveis, pois correspondem a um uso mais eficiente do recurso capital.

### **7. Renda anual (RA)**

Corresponde à receita bruta (RB), deduzidas as despesas operacionais da produção (DO), a depreciação (D), os impostos (I) e taxas (T), ou seja, RA corresponde ao lucro somado ao custo de oportunidade, impostos e taxas. O custo de oportunidade inclui: remuneração do proprietário, juros sobre capital fixo e circulante e remuneração da terra.

$$RA = RB - DO - D - I - T$$

## Dados de produção

Os dados de produção obtidos durante o ciclo de larvicultura foram utilizados para a construção de um cenário de produção comercial de pequena escala de larvas de *M. amazonicum*, em Jaboticabal, no interior do Estado de São Paulo. Os dados usados para o cálculo do fluxo de caixa são apresentados na Tabela 2.

A produção foi feita em galpão de 80 m<sup>2</sup> coberto, com quatro tanques de larvicultura com 600 L de volume útil acoplados a biofiltro. O volume de água utilizada no sistema de produção foi de 1.013 litros de água do mar e 2.586 litros de água doce.

**Tabela 2: Dados de produção para um ciclo de produção usados para análise econômica da larvicultura camarão-da-amazônia.**

<b>Itens</b>	<b>Valores</b>
<b>Reprodutores</b>	
Densidade de estocagem (animais/m <sup>2</sup> )	20
Proporção macho: fêmea	1:4
Fertilidade (larvas/fêmea)	1.000
<b>Larvicultura</b>	
Densidade de estocagem (larva/L)	120
Povoamento inicial (72.000 larvas por tanque)	288.000
População final	172.800
Produtividade (PL/L)	72
Dias ciclo	18
Número de ciclos por ano	7
Produção por ciclo (milheiro)	172
Produção por ano (milheiro)	1.210
<b>Manutenção de PLs</b>	
Densidade de PL (PL/L)	8
População estocada em unidades (PLs)	172.800

### **3.5.1. Análise de Fluxo de caixa**

A viabilidade econômica da larvicultura foi feita por meio da análise do fluxo de caixa da larvicultura, usando horizonte do projeto de 15 anos, considerando o fluxo líquido calculado pela diferença entre as entradas e saídas e taxas de descontos ao ano (a.a.). Considerou-se a taxa mínima de atratividade de 10,15% a.a. (referente à taxa de juros Selic no período de julho de 2017) para cálculo da taxa interna de retorno (TIR). Nas entradas foram considerados a receita bruta, o capital de giro e o valor residual dos itens do investimento ao final do horizonte do projeto. O valor residual foi calculado para todos os itens do investimento que possuem vida útil superior ao horizonte do projeto.

Foram considerados, no momento zero do fluxo de caixa, o investimento inicial e o capital de giro. O investimento inicial incluiu gastos com a construção dos viveiros de formação dos reprodutores e do galpão de larvicultura e manutenção de pós-larvas; compra dos equipamentos em geral (gerador, soprador, balança, geladeira etc); gastos com projeto técnico (3% do investimento inicial) e legalização da atividade. O capital de giro incluiu despesas para realizar os três primeiros ciclos de produção. A mão-de-obra considerada foi a exercida pelo próprio produtor, considerando que para atividades que exijam maior mão de obra foi contratada trabalhadores eventuais e, neste caso, a fonte de renda do produtor foi fixada em 1 salário mínimo e meio.

Ao longo do horizonte do projeto, foram computadas as despesas operacionais e os reinvestimentos em equipamentos e materiais por período, em função da vida útil dos mesmos. Nas despesas operacionais, foram consideradas somente gastos em dinheiro. Foram excluídos os juros sobre o capital investido e circulante, arrendamento de terra, depreciação e a remuneração do empresário.

### **3.5.2. Análise de Sensibilidade**

A análise de sensibilidade, conforme descrita por Wickins & Lee (2002), foi usada para verificar a viabilidade econômica em relação à taxa interna de retorno (TIR) em possíveis alterações dos cenários de mercado e da produção. Foram

analisados os principais custos do empreendimento, as variações no preço de venda das pós-larvas (PL), aumento no preço dos custos de Artêmias e a diminuição da produtividade, associados ou não ao aumento no número de ciclos de produção. Simulou-se a diminuição em 15% no preço de venda das PL (Cenário A), aumento de 10% no valor da Artêmias (principal fonte alimentar das larvas) (Cenário B) e a diminuição da sobrevivência para 50% (Cenário C).

## 4. RESULTADOS

O ciclo de produção foi de 18 dias, que foi o período necessário para que aproximadamente 95% das larvas estivessem se metamorfoseadas em pós-larvas. A taxa de sobrevivência média obtida foi de  $61\% \pm 1,97$ . Portanto, ao final dos cultivos, foram obtidos 176 milheiros de pós-larvas nos quatro tanques de cultivo. Extrapolando os dados de cultivo obtidos para um ano de produção, calculou-se que é possível ter, no mínimo, sete ciclos de produção de pós-larvas por ano, incluindo um período de descanso de dez dias (vazio sanitário) entre os ciclos. Para estes cálculos, assumiu-se que no período de temperaturas inadequada da água dos viveiros dos reprodutores ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ ). Essa é a temperatura média anual, que costuma ocorrer na região Sudeste por aproximadamente cinco meses. Neste período, as fêmeas do camarão-da-amazônia ainda não estão aptas à reprodução.

As larvas foram alimentadas a partir do segundo dia de cultivo. Eram ofertados quatro náuplios de artêmias/mL, recém-eclodidos, pelo período da manhã, conforme o estágio larval predominante no tanque. Foram utilizados aproximadamente 12g de cistos de artêmias e 6g de dieta inerte (pudim) por milheiro durante o todo o ciclo de cultivos.

### 4.1 Indicadores ambientais

A temperatura média durante o cultivo foi de  $28,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Os valores médios de nitrogênio total (NT) obtidos variaram de 1,73 mg/L no Tq1 até 2,30 mg/L no Tq4 (Tabela 3). Valores médios de fósforo total (PT) obtidos variaram de 0,42 mg/L no Tq3 a 0,47 mg/L Tq2 (Tabela 3).



**Tabela 3. Concentração (média ± desvio padrão) de nitrogênio total e fósforo total nos tanques (T) de produção de pós-larva de camarão-da-amazônia.**

	N-Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	N-Nitrito (mg/L)	N-Nitrato (mg/L)	N-Amônia (mg/L)
Tq 1	1,73 ± 0,83	0,46 ± 0,23	0,015 ± 0,021	0,031 ± 0,020	0,028 ± 0,024
Tq 2	2,15 ± 1,17	0,47 ± 0,23	0,027 ± 0,037	0,021 ± 0,007	0,028 ± 0,038
Tq 3	2,28 ± 0,82	0,42 ± 0,22	0,020 ± 0,024	0,015 ± 0,012	0,020 ± 0,011
Tq 4	2,30 ± 1,41	0,44 ± 0,22	0,011 ± 0,002	0,053 ± 0,035	0,011 ± 0,009
Média geral	2,12 ± 0,27	0,45 ± 0,02	0,018 ± 0,007	0,030 ± 0,017	0,022 ± 0,008

A taxa de transferências de gases do efeito estufa (GEE) por difusão na interface água-ar está apresentada na Tabela 4. Os valores de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4. Valores das taxas de transferências por difusão dos gases do efeito estufa (GEE) em g/tanques (g/tq) de produção de larvas do camarão-da-amazônia durante os 18 dias de cultivo.**

GEE (g)	Tq 1	Tq 2	Tq 3	Tq 4	Média
CO <sub>2</sub> (g/tq)	50,0	40,0	80,0	70,0	60,0 ± 18,2
CH <sub>4</sub> (g/tq)	5,0	5,0	4,0	8,0	5,0 ± 2
N <sub>2</sub> O (g/tq)	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4 ± 0,1

A área utilizada para a larvicultura foi de 80m<sup>2</sup> (Tabela 5). A energia aplicada em todo o ciclo de cultivo foi de 15.350,8 MJ (Tabela 5). A larvicultura obteve uma produção total de milheiros por ciclo de 172 (2,24 kg) (Tabela 5). E os valores de nitrogênio, fósforo e gases do efeito estufa que foram obtidos pela larvicultura durante o ciclo de produção estão na Tabela 5. Esses valores foram utilizados para os cálculos dos indicadores de sustentabilidade ambiental das categorias uso do recurso natural; eficiência no uso do recurso e liberação de poluentes conforme apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5. Valores totais das variáveis utilizadas para o cálculo dos indicadores de sustentabilidade ambiental de um ciclo da larvicultura de camarão-da-amazônia.**

Variável	Valor
Área utilizada	80 m <sup>2</sup>
Energia aplicada	15.350,8 MJ
Produção total	2,24 kg (172 milheiros)
Nitrogênio na água	0,0085 kg
Fósforo na água	0,0018 kg
Gases do efeito estufa	0,093 kg CO <sub>2</sub> e

Os resultados do cálculo dos indicadores de sustentabilidade ambiental para a larvicultura de *M. amazonicum* são apresentados na Tabela 6. Os indicadores de uso dos recursos naturais mostram que é necessário 0,47 m<sup>2</sup> para produzir cada milheiro de pós-larvas de *M. amazonicum*. Foram utilizados 3,4 g de fósforo e 3,8 g de nitrogênio na dieta para ser produzido 1kg de pós-larva (Tabela 6).

**Tabela 6. Indicadores de sustentabilidade ambiental relativos à larvicultura de camarão-da-amazônia.**

Categoria	Indicador	Valores
Uso dos recursos naturais	Uso do espaço (E)	0,47 m <sup>2</sup> /milheiro
	Uso da energia (En)	6.715,4 MJ/kg
	Uso de fósforo (UP)	3,4 g/kg
	Uso de nitrogênio (UN)	3,8 g/kg
Eficiência no uso dos recursos	Eficiência no uso de fósforo (EU <sub>p</sub> )	30 %
	Eficiência no uso de nitrogênio (EU <sub>n</sub> )	33 %
	Potencial de retenção de N (PR <sub>n</sub> )	1,3 g/kg
	Potencial de retenção de P (PR <sub>p</sub> )	1 g/kg
Liberação de poluentes	Potencial de eutrofização P (PE <sub>p</sub> )	0,8 g/kg
	Potencial de eutrofização N (PE <sub>n</sub> )	3,8 g/kg
	Potencial de aquecimento global (PAG)	0,042 kg/kg

## **4.2. Indicadores econômicos**

O investimento inicial para a instalação do empreendimento (obras civis, equipamentos, construção de viveiros, legalização, projeto técnico etc.) foi de R\$ 136.409,20 (Tabela 7). A implantação do galpão de larvicultura (obras civis, tanques e equipamentos) representou 70,2% do total investido na atividade (Tabela 7). Os gastos com mão-de-obra para serviços hidráulicos, projeto técnico e gastos com topografia e plantas somaram 6,5% do total investido (Tabela 7).

**Tabela 7. Investimento para instalação da fazenda de produção de pós-larva de camarão-da-amazônia.**

<b>Itens</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>%</b>
<b>Reprodutores</b>		
Insumos para a formação do plantel	243,47	0,2
Equipamentos e utensílios	1.496,10	1,1
Construção de viveiros	9.380,00	6,9
<b>Larvicultura</b>		
Tanque de cultivo	3.350,00	2,4
Sistema de distribuição de ar	3.701,9	2,6
Sistema de distribuição de água	4.337,7	3,2
Materias para tanques	2.914,82	2,1
Equipamentos	33.297,2	24,4
Utensílios	7.198,92	5,3
Obras civis	59.200,00	43,4
<b>Manutenção pós-larvas (PL)</b>		
Utensílios	1.273,00	0,9
Sistema de distribuição de ar	941,48	0,7
Drenagem dos tanques	190,24	0,1
Sistema de distribuição de água	126,78	0,1
<b>Mão de obra dos serviços hidráulicos</b>	1.800,00	1,3
<b>Projeto técnico</b>	3.972,00	3
<b>Taxa de regularização do projeto</b>	1.500,00	1,1
<b>Análise de água</b>	150,00	0,1
<b>Topografia e plantas</b>	1.542,00	1,1
<b>Total</b>	<b>136.409,20</b>	<b>100</b>

Os CF são responsáveis por 59,6% do custo de produção (Tabela 8). Os itens que mais contribuíram com o CF foram a remuneração sobre o capital investido com 14,7%; a remuneração do empresário 20,2% e a depreciação com 18,1% (Tabela 8). O CV soma cerca de 40,5% do custo de produção (Tabela 8), sendo os maiores gastos com energia elétrica e telefone, que chegam a aproximadamente 20,3% do total, seguido dos insumos, que representaram 12,6% do custo total de produção (Tabela 8). O custo total médio (CTm) para a atividade de larvicultura foi igual a R\$ 40,20 (Tabela 8), e este indicador representa o preço mínimo para cobrir o custo de produção de cada unidade do produto. O preço de venda do milho a R\$ 43,3 é suficiente para cobrir o custo total de produção.

**Tabela 8. Custos e retornos anuais da produção de pós-larva do camarão-da-amazônia.**

<b>Itens</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>%</b>
<b>Custos Fixos (CF)</b>		
Arrendamento da terra	600,00	1,2
Remuneração sobre capital investido	7.161,48	14,7
Remuneração do empresário	9.838,50	20,2
Manutenção de equipamentos e benfeitorias	2.542,72	5,2
Depreciação de equipamentos e benfeitorias	8.808,20	18,1
<b>Custo fixo total</b>	<b>28.950,91</b>	<b>59,5</b>
<b>Custos variáveis (CV)</b>		
Insumos	6.142,62	12,6
Mão de obra eventual	2.420,00	5,0
Despesas de máquinas	155,69	0,3
Energia elétrica e telefone	9.883,68	20,3
Juros sobre capital circulante	1.073,09	2,2
<b>Custo variável total</b>	<b>19.675,08</b>	<b>40,5</b>
<b>Custo total de produção</b>	<b>48.625,99</b>	<b>100</b>
Custo fixo médio	23,93	
Custo variável médio	16,27	
Custo total médio	40,20	

O valor do custo operacional efetivo médio (COEm) representa o mínimo que o produtor pode adotar para vender seu produto para cobrir somente os desembolsos da sua atividade naquele período. O COEm para a larvicultura foi de R\$ 17,48 por milheiro (Tabela 9).

**Tabela 9. Custos operacionais e retornos anuais da larvicultura de camarão-da-amazônia por ciclo de produção.**

<b>Itens</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>Custos</b>	
Custo operacional efetivo (COE)	21.144,71
Depreciação	2.542,72
Custo operacional total (COT)	29.952,91
Custo operacional efetivo médio (COEm)	17,48
Custo operacional total médio (COTm)	24,76

A TIR (taxa interna de retorno) obtida na análise de viabilidade econômica da larvicultura é atrativa aos investidores, pois é maior que a taxa de atratividade de 10,15% considerada neste trabalho como sendo a taxa mínima para que haja investimento na atividade pelo empreendedor (Tabela 10). A RRI (relação renda / investimento) da atividade mostrou que o investimento gerou retorno no decorrer do projeto (Tabela 10), já que está rendendo 16,4% ao ano por unidade de capital investido. O ponto de equilíbrio da produção, ou seja, a quantidade mínima de milheiros de PL que deve ser produzida por ano para que o produtor não tenha prejuízo de foi de aproximadamente 1.070 milheiros por ano (Tabela 10).

**Tabela 10. Indicadores de viabilidade econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia.**

<b>Itens</b>	<b>Valores</b>
TIR (% a.a.)	13,72
VPL (R\$)	42.128,61
RBC (R\$/ R\$ 1,00 investido)	1,21
PRC (anos)	7,15
RRI (Retorno Investimento) (% a.a.)	16,44
MC (R\$/milheiro)	27,03
Ponto de equilíbrio (%)	88,53
Ponto de eq. da prod. (milheiro/ano)	1.070,90
Ponto de eq. da RB (R\$)	46.369,90
Receita líquida (R\$/ano)	22.422,77
Lucro (R\$/ano)	3.749,69

RRI (%): relação renda-investimento inicial; TIR: taxa interna de retorno; PRC: período de retorno de capital; VPL: valor presente líquido; RBC: relação custo-benefício (R\$ por R\$ 1,00 investido); MC: margem de contribuição.

O modelo de larvicultura de camarão-da-amazônia estudado neste trabalho apresentou sustentabilidade econômica. Visto que o empreendimento teve um PRC (Período de Retorno de Capital) de aproximadamente 7 anos (Tabela 10). Assim, aproximadamente na metade do horizonte do projeto, o produtor-investidor terá seu capital investido de volta.

A análise de sensibilidade é apresentada na Tabela 11. O cenário base ou valores praticados na ocasião do estudo estão representados (por valores obtidos no estudo. Foram avaliados 3 cenários (A, B e C) combinados com o aumento ou não do número de ciclos de cultivo. Com sete ciclos apenas o que teve 10% de aumento no valor da artêmias apresentou a TIR acima da taxa mínima de atratividade (10,5% ao ano). Todos os cenários com o aumento no número de ciclos tiveram a TIR acima da taxa mínima de atratividade. Foi observado que o PRC, em anos, aumentou nos cenários de queda do preço de venda das PL e na diminuição da sobrevivência em relação ao cenário base (Tabela 11). O lucro apresentou valores negativos nos cenários de redução de 15% no valor de venda da PL e



diminuição da sobrevivência, combinados com sete ciclos por ano (Tabela 11). Nos demais cenários o empreendimento teve lucros positivos, observando que o cenário que teve maior lucro foi o que combinou o valor base com o aumento no número de ciclos (Tabela 11). Os cenários com diminuição no preço de venda das PLs e na sobrevivência não foram viáveis para o lucro (Tabela 11).

**Tabela 11. Valores da taxa interna de retorno (TIR), período de retorno de capital em anos (PRC) e lucro obtidos pela análise de sensibilidade combinados com o número de ciclos de produção para a larvicultura do camarão-da-amazônia.**

	TIR		PRC		Lucro	
	7	10	7	10	7	10
Ciclos	7	10	7	10	7	10
Valor base	13,72	20,13	7,15	4,86	3749,69	19,217,10
15% ↓ valor PL	9,25	14,64	10,45	6,72	-4.112,71	7.985,10
10% ↑ valor Artêmias	13,47	19,79	7,28	4,95	3.422,18	18.749,23
↓ 50% sobrevivência	8,74	14,02	11,01	7,01	-4.979,59	6.746,70

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Indicadores ambientais

A análise de sustentabilidade pelo método dos indicadores de sustentabilidade descrita em Valenti *et al.* (2018) ainda é nova e não há publicações usando a metodologia em cultivo de *M. amazonicum*. Até o presente, este é o primeiro estudo a respeito da sustentabilidade ambiental em larvicultura de camarão-da-amazônia. Desta forma, apresentaremos comparações com teses e dissertações para melhor entendimento dos resultados obtidos. As “*gray references*” serão retiradas do artigo a ser publicado.

A larvicultura do camarão-da-amazônia praticada em tanques internos e utilizou uma área reduzida, de 0,47 m<sup>2</sup>/milheiro comparativamente, ao berçário de camarões da mesma espécie que utiliza de 1,7 a 9,6 m<sup>2</sup>/milheiro (Proença, 2012). Apesar do uso de pouco espaço, os resultados dos indicadores ambientais sugeriram que, mesmo a larvicultura sendo em pequena escala, a utilização de energia para a manutenção deste sistema é alta. O uso de energia na larvicultura foi de 6.715,40 MJ/kg, enquanto na fase de crescimento final de *M. amazonicum* foi de 544,78 MJ/kg (Dantas, 2016). No entanto, o berçário do camarão-da-amazônia em sistema de tanque interno também apresentou 35.074 MJ/kg o que mostra elevado consumo de energia (Proença, 2012). Isso pode ser devido ao fornecimento frequente de alimento, ao uso de aeradores contínuo e à maior jornada de trabalho humano, para arrazoamento e manutenção das instalações (Boyd *et al.*, 2007; Moura, 2013; Proença, 2012, 2013).

O uso de P e de N foi significativamente menor para a larvicultura em relação ao berçário e fase do crescimento final de *M. amazonicum*. Enquanto a larvicultura utiliza 0,0034 kg/kg de P e 0,0038 kg/kg de N, o berçário utiliza 0,04-0,07 kg/kg de P e 0,17-0,27 kg/kg de N (Proença, 2012). Já a fase de crescimento final, utiliza 0,047 kg/kg de P e 0,163 kg/kg de N (Dantas, 2016).

Os indicadores que medem o uso dos recursos naturais mostraram que a larvicultura possui uma eficiência de uso do P de 30%. Este valor foi superior ao obtido para berçário, que variou de 4,1 a 6,9% (Proença, 2012), e também, superior

à engorda em monocultivo da mesma espécie, de 7,8% (Dantas, 2016). A elevada eficiência de uso de P é comparável ao sistema de crescimento final em sistema integrado, que apresentou valores entre 27 e 35% na eficiência de uso de P (Proença, 2013). A mesma tendência ocorreu para a eficiência no uso de N: 33% para larvicultura, 4,7-11,4% para berçário (Proença, 2012), 19,3% para crescimento final em monocultivo (Dantas, 2016) e 26-29% para crescimento final em sistemas integrados (Proença, 2013). Para o camarão marinho, segundo Boyd *et al.* (2007), a eficiência no uso de fósforo foi de apenas 10%. O aproveitamento do N pelo camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) foi semelhante ao das larvas do camarão-de-amazônia, ou seja, foi de 34% (Boyd *et al.*, 2007). Portanto, a larvicultura do camarão-da-amazônia parece ser mais eficiente na assimilação de P e N da dieta do que o sistema de crescimento final de camarões marinhos ou de berçário e crescimento final dos camarões *M. amazonicum*.

A retenção de nutrientes nas larvas de camarão-da-amazônia foi de 1,3 g/kg para o nitrogênio e 1 g/kg para o fósforo. Esses valores se devem ao fato que, durante a larvicultura, é fornecido alimento em abundância para as larvas, evitando que haja canibalismo. Isso pode acarretar em perda de nutrientes e baixa retenção dos mesmos pelas larvas.

Os resultados dos nutrientes presentes na água mostraram que a larvicultura do camarão-da-amazônia liberou uma carga de nutrientes de 3,8 mg/L de nitrogênio e 0,8 mg/L de fósforo. A principal fonte de entrada desses nutrientes no sistema veio principalmente da dieta fornecida aos animais (Adhikari, *et al.*, 2014, Saraswathy, *et al.*, 2013). No entanto, como comparação, o berçário e o crescimento final são fases de cultivo que liberaram mais nitrogênio e fósforo/L do que a larvicultura: a cada kg de camarão, são liberados de 5,28 a 71,8 g de N/L no crescimento final (Proença, 2013; Dantas, 2016), de 0,11 a 24,44 g de P/L no berçário (Proença, 2012) e de 3,27 a 4,9 g de P/L no crescimento final (Proença, 2013, Dantas, 2016).

Na larvicultura indoor não foi possível fazer coletas de gases por meio de ebulição, pois houve sifonamento diário, e não existiu deposição de material sedimentado no fundo do tanque e formação de gases por ebulição. A larvicultura

liberou gases do efeito estufa somente por difusão para a atmosfera, o que não é ambientalmente favorável. A quantidade gerada de gases foi de 0,042 kg/kgCO<sub>2e</sub>. O berçário de *M. amazonicum* também emitiu gases do efeito estufa para a atmosfera, na quantidade de 0,00273 kg de CO<sub>2e</sub> por um kg produzido (Proença, 2013). Já os sistemas em viveiros, no caso do crescimento final, houve assimilação dos gases do efeito estufa ao invés de emissão (Dantas, 2016). Isso pode ser devido aos organismos autotróficos presentes no sistema de viveiros, ausentes nos sistemas intensivos indoor de larvicultura de *M. amazonicum*. Tendo em vista os resultados acima apresentados, pode-se concluir que, em comparação com os sistemas de engorda de *M. amazonicum*, a larvicultura de fundo de quintal (“backyard hatchery”) é menos impactante.

## 5.2. Indicadores econômicos

O modelo estudado de larvicultura de camarão-da-amazônia apresentou sustentabilidade econômica. Os resultados mostram que sete ciclos nas condições do experimento são suficientes para que a atividade seja economicamente viável ao longo do horizonte do projeto. Todos os indicadores econômicos foram favoráveis para se obter uma sustentabilidade econômica da larvicultura. Mesmo com poucos ciclos de produção por ano, a atividade demonstrou grande potencial para investimentos. O investimento inicial para a instalação da larvicultura variou conforme a capacidade de produção de milheiros de pós-larvas por ano (David, 2011).

Apesar da espécie pesquisada ainda não ser produzida de forma comercial no estado de São Paulo, a análise de custo-retorno anual, realizada no presente trabalho, apresentou-se lucrativa e segura, demonstrando valores de receita líquida e lucro de R\$ 22.422,77 e 3.749,69, respectivamente. Ratificando a viabilidade da atividade, o ponto de equilíbrio da produção foi de aproximadamente 1.070 milheiros por ano, representando aproximadamente 89% do total esperado (1.200). Além disso, o valor do custo total médio de produção por milheiro foi de R\$ 40,20, sendo menor que o preço de venda estabelecido pela análise.

A produção de pós-larvas de *M. amazonicum* é viável economicamente, assim como a produção da mesma espécie para venda como isca viva (Valenti *et al.*, 2011) ou como alimento humano (Silva *et al.*, 2012) são viáveis economicamente. Valenti *et al.* (2011) apresentaram dados referentes à análise econômica da produção no Pantanal Sul Mato-Grossense, para fins comerciais de iscas vivas, descrevendo TIR = 55%, PRC = 2,1 anos e RBC = 4,46. A mesma tendência citada acima pode ser observada no trabalho de Silva *et al.* (2012), analisando a viabilidade econômica da produção de camarões para alimentação, em Mossoró (RN), quando obtiveram TIR = 60%, PRC = 2 anos e RBC = 1,4.

O VPL (R\$ 42.128,61) da produção de larvas de *M. amazonicum* demonstrou que o investimento é viável e altamente rentável. A PRC de 7,15 anos demonstrou que a atividade tem um longo período de retorno sobre o investimento, o que pode não ser interessante ao investidor. O RBC de 1,21 corrobora com a viabilidade demonstrada nos valores apresentados pelos outros indicadores, sugerindo que a cada R\$ 1,00 investido haverá um retorno bruto de pelo menos um quinto do valor investido.

A análise de sensibilidade contemplou três indicadores que estão diretamente relacionados ao que um investidor a princípio quer saber, ou seja: redução no valor de venda das PLs, aumento de preço de compra de custos de artêmias e diminuição da sobrevivência. Dos indicadores econômicos, a TIR obtida no estudo foi de 13,72%. Esse valor está acima da taxa de atratividade de 10,15% adotada neste trabalho. A análise de sensibilidade mostra que a atividade só teve uma TIR menor que a taxa de atratividade nos cenários com 7 ciclos combinados com a diminuição do preço de venda das PL em 15% e diminuição da sobrevivência para 50%, demonstrando que a larvicultura pode ser uma atividade com grande confiabilidade de investimento. O PRC também não foi favorável para esses mesmos cenários analisados, aumentando o tempo de recuperação do investimento para aproximadamente mais de dez anos. Para o lucro não poderia ser diferente, para os mesmos cenários tiveram lucros negativos.

Desta forma, a análise de sensibilidade demonstrou que a larvicultura com somente sete ciclos por ano demonstraram ser frágil a variações negativas no preço

de venda das PLs, como também a diminuição da sobrevivência. Entretanto, nos cenários com mais quantidades de ciclos, os valores tiveram alterações, porém não chegou a inviabilizar economicamente a atividade.

## 6. CONCLUSÕES

- O trabalho demonstrou que a larvicultura de *M. amazonicum* realizada em sistema de fundo de quintal (*backyard hatchery*), pode ser sustentável ambiental e economicamente;
- Apesar do elevado uso de energia no sistema intensivo de larvicultura, o uso de nutrientes e o potencial de eutrofização são menores, e a eficiência de uso dos nutrientes foram maiores que os obtidos pelas fases de berçário e engorda da mesma espécie;
- Nesse trabalho, o uso de P e de N foi significativamente menor para a larvicultura se comparados aos sistemas de produção de berçário e fase do crescimento final da mesma espécie e crescimento final de camarões marinhos (*L. vannamei*);
- A larvicultura liberou gases do efeito estufa para a atmosfera, o que não é ambientalmente favorável;
- Apesar da espécie ainda não ser produzida de forma comercial no estado de São Paulo, a análise de custo-retorno anual apresentou-se lucrativa e segura. Mesmo com poucos ciclos de produção por ano, a atividade demonstrou grande potencial para investimentos;
- O valor de custo total médio por milheiro foi menor que o preço de venda estabelecido pela análise;
- A produção de pós-larvas de *M. amazonicum* é viável economicamente tanto para alimento humano, quanto para venda como isca viva para pesca artesanal;
- A análise de sensibilidade demonstrou que a larvicultura com somente sete ciclos por ano é frágil às variações negativas no preço de venda das PLs, como também a diminuição da sobrevivência;
- Entretanto, nos cenários com maior número de ciclos, os valores tiveram alterações, porém não chegou a inviabilizar economicamente a atividade;
- A larvicultura de *M. amazonicum* é viável mesmo após a análise de sensibilidade;

- Futuros estudos poderão ser realizados com uso de indicadores de sustentabilidade econômica e ambiental em sistemas de larvicultura de camarão-da-amazônia de pequena, média e grande escala de produção, visando a obtenção de dados que otimizem a eficiência no uso de recursos ambientais e econômicos para que possam auxiliar o governo em tomadas de decisões de licenciamentos ambientais e também de outras atividades relacionadas à aquicultura.



## 7. REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, S., SAHU, B. C., MAHAPATRA, A. S., & DEY, L. (2014). Nutrient Budgets and Effluent Characteristics in Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Culture Ponds. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 92(5), 509-513.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC International, Washington, DC (1995).
- APHA (American Public Health Association). Standard methods for the examination of water and waste water. APHA, Washington, DC, USA. (2005).
- BOYD, C. E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15: 327-360 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO PESCA E AQUICULTURA (MPA), 2013. Balanço 2013 do Ministério da Pesca e Aquicultura.
- CAFFEY R.H.; KAZMIERCZAK, R.F.; AVAULT, J.W. 2001. Developing consensus indicators of sustainability for South-eastern United States Aquaculture. Louisiana State University, Agricultural Center, *Bulletin*, 879-40 p.
- CHOPIN, T., BUSCHMANN, A.H., HALLING, C., TROELL, M., KAUTSKY, N., NEORI, A., KRAEMER, G.P., ZERTUCHE-GONZÁLEZ, J.A., YARISH, C., NEEFUS, C., 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. *J. Phycol.* 37, 975–986. doi:10.1046/j.1529-8817.2001.01137.x
- CONSENSUS, DEFINING INDICATORS FOR SUSTAINABLE AQUACULTURE DEVELOPMENT IN EUROPE, EUROPIUM COMMUNITY, (2005) Availablein:

[http://www.euraquaculture.info/index.php?option=com\\_content&task=view  
&id=2 &Itemid=69](http://www.euraquaculture.info/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=69). Out. de 2016

- DALSGAARD, J.P.T.; OFICIAL, R.T. 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholder farms. *Agronomy System*, 4:503-533 p.
- DALSGAARD, J.P.T.; LIGHTFOOT, C.; CHRISTENSEN, B. 1995. Towards quantification of ecological sustainability in farming systems analysis. *Ecological Engineering*, 4:181-189 p.
- DANTAS, D.P. 2016. Viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade da produção de camarão-da-amazônia e tambaqui em monocultivo e em sistema multitrófico-multiespacial. Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 142p.
- DEY, M.M.; KAMBEWA, P.; PREIN, M.; JAMU, D.; PARAGUAS, F.J.; PEMSL, D.E.; BRIONES, R.M. 2007. Impact of the development and dissemination of integrated aquaculture–agriculture technologies in MALAWI. EM: WAIBEL, H.; ZILBERMAN, D. (Editores). *International Research on Natural Resource Management. FAO and CAB International*.
- DUTRA, F. M., FREIRE, C. A., SANTOS, A. M. V., FORNECK, S. C., BRAZÃO, C. C., & BELLESTER, E. L. C. (1932). Acute Toxicity of Nitrite to Various Life Stages of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*.
- EVAD. 2008. Guide to the co-construction if sustainable development indicators in aquaculture. Cirad, Ifremer, INRA, IRD, UM1, Montpellier, 144 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Yearbook: Fishery and Aquaculture Statistics, Roma (Fonte: <http://www.fao.org>).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. FAO, Rome (Fonte: <http://www.fao.org>).

- FERREIRA, J.G., ANDERSEN, J.H., BORJA, A., BRICKER, S.B., CAMP, J., CARDOSO DA SILVA, M., GARCÉS, E., HEISKANEN, A.S., HUMBORG, C., IGNATIADES, L., LANCELOT, C., MENESGUEN, A., TETT, P., HOEPFFNER, N., CLAUSSEN, U., 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 93, 117–131. doi:10.1016/j.ecss.2011.03.014
- FROEHLICH, H.E., GENTRY, R.R., RUST, M.B., GRIMM, D., HALPERN, S., 2017. Public Perceptions of Aquaculture: Evaluating Spatiotemporal Patterns of Sentiment around the World. *PLoS One* 12, 1–18. doi:10.1371/journal.pone.0169281
- GONZÁLEZ, O.H.A.; BELTRAN, L.F.; CÁCERES-MARTINEZ, C.; RAMIREZ, H.; HERNANDEZ-VÁZQUEZ, S.; TROYO- DIEGUEZ, E.; ORTEGA-RUBIO, A. 2003. Sustainability development analysis of semi-intensive shrimp farms in Sonora, Mexico. *Sustainable Development.*, 213-222 p.
- IBGE, 2016. Produção da pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.
- IBGE, 2015. Produção da pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.
- JENNINGS, S., STENTIFORD, G.D., LEOCADIO, A.M., JEFFERY, K.R., METCALFE, J.D., KATSIADAKI, I., AUCHTERLONIE, N.A., MANGI, S.C., PINNEGAR, J.K., ELLIS, T., PEELER, E.J., LUISETTI, T., BAKER-AUSTIN, C., BROWN, M., CATCHPOLE, T.L., CLYNE, F.J., DYE, S.R., EDMONDS, N.J., HYDER, K., LEE, J., LEES, D.N., MORGAN, O.C., O'BRIEN, C.M., OIDTMANN, B., POSEN, P.E., SANTOS, A.R., TAYLOR, N.G.H., TURNER, A.D., TOWNHILL, B.L., VERNER-JEFFREYS, D.W., 2016. Aquatic food security: Insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish

- and human welfare, economy and environment. *Fish Fish.* 893–938. doi:10.1111/faf.12152
- JOLLY, C. M.; CLONTS, H. A. 1993. Economics of aquaculture. *Food Products Press*, New York, 319 p.
- KIMPARA, J. M.; ZAJDBAND, A. D. & VALENTI, W. C. Medindo a sustentabilidade na aquicultura. *Boletim Ablimno*, on line, (2010) 1-13.
- KUBITZA, F., 2016. Brazilian aquaculture : Constraints and challenges ( Part 1 ). *Glob. Aquac. advocate* 19, 1–5.
- LIGHTFOOT, C.; PREIN, M.; OFORI, J.K. 1996. The potential impact of integrated agri-aquaculture systems on sustainable farming. EM: PREIN, M.; OFORI J.K.; LIGHTFOOT C. (Editores). *Research for the future development of aquaculture in Ghana*. ICLARM Conf. Proc. 51-56 p.
- MACIEL, C.R. 2007. Alimentação do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* durante a fase larval. Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 131p.
- MANZI, J. J.; MADDOX, M. B. & SANDIFER, P. A. 1977. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) larviculture. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 8: 207-223.
- MARTINS, M. I. E. G. & BORBA, M. M. Z. 2006. Custo de produção. Fcav/Unesp: Jaboticabal: Editora. 23 p.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F. & TOLEDO, P. E. N. 1976. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, 23(1): 123-139.
- MATVIENKO, B.; SIKAR, E.; PINGUELLI ROSA, L.; SANTOS, M. A.; FILIPPO, R.; CIMBLERIS, A. C. P. 2000. Gas release from a reservoir in the filling stage. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27:1415-1419

- MELLO, R. de, 1989. Um modelo para análise energética de agroecossistemas. *Rev. Adm. Empres.* 29, 45–61
- NAYLOR, R.L., GOLDBURG, R.J., PRIMAVERA, J.H., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M.C., CLAY, J., FOLKE, C., LUBCHENCO, J., MOONEY, H., TROELL, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017–24. doi:10.1038/35016500
- OECD/FAO 2016. *Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD publishing, Paris. DOI: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2016-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en).
- PROENÇA, D.C., 2012. Sustentabilidade ambiental do cultivo do camarão-da-amazônia em berçários. *Trabalho de conclusão de curso*, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal. 46p.
- PROENÇA, D.C. 2013. Aplicação de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade ambiental em um sistema de aquicultura integrado e multitrófico, com diferentes substratos. *Dissertação de Mestrado*. Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 46p
- PULLIN, R.; FROESE, R.; PAULY, D. 2007. Indicators for the sustainability of aquaculture. Em: BERT, T.M. (Editor). *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities*. Springer, 53–72 p.
- SARASWATHY, R., MURALIDHAR, M., KAILASAM, M., RAVICHANDRAN, P., GUPTA, B. P., KRISHNANI, K. K., & NAGAVEL, A. (2013). Effect of stocking density on soil, water quality and nitrogen budget in *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) culture under zero water exchange system. *Aquaculture Research*, 44(10), 1578-1588.
- SCORVO-FILHO, J. D.; MARTINS, M. I. E. G. & FRASCA-SCORVO, C. M. D. 2004. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSI, D. M. & CASTAGNOLLI, N. (eds.). *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo, TecArt. p. 517-533.

- SHANG, Y. C. 1990. *Aquaculture Economic Analysis: An Introduction*. Baton Rouge, The World Aquaculture Society, 211 p.
- SILVA, A.L.G.; PONTES, F.S.T.; PONTES, F.M.; BESSA JUNIOR, A.P.B.; OLIVEIRA, D.M. 2012 Análise de investimento na carcinicultura do Rio Grande do Norte: um estudo de caso. *Revista Caatinga*, 25(1): 168-175.
- STEVENSON, J.R.; IRZ, X.T.; VILLARANTE, P. 2005. Indicators of Economic, Ecological and Socio-economic performance of aquaculture systems, Working paper 2. Research project R8288: *Assessing the sustainability of brackish-water aquaculture systems in the Phillipines*. DFID Aquaculture and Fish Genetics Research Programme, University of Stirling, UK.
- TIPRAQSA, P.; CRASWELL, E.T.; NOBLE, A.D.; SCHMIDT-VOIGT, D. 2007. Resource integration for multiple benefits: Multifunctionality of integrated farming systems in Northeast Thailand. *Agr. Syst.*, 94: 694–703 p.
- VALENTI, W.C. 2008. A aquicultura brasileira é sustentável? *Panorama da Pesca & Aquicultura*, 34:36-44 p.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; ZAJDBAND, A.D. 2010. Métodos para medir a sustentabilidade da aquicultura. *Panorama da Aquicultura*, 20:28-33.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B. L. 2011. Measuring Aquaculture Sustainability. *World Aquaculture*, 42:26-30 p.
- VALENTI, W. C.; DANIELS, W. H.; NEW, M. B. & CORREIA, E. S. 2010. Hatchery systems and management. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R. & KUTTY, M. N. (Eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, England. 560 p.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. L. & MORAES-VALENTI, P. 2018. INDICATORS OF SUSTAINABILITY TO ASSESS AQUACULTURE SYSTEMS. *Ecological Indicators*, 88, pp. 402-413. DOI 10.1016/j.ecolind.2017.12.068.

- VETORELLI, M.P. 2008. Salinidade e composição iônica da água na larvicultura do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum*. Tese de Doutorado. Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 132p.
- WICKINS, J.F. & LEE, D.O. 2002. Crustacean Farming: Ranching and Culture. Oxford, Blackwell Science, 2:446 p.