



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS  
AQUÁTICOS TROPICAIS**

**LEONNAN CARLOS CARVALHO DE OLIVEIRA**

**ESTRATÉGIAS ALIMENTARES NA LARVICULTURA DO PEIXE ORNAMENTAL  
AMAZÔNICO *Pyrrhulina brevis* (STEINDACHNER, 1876): CONCENTRAÇÃO DE  
PRESAS E TRANSIÇÃO ALIMENTAR**

**BELÉM - PA  
2022**

**LEONNAN CARLOS CARVALHO DE OLIVEIRA**

**ESTRATÉGIAS ALIMENTARES NA LARVICULTURA DO PEIXE ORNAMENTAL  
AMAZÔNICO *Pyrrhulina brevis* (STEINDACHNER, 1876): CONCENTRAÇÃO DE  
PRESAS E TRANSIÇÃO ALIMENTAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, área de concentração Aquicultura e Ecologia Aquática e Manejo de Recursos Naturais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Abreu  
Vasconcelos Campelo

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta

**BELÉM - PA  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- D278e de Oliveira, Leonnan Carlos Carvalho  
Estratégias alimentares na larvicultura do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*  
(Steindachner, 1876): Concentração de presas e transição alimentar / Leonnan Carlos Carvalho de Oliveira. -  
2022.  
83 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos  
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,  
Belém, 2022.  
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata
1. Aquicultura. 2. Caracídeo. 3. Larvicultura. 4. Manejo alimentar. 5. Peixe amazônico. I. Takata,  
Rodrigo. *orient.* II. Título
-

**LEONNAN CARLOS CARVALHO DE OLIVEIRA**

**ESTRATÉGIAS ALIMENTARES NA LARVICULTURA DO PEIXE ORNAMENTAL  
AMAZÔNICO *Pyrrhulina brevis* (STEINDACHNER, 1876): CONCENTRAÇÃO DE  
PRESAS E TRANSIÇÃO ALIMENTAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, área de concentração Aquicultura e Ecologia Aquática e Manejo de Recursos Naturais, para obtenção do título de Mestre.

**Aprovado em 18 de fevereiro de 2022**

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Rodrigo Takata (Orientador)  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



---

Prof. Dr. Thiago Mendes de Freitas (Membro 1)  
Universidade Nilton Lins - UNINILTON



---

Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz (Membro 2)  
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG



---

Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki (Membro 3)  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

## **OFEREÇO**

*A DEUS, por me conceder força para nunca desistir e seguir até o final desta jornada.*

## **DEDICO**

*Aos meus pais, Lúcio Oliveira (in memoriam) e Gilvana Carvalho, e meus irmãos, Lívia Oliveira, Luigui Oliveira e Luane Oliveira, que sempre estiveram ao meu lado e que de várias formas me incentivaram e ajudaram na concretização de mais esse sonho.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, em primeiro lugar, por ter me concedido saúde e força para nunca desistir e seguir firme até o final desta jornada. Por sempre me abençoar, iluminar e direcionar meus passos para que eu pudesse realizar mais esse sonho.

Aos meus pais, *Lúcio Oliveira (in memoriam)* e *Gilvana Carvalho*, e meus irmãos, *Lívia Oliveira*, *Luigui Oliveira* e *Luane Oliveira*, por sempre estarem ao meu lado me dando forças, apoio e incentivo para conclusão de mais essa etapa da minha vida profissional.

Aos meus bisavós, *João Medeiros (in memoriam)* e *Maria Bianina (in memoriam)*, e as minhas avós, *Geralda Medeiros* e *Inês Santana*, e meus avôs, *Raimundo Carvalho* e *José Oliveira*, por sempre apoiarem minhas escolhas e acreditarem na realização dos meus sonhos.

Aos meus tios, *Gilmara*, *Gilvane*, *Jeovan*, *Roberto*, *Luciano*, *Lucimauro*, *Lauro* e *Lúcia*, e aos demais familiares de Breves e Bragança, por todo o carinho e orgulho que sempre tiveram por mim e pelo incentivo e apoio ao longo desses anos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. *Rodrigo Takata*, e aos meus coorientadores, Prof. Dr. *Daniel Campelo* e Prof. Dr. *Glauber Palheta*, por todo apoio, paciência, ensinamentos, auxílio e contribuições para que esse trabalho fosse concluído com sucesso.

Ao PPG em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT - UFRA) pela oportunidade de realização do curso e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa (processo nº 88887.502430/2020-00).

Aos meus colegas da turma de Mestrado 2020 do PPGAqRAT, que estiveram comigo até o término do curso, compartilhando aulas, trabalhos e demais atividades. Agradeço a amizade construída ao longo do curso e pelas trocas de conhecimentos.

Aos meus amigos do Laboratório de Piscicultura (LAPIS - UFPA), *Bruno*, *Edmilson*, *Edileno*, *Arlindo* e *Ryuller*, pelas instruções acadêmicas, troca de conhecimentos e atividades compartilhadas, certamente isso foi essencial para o desenvolvimento desse trabalho.

A *Bianca Gomes* por sempre estender a mão quando necessitei e por todos esses anos juntos, pelos ensinamentos, ajuda e palavras de conforto. Agradeço também a sua família por me acolher e se disponibilizar a me ajudar nos momentos de dificuldade e correria.

A *Eva Maia* por seu amor e incentivo que foram e são essenciais para que eu possa realizar todos os meus sonhos. Agradeço também a sua família, em especial ao meu amigo *Augusto Maia*, que sempre me acolheu quando precisei ficar em Belém.

A todos aqueles que mesmo não tendo sido nominados me ajudaram direta ou indiretamente durante essa minha jornada, e que muito contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. E a todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

*"Grandes realizações não são feitas por impulso, mas por uma soma de pequenas realizações."*

*(Vincent van Gogh)*

## RESUMO

Pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*) é um peixe endêmico da bacia Amazônica com potencial para a piscicultura ornamental, pois apresenta características morfológicas e comportamentais apreciadas na aquariofilia e preços atrativos no mercado. Contudo, os exemplares disponíveis ainda são oriundos do extrativismo e a sua produção em cativeiro esbarra na escassez de informações científicas sobre manejos alimentares e produtivos na larvicultura. Assim, objetivou-se com este estudo determinar a concentração adequada de presas, o tempo ideal de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação na larvicultura intensiva de *P. brevis*. O primeiro experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, por um período de 30 dias. Foram avaliadas cinco concentrações de presas (P): P<sub>150f</sub> - 150 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, com uma quantidade fixa durante todo o experimento; e P<sub>50c</sub> - 50, P<sub>150c</sub> - 150, P<sub>250c</sub> - 250 e P<sub>350c</sub> - 350 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, com quantidades corrigidas a cada seis dias de experimento, aumentando 50% em relação ao nível anterior. O segundo experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3, com três repetições, por um período de 40 dias. Foram avaliados quatro tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* (T) (0, 10, 20 e 30 dias, denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>) e três períodos de co-alimentação (C) (0, 3 e 5 dias, denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>). Ao final dos experimentos foram avaliados o desempenho produtivo, resistência ao estresse à exposição ao ar (10 minutos) e custo da matéria-prima dos alimentos. No experimento 1, as larvas de *P. brevis* alimentadas com concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> apresentaram melhor desempenho e taxa de resistência ao estresse. O aumento do custo da matéria-prima do alimento foi observado conforme se aumentavam as concentrações de presas. No experimento 2, as larvas de *P. brevis* alimentadas com 20 e 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* apresentaram melhor desempenho e taxa de resistência ao estresse. O desempenho foi maior nas larvas de *P. brevis* alimentadas com 3 e 5 dias de co-alimentação, enquanto os períodos de co-alimentação não afetaram a taxa de resistência ao estresse das larvas. O aumento do custo da matéria-prima dos alimentos foi observado conforme se aumentavam os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação. Assim, para a larvicultura intensiva de *P. brevis*, recomenda-se a concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, durante 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia*, seguido de 3 dias de co-alimentação, antes do fornecimento exclusivo de dieta formulada.

**Palavras-chave:** Aquicultura. Caracídeo. Larvicultura. Manejo alimentar. Peixe amazônico.



## ABSTRACT

*Pyrrhulina* (*Pyrrhulina brevis*) is an endemic fish from the Amazon basin with potential for ornamental fish farming, as it has morphological and behavioral characteristics appreciated in aquarium trade industry and attractive prices in the market. However, the available specimens are still obtained from extractivism and their production in captivity comes up against the scarcity of scientific information on feeding and productive management in larviculture. Thus, the objective of this study was to determine the adequate prey concentration, the ideal time of *Artemia* nauplii supply and co-feeding periods in the intensive larviculture of *P. brevis*. The first experiment was carried out in a completely randomized design, with five treatments and four replicates, for a period of 30 days. Five prey concentrations (P) were evaluated: P<sub>150f</sub> - 150 *Artemia* nauplii larvae<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, with a fixed amount throughout the experiment; and P<sub>50g</sub> - 50, P<sub>150g</sub> - 150, P<sub>250g</sub> - 250 and P<sub>350g</sub> - 350 *Artemia* nauplii larvae<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, with amounts corrected every six days of experiment, increasing 50% in relation to the previous level. The second experiment was carried out in a completely randomized design, in a 4x3 factorial design, with three replicates, for a period of 40 days. Four times of *Artemia* nauplii supply (T) (0, 10, 20 and 30 days, labeled T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> and T<sub>30</sub>) and three co-feeding periods (C) (0, 3 and 5 days, labeled C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>5</sub>) were evaluated. At the end of the experiments, the growth performance, stress resistance to air exposure (10 minutes) and feedstock cost of the foods were evaluated. In the first experiment, the *P. brevis* larvae fed with increasing prey concentration initial of 350 *Artemia* nauplii larvae<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> had better performance and stress resistance rate. The increase in the feedstock cost of the food was observed as the prey concentrations increased. In the second experiment, the *P. brevis* larvae fed with 20 and 30 days of *Artemia* nauplii supply had better performance and stress resistance rate. The performance was higher in *P. brevis* larvae fed with 3 and 5 days of co-feeding, while the co-feeding periods did not affect the larvae's stress resistance rate. The increase in the feedstock cost of the food was observed as the times of *Artemia* nauplii supply and the co-feeding periods increased. Thus, for intensive larviculture of *P. brevis*, it is recommended the increasing prey concentration initial of 350 *Artemia* nauplii larvae<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, during 20 days of *Artemia* nauplii supply, followed by 3 days of co-feeding, before the exclusive formulated diet supply.

**Keywords:** Aquaculture. Characid. Larviculture. Feeding management. Amazonian fish.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### **CAPÍTULO I - Contextualização**

**Figura 1** - Exemplar do peixe ornamental amazônico pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*)..... **20**

### **CAPÍTULO III - Transição alimentar na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*, um peixe ornamental da Amazônia**

**Figura 1.** Desenho experimental dos protocolos de transição alimentar para larvas de *Pyrrhulina brevis* em um ensaio experimental de 40 dias..... **65**

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO II - Concentração de presas na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*, um peixe ornamental da Amazônia**

- Tabela 1.** Concentração diária de presas (P) (náuplios de *Artemia*/larva/dia) fornecida às larvas de *Pyrrhulina brevis* durante os 30 dias do ensaio experimental..... **44**
- Tabela 2.** Desempenho produtivo e custo da matéria-prima do alimento (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes concentrações de presas..... **48**
- Tabela 3.** Taxa de resistência ao estresse (RE, em porcentagem) (média  $\pm$  desvio padrão) durante 96 horas pós-teste, de larvas de *Pyrrhulina brevis* após 30 dias de alimentação com diferentes concentrações de presas..... **49**

### **CAPÍTULO III - Transição alimentar na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*, um peixe ornamental da Amazônia**

- Tabela 1.** Valores de proporção de ingredientes e composição química da dieta formulada..... **67**
- Tabela 2.** Custo dos ingredientes para produção de 1 kg da dieta formulada utilizada durante o ensaio experimental..... **69**
- Tabela 3.** Desempenho produtivo (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes manejos de transição alimentar..... **71**
- Tabela 4.** Desempenho produtivo e custo da matéria-prima dos alimentos (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes manejos de transição alimentar..... **72**
- Tabela 5.** Taxa de resistência ao estresse (RE, em porcentagem) (média  $\pm$  desvio padrão) durante 96 horas pós-teste, de larvas de *Pyrrhulina brevis* após 40 dias de alimentação com diferentes manejos de transição alimentar..... **73**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I - Contextualização.....</b>	<b>12</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2 - OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 - Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 - Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3 - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 - Panorama do mercado de peixes ornamentais.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 - Família Lebiasinidae e espécie do estudo.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 - Concentrações de presas na larvicultura de peixes.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 - Transição alimentar na larvicultura de peixes.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II - Concentração de presas na larvicultura de <i>Pyrrhulina brevis</i>, um peixe ornamental da Amazônia.....</b>	<b>37</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>39</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>40</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>43</b>
Peixes e desenho experimental.....	43
Eclosão de <i>Artemia</i> .....	44
Parâmetros de qualidade da água.....	45
Desempenho produtivo.....	45
Custo da matéria-prima do alimento.....	46
Resistência ao estresse à exposição ao ar.....	46
Análise estatística.....	47
<b>Resultados.....</b>	<b>47</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>49</b>
<b>Referências.....</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO III - Transição alimentar na larvicultura de <i>Pyrrhulina brevis</i>, um peixe ornamental da Amazônia.....</b>	<b>58</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>60</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>61</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>62</b>

<b>Material e métodos</b> .....	<b>64</b>
Peixes e desenho experimental.....	<b>64</b>
Eclosão de <i>Artemia</i> .....	<b>66</b>
Dieta formulada.....	<b>66</b>
Parâmetros de qualidade da água.....	<b>67</b>
Desempenho produtivo.....	<b>68</b>
Custo da matéria-prima dos alimentos.....	<b>68</b>
Resistência ao estresse à exposição ao ar.....	<b>69</b>
Análise estatística.....	<b>70</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>70</b>
<b>Discussão</b> .....	<b>74</b>
<b>Referências</b> .....	<b>79</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>83</b>

# **CAPÍTULO I**

## **CONTEXTUALIZAÇÃO**

Elaborado de acordo com as normas da **Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)** e da **Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O comércio de peixes ornamentais representa um setor bilionário que vem apresentando expressivo crescimento nos últimos anos, decorrente do aumento na demanda mundial, o que torna essa atividade uma das mais lucrativas e importantes dentre as vertentes da aquicultura (TLUSTY et al., 2013; RAJA et al., 2019). Neste mercado em expansão, o Brasil é reconhecido como grande exportador de peixes ornamentais, sendo a maioria dos peixes exportados oriundos do extrativismo na bacia Amazônica (ARAÚJO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). A bacia Amazônica é o ecossistema que abriga a maior diversidade de peixes de água doce do planeta, com mais de 2.700 espécies de peixes descritas (REIS et al., 2016; DAGOSTA; De PINNA, 2019). Vale ressaltar, que vários desses peixes apresentam potencial no mercado de peixes ornamentais, devido à diversidade de formas, cores, tamanhos e comportamentos exóticos (CAMPOS et al., 2019; ARAÚJO et al., 2020).

A família Lebiasinidae apresenta diversas espécies de peixes que possuem potencial no mercado ornamental (ABE et al., 2015; ABE et al., 2019). Dentro desta família, destaca-se a pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*, Steindachner, 1876), um peixe de água doce, endêmico da bacia Amazônica, que apresenta características promissoras para piscicultura ornamental, incluindo hábito alimentar onívoro (SILVA et al., 2016), rápida adaptação às condições de cultivo (VERAS et al., 2014; ABE et al., 2015) e protocolos de reprodução definidos (HOLLATZ et al., 2014). Além disso, suas características morfológicas e comportamentais a tornam apreciada no mercado internacional de peixes ornamentais (ABE et al., 2015; ABE et al., 2016a), onde podem ser comercializadas por valores de até £2,48 (R\$ 16,64) por cada indivíduo adulto (EPOND SHOP, 2020). Contudo, o extrativismo ainda é o principal meio de obtenção dos exemplares dessa espécie disponíveis no mercado, o que gera grande pressão sobre as populações naturais (ABE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2020a).

Por se tratar de uma espécie com potencial de mercado, o desenvolvimento de tecnologias para a criação comercial de *P. brevis* representa uma boa oportunidade para melhorar a piscicultura ornamental brasileira, além de reduzir o esforço de pesca sobre seus estoques selvagens (VERAS et al., 2014; ABE et al., 2015). No entanto, informações científicas que dêem suporte para sua criação em cativeiro ainda são escassas, pois o seu pacote tecnológico de criação se encontra em desenvolvimento (VERAS et al., 2014; ABE et al., 2015; ABE et al., 2016a; OLIVEIRA et al., 2020a; ABE et al., 2021). Diante disso, é fundamental a realização de estudos relacionados à reprodução, larvicultura, qualidade da água, manejos alimentares e exigências nutricionais de *P. brevis*, seguido de um plano de melhoramento genético, que serão essenciais para o desenvolvimento de seu pacote

tecnológico de criação em cativeiro (ABE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2020a).

Os principais entraves da piscicultura ornamental são a alimentação e nutrição dos organismos cultivados, pois grande parte dos protocolos de criação utilizados é baseada em manejos alimentares e nutricionais semelhantes aos dos peixes de corte (ZUANON; SALARO; FURUYA, 2011), podendo prejudicar o crescimento, a sanidade e, conseqüentemente, a sobrevivência dos animais (CAMPELO et al., 2020). Esse problema se intensifica na larvicultura, onde são constatadas elevadas taxas de mortalidade, decorrente da fragilidade dos animais e a utilização de manejos alimentares inadequados (COUTO et al., 2018; ABE et al., 2019). As larvas de peixes com característica altricial possuem menor quantidade de reserva vitelínica e sistema digestivo imaturo no início da alimentação exógena (PORTELLA; DABROWSKI, 2008; SANTOS et al., 2016), e apresentam dificuldade em digerir os alimentos e, absorver seus nutrientes, sendo necessário à definição de manejos alimentares adequados, visando um melhor crescimento das larvas (PORTELLA et al., 2014).

Os náuplios de *Artemia* são comumente usados como presa na larvicultura de peixes (ABOLHASANI et al., 2013; VEERAMANI et al., 2019), devido à facilidade de produção em laboratório, elevado valor nutricional, alta atratividade e tamanho adequado (MENOSSI et al., 2012; FREITAS et al., 2019; MOTTA et al., 2019), auxiliando também na maturação do sistema digestivo das larvas (PORTELLA et al., 2014), com conseqüente aumento nas taxas de sobrevivência e crescimento das larvas (CAMPELO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020b). Contudo, o uso de náuplios de *Artemia* na larvicultura de peixes gera alto custo econômico, devido à exigência contínua e elevados custos de produção (STEJSKAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020b), tornando-se necessário fornecer uma quantidade ideal de alimento vivo, bem como definir estratégias que possibilitem substituir o alimento vivo pela dieta formulada sem prejudicar o crescimento e sobrevivência dos animais, visando reduzir os custos com alimentação na larvicultura (STEJSKAL et al., 2018; CAMPELO et al., 2019).

A produção em cativeiro de peixes ornamentais amazônicos é uma boa oportunidade para proteger os estoques selvagens, gerar renda para piscicultores locais e fornecer peixes de qualidade para o mercado mundial (ABE et al., 2019; RAMOS et al., 2020). Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar a utilização de diferentes concentrações de presas e a transição alimentar do alimento vivo para a dieta formulada na larvicultura intensiva do peixe ornamental amazônico *P. brevis*, com o intuito de otimizar o manejo alimentar, diminuir os custos de produção na larvicultura dessa espécie e disponibilizar informações que contribuam para o desenvolvimento do pacote tecnológico de criação em cativeiro.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

- Avaliar manejos alimentares na larvicultura intensiva do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), com intuito de disponibilizar informações científicas que contribuam para o desenvolvimento do pacote tecnológico de criação desta espécie em cativeiro.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Definir a concentração adequada de presas na larvicultura intensiva do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*;
- Determinar o tempo ideal de fornecimento de náuplios de *Artemia*, para sua posterior substituição pela dieta formulada, na larvicultura intensiva do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*;
- Definir o melhor manejo, com ou sem co-alimentação, para a substituição do alimento vivo pela dieta formulada, na larvicultura intensiva do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Panorama do mercado de peixes ornamentais

O comércio de peixes ornamentais representa uma indústria bilionária e sofisticada e envolve mais de 125 países (DEY, 2016; SATAM et al., 2018; RAJA et al., 2019; TELETCHEA, 2019). Esse mercado vem se expandindo rapidamente com o aumento na demanda mundial, uma vez que o aquarismo, além de estar entre os *hobbies* mais populares do mundo, vem ganhando um número cada vez maior de adeptos (VERAS et al., 2014; DEY, 2016; RAJA et al., 2019; TELETCHEA, 2019). Estima-se que sejam comercializadas no mundo cerca de 1 a 2 bilhões de peixes ornamentais anualmente (SATAM et al., 2018; RAJA et al., 2019; TELETCHEA, 2019). Somente o comércio varejista de peixes ornamentais movimentava valores de mais de US\$ 10 bilhões anuais, enquanto toda a indústria de aquariofília, incluindo plantas, acessórios, aquários, alimentos, medicamentos e outros serviços movimentam valores de US\$ 15-30 bilhões anuais (DEY, 2016; LADISA; BRUNI; LOVATELLI, 2017; RAJA et al., 2019; TELETCHEA, 2019).

O número de espécies comercializadas ainda é um assunto discutido, mas dados relevam que entre 2.500 e 6.500 espécies de peixes ornamentais estão envolvidas nesse mercado, das quais mais de 60% são originárias de ambiente dulcícola, enquanto o restante é proveniente de ecossistemas marinhos (DEY, 2016; TELETCHEA, 2019). Das espécies marinhas comercializadas, cerca de 90% são animais selvagens capturados, enquanto o restante é proveniente de empreendimentos aquícolas (DEY, 2016). Por outro lado, 90% das espécies dulcícolas comercializadas são provenientes da criação em cativeiro, enquanto as demais são obtidas através da pesca ornamental (MONTICINI, 2019). Além disso, estima-se que cerca de 30 espécies de peixes de água doce dominem o mercado mundial de peixes ornamentais, em virtude principalmente, da popularidade dessas espécies e um pacote tecnológico de criação em estágio mais avançado de desenvolvimento (DEY, 2016).

O comércio de peixes ornamentais é abastecido principalmente por espécies originárias de países em desenvolvimento nas regiões tropicais e subtropicais (DEY, 2016). Em 2016, o mercado mundial de exportação de peixes ornamentais movimentou valores de US\$ 337,70 milhões, tendo os países asiáticos como principais exportadores de peixes ornamentais do mundo (FACTFISH, 2019). Cingapura, Japão, Myanmar, Indonésia, Malásia e Sri Lanka são os principais exportadores de peixes ornamentais desse continente (FARIA et al., 2016; FACTFISH, 2019), com destaque para Cingapura, que lidera o ranking mundial de exportações, gerando um capital de mais de US\$ 42,97 milhões, correspondente a 12,7% do total mundial das exportações em 2016 (FACTFISH, 2019). Outros países não pertencentes

ao continente asiático, também assumem protagonismo no mercado de exportações, como é o caso da Espanha, República Tcheca e Colômbia (FARIA et al., 2016; FACTFISH, 2019).

A indústria de aquarioria apresenta-se em um estágio mais avançado de organização em países desenvolvidos, sendo estes os maiores consumidores dos produtos (TELETCHEA, 2019). O mercado mundial de importação de peixes ornamentais movimentou valores de US\$ 287 milhões em 2016, tendo os Estados Unidos da América (EUA) como principal país importador, seguido do Reino Unido, Alemanha, Japão, Holanda, Cingapura, China, França, Hong Kong e Itália, esses 10 países juntos contribuíram com mais de 83% das importações mundial (FACTFISH, 2019). Nos EUA o aquarismo é o segundo *hobby* mais popular do país, movimentando um capital de mais de um bilhão de dólares anuais (CARDOSO; IGARASHI, 2009; KIM, 2015). Neste país, somente a importação de peixes ornamentais movimentou valores de US\$ 56,57 milhões em 2016, correspondente a 19,7% do total mundial de importações, mostrando o protagonismo do EUA diante desse mercado (FACTFISH, 2019).

Neste mercado em expansão, o Brasil é reconhecido mundialmente como grande exportador de peixes ornamentais (ARAÚJO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020), tendo exportado em 2014 um valor aproximado de US\$ 13.835.217,00 (UN COMTRADE, 2018). Nos anos seguintes, entre 2016 e 2018, o valor exportado foi em média US\$ 6.579.836,67 anuais (UN COMTRADE, 2018; FACTFISH, 2019), confirmando a redução das exportações. No Brasil, diferente do restante do mundo, o maior volume de exportações de peixes ornamentais de água doce é proveniente do extrativismo, principalmente na bacia Amazônica, nos estados do Pará e do Amazonas, onde cerca de 88% a 95% dos peixes exportados, nos respectivos estados, são oriundos da pesca ornamental (FERREIRA et al., 2020). Os principais países compradores de peixes ornamentais brasileiro são Alemanha, EUA, Hong Kong, Japão e Tailândia (ARAÚJO et al., 2017; SOUSA; MACIEL; RODRIGUES, 2018).

Atualmente, o volume de exportação de peixes ornamentais do Brasil tem apresentado uma redução expressiva, em decorrência de fatores como, pressões internacionais para o fim da pesca ornamental predatória (PAIXÃO et al., 2019), comércio ilegal de espécies amazônicas por outros países da América do Sul (EVERS; PINNEGAR; TAYLOR, 2019) e desenvolvimento de protocolos de criação em cativeiro de diversas espécies amazônicas por países europeus e asiáticos, que conseguem produzir peixes com melhor qualidade e cores diferentes das variedades selvagens (ABE et al., 2016b). Além disso, a intensa captura de peixes ornamentais através do extrativismo contribui para o declínio das populações na natureza, diminuindo a diversidade e abundância da ictiofauna em locais que sofrem grande exploração (GERSTNER et al., 2006; SILVA et al., 2019a), dificultando a captura e

comercialização de peixes ornamentais de alta demanda no mercado (RAMOS et al., 2020).

A piscicultura ornamental possui importância para o fornecimento de peixes destinados ao mercado de aquarioria através da produção sustentável de recursos aquáticos, diminuindo as pressões sobre os estoques naturais (RIBEIRO; MARCO; FERNANDES, 2010). Essa atividade também auxilia no desenvolvimento social e econômico através da absorção de mão de obra local e desenvolvimento do associativismo (CARDOSO; IGARASHI, 2009). A piscicultura ornamental possui diversas características atrativas, como baixo custo de produção e não demandar grandes áreas para implementação, quando comparada a piscicultura de corte, além de possibilitar estabelecer melhor controle de produção e preços mais estáveis, em comparação a pesca ornamental (ZUANON; SALARO; FURUYA, 2011). Além disso, a domesticação de espécies nativas em cativeiro permite a seleção de matrizes e uso de técnicas de melhoramento genético, possibilitando a produção de peixes de variedades mais apreciadas e valorizadas (HILSDORF; ORFÃO, 2011).

O Brasil apresenta características promissoras para o desenvolvimento da piscicultura ornamental, devido à abundância de recursos hídricos, a diversidade da ictiofauna concentrada na região amazônica e um mercado em constante expansão (ZUANON; SALARO; FURUYA, 2011). Atualmente, a piscicultura ornamental no Brasil é realizada principalmente por pequenos e médios produtores, que realizam essa atividade nos sistemas de produção semi-intensivo e intensivo, e se encontram na sua maioria na região da Zona da Mata Mineira, no estado de Minas Gerais (ZUANON, 2007; CARDOSO et al., 2012). Os peixes produzidos são geralmente espécies exóticas e algumas nativas que apresentam grande demanda de mercado e um pacote tecnológico de criação em estágio mais avançado de desenvolvimento (CARDOSO et al., 2012; FARIA et al., 2016). O principal mercado consumidor é o interno, com maior demanda para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo (RIBEIRO, 2008).

Nesse contexto, diante de um ramo que se expande rapidamente, como o da piscicultura ornamental, vários países que tem o extrativismo como principal fonte de peixes ornamentais para comercialização, como é o caso do Brasil, tem buscado incentivar pesquisas que supram a carência de informação científicas sobre a produção de espécies nativas de peixes ornamentais com potencial econômico em cativeiro, a fim de aumentar sua competitividade e suprir a demanda no mercado por estas espécies e preservar os seus estoques naturais. No caso da região amazônica, para que o comércio de peixes ornamentais possa se converter em verdadeira oportunidade de negócio e impulsionar uma nova dinâmica na economia local, é preciso que a piscicultura ornamental se torne uma atividade sustentável, ou seja, economicamente rentável, socialmente justa e ambientalmente responsável.

### 3.2 Família Lebiasinidae e espécie do estudo

A América do Sul possui a maior e mais variada ictiofauna de água doce do planeta, com aproximadamente 5.200 espécies descritas, o que representa cerca de 40% da biodiversidade de água doce do mundo (ALBERT; REIS, 2011; REIS et al., 2016). Uma grande quantidade desses peixes está distribuída na bacia Amazônica, onde são descritas mais de 2.700 espécies (REIS et al., 2016; DAGOSTA; De PINNA, 2019). Os peixes dessa região apresentam importância notória como fonte de proteína animal para diversas comunidades ribeirinhas que tem na pesca o seu meio de subsistência (FLORENTINO et al., 2017; HORA; MOREIRA, 2019). Além disso, muitas espécies de peixes amazônicos são apreciadas no mercado de aquarofilia, devido à variedade de formas, cores, tamanhos e comportamentos exóticos, fazendo com que alcancem preços de comercialização significativos e elevada demanda no mercado internacional (ARAÚJO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020).

A família Lebiasinidae apresenta diversas espécies de peixes que se destacam por possuir potencial no mercado de peixes ornamentais (ABE et al., 2015; ABE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020a). Lebiasinidae é uma família de caraciformes de água doce, endêmico da região Neotropical, amplamente distribuídas na América Central e do Sul, com exceção do Chile (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003; MARINHO; NETTO-FERREIRA, 2013; FRICKE; ESCHMEYER; VAN DER LAAN, 2020). Pelo menos 75 espécies de peixes são válidas para essa família, distribuídas em sete gêneros: *Copeina*, *Copella*, *Derhamia*, *Lebiasina*, *Nannostomus*, *Piabucina* e *Pyrrhulina* (MARINHO; NETTO-FERREIRA, 2013; DAGOSTA; De PINNA, 2019; FRICKE; ESCHMEYER; VAN DER LAAN, 2020). Cerca de 49 espécies de peixes dessa família são encontradas na bacia Amazônica, vivendo próximo as margens de ambientes de águas rasas dos córregos da floresta e em pequenos lagos na parte inferior dos grandes rios (NETTO-FERREIRA et al., 2011; DAGOSTA; De PINNA, 2019).

Os lebiasinídeos se caracterizam por apresentar corpo com padrões colorido, de formato cilíndrico e alongado, boca superior e tamanho de pequeno a médio porte, variando de 16 a 250 mm, de acordo a espécie (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003; MARINHO; NETTO-FERREIRA, 2013; VIEIRA; NETTO-FERREIRA, 2019). Em razão do pequeno tamanho, os representantes dessa família são pouco explorados para fins alimentícios, mas são apreciados no ramo da aquarofilia, onde são admirados pelos aquaristas e alcançam valores de comercialização atrativos (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003; MARINHO; NETTO-FERREIRA, 2013). Dentre os lebiasinídeos, os peixes do gênero *Pyrrhulina* são os que mais se destacam no mercado de peixes ornamentais, devido as suas características morfológicas e comportamentais, fazendo com que apresentem uma elevada demanda no mercado de

organismos aquáticos ornamentais (ABE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2020a).

Atualmente, o gênero *Pyrrhulina* possui pelo menos 19 espécies descritas, com ampla distribuição na bacia Amazônica (DAGOSTA; De PINNA, 2019; VIEIRA; NETTO-FERREIRA, 2019; FRICKE; ESCHMEYER; VAN DER LAAN, 2020). Entre essas espécies, a *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), popularmente chamada de pyrrhulina (Figura 1), é um dos peixes mais conhecidos entre os aquaristas (ABE et al., 2015). Essa espécie possui distribuição restrita à bacia Amazônica, e se caracteriza por apresentar corpo cilíndrico e alongado, boca superior e comprimento máximo de 7 a 8 cm (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003). Além disso, sua coloração exuberante em tons avermelhado pelo corpo e nadadeiras, que ficam mais intensos durante o período reprodutivo, e comportamento pacífico e sociável, são características que despertam o interesse de aquaristas (ABE et al., 2015; ABE et al., 2016a), principalmente no mercado internacional, onde os exemplares dessa espécie podem ser vendidos por valores de até £2,48 (R\$ 16,64) por indivíduo adulto (EPOND SHOP, 2020).

**Figura 1** - Exemplar do peixe ornamental amazônico pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*)



**Fonte:** Aquarium Glaser GmbH (2020).

Em ambiente natural esta espécie habita tipicamente riachos rasos, igarapés, poças temporárias e florestas inundadas da bacia Amazônica (MENDONÇA; MAGNUSSON; ZUANON, 2005; PAZIN et al., 2006; MONTAG et al., 2008), se localizando predominantemente na superfície da coluna d'água em áreas marginais com baixo fluxo de água (WEITZMAN; WEITZMAN, 1982; SABINO; ZUANON, 1998). Possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se principalmente de microcrustáceos, invertebrados terrestres e aquáticos, perifítons e matéria orgânica em decomposição em seu ambiente natural (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003; ARIAS; ROSSI, 2005; SILVA et al., 2016). Essa espécie apresenta comportamento pacífico e gregário, sendo normalmente encontrada vivendo em cardumes, contudo em períodos de reprodução podem apresentar comportamento

territorialista (WEITZMAN; WEITZMAN, 2003). A sua reprodução pode ocorrer durante o ano todo, principalmente na segunda metade do período chuvoso, em poças temporárias formadas durante as chuvas (GUALBERTO; MAGNUSSON; ESPIRITO SANTO, 2011).

Em ambiente de cativeiro, a *P. brevis* demonstra rápida adaptação às condições de cultivo, destacando-se pelo seu comportamento social, vivendo próxima à superfície da coluna d'água e interagindo com o cuidador. A alimentação das larvas pode ser feita com náuplios de *Artemia*, microalgas e infusórios, enquanto os juvenis aceitam facilmente as dietas formuladas (ABE et al., 2021). As informações científicas sobre sua reprodução em cativeiro são conhecidas e o dimorfismo ocorre após os peixes atingirem a maturidade sexual. Os machos geralmente são maiores, tanto no comprimento do corpo quanto das nadadeiras, possuem alta pigmentação escura na nadadeira dorsal e são mais coloridos, com tons de vermelho no corpo e nadadeiras, mais visíveis durante o período reprodutivo. As fêmeas são geralmente menores, mais redondas e menos coloridas, com coloração prateada predominante e menor pigmentação escura na nadadeira dorsal (HOLLATZ et al., 2014).

Pesquisas relacionadas à larvicultura de *P. brevis* vêm sendo realizadas com o intuito de contribuir com o desenvolvimento do seu pacote tecnológico de criação em cativeiro. Para tanto, é indicado fotoperíodo de 20 horas de luz e 4 horas de escuro, com alimentação a base de náuplios de *Artemia* ofertados duas vezes ao dia (VERAS et al., 2014). As larvas podem ser alimentadas com uma concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, oferecidas quatro vezes ao dia, e podem ser criadas em densidade de estocagem de até 40 larvas L<sup>-1</sup> em água doce e 5 larvas L<sup>-1</sup> em água salinizada a 2 g L<sup>-1</sup> (ABE et al., 2015). Além disso, Abe et al. (2016a) recomendaram o uso de 1,0 g L<sup>-1</sup> de extrato aquoso de canela (*Cinnamon zeylanicum*), pois favorece o crescimento e sobrevivência das larvas. Recentemente, Oliveira et al. (2020a) usaram com sucesso a concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> em água salinizada a 1 g L<sup>-1</sup> na larvicultura de *P. brevis*, e Abe et al. (2021) observaram que o uso de privação alimentar prejudica a larvicultura dessa espécie, pois as larvas são dependentes de alimentação exógena diariamente.

A definição de manejos alimentares para a larvicultura de *P. brevis* é uma boa oportunidade para permitir a sua criação em cativeiro e reduzir o esforço de pesca sobre seus estoques selvagens, uma vez que os peixes disponíveis no mercado ainda são oriundos do extrativismo (VERAS et al., 2014; ABE et al., 2015). Atualmente, informações científicas sobre o uso de concentrações crescentes de presas e transição alimentar durante a larvicultura dessa espécie são ausentes, tornando-se necessário a realização de estudos que determinem esses protocolos de alimentação, pois são pontos críticos e importantes na criação das larvas.

### 3.3 Concentrações de presas na larvicultura de peixes

A larvicultura pode ser considerada a fase mais importante e crítica na cadeia produtiva da piscicultura (HERATH; ATAPATHTHU, 2013; SANTOS et al., 2021), pois representa as primeiras fases de desenvolvimento dos animais, em que os peixes apresentam maior fragilidade e são mais sensíveis a infecções patogênicas, mudanças nos parâmetros da água e manejos alimentares (ZUANON; SALARO; FURUYA, 2011; DIAS et al., 2016). O sucesso da larvicultura perpassa pelo oferecimento de condições ideais de criação, entre elas está à definição de manejos alimentares que garantam o desenvolvimento adequado dos peixes (PEREIRA et al., 2016; CAMPELO et al., 2019). No entanto, a falta de conhecimentos sobre as necessidades nutricionais e os manejos alimentares (JOBILING, 2012; CAMPELO et al., 2019), além das melhores condições de criação que devem ser adotadas durante essa fase (SANTOS; LUZ, 2009; SANTOS et al., 2021), tornam a larvicultura a etapa mais problemática nos sistemas de criação intensivo (SANTOS et al., 2021; REIS et al., 2021).

Durante os primeiros estágios de desenvolvimento, as larvas de peixes com característica altricial apresentam reserva vitelínica limitada e sistema digestivo morfológicamente incompleto no início da alimentação exógena (PORTELLA; DABROWSKI, 2008; SANTOS et al., 2016), o que dificulta a digestão de dietas formuladas e, conseqüente, absorção dos seus nutrientes pelos peixes (FOSSE et al., 2013; PEREIRA et al., 2016). Nesse contexto, o uso de alimentos vivos é uma prática comum e rotineira na larvicultura de peixes (CAMPELO et al., 2020; ARAÚJO et al., 2021; SANTOS et al., 2021), devido às características atrativas deste alimento para as larvas e para o ambiente de cultivo, como a menor deterioração da água, melhor distribuição na coluna d'água, maior atratividade por meio de estímulos químicos e visuais, presença de enzimas no alimento vivo que estimulam o processo digestivo e pela maior digestibilidade quando comparados à utilização da dieta formulada (RØNNESTAD; CONCEIÇÃO, 2012; DHONT et al., 2013).

Os náuplios de *Artemia* são o alimento vivo mais utilizado na aquicultura mundial, sendo comumente usado como presa na larvicultura de peixes (ABOLHASANI et al., 2013; VEERAMANI et al., 2019). *Artemia* é um microcrustáceo marinho, comercializado através dos cistos de resistência, que são facilmente produzidos em laboratório, através da eclosão dos cistos em náuplios, prontamente disponíveis para alimentação das larvas (LUO et al., 2017). Os náuplios de *Artemia* possuem tamanho adequado para a abertura bucal das larvas, com comprimento variando de 400 a 600 µm (SILVA et al., 2019b) e coloração em tons de laranja, atraindo os peixes através de estímulos químicos e visuais (CONCEIÇÃO et al., 2010; EL-SEBAIE et al., 2014). Além disso, apresentam elevado valor nutricional, sendo fontes de



proteínas, minerais, vitaminas e lipídeos (BENGTSON; LÉGER; SORGELOOS, 1991; MANICKAM; BHAVAN; SANTHANAM, 2017), auxiliando também na maturação e no funcionamento do sistema digestivo das larvas (PORTELLA et al., 2014).

Um dos principais entraves para o uso dos náuplios de *Artemia* na larvicultura de peixes é o alto custo econômico relacionado ao preço de aquisição dos cistos, exigência contínua e elevados custos para produção e fornecimento do alimento vivo (STEJSKAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020b). Dessa forma, torna-se necessário definir estratégias de manejos alimentares adequados, visando fornecer quantidades adequadas de alimento vivo para obter altas taxas de crescimento, qualidade e sobrevivência dos peixes e evitar o desperdício de alimento, visando reduzir custos com alimentação na larvicultura (RAMOS et al., 2016). A quantidade de alimento vivo fornecido diariamente ao animal, definido como concentração de presas, é um fator importante na larvicultura, pois as larvas são sensíveis a variações na quantidade de alimento disponibilizado nas refeições (TAKATA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2020a), e falhas nesse manejo podem comprometer o desenvolvimento adequado das larvas e prejudicar a qualidade da água (VERAS et al., 2016; ABE et al., 2019).

A concentração de presas é uma característica espécie-específica, variando conforme a fase de desenvolvimento e hábitos alimentares dos peixes e das variáveis físicas e químicas da água do ambiente de criação (HAYASHI et al., 2004; ABE et al., 2019). Geralmente, quando o alimento vivo é fornecido em quantidades insuficientes, ocasiona redução no crescimento e prejudica a qualidade dos peixes e, conseqüentemente, aumenta a heterogeneidade do lote e diminui a sobrevivência dos animais, em decorrência principalmente da disputa por recursos alimentares entre os indivíduos (SANTOS; CORREIA; LUZ, 2015; ABE et al., 2019). Por outro lado, quando o alimento vivo é fornecido em quantidades excessivas leva ao aumento dos custos com alimentação nessa fase de criação e maior deterioração da qualidade da água (LEE; HWANG; CHO, 2000; LUZ; PORTELLA, 2015). Dessa forma, determinar a concentração ideal de presas é um fator importante na aquicultura, pois possibilita otimizar o manejo alimentar, conciliando assim, taxas de crescimento e sobrevivência adequadas dos peixes com baixo custo de produção (ABE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020b).

O uso de concentrações fixas de presas, ou seja, mantêm-se a quantidade de alimento vivo fornecido durante o período de larvicultura, tem sido recomendado para várias espécies de peixes, com bons resultados de crescimento e sobrevivência (ABE et al., 2016c; RAMOS et al., 2016; ABE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020b). O uso de concentrações fixas de presas acontece principalmente na larvicultura de peixes ornamentais, uma vez que em razão do tamanho pequeno das larvas durante essa etapa de criação, elas não conseguem aproveitar

de forma eficiente o alimento vivo quando fornecido em altas quantidades, ocasionando aumento do desperdício de alimento e do custo com alimento vivo, além de deteriorar a qualidade da água (ABE et al., 2015; ABE et al., 2016c; ABE et al., 2019). Além disso, a larvicultura de peixes ornamentais acontece geralmente em períodos relativamente curtos (10 a 20 dias), não exigindo grandes correções na quantidade de alimento vivo fornecido nesse período (PEREIRA et al., 2016; CAMPELO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020a).

Estudos vêm demonstrando que as exigências de alimento vivo pelas larvas de peixes aumentam durante todo o seu desenvolvimento, prejudicando o crescimento e a sobrevivência das larvas se a quantidade de alimento vivo fornecido não for adequada, tornando-se necessária correções na quantidade de alimento vivo fornecido no decorrer do período de larvicultura, sendo recomendada uma concentração crescente de presas (MOTTA et al., 2019; ARAÚJO et al., 2021; REIS et al., 2021). Vale ressaltar que as correções através de aumentos periódicos na concentração de presas fornecidas durante a larvicultura é uma característica espécie-específica e existem várias metodologias para realizar tal procedimento (SANTOS; CORREIA; LUZ, 2015; MOTTA et al., 2019), variando principalmente em função do intervalo de dias entre as correções (MOTTA et al., 2019; REIS et al., 2021) e a porcentagem em que a concentração de presas será aumentada (SANTOS; CORREIA; LUZ, 2015; ARAÚJO et al., 2021), exigindo definir esse manejo conforme as características da espécie.

A definição da concentração adequada de presas na larvicultura dos peixes é fundamental para possibilitar um ótimo desenvolvimento dos peixes e reduzir os custos na larvicultura (ABE et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020b). Em estudos anteriores, Abe et al. (2015) e Oliveira et al. (2020a) definiram uma concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para larvas de *P. brevis*; porém, não há informações científicas sobre a utilização de concentrações crescentes de presas durante a larvicultura dessa espécie, visando um melhor manejo alimentar e economia com alimento vivo. Dessa forma, é fundamental avaliar se as correções através de aumentos periódicos na concentração de presas para larvas de *P. brevis* é um estratégia para otimizar a utilização dos náuplios de *Artemia* e, conseqüentemente, maximizar as taxas de crescimento e sobrevivência dos peixes e racionalizar os custos com alimentação na larvicultura dessa espécie.

### 3.4 Transição alimentar na larvicultura de peixes

O fornecimento de dieta formulada para as larvas de peixes é altamente desejável, pois reduz os custos de produção na larvicultura (STEJSKAL et al., 2018; LIPSCOMB et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020b). Algumas larvas de peixes apresentam taxas de crescimento e sobrevivência satisfatórias, mesmo sem o fornecimento de alimento vivo em sua primeira alimentação exógena, como a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (SOUZA e SILVA et al., 2019), o cascudo preto (*Rhinelepis aspera*) (GUERREIRO et al., 2011) e o curimatã (*Prochilodus argenteus*) (SANTOS et al., 2016). Segundo Santos et al. (2016) a aceitação da dieta formulada desde o início da alimentação exógena está relacionada principalmente à maturação precoce do sistema digestivo de algumas espécies de peixes, que exibem elevadas atividades digestivas desde os seus estágios iniciais de vida, o que auxilia nos processos de digestão dos alimentos e absorção dos nutrientes disponíveis na dieta.

Contudo, embora algumas espécies aceitem dietas formuladas desde o início da alimentação exógena (GUERREIRO et al., 2011; SANTOS et al., 2016; LIPSCOMB et al., 2020), ainda não é possível a formulação de uma dieta inerte capaz de substituir integralmente o alimento vivo na alimentação das larvas de peixes com característica altricial, sem prejudicar as taxas de crescimento e sobrevivência dos animais (LUI et al., 2015; CAMPELO et al., 2020). A ausência de informações científicas sobre as exigências nutricionais das larvas das mais variadas espécies de peixes, bem como menor atratividade, palatabilidade e digestibilidade, são os principais entraves para a elaboração de uma dieta formulada que dê suporte para um desenvolvimento adequado das larvas altriciais no estágio inicial de desenvolvimento (LUI et al., 2015). Nesse contexto, apesar do alto custo econômico relacionado ao uso de náuplios de *Artemia*, sua utilização ainda é altamente recomendada na larvicultura dessas espécies de peixes (STEJSKAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020b).

A adoção de estratégias que possibilitem substituir o alimento vivo pela dieta formulada é fundamental para reduzir os custos com alimentação na larvicultura intensiva de peixes (STEJSKAL et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020b), mas deve ser determinada de forma que não comprometa o bem-estar, o crescimento e a sobrevivência das larvas (PEREIRA et al., 2016; CAMPELO et al., 2019). Geralmente, a substituição muito precoce do alimento vivo pela dieta formulada leva a redução das taxas de crescimento e sobrevivência das larvas de peixes (PEREIRA et al., 2016; ANVARI; BABOLI; OURAJI, 2018; CAMPELO et al., 2019). Por outro lado, o maior tempo de fornecimento do alimento vivo tem ocasionado aumento do custo com alimentação na larvicultura (JOMORI et al., 2008; PORTELLA et al.,

2014; STEJSKAL et al., 2018). Portanto, determinar o período ideal para se realizar a supressão total do alimento vivo é essencial para alcançar melhores resultados de crescimento e sobrevivência das larvas, otimizar o manejo alimentar e reduzir os custos com alimentação na larvicultura intensiva de peixes (STEJSKAL et al., 2018; CAMPELO et al., 2019).

Diversas estratégias vêm sendo desenvolvidas com intuito de possibilitar a substituição do alimento vivo pela dieta formulada na alimentação das larvas de peixes, variando basicamente de acordo com os hábitos alimentares, estágio de desenvolvimento dos animais e condições de criação em cativeiro (RAMOS et al., 2015; FERREIRA et al., 2017; STEJSKAL et al., 2018). A substituição pode ser realizada abruptamente, por meio da troca total de alimentação de forma instantânea (SANTOS et al., 2021; SANTOS et al., 2022), ou de forma gradual, passando por um período de treinamento alimentar ou de co-alimentação, onde no treinamento alimentar ocorre a redução do alimento vivo e aumento gradual do fornecimento do alimento inerte (alimento de alta palatabilidade + dieta formulada), até o fornecimento exclusivo da dieta formulada (LUZ et al., 2002; LUZ; PORTELLA, 2015; SOUZA et al., 2015), enquanto na co-alimentação ocorre um período de alimentação conjunta entre o alimento vivo e a dieta formulada no momento da transição alimentar, para posterior fornecimento exclusivo da dieta formulada (FOSSE et al., 2013; CAMPELO et al., 2019).

Muitos estudos vêm demonstrando que substituição abrupta da alimentação pode levar à rejeição da dieta formulada, aumento da agressividade e canibalismo e, conseqüentemente, redução do crescimento e sobrevivência das larvas (PEREIRA et al., 2016; FOSSE et al., 2018). Por outro lado, a estratégia de co-alimentação tem reportado resultados positivos no momento da substituição do alimento vivo pela dieta formulada, onde as taxas de crescimento são equivalentes ou até superiores aos alcançados somente com o fornecimento de alimento vivo (FOSSE et al., 2013; PEREIRA et al., 2016). De modo geral, a co-alimentação pode possibilitar a adaptação precoce dos peixes a aceitarem a dieta formulada, evitando a redução das taxas de crescimento e sobrevivência que uma transição alimentar realizada abruptamente poderia causar (FOSSE et al., 2018; CAMPELO et al., 2019). Dessa forma, a estratégia de co-alimentação durante a transição alimentar pode contribuir para reduzir o tempo de fornecimento de alimento vivo na larvicultura, possibilitando assim, diminuir os custos nessa fase de produção (STEJSKAL et al., 2018; LIPSCOMB et al., 2020).

A diminuição da taxa de crescimento das larvas logo após uma substituição precoce do alimento vivo pela dieta formulada é um padrão que se repete para muitas espécies de peixes, mesmo isso sendo minimizado através da estratégia de co-alimentação (FOSSE et al., 2013; CAMPELO et al., 2019). Geralmente, as larvas alimentadas exclusivamente com alimento

vivo ou que os recebem por um período prolongado, apresentam taxas de crescimento significativamente superiores às taxas de crescimento observadas nas larvas submetidas aos menores períodos de fornecimento de alimento vivo ou que recebem somente a dieta formulada como alimento inicial (PEREIRA et al., 2016; FOSSE et al., 2018; STEJSKAL et al., 2021). No entanto, em algumas espécies de peixes pode ser observado um crescimento compensatório logo após as larvas se adaptarem a dieta formulada, igualando as taxas de crescimento das larvas que se alimentaram exclusivamente ou com períodos prolongados de fornecimento de alimento vivo (PEREIRA et al., 2016; CAMPELO et al., 2019).

O momento da transição alimentar, do alimento vivo para a dieta formulada, é considerado uma característica espécie-específica e um importante manejo na larvicultura, devendo ser determinado de acordo com cada espécie, de forma que não comprometa o desenvolvimento das larvas, otimize a utilização de alimentos pelos peixes e reduza os custos nesta fase de criação (FOSSE et al., 2018; STEJSKAL et al., 2018). Sabe-se que a utilização de alimento vivo ainda é fundamental para a alimentação inicial das larvas de diversas espécies de peixes, principalmente as que possuem potencial ornamental (ABE et al., 2016c; CAMPELO et al., 2019). Contudo, o seu uso contribui para elevar os custos com alimentação na larvicultura de peixes (STEJSKAL et al., 2018; LIPSCOMB et al., 2020). Dessa forma, definir estratégias que permitam substituir gradualmente o alimento vivo pela dieta formulada, assim como, determinar o período ideal para realizar a supressão total do alimento vivo, é essencial para permitir a transição alimentar eficiente na larvicultura de *P. brevis*.

## REFERÊNCIAS

- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; CORDEIRO, C. A. M.; RAMOS, F. M.; FUJIMOTO, R. Y. *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876) como uma nova opção para a piscicultura ornamental nacional: larvicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 1, p. 113-122, 2015.
- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; REIS, R. G. A.; COUTO, M. V. S.; MENESES, J. O.; FUJIMOTO, R. Y. Extrato aquoso de canela como promotor de crescimento para larvas do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 4, p. 267-271, 2016a.
- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; RAMOS, F. M.; SOUSA, N. C.; COUTO, M. V. S.; CUNHA, F. S.; BOMFIM, R. V.; CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; & FUJIMOTO, R. Y. Criação de Peixe-Folha em Cativeiro. **Embrapa Tabuleiros Costeiros - Circular Técnica**, v. 80, n. 1, p. 1-5, 2016b.
- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; REIS, R. G. A.; SOUSA, N. C.; RAMOS, F. M.; FUJIMOTO, R. Y. Manejo alimentar e densidade de estocagem na larvicultura do peixe ornamental amazônico *Heros severus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 3, p. 514-522, 2016c.
- ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; SOUSA, N. C.; COUTO, M. V. S.; REIS, R. G. A.; PAIXÃO, P. E. G.; FUJIMOTO, R. Y. Growth of Amazon ornamental fish *Nannostomus beckfordi* larvae (Steindachner, 1876) submitted to different stocking densities and feeding management in captivity conditions. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 8, p. 2276-2280, 2019.
- ABE, H. A.; REIS, R. G. A.; PAIXÃO, P. E. G.; FUJIMOTO, R. Y. Effect of short-term fasting and re-feeding on growth performance of larvae and juveniles *Pyrrhulina brevis*, an amazon ornamental fish. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2021.
- ABOLHASANI, M. H.; HOSSEINI, S. A.; GHORBANI, R.; HOSEINI, S. M.; SUDAGAR, M. Efficacy of fish oil- and linseed oil-enriched Artemia nauplii on growth performance and stress resistance of tiger barb larvae (*Puntius tetrazona*). **International Journal of Aquatic Biology**, v. 1, n. 5, p. 228-232, 2013.
- ALBERT, J. S.; REIS, R. E. **Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes**. 1. ed. Berkeley (USA): University of California Press, 2011. 408p.
- ANVARI, M.; BABOLI, M. J.; OURAJI, H. Determination of Optimum Weaning Time of Shirbot (*Barbus grypus* Heckel, 1843) Larvae. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 18, n. 12, p. 1371-1377, 2018.
- AQUARIUM GLASER GMBH. **Fish archives: *Pyrrhulina brevis***. Alemanha: Aquarium Glaser GmbH, 2020. Disponível em: <https://www.aquariumglaser.de/en/fish-archives/pyrrhulina-brevis-2/>. Acesso em: 05 Jun. 2020.
- ARAÚJO, J. G.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; ISAAC, V. J. Cadeia comercial de peixes ornamentais do Rio Xingu, Pará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 2, p. 297-307, 2017.
- ARAÚJO, J. G.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; PRANG, G.; ALMEIDA, M. C.; ISAAC, V. J. Economic analysis of the threats posed to the harvesting of ornamental fish by the operation of the Belo Monte hydroelectric dam in northern Brazil. **Fisheries Research**, v. 225, n. 1, p. 1-7, 2020.

- ARAÚJO, L. M.; GONÇALVES JUNIOR, L. P.; SOUZA E SILVA, W.; LUZ, R. K. Salinity and prey concentration on larviculture of killifish *Hypsolebias radiseriatus* (Cyprinodontiformes: Rivulidae). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, n. 1, p. e52075 [1-9], 2021.
- ARIAS, J.; ROSSI, L. Dieta y estrategia alimentaria de *Pyrrhulina australe* (Pisces, Lebiasinidae). **Revista FABICIB**, v. 9, n. 1, 197-205, 2005.
- BENGTSON, D. A.; LÉGER, P.; SORGELOOS, P. Use of Artemia as a food source for aquaculture. In: BROWNE, R. A.; SORGELOOS, P.; TROTMAN, C. N. A. (Eds.). **Artemia Biology**. 1. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991. p. 255-286.
- CAMPELO, D. A. V.; SILVA, I. C. E.; MARQUES, M. H. C.; EIRAS, B. J. C. F.; BRABO, M. F.; DE MOURA, L. B.; VERAS, G. C. Estratégias alimentares na larvicultura do peixe ornamental amazônico acará severo (*Heros severus*) (Heckel, 1840). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 5, p. 1601-1608, 2019.
- CAMPELO, D. A. V.; RODRIGUES, E. D. R.; DIAS, B. C. B.; PINHEIRO-JUNIOR, A. D. S.; DOS SANTOS, L. D.; BRABO, M. F.; DE MOURA, L. B.; VERAS, G. C. Utilização de diferentes alimentos na larvicultura do peixe ornamental amazônico Acará Severo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14035-14049, 2020.
- CAMPOS, D. F.; BRAZ-MOTA, S.; VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M. F. Predicting thermal sensitivity of three Amazon fishes exposed to climate change scenarios. **Ecological Indicators**, v. 101, n. 1, p. 533-540, 2019.
- CARDOSO, R. S.; IGARASHI, M. A. Aspectos do agronegócio da produção de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia (PUBVET)**, v. 3, n. 14, 1-22, 2009.
- CARDOSO, R. S.; LANA, Â. M. Q.; TEIXEIRA, E. D. A.; LUZ, R. K.; FARIA, P. M. C. Caracterização socioeconômica da aquicultura ornamental na região da Zona da Mata Mineira. **Boletim Instituto da Pesca**, v. 38, n. 1, p. 89-96, 2012.
- CONCEIÇÃO, L. E.; YÚFERA, M.; MAKRIDIS, P.; MORAIS, S.; DINIS, M. T. Live feeds for early stages of fish rearing. **Aquaculture research**, v. 41, n. 5, p. 613-640, 2010.
- COUTO, M. V. S.; SOUSA, N. C.; ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; MENESES, J. O.; PAIXÃO, P. E. G.; CUNHA, F. S.; RAMOS, F. M.; MARIA, A. N.; CARNEIRO, P. C. F.; FUJIMOTO, R. Y. Effects of live feed containing *Panagrellus redivivus* and water depth on growth of *Betta splendens* larvae. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 8, p. 2671-2675, 2018.
- DAGOSTA, F. C.; DE PINNA, M. The fishes of the Amazon: Distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 431, n. 1, p. 1-163, 2019.
- DEY, V. K. The Global Trade in Ornamental Fish. **INFOFISH International**, v. 4, n. 1, p. 52-55, 2016.
- DIAS, J. A. R.; ABE, H. A.; SOUSA, N. C.; RAMOS, F. M.; CORDEIRO, C. A. M.; FUJIMOTO, R. Y. Uso do sal comum (NaCl) e densidade de estocagem durante a larvicultura de *Betta splendens*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 3, p. 719-726, 2016.

DHONT, J.; DIERCKENS, K.; STØTTRUP, J.; VAN STAPPEN, G.; WILLE, M.; SORGELOOS, P. Rotifers, *Artemia* and copepods as live feeds for fish larvae in aquaculture. In: ALLAN, G.; BURNELL, G. (Eds.). **Advances in Aquaculture Hatchery Technology**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. p. 157-202.

EL-SEBAIE, H. E.; MAHMOUD, N. H.; MAHMOUD, H. I.; SAAD, Y. M. Biological performance of *Pterophyllum scalare* larvae fed on artemia and artificial diet. **World Journal of Fish and Marine Sciences**, v. 6, n. 3, p. 289-294, 2014.

EPOND SHOP. **South American Characins: *Pyrrhulina brevis***. Reino Unido: Diapteron Ltd., 2020. Disponível em: <https://epond.eu/product/pyrrhulina-brevis-wild/>. Acesso em: 03 Jun. 2020.

EVERS, H. G.; PINNEGAR, J. K.; TAYLOR, M. I. Where are they all from? – sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. **Journal of Fish Biology**, v. 94, n. 6, p. 909-916, 2019.

FACT FISH. **Ornamental fish, live, export value (US\$) - for all countries**. Alemanha: TILASTO (The statistic scout), 2019. Disponível em: <http://www.factfish.com/statistic/ornamental%20fish,%20live,%20export%20value>. Acesso em: 13 jun. 2020.

FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, K.; ALMEIDA, C. F.; SANTOS, F. W. M.; SANTOS, R. F. B. Aquicultura ornamental: um Mercado promissor. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 154, n. 1, p. 1-12, 2016.

FERREIRA, A. L.; SCHORER, M.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, T. G.; SAMPAIO, E. V.; SANTOS, J. C. E. Commercial feed and frozen *Artemia* nauplii for curimatã-pacu larvae in first feeding. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n. esp., p. 47-53, 2017.

FERREIRA, V. A. M.; RODRIGUES, T. T. E.; SILVA, P. G.; FREITAS, C. E. C.; YAMAMOTO, K. C. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 1, n. 1, p. 1-30, 2020.

FLORENTINO, G. D.; FREITAS, J. S.; RODRIGUES, D. O.; NASCIMENTO, J. R. M.; PADILHA, L. M. Desafios de pescadores a subsistência na Amazônia. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, v. 1, n. 1, p. 1-25, 2017.

FOSSE, P. J.; MATTOS, D. C.; CARDOSO, L. D.; MOTTA, J. H. S.; JASPER, A. P. S.; RADAEL, M. C.; ANDRADE, D. R.; VIDAL JÚNIOR, M. V. Estratégia de coalimentação na sobrevivência e no crescimento de larvas de *Betta splendens* durante a transição alimentar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1801-1807, 2013.

FOSSE, P. J.; MATTOS, D. C.; CARDOSO, L. D.; RADAEL, M. C.; FOSSE FILHO, J. C.; VIDAL JÚNIOR, M. V. Duration of co-feeding on the Nishikigoi *Cyprinus carpio* larvae during weaning from live to inert food in an indoor system. **Ciência Rural**, v. 48, n. 4, p. e20170579 [1-9], 2018.

FREITAS, T. M.; LOPES, I. G.; LOPES, T. S.; BUZZOLLO, H.; PORTELLA, M. C. Growth performance and incidence of skeletal anomalies in pacu larvae under different weaning protocols. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, n. 1, p. e433 [1-8], 2019.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. **Eschmeyer's Catalog of Fishes:**



**Genera, Species, References.** San Francisco (CA): California Academy of Sciences, 2020. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso em: 03 jun. 2020.

GERSTNER, C. L.; ORTEGA, H.; SANCHEZ, H.; GRAHAM, D. L. Effects of the freshwater aquarium trade on wild fish populations in differentially-fished areas of the Peruvian Amazon. **Journal of Fish Biology**, v. 68, n. 3, p. 862-875, 2006.

GUALBERTO, C. G.; MAGNUSSON, W. E.; ESPIRITO SANTO, H. M. V. Relação Entre Desenvolvimento Reprodutivo e Uso de Habitats de *Pyrrhulina brevis* (Characiformes: Lebiasinidae) em Pequenos Igarapés de Terra Firme. In: Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA–CNPq/FAPEAM, 10., 2011, Manaus. Anais da XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA–CNPq/FAPEAM. Manaus: INPA–CNPq/FAPEAM, 2011.

GUERREIRO, L. R. J.; DIAS, J. A. D.; FORNARI, D. C.; RIBEIRO, R. P.; ZANONI, M. A. Desempenho de pós larvas de cascudo preto (*Rhinelepis aspera*), alimentadas com náuplios de artemia e ração oferecida em saches. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 781-788, 2011.

HAYASHI, C.; MEURER, F.; BOSCOLO, W. R.; LACERDA, C. H. F.; KAVATA, L. C. B. Frequência de arraçoamento para alevinos de lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 21-26, 2004.

HERATH, S. S.; ATAPATHTHU, K. S. S. Sudden weaning of angel fish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces; Cichlidae) larvae from brine shrimp (*Artemia* sp) nauplii to formulated larval feed. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2013.

HILSDORF, A. W. S.; ORFÃO, L. H. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. Esp., p. 317-324, 2011.

HOLLATZ, T. G.; RAMOS, F. M.; ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; COUTO, M. V. S.; SOUSA, N. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Male and female ratio in the reproductive performance of Amazon ornamental fish *Pyrrhulina brevis*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 51., 2014, Barra dos Coqueiros. Anais da 51ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Barra dos Coqueiros: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2014.

HORA, N. N.; MOREIRA, Á. S. Importância comercial e de subsistência da pesca para comunidades da várzea do Baixo Amazonas. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, v. 16, n.30, p. 346-360, 2019.

JOBLING, M. National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp. **Aquaculture International**, v. 20, n. 1, p. 601–602, 2012.

JOMORI, R. K.; DUCATTI, C.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) isotopes as natural indicators of live and dry food in *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) larval tissue. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 4, p. 370-381, 2008.

KIM, D. Y. Fostering direction of the ornamental fish industry in Korea through a competitive analysis of international ornamental fish industry. **The Journal of Fisheries Business Administration**, v. 46, n. 1, p. 15-28, 2015.

- LADISA, C.; BRUNI, M.; LOVATELLI, A. Overview of ornamental species aquaculture. **FAO Aquaculture Newsletter**, v. 56, n. 1, p. 38–39, 2017.
- LEE, S. M.; HWANG, U. G.; CHO, S. H. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 187, n. 3-4, p. 399-409, 2000.
- LIPSCOMB, T. N.; PATTERSON, J. T.; WOOD, A. L.; WATSON, C. A.; DIMAGGIO, M. A. Larval growth, survival, and partial budget analysis related to replacing Artemia in larval culture of six freshwater ornamental fishes. **Journal of the World Aquaculture Society**, p. 1-13, 2020.
- LUI, T. A.; SILVA, L. F.; DEPARIS, A.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R.; REIDEL, A. Manejo alimentar para larvas de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 13, n. 1, p. 153-158, 2015.
- LUO, G. Z.; YAO, M. L.; TAN, H. X.; WU, W. H. The performance of microbial flocs produced with aquaculture waste as food for *Artemia*. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1440-1448, 2017.
- LUZ, R. K.; SALARO, A. L.; SOUTO, E. F.; OKANO, W. Y.; LIMA, R. R. Condicionamento alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias cf. lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1881-1885, 2002.
- LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Effect of prey concentrations and feed training on production of *Hoplias lacerdae* juvenile. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 1125-1132, 2015.
- MANICKAM, N.; BHAVAN, P. S.; SANTHANAM, P. Evaluation of nutritional profiles of wild mixed zooplankton in Sular and Ukkadam Lakes of Coimbatore, South India. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 17, n. 3, p. 509-517, 2017.
- MARINHO, M. M. F.; NETTO-FERREIRA, A. L. Lebiasinidae. In: QUEIROZ, L. J.; TORRENTE-VILARA, G.; OHARA, W. M.; PIRES, T. H. S.; ZUANON, J.; DORIA, C. R. C. (Eds.). **Peixes do rio Madeira**, 2. ed., São Paulo: Santo Antônio Energia, 2013. p.78-89.
- MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. **Copeia**, v. 2005, n. 4, p. 751-764, 2005.
- MENOSSE, O. C. C.; TAKATA, R.; SÁNCHEZ-AMAYA, M. I.; FREITAS, T. M.; YÚFERA, M.; PORTELLA, M. C. Crescimento e estruturas do sistema digestório de larvas de pacu alimentadas com dieta microencapsulada produzida experimentalmente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 1-10, 2012.
- MONTAG, L. F. A.; FREITAS, T. M. S.; WOSIACKI, W. B.; BARTHEM, R. B. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (Município de Melgaço e Portel, Pará – Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 3, n. 1, 11-34, 2008.
- MONTICINI, F. Breeding marine aquarium fishes: Opportunity or threat for the local fishing community?. **INFOFISH International**, v. 5, n. 1, p. 32-36, 2019.
- MOTTA, J. H. S.; VIDAL-JÚNIOR, M. V.; GLÓRIA, L. S.; CRUZ-NETO, M. A.; DA

- SILVEIRA, L. S.; DE ANDRADE, D. R. Technical and economic feasibility of food strategies in the hatchery of *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae) in a recirculating aquaculture system. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 47, n. 4, p. 626-637, 2019.
- NASCIMENTO, M. D. P.; SCHORER, M.; SANTOS, J. C. E.; ROCHA, M. S. A.; PEDREIRA, M. M. Live and frozen *Artemia* nauplii for catfish *Lophiosilurus alexandri* (Steindachner, 1876) larvae in different salinities. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 2, p. 653-659, 2019.
- NETTO-FERREIRA, A. L.; OYAKAWA, O. T.; ZUANON, J.; NOLASCO, J. C. *Lebiasina yepezi*, a new Lebiasininae (Characiformes: Lebiasinidae) from the Serra Parima-Tapirapecó mountains. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 4, p. 767-775, 2011.
- OLIVEIRA, L. C. C.; SILVA-NETO, E. D. A.; PINHEIRO-JUNIOR, A. D. S.; EIRAS, B. J. C. F.; VERAS, G. C.; DE MOURA, L. B.; CAMPELO, D. A. V. Effect of prey concentrations and salinized water on initial development of *Pyrhulina brevis* (Steindachner, 1876), an Amazonian ornamental fish. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e381985582 [1-19], 2020a.
- OLIVEIRA, L. C. C.; COSTA, L. G. B.; EIRAS, B. J. C. F.; BRABO, M. F.; VERAS, G. C.; DE MOURA, L. B.; SALARO, A. L.; CAMPELO, D. A. V. Feeding strategy induces compensatory growth in *Heros severus* fingerlings, an Amazonian ornamental fish. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100436 [1-6], 2020b.
- PAIXÃO, D. J. M. R.; BRABO, M. F.; SOARES, L. M. O.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Optimal feeding frequency for *Heros severus* (Heckel, 1840), an Amazon ornamental fish. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. e20170055 [1-7], 2019.
- PAZIN, V. F. V.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J.; MENDONÇA, F. P. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. **Freshwater Biology**, v. 51, n. 6, p. 1025-1037, 2006.
- PEREIRA, S. L.; GONÇALVES JUNIOR, L. P.; AZEVEDO, R. V.; MATIELO, M. D.; SELVATICI, P. D. C.; AMORIM, I. R.; MENDONÇA, P. P. Diferentes estratégias alimentares na larvicultura do acará-bandeira (*Peterolophyllum scalare*, Cichlidae). **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 91-98, 2016.
- PORTELLA, M. C.; DABROWSKI, K. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: CYRINO, J. E. P.; BUREAU, D. P.; KAPOOR, B. G. (Eds.). **Feeding and digestive functions of fishes**. Enfield: Science Publishers, 2008. p. 227-279.
- PORTELLA, M. C.; JOMORI, R. K.; LEITÃO, N. J.; MENOSSI, O. C. C.; FREITAS, T. M.; KOJIMA, J. T.; LOPES, T. S.; CLAVIJO-AYALA, J. A.; CARNEIRO, D. J. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): **A review**. **Aquaculture**, v. 432, n. 1, p. 402-417, 2014.
- RAJA, K.; AANAND, P.; PADMAVATHY, S.; SAMPATHKUMAR, J. S. Present and future market trends of Indian ornamental fish sector. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 7, n. 2, p. 6-15, 2019.
- RAMOS, F. M.; ABE, H. A.; HOLLATZ, T. G.; FUJIMOTO, R. Y. Efeito da condutividade

na reprodução e oferta de alimento em juvenis de peixe-folha, *Monocirrhus polyacanthus* (Heckel, 1840) (Polycentridae, Perciformes). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 8, n. 1, p. 34-48, 2015.

RAMOS, F. M.; ABE, H. A.; FUJIMOTO, R. Y. Survival and growth of early life stages of leaf fish (*Monocirrhus polyacanthus*, Heckel 1840) cultured under different stocking densities and live food densities. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 32, n. 5, p. 954-959, 2016.

RAMOS, F. M.; ABE, H. A.; COUTO, M. V. S.; PAIXÃO, P. E. G.; MARTINS, M. L.; CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. *Terminalia catappa* improves growth performance and survival of the Amazon leaf fish (*Monocirrhus polyacanthus*) larvae submitted to handling stress. **Aquaculture Research**, p. 1-4, 2020.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

REIS, R. G. A.; ALVES, P. C. J.; ABE, H. A.; SOUSA, N. C.; PAIXÃO, P. E. G.; PALHETA, G. D. A.; DE MELO, N. F. A. C.; FUJIMOTO, R. Y.; LUZ, R. K.; TAKATA, R. Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 5, p. 1995-2003, 2021.

RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial no mercado de peixes ornamentais. **Panorama da aquicultura**, p. 32-45, 2008.

RIBEIRO, F. A. S.; MARCO, T. L.; FERNANDES, C. J. B. K. Panorama do mercado de organismos aquáticos ornamentais. **Sociedade Brasileira de Limnologia**, v. 38, n. 2-3, p. 2-10, 2010.

RØNNESTAD, I.; CONCEIÇÃO, L. E. C. *Artemia* protein is processed very fast in *Solea senegalensis* larvae: A dynamic simulation model. **Aquaculture**, v. 350-353, n. 1, p. 154-161, 2012.

SABINO, J.; ZUANON, J. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 8, n. 3, p. 201-210, 1998.

SANTOS, J. C. E.; LUZ, R. K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v. 287, n. 3-4, p. 324-328, 2009.

SANTOS, J. C. E.; CORREIA, E. S.; LUZ, R. K. Effect of daily *artemia* nauplii concentrations during juvenile production of *Lophiosilurus alexandri*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. esp., p. 771-776, 2015.

SANTOS, A. E.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, T. G.; MOURA, G. S.; SANTOS, J. C. E.; SILVA, R. C. Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 1, p. 9-16, 2016.

SANTOS, F. A. C.; JULIO, G. S. C.; LUZ, R. K. Stocking density in *Colossoma macropomum* larviculture, a freshwater fish, in recirculating aquaculture system.

**Aquaculture Research**, v. 52, n. 3, p. 1185-1191, 2021.

SANTOS, F. A. C.; JULIO, G. S. C.; BATISTA, F. S.; MIRANDA, L. N. L.; PEDRAS, P. P. C.; LUZ, R. K. High stocking densities in the larviculture of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system: Performance, survival and economic viability. **Aquaculture**, v. 552, n. 1, p. 738016 [1-7], 2022.

SATAM, S. B.; SAWANT, N. H.; GHUGHUSKAR, M. M.; SAHASTRABUDDHE, V. D.; NAIK, V. V.; PAGARKAR, A. U.; CHOGALE, N. D.; METAR, S. Y.; SHINDE, K. M.; SADAWARTE, V. R.; SAWANT, A. N.; SINGH, H.; SAWANT, P. A.; PATIL, V. K.; RANE, A. D.; HALDANKAR, P. M.; BHATTACHARYYA, T. Ornamental Fisheries: A new Avenue to Supplement Farm Income. **Advanced Agricultural Research & Technology Journal**, v. 2, n. 2, p. 193-197, 2018.

SILVA, N. C. S.; COSTA, A. J. L.; LOUVISE, J.; SOARES, B. E.; REIS, V. C. S.; ALBRECHT, M. P.; CARAMASCHI, É. P. Resource partitioning and ecomorphological variation in two syntopic species of Lebiasinidae (Characiformes) in an Amazonian stream. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 25-36, 2016.

SILVA, R. D.; PEARCE-KELLY, P.; ZIMMERMAN, B.; KNOTT, M.; FODEN, W.; CONDE, D. A. Assessing the conservation potential of fish and corals in aquariums globally. **Journal for Nature Conservation**, v. 48, n. 1, p. 1-11, 2019a.

SILVA, T. B. A.; EPIFÂNIO, C. M. F.; DANTAS, F. D. M.; ROCHA, T. L. P. D.; GONÇALVES, L. U.; DAIRIKI, J. K. Slightly salinized water enhances the growth and survival of *Arapaima gigas* larvae. **Aquaculture research**, v. 50, n. 3, p. 951-956, 2019b.

SOUSA, A. L. P.; MACIEL, L. A. M.; RODRIGUES, L. R. R. Estudo da comercialização de peixes ornamentais da família Loricariidae (Siluriformes) em Santarém/PA. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia (PUBVET)**, v. 12, n. 9, p. 1-7, 2018.

SOUZA, R. F. C.; ROMÃO JÚNIOR, J. G.; FONSECA, A. F.; LUZ, R. K.; TAKATA, R. Períodos de condicionamento alimentar de juvenis de pirarucu na transição da alimentação de ração úmida para seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 622-625, 2015.

SOUZA e SILVA, W.; COSTA, L. S.; LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; COSTA, N. C. S.; SANTOS, W. M.; RIBEIRO, P. A. P.; LUZ, R. K. Gene expression, enzyme activity and performance of Nile tilapia larvae fed with diets of different CP levels. **animal**, v. 13, n. 7, p. 1376-1384, 2019.

STEJSKAL, V.; MATOUSEK, J.; PROKESOVA, M.; PODHOREC, P.; SEBESTA, R.; DROZD, B. Combined effect of weaning time and co-feeding duration on growth and survival of peled *Coregonus peled* (Gmelin) larvae. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 434-441, 2018.

STEJSKAL, V.; GEBAUER, T.; SEBESTA, R.; NOWOSAD, J.; SIKORA, M.; BIEGAJ, M.; KUCHARCZYK, D. Effect of feeding strategy on survival, growth, intestine development, and liver status of maraena whitefish *Coregonus maraena* larvae. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, n. 1, p. 829-842, 2021.

TAKATA, R.; SOUZA e SILVA, W.; COSTA, D. C.; MELILLO-FILHO, R.; LUZ, R. K. Effect of water temperature and prey concentrations on initial development of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae), a freshwater fish.

**Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 4, p. 853-859, 2014.

TELETSCHEA, F. Ornamental fish trade: Overview and emerging questions. **INFOFISH International**, v. 5, n. 1, p. 8-11, 2019.

TLUSTY, M. F.; RHYNE, A. L.; KAUFMAN, L.; HUTCHINS, M.; REID, G. M.; ANDREWS, C.; BOYLE, P.; HEMDAL, J.; MCGILVRAY, F.; DOWD, S. Opportunities for Public Aquariums to Increase the Sustainability of the Aquatic Animal Trade. **Zoo Biology**, v. 32, n. 1, p. 01-12, 2013.

UN COMTRADE - **United Nations Commodity Trade Statistics Database**. New York: United Nations, 2018. Disponível em: <https://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?px=H1&cc=030110&r=76&y=2017>. Acesso em: 22 mar. 2019.

VEERAMANI, T.; SANTHANAM, P.; MANICKAM, N.; RAJTHILAK, C. Introduction to Artemia Culture. In: SANTHANAM, P.; BEGUM, A.; PACHIAPPAN, P. (Eds.). **Basic and Applied Zooplankton Biology**. Singapore: Springer, 2019. p. 209-224.

VERAS, G. C.; BRABO, M. F.; DIAS, J. A.; ABE, H. A.; NUNES, Z. M. P.; MURGAS, L. D. S. The effect of photoperiod and feeding frequency on larval of the Amazonian ornamental fish *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876). **Aquaculture research**, v. 47, n. 3, p. 797-803, 2014.

VERAS, G. C.; SOARES, L. M. O.; BRABO, M. F.; PAIXÃO, D. J. M. R.; DIAS, B. C. B.; ALVES, A. X.; MURGAS, L. D. S.; CAMPELO, D. A. V. Fotoperíodo e frequência alimentar na larvicultura do acará-bandeira *Pterophyllum scalare*. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 581-584, 2016.

VIEIRA, L. S.; NETTO-FERREIRA, A. L. New species of *Pyrrhulina* (Teleostei: Characiformes: Lebiasinidae) from the eastern Amazon, Pará, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. 2, p. e190013 [1-8], 2019.

WEITZMAN, M.; WEITZMAN, S. H. Family Lebiasinidae (Pencil fishes). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (Eds.). **Checklist of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. p. 241-250.

WEITZMAN, S. H.; WEITZMAN, M. Biogeography and evolutionary diversification in Neotropical freshwater fishes with comments on the refuge theory. In: PRANCES, G. T. (Ed.). **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 403-422.

ZUANON, J. A. S. Produção de peixes ornamentais nativos. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1., 2007, Dourados. Anais do I Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 1-9.

ZUANON, J. A. S.; SALARO, A. L.; FURUYA, W. M. Produção e nutrição de peixes ornamentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. esp., p. 165-174, 2011.

## CAPÍTULO II

### **CONCENTRAÇÃO DE PRESAS NA LARVICULTURA DE *Pyrrhulina brevis*, UM PEIXE ORNAMENTAL DA AMAZÔNIA**

Artigo elaborado de acordo com as normas da revista **Spanish Journal of  
Agricultural Research** (eISSN: 2171-9292)

## **Concentração de presas na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*, um peixe ornamental da Amazônia**

Leonnan C. C. de Oliveira<sup>1</sup>, Daniel A. V. Campelo<sup>2</sup>, Glauber D. A. Palheta<sup>1</sup> e Rodrigo Takata<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Av. Tancredo Neves nº 2501, 66077-830, Belém, Pará, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará, Instituto de Estudos Costeiros, Al. Leandro Ribeiro s/nº, 68600-000, Bragança, Pará, Brasil.

<sup>3</sup>Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Pç. Fonseca Ramos s/nº, 24030-020, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

**Autor correspondente:** Leonnan C. C. de Oliveira. E-mail: leonnanoliveira96@gmail.com

**Contribuição dos autores:** Coordenou e supervisionou o projeto de pesquisa e revisão crítica do manuscrito: DAVC, GDAP e RT. Concebeu, desenhou e executou os experimentos: DAVC, GDAP, RT e LCCO. Adquiriu, analisou e interpretou os dados e escreveu o manuscrito: RT e LCCO. Todos os autores escreveram, leram e aprovaram o manuscrito final.

**Número de tabelas e figuras:** 3 tabelas.

**Título corrente:** Concentração de presas na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*.

**Tema:** Produção animal.

**Agências/instituições financiadoras:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Projeto/Subsídio: (88887.502430/2020-00); Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD AMAZÔNIA), Projeto/Subsídio: (88887.200588/2018-00); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-DT) para RT, Projeto/Subsídio: (307400/2020-4).

**Interesses concorrentes:** Os autores declararam que não existem interesses concorrentes.



## Resumo

*Objetivo do estudo:* Avaliar a influência da concentração de presas, fixa e crescente, na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*.

*Área de estudo:* Laboratório de Peixes Ornamentais, Faculdade de Engenharia de Pesca, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus* Bragança, Estado do Pará, Brasil.

*Material e métodos:* O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (concentrações de presas (P): P<sub>150f</sub> - 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia, com uma quantidade fixa durante todo o experimento; e P<sub>50c</sub> - 50, P<sub>150c</sub> - 150, P<sub>250c</sub> - 250 e P<sub>350c</sub> - 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia, com quantidades corrigidas a cada seis dias de experimento, aumentando 50% em relação ao nível anterior) e quatro repetições. Ao final do experimento (30 dias), foram avaliados o desempenho produtivo, resistência ao estresse à exposição ao ar (10 minutos) e custo da matéria-prima do alimento.

*Principais resultados:* Maiores valores de desempenho e taxa de resistência ao estresse foram observados em larvas de *P. brevis* alimentadas com concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia ( $p < 0,05$ ), enquanto a concentração fixa de presa de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia e concentração crescente de presas inicial de 50 náuplios de *Artemia*/larva/dia foram prejudiciais para o desempenho e taxa de resistência ao estresse das larvas ( $p < 0,05$ ). O custo da matéria-prima do alimento foi afetado diretamente pelos tratamentos ( $p < 0,05$ ), com aumento do custo da matéria-prima do alimento observado quando se aumentavam as concentrações de presas fornecidas para as larvas.

*Destaques da pesquisa:* A concentração de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia, corrigida com aumentos periódicos durante a alimentação com alimento vivo, é a melhor estratégia para otimizar a eficiência alimentar na larvicultura de *P. brevis*.

**Palavras-chave adicionais:** peixe amazônico; náuplios de *Artemia*; aquicultura; caracídeo; manejo alimentar; fase larval; número de presas.

**Abreviaturas usadas:** CF (comprimento final); GC (ganho de comprimento); TCE<sub>(C)</sub> (taxa de crescimento específico para comprimento); PF (peso final); GP (ganho de peso); TCE<sub>(P)</sub> (taxa de crescimento específico para peso); UC (uniformidade de comprimento); UP (uniformidade de peso); TS (taxa de sobrevivência); CMA (custo da matéria-prima do alimento); RE (taxa de resistência ao estresse); CV (Coeficiente de variação).

## Abstract

*Aim of study:* To evaluate the influence of prey concentration, fixed and growing, in *Pyrrhulina brevis* larviculture.

*Area of study:* Laboratório de Peixes Ornamentais, Faculdade de Engenharia de Pesca, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará (UFPA), Bragança *Campus*, Pará State, Brazil.

*Material and methods:* The experimental design was completely randomized, with five treatments (prey concentrations (P): P<sub>150f</sub> - 150 *Artemia* nauplii/larvae/day, with a fixed amount throughout the experiment; and P<sub>50g</sub> - 50, P<sub>150g</sub> - 150, P<sub>250g</sub> - 250 and P<sub>350g</sub> - 350 *Artemia* nauplii/larvae/day, with amounts corrected every six days of experiment, increasing 50% in relation to the previous level) and four replicates. At the end of the experiment (30 days), were evaluated the growth performance, stress resistance to air exposure (10 minutes) and feedstock cost of the food.

*Main results:* Higher values for performance and stress resistance rate were observed in *P. brevis* larvae fed with increasing prey concentration initial of 350 *Artemia* nauplii/larvae/day ( $p < 0.05$ ), while the fixed prey concentration of 150 *Artemia* nauplii/larvae/day and increasing prey concentration initial of 50 *Artemia* nauplii/larvae/day were detrimental for the performance and stress resistance rate of the larvae ( $p < 0.05$ ). The feedstock cost of the food was directly affected by the treatments ( $p < 0.05$ ), with an increase in the feedstock cost of the food observed when the prey concentrations supplied to the larvae were increased.

*Research highlights:* The initial prey concentration of 350 *Artemia* nauplii/larvae/day, corrected with periodic increases during the feeding with live prey, is the best strategy to optimize feed efficiency in *P. brevis* larviculture.

**Additional key words:** amazonian fish; *Artemia* nauplii; aquaculture; characid; feeding management; larval stage; prey number.

**Abbreviations used:** FL (final length); LG (length gain); SGR<sub>(L)</sub> (specific growth rate for length); FW (final weight); WG (weight gain); SGR<sub>(W)</sub> (specific growth rate for weight); LU (length uniformity); WU (weight uniformity); SR (survival rate); FCF (feedstock cost of the food); RS (stress resistance rate); CV (Coefficient of variation).

## Introdução

A América do Sul possui a maior e mais variada ictiofauna de água doce do planeta, com destaque para a bacia Amazônica, onde são descritas mais de 2.700 espécies (Reis et al., 2016; Dagosta & De Pinna, 2019). Muitas espécies de peixes amazônicos são apreciadas no mercado de aquarofilia, devido à diversidade de formas, cores, tamanhos e comportamentos, fazendo com que alcancem valores econômicos significativos e elevada demanda no mercado internacional de peixes ornamentais (Araújo et al., 2020; Ferreira et al., 2020). Dentre as espécies amazônicas, a família Lebiasinidae possui diversas espécies de peixes que se destacam por possuir potencial nesse mercado (Abe et al., 2019; Oliveira et al., 2020a), devido às suas características atrativas, como corpo com diversos padrões e colorações, comportamento pacífico, tamanho de pequeno a médio porte e hábito social e gregário (Abe et al., 2015; Abe et al., 2019; Oliveira et al., 2020a).

A pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*) é um peixe lebiasínídeo que apresenta potencial de mercado e pode ser vendido por valores de até £2,48 por indivíduo adulto no mercado internacional de peixes ornamentais (ePond Shop, 2020). É um peixe pacífico, de corpo cilíndrico e alongado, boca superior, comprimento pequeno (7 a 8 cm) e cores em tons avermelhados (Weitzman & Weitzman, 2003). Esta espécie é encontrada em diferentes ambientes da bacia Amazônica, vivendo em cardumes, alimentando-se de microcrustáceos, invertebrados terrestres e aquáticos, perifítons e matéria orgânica em decomposição (Weitzman & Weitzman, 2003). Em cativeiro, a espécie apresenta boa adaptação às condições de cultivo, aceita facilmente os alimentos ofertados e possui informações científicas sobre manejo de reprodução avançadas (Veras et al., 2014). Contudo, a larvicultura desta espécie é considerada uma etapa crítica, devido à escassez de informações científicas, principalmente sobre manejos alimentares e exigências nutricionais (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a).

A larvicultura é considerada a fase mais importante e crítica na produção de muitas espécies de peixes em cativeiro, pois corresponde a fase de maior fragilidade desses animais (Evangelista et al., 2020; Reis et al., 2021). As larvas são sensíveis a vários fatores, como infecções patogênicas, manejos alimentares e mudanças nos parâmetros da água, que podem causar altas taxas de mortalidade e reduzir a produtividade (Zuanon et al., 2011; Dias et al., 2016; Abe et al., 2019). Além disso, durante os estágios iniciais de desenvolvimento, larvas de peixes com característica altricial apresentam reserva vitelínica limitada e um sistema digestivo imaturo no início da alimentação exógena (Portella & Dabrowski, 2008; Santos et al., 2016), com dificuldade na digestão de dietas formuladas e absorção de seus nutrientes,

sendo recomendado o uso de alimentos vivos (Fosse et al., 2013; Pereira et al., 2016).

Náuplios de *Artemia* se destacam entre os alimentos vivos utilizados na larvicultura de peixes (Abolhasani et al., 2013; Veeramani et al., 2019), devido à facilidade de produção em laboratório, alto valor nutricional, alta atratividade e tamanho adequado para abertura de boca das larvas (Menossi et al., 2012; Freitas et al., 2019; Motta et al., 2019), auxiliando também na maturação do sistema digestivo das larvas (Portella et al., 2014), o que aumenta a sobrevivência e crescimento dos peixes (Campelo et al., 2020; Oliveira et al., 2020b). No entanto, o uso de náuplios de *Artemia* na larvicultura gera alto custo econômico, devido à exigência contínua e elevados custos de produção (Stejskal et al., 2018; Oliveira et al., 2020b), tornando necessário definir uma estratégia de manejo alimentar adequada, visando fornecer uma concentração ideal de alimentos vivos para obter altas taxas de crescimento e sobrevivência, e evitar o desperdício de alimentos (Abe et al., 2016a; Ramos et al., 2016).

A quantidade de alimento vivo fornecido diariamente ao animal, definido como concentração de presas, é considerada uma característica espécie-específica e um fator importante na larvicultura de peixes, pois as larvas são sensíveis às variações na quantidade de alimento fornecido (Takata et al., 2014; Abe et al., 2019). Geralmente, quantidades insuficientes de alimento vivo prejudicam o crescimento, sobrevivência, uniformidade e qualidade dos peixes, devido à competição por alimento entre os indivíduos (Santos et al., 2015; Abe et al., 2019). Por outro lado, quantidades excessivas de alimento vivo levam ao aumento dos custos com alimentação e maior deterioração da qualidade da água (Luz & Portella, 2015). Dessa forma, determinar a concentração ideal de presas é um ponto relevante na aquicultura, pois permite otimizar o manejo alimentar, conciliando o desenvolvimento adequado dos peixes com baixo custo de produção (Abe et al., 2019; Oliveira et al., 2020b).

O uso de concentrações fixas de presas, ou seja, mantêm-se a quantidade de alimento vivo fornecido durante a larvicultura, tem sido recomendado para várias espécies de peixes ornamentais (Abe et al., 2016a; Ramos et al., 2016; Abe et al., 2019). Contudo, estudos vêm demonstrando que as exigências de alimento vivo pelas larvas de peixes aumentam durante todo o seu desenvolvimento, prejudicando o crescimento e a sobrevivência das larvas se a quantidade de alimento vivo fornecido não for adequada, exigindo correções na concentração de presas fornecidas na larvicultura, sendo recomendada uma concentração crescente de presas (Motta et al., 2019; Araújo et al., 2021; Reis et al., 2021). Em estudos anteriores foi definida uma concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia para larvas de *P. brevis* (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a); porém, não há informações científicas sobre o uso de concentrações crescentes de presas durante a larvicultura dessa espécie,

visando um melhor manejo alimentar e economia com alimento vivo.

Neste contexto, é essencial desenvolver pesquisas destinadas a definir e/ou melhorar os manejos alimentares na larvicultura de *P. brevis*, pois contribuirá para o desenvolvimento do seu pacote tecnológico de criação em cativeiro e tornará sua produção em escala comercial mais competitiva e economicamente atraente (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a). Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de concentrações crescentes de náuplios de *Artemia* durante a larvicultura de *P. brevis*, em comparação com uma concentração fixa de presas anteriormente indicada para essa espécie, sobre os parâmetros de desempenho produtivo, resistência ao estresse à exposição ao ar e custo da matéria-prima do alimento.

## **Material e métodos**

### **Peixes e desenho experimental**

O ensaio experimental foi conduzido no Laboratório de Peixes Ornamentais, da Faculdade de Engenharia de Pesca, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus* Bragança, Estado do Pará, Brasil. Para tanto, antes da realização do experimento todos os procedimentos e protocolos para uso de animais aqui descritos foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Pará, CEUA/UFPA (Número de aprovação: 7656100517).

As larvas de *P. brevis* utilizadas foram obtidas através de reprodução natural de matrizes mantidas no Laboratório de Peixes Ornamentais sob condições ambientais controladas. Foram utilizadas 200 larvas de *P. brevis* com sete dias pós-eclosão e apresentando peso e comprimento médio inicial de  $1,05 \pm 0,14$  mg e  $4,12 \pm 0,21$  mm, respectivamente. As larvas estavam no final do consumo do saco vitelínico, em um período suficiente para estar com abertura de boca ideal para aceitar náuplios de *Artemia* como alimento exógeno, conforme indicado por Abe et al. (2015).

Antes do início do experimento, as larvas de *P. brevis* foram distribuídas aleatoriamente em 20 aquários com volume útil de 1 L de água, na densidade de estocagem de 10 larvas/L. O ensaio experimental foi realizado em sistema semi-estático, em que todos os aquários possuíam oxigenação contínua através de um sistema de aeração individual e o laboratório foi mantido sob iluminação artificial, com fotoperíodo de aproximadamente 12/12 horas na condição de claro/escuro. Além disso, os aquários foram mantidos com água salinizada a 1 g/L de sal durante os 30 dias de experimento (Oliveira et al., 2020a).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco

tratamentos e quatro repetições, por um período de 30 dias. Foram avaliadas cinco concentrações de presas (P), sendo um tratamento controle (P<sub>150f</sub>), em que uma concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia foi fornecida durante todo o período experimental (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a), além disso, foram testadas quatro concentrações crescentes de presas iniciais (P<sub>50c</sub> - 50, P<sub>150c</sub> - 150, P<sub>250c</sub> - 250 e P<sub>350c</sub> - 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia). A quantidade crescente de alimento vivo foi corrigida a cada seis dias de experimento, através do aumento de 50% em relação ao nível anterior (Tabela 1). As concentrações crescentes de presas inicial usadas foram baseadas em estudos com larvas de outras espécies de peixes ornamentais de água doce (Araújo et al., 2021; Reis et al., 2021).

**Tabela 1.** Concentração diária de presas (P) (náuplios de *Artemia*/larva/dia) fornecida às larvas de *Pyrrhulina brevis* durante os 30 dias do ensaio experimental

Tratamentos	Período de alimentação				
	1-6 dias	7-12 dias	13-18 dias	19-24 dias	25-30 dias
	Concentração diária de presas (náuplios de <i>Artemia</i> /larva/dia)				
P <sub>150f</sub>	150	150	150	150	150
P <sub>50c</sub>	50	75	113	169	253
P <sub>150c</sub>	150	225	338	506	759
P <sub>250c</sub>	250	375	563	844	1266
P <sub>350c</sub>	350	525	788	1181	1772

As larvas de *P. brevis* foram alimentadas quatro vezes ao dia com náuplios de *Artemia* recém-eclodidos, em intervalos de três horas entre as refeições, nos horários de 08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas. Esse manejo foi adaptado de Abe et al. (2015) e Oliveira et al. (2020a), com mudanças nos horários de alimentação, mas mantendo a frequência alimentar. O manejo de limpeza dos aquários foi realizado diariamente, com trocas parciais de cerca de 60% do volume útil de água de cada aquário. Para tanto, todos os aquários foram sifonados duas vezes ao dia, após 1 hora da última alimentação da manhã e da tarde (12:00 e 18:00 horas), com trocas parciais de cerca de 30% do volume útil de água de cada aquário em cada horário. A sifonagem foi feita no fundo dos aquários, para retirada de fezes e possíveis resíduos alimentares. As larvas de *P. brevis* foram contadas durante o manejo de limpeza, para adequação das concentrações das presas em caso de mortalidade dos animais.

### Eclosão de *Artemia*

Os náuplios de *Artemia* foram obtidos diariamente após incubação dos cistos (5 g/L)

em recipientes (2 L) com água salinizada (35 g/L), temperatura em  $28,06 \pm 0,41$  °C, sistema de aeração constante e iluminação artificial por 24 horas. Após a eclosão, a aeração foi retirada e os náuplios vivos foram coletados da suspensão de cistos não eclodidos por sifonagem. Os náuplios de *Artemia* foram então filtrados em malha de 120  $\mu\text{m}$  e lavados duas vezes com água doce corrente para remover as impurezas e o sal. Em seguida, os náuplios eclodidos foram transferidos para 200 mL de água doce e a densidade média dos náuplios foi estimada coletando-se um volume de 0,5 mL, para determinação do valor médio dos náuplios por mL. A contagem dos náuplios foi realizada sob estereomicroscópio (QUIMIS Q714Z-2; Brasil) com aumento de 40x. Após estimar a densidade de náuplios, foi calculada a quantidade de náuplios de *Artemia* pelo volume a ser fornecido em cada tratamento.

### **Parâmetros de qualidade da água**

Durante todo o ensaio experimental, a água salinizada dos aquários foi mensurada diariamente, no horário da tarde, enquanto a temperatura ( $27,16 \pm 0,16$  °C), pH ( $6,72 \pm 0,33$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $6,19 \pm 0,29$  mg/L) e a condutividade elétrica da água ( $2,06 \pm 0,15$  mS/cm) foram aferidos a cada três dias, no horário da manhã, por meio de uma sonda multiparâmetro portátil (HORIBA U-50; EUA). Além disso, o nível de amônia total ( $0,32 \pm 0,17$  mg/L) foi mensurado a cada três dias, no horário da manhã, usando um método colorimétrico, Kit Labcon Test (Indústria e Comércio de Alimentos Desidratados Alcon; Brasil). Todos os parâmetros avaliados permaneceram constantes, dentro das condições adequadas para larvicultura de *P. brevis* (Oliveira et al., 2020a; Abe et al., 2021a).

### **Desempenho produtivo**

No início do ensaio experimental, para a biometria inicial, devido ao pequeno tamanho e fragilidade das larvas, uma amostra de 40 animais (20% do lote) foi separada, e os peixes foram individualmente pesados em balança analítica de precisão (GEHAKA AG200; 0,0001 g precisão; Brasil) e medidos com paquímetro digital (PANTEC-150; 0,01 mm; Brasil) para estimar o peso e o comprimento médio inicial. Além disso, ao final do ensaio experimental, 6 a 7 peixes foram coletados aleatoriamente de cada repetição (de acordo com o número de peixes sobreviventes) de cada tratamento, onde foram inicialmente submetidos a jejum por 12 horas e depois anestesiados com solução de 80 mg/L do anestésico eugenol (Cordeiro et al., 2016) e pesados e medidos, utilizando a mesma balança analítica de precisão e paquímetro digital, respectivamente, para determinar os parâmetros de desempenho produtivo.

Os parâmetros de desempenho produtivo determinados foram: Comprimento final (CF);

Ganho de comprimento (GC)  $GC = \text{comprimento final} - \text{comprimento inicial}$ ; Peso final (PF); Ganho de peso (GP)  $GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$ ; Taxa de crescimento específico para comprimento ( $TCE_{(C)}$ ) e peso ( $TCE_{(P)}$ ) sendo  $TCE_{(C)} = ((\ln \text{ comprimento final} - \ln \text{ comprimento inicial}) / \text{número de dias de experimento}) * 100$  e  $TCE_{(P)} = ((\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{número de dias de experimento}) * 100$ ; Uniformidade do lote para comprimento (UC) e peso (UP) sendo  $UC = (\text{número de peixes com comprimento variando } \pm 20\% \text{ da média em cada unidade experimental} / \text{número total de peixes por unidade experimental}) * 100$  e  $UP = (\text{número de peixes com peso variando } \pm 20\% \text{ da média em cada unidade experimental} / \text{número total de peixes por unidade experimental}) * 100$  (Furuya et al., 1998); e Taxa de sobrevivência (TS)  $TS = (\text{número final de peixes} / \text{número inicial de peixes}) * 100$ .

### **Custo da matéria-prima do alimento**

O custo da matéria-prima do alimento (cistos de *Artemia*) foi avaliado ao final do ensaio experimental. Para tanto, o cálculo considerou a quantidade de náuplios de *Artemia* utilizada para a larvicultura de mil peixes e as taxas de sobrevivência encontradas em cada repetição de acordo com as diferentes concentrações de presas, fixa ou crescentes, utilizadas durante os 30 dias do ensaio de alimentação, seguindo metodologia adaptada de Mankiw (2020) e Oliveira et al. (2020b). Além disso, o cálculo do custo da matéria-prima do alimento também considerou a proporção de 280 mil cistos de *Artemia* por grama de produto comercial, taxa de eclosão de náuplios de *Artemia* de 85%, segundo informações do produtor (Artemia Salina RN; Brasil) e valor de US\$ 44,00 por quilograma de cistos, sendo que este preço do quilograma de cistos de *Artemia* foi determinado com base nos valores encontrados para comercialização deste produto na região amazônica, onde o experimento foi realizado.

### **Resistência ao estresse à exposição ao ar**

A resistência ao estresse à exposição ao ar foi realizada com 3 peixes coletados aleatoriamente de cada repetição (12 peixes por tratamento) e mantidos nas mesmas unidades experimentais, seguindo metodologia adaptada de Souza e Silva et al. (2021). Os peixes inicialmente jejuaram por 12 horas e depois foram colocados em uma peneira submersa em água dentro dos mesmos aquários. Posteriormente, os peixes foram expostos ao ar por 10 minutos, onde a peneira foi retirada da água, coberta com tela para evitar a fuga dos peixes e colocada sobre papel secante para retirar o excesso de água. Em seguida, cada peneira foi submersa e os animais foram realocados para seus aquários de origem, onde permaneceram por 96 horas, sendo realimentados com a concentração de presas usada antes do término do



ensaio experimental. A sobrevivência foi determinada a partir do período imediatamente após o teste até 96 horas, e então a taxa de resistência ao estresse (RE) foi calculada como a porcentagem de sobrevivência em 12, 24, 48, 72 e 96 horas.

### **Análise estatística**

Para verificação da normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Depois que as premissas foram satisfeitas, uma análise de variância (ANOVA) *one-way* (fator único) a 5% de significância foi realizada. Em seguida, nos valores que apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ), foi realizado o teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS (SPSS Inc.; versão 23.0; EUA).

### **Resultados**

As larvas de *P. brevis* alimentadas com P<sub>350c</sub> apresentaram os maiores valores ( $p < 0,05$ ) de comprimento (CF, GC e TCE<sub>(C)</sub>) e peso (PF, GP e TCE<sub>(P)</sub>), em comparação aos demais tratamentos (Tabela 2). As larvas de *P. brevis* alimentadas com P<sub>150f</sub> e com P<sub>50c</sub> apresentaram os menores valores ( $p < 0,05$ ) de comprimento (CF, GC e TCE<sub>(C)</sub>) e peso (PF, GP e TCE<sub>(P)</sub>), em comparação com as demais concentrações de presas. Por outro lado, a uniformidade do lote (UC e UP) e a taxa de sobrevivência (TS) das larvas de *P. brevis* não apresentaram diferença ( $p > 0,05$ ), independente das concentrações de presas utilizadas.

O custo da matéria-prima do alimento (CMA) foi diretamente proporcional às concentrações de presas fornecidas às larvas de *P. brevis* ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). O maior valor foi encontrado no tratamento P<sub>350c</sub> ( $p < 0,05$ ), em comparação aos demais tratamentos. O menor valor foi encontrado no tratamento P<sub>50c</sub> ( $p < 0,05$ ), em comparação com as demais concentrações de presas. O custo da matéria-prima do alimento foi 84,16%, 86,06%, 57,15% e 28,55% menor para P<sub>150f</sub>, P<sub>50c</sub>, P<sub>150c</sub> e P<sub>250c</sub>, respectivamente, quando comparados à P<sub>350c</sub>.

**Tabela 2.** Desempenho produtivo e custo da matéria-prima do alimento (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes concentrações de presas

Parâmetro	Tratamento <sup>3</sup>					Valor de $p$ <sup>4</sup>	CV (%) <sup>5</sup>
	P <sub>150f</sub>	P <sub>50c</sub>	P <sub>150c</sub>	P <sub>250c</sub>	P <sub>350c</sub>		
<b>Desempenho produtivo<sup>1</sup></b>							
CF (mm)	14,61 $\pm$ 0,31d	14,97 $\pm$ 0,14d	19,54 $\pm$ 0,26c	21,54 $\pm$ 0,26b	22,50 $\pm$ 0,40a	0,0001	2,13
GC (mm)	10,49 $\pm$ 0,31d	10,85 $\pm$ 0,14d	15,42 $\pm$ 0,26c	17,42 $\pm$ 0,26b	18,38 $\pm$ 0,40a	0,0001	2,74
TCE <sub>(C)</sub> (%/dia)	4,22 $\pm$ 0,07d	4,30 $\pm$ 0,03d	5,19 $\pm$ 0,04c	5,51 $\pm$ 0,04b	5,66 $\pm$ 0,06a	0,0001	1,41
PF (mg)	22,95 $\pm$ 1,52d	26,32 $\pm$ 0,89d	60,14 $\pm$ 1,00c	82,54 $\pm$ 3,66b	94,25 $\pm$ 3,77a	0,0001	5,98
GP (mg)	21,90 $\pm$ 1,52d	25,27 $\pm$ 0,89d	59,09 $\pm$ 1,00c	81,48 $\pm$ 3,66b	93,20 $\pm$ 3,77a	0,0001	6,09
TCE <sub>(P)</sub> (%/dia)	10,26 $\pm$ 0,22e	10,73 $\pm$ 0,11d	13,48 $\pm$ 0,06c	14,53 $\pm$ 0,14b	14,98 $\pm$ 0,14a	0,0001	1,45
UC (%)	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	-	-
UP (%)	66,67 $\pm$ 9,52	79,76 $\pm$ 23,21	82,14 $\pm$ 19,64	85,71 $\pm$ 14,29	89,29 $\pm$ 10,71	0,6718	27,77
TS (%)	97,50 $\pm$ 3,75	97,50 $\pm$ 3,75	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	0,5732	3,19
<b>Custo da matéria-prima do alimento<sup>2</sup></b>							
CMA (US\$)	0,81 $\pm$ 0,03d	0,71 $\pm$ 0,03e	2,19 $\pm$ 0,00c	3,66 $\pm$ 0,00b	5,12 $\pm$ 0,00a	0,0001	0,95

<sup>1</sup>Comprimento final (CF), ganho de comprimento (GC), taxa de crescimento específico para comprimento (TCE<sub>(C)</sub>), peso final (PF), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico para peso (TCE<sub>(P)</sub>), uniformidade de comprimento (UC), uniformidade de peso (UP) e taxa de sobrevivência (TS); <sup>2</sup>Custo da matéria-prima do alimento (CMA); <sup>3</sup>Concentração fixa de presas: P<sub>150f</sub> - 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia; e Concentração crescente de presas: P<sub>50c</sub> - 50, P<sub>150c</sub> - 150, P<sub>250c</sub> - 250 e P<sub>350c</sub> - 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia; Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=4); <sup>4</sup>Valor de  $p$  determinado por Análise de Variância (ANOVA); <sup>5</sup>Coeficiente de variação (CV).

A taxa de resistência ao estresse (RE) das larvas de *P. brevis* as 12 e 24 horas pós-teste não apresentou diferença ( $p>0,05$ ), independente das concentrações de presas utilizadas (Tabela 3). Após 48, 72 e 96 horas pós-teste, as larvas de *P. brevis* alimentadas com P<sub>150c</sub>, P<sub>250c</sub> e P<sub>350c</sub> apresentaram os maiores valores ( $p<0,05$ ) de taxa de resistência ao estresse, em comparação aos demais tratamentos. As larvas de *P. brevis* alimentadas com P<sub>150f</sub> e com P<sub>50c</sub> apresentaram os menores valores ( $p<0,05$ ) de taxa de resistência ao estresse, em comparação com as demais concentrações de presas. Não houve mortalidade entre 48 e 96 horas.

**Tabela 3.** Taxa de resistência ao estresse (RE, em porcentagem) (média  $\pm$  desvio padrão) durante 96 horas pós-teste, de larvas de *Pyrrhulina brevis* após 30 dias de alimentação com diferentes concentrações de presas

Tratamento <sup>1</sup>	Taxa de resistência ao estresse (RE em %)				
	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
P <sub>150f</sub>	66,67 $\pm$ 16,67	66,67 $\pm$ 16,67	50,00 $\pm$ 16,67b	50,00 $\pm$ 16,67b	50,00 $\pm$ 16,67b
P <sub>50c</sub>	58,33 $\pm$ 12,50	58,33 $\pm$ 12,50	50,00 $\pm$ 16,67b	50,00 $\pm$ 16,67b	50,00 $\pm$ 16,67b
P <sub>150c</sub>	83,33 $\pm$ 16,67	83,33 $\pm$ 16,67	83,33 $\pm$ 16,67ab	83,33 $\pm$ 16,67ab	83,33 $\pm$ 16,67ab
P <sub>250c</sub>	91,67 $\pm$ 12,50	91,67 $\pm$ 12,50	91,67 $\pm$ 12,50a	91,67 $\pm$ 12,50a	91,67 $\pm$ 12,50a
P <sub>350c</sub>	91,67 $\pm$ 12,50	91,67 $\pm$ 12,50	91,67 $\pm$ 12,50a	91,67 $\pm$ 12,50a	91,67 $\pm$ 12,50a
<b>Valor de <math>p^2</math></b>	0,1004	0,1004	0,0059	0,0059	0,0059
<b>CV (%)<sup>3</sup></b>	25,17	25,17	24,90	24,90	24,90

<sup>1</sup>Concentração fixa de presas: P<sub>150f</sub> - 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia; e Concentração crescente de presas: P<sub>50c</sub> - 50, P<sub>150c</sub> - 150, P<sub>250c</sub> - 250 e P<sub>350c</sub> - 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia; Valores médios na mesma coluna, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=4); <sup>2</sup>Valor de  $p$  determinado por Análise de Variância (ANOVA); <sup>3</sup>Coefficiente de variação (CV).

## Discussão

A alimentação dos peixes é um fator crítico e desafiador na larvicultura, sendo a concentração de presas muito importante, pois influencia diretamente no desenvolvimento e sobrevivência das larvas (Campelo et al., 2019; Motta et al., 2019; Araújo et al., 2021; Reis et al., 2021). Além disso, devido ao rápido crescimento dos peixes durante a larvicultura, supõe-se que as larvas necessitam de uma concentração ótima de presas, ou seja, uma quantidade de alimento vivo fornecido que proporcione o máximo crescimento dos animais (Abe et al., 2019; Campelo et al., 2019; Reis et al., 2021). Por isso, é importante observar a proporção de alimento vivo a ser fornecido, visando melhorar a utilização dos alimentos pelos peixes e reduzir os custos com alimentação na larvicultura (Motta et al., 2019; Oliveira et al., 2020b).

No presente estudo, as larvas de *P. brevis* alimentadas com concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia apresentaram os maiores valores de comprimento e peso. Quantidades próximas dessa concentração crescente de presas inicial foram recomendadas para a larvicultura de *Pseudoplatystoma corruscans* (Santos & Luz, 2009) e *Carassius auratus* (Besen et al., 2021), com a concentração crescente de presas inicial de 300 náuplios de *Artemia*/larva/dia e *Hypancistrus* sp. (Reis et al., 2021), com a concentração crescente de presas inicial de 400 náuplios de *Artemia*/larva/dia.

A concentração ótima de presas é considerada espécie-específica e está atrelada às particularidades de cada espécie e as condições de criação, principalmente com as variáveis físicas e químicas da água. Geralmente, as maiores taxas de crescimento e sobrevivência dos peixes estão relacionadas às maiores concentrações de presas fornecidas, devido à maior disponibilidade e características favoráveis do alimento vivo (alta atratividade, digestibilidade, palatabilidade, etc.) para as larvas (Zeytin et al., 2016; Abe et al., 2019). Nesse contexto, estudos avaliando a concentração ideal de presas foram realizados e definiram a concentração crescente de presas inicial de 200 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Leporinus macrocephalus* (Jomori et al., 2013), 500 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Hypsolebias radiseriatus* (Araújo et al., 2021), 700 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Rhinelepis aspera* (Santos et al., 2012), *Rhamdia quelen* (Fabregat et al., 2015) e *Lophosilurus alexandri* (Gargur et al., 2017), 900 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Prochilodus costatus*, *L. alexandri* (Santos & Luz, 2009) e *Hoplias lacerdae* (Luz & Portella, 2015), 1.000 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Astronotus ocellatus* e 1.250 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Brycon amazonicus* (Jomori et al., 2013), 1.300 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *L. alexandri* (Takata et al., 2014) e 1.600 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *L. alexandri* (Santos et al., 2015). No entanto, existe um limite de alimento vivo consumido pelas larvas e quantidades excessivas podem afetar o crescimento dos peixes e reduzir a eficiência alimentar, além de aumentar os custos com alimentação e reduzir a qualidade da água do ambiente de criação (Takata et al., 2014; Zeytin et al., 2016).

Muitos estudos avaliaram a concentração fixa de presas e obtiveram bons resultados de crescimento e sobrevivência na larvicultura de espécies de peixes ornamentais, como 100 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Nannostomus beckfordi* (Abe et al., 2019) e *Monocirrhus polyacanthus* (Ramos et al., 2016), 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *Pterophyllum scalare* (Campelo et al., 2019) e *Heros severus* (Campelo et al., 2019; Oliveira et al., 2020b), 200 náuplios de *Artemia*/larva/dia para o híbrido “flowerhorn” (Abe et al., 2021b) e 250 náuplios de *Artemia*/larva/dia para *H. severus* (Abe et al., 2016a). Em estudos anteriores, Abe

et al. (2015) e Oliveira et al. (2020a) recomendaram a concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia para a larvicultura de *P. brevis*. Contudo, no presente estudo, as larvas de *P. brevis* alimentadas com concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia e com concentração crescente de presas inicial de 50 náuplios de *Artemia*/larva/dia apresentaram os menores valores de comprimento e peso. Provavelmente, isso está relacionado ao aumento do gasto energético das larvas para captura do alimento vivo e à baixa disponibilidade de presas, que não atendeu eficientemente as necessidades alimentares e nutricionais necessárias para o desenvolvimento adequado das larvas.

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que a concentração fixa de presas de 150 náuplios de *Artemia*/larva/dia não é suficiente para fornecer condições de alimentação adequadas para promover o máximo crescimento dos peixes. Além disso, o manejo de corrigir a concentração de presas através de aumentos periódicos durante a larvicultura, é considerado a melhor opção para a criação de larvas de *P. brevis*, pois, similarmente ao observado para outras espécies de peixes (Araújo et al., 2021; Besen et al., 2021; Reis et al., 2021), a necessidade de alimento vivo varia ao longo do desenvolvimento das larvas, prejudicando o crescimento e a sobrevivência dos peixes se a quantidade de alimento vivo fornecido não for adequada, sendo necessário aumentar periodicamente a concentração de presa fornecida na larvicultura dessa espécie. De forma semelhante, Motta et al. (2019) observaram a necessidade de correção da concentração de presas fornecida para larvas de *Cyprinus carpio*, sendo recomendado aumento diário de 10% na concentração de presas fornecida, pois proporcionou melhor crescimento quando comparado à concentração fixa de presas de 600 náuplios de *Artemia*/larva/dia. Muitos autores (Osse et al., 1997; Tesser & Portella, 2006) relatam que tais correções são necessárias devido à necessidade de atender a demanda energética dos peixes na fase larval, dada à alta taxa metabólica e intenso processo de crescimento, o que é observado através dos altos valores de taxa de crescimento específico.

A uniformidade do lote e a taxa de sobrevivência são fatores de relevância na produção de peixes ornamentais, pois os animais são vendidos por unidade e os peixes homogêneos facilitam o manejo e a comercialização (Dias et al., 2016; Veras et al., 2016). No presente estudo, a uniformidade do lote e a taxa de sobrevivência das larvas de *P. brevis* não foram afetadas pelas concentrações de presas utilizadas. De forma semelhante, fotoperíodos e frequências de alimentação (Veras et al., 2014) e concentrações fixas de presas em água doce (Abe et al., 2015) não afetaram a uniformidade do lote e a taxa de sobrevivência das larvas de *P. brevis*. Esta espécie tem hábito social e são comumente encontradas vivendo em cardumes (Abe et al., 2016b; Oliveira et al., 2020a), portanto, as disputas entre os indivíduos e

interações negativas são ausentes ou pouco intensas o suficiente para prejudicar a uniformidade do lote e a taxa de sobrevivência dos animais. Embora não tenha afetado a uniformidade do lote, a taxa de sobrevivência foi afetada quando as larvas de *P. brevis* foram submetidas a concentrações fixas de presas e salinidades (Oliveira et al., 2020a) e ciclos de privação alimentar e frequências de alimentação (Abe et al., 2021a), possivelmente, devido à disputa por recursos alimentares entre os animais.

O manejo alimentar adequado é considerado um fator importante para a manutenção da condição sanitária na larvicultura de peixes, sendo este parâmetro medido através de diferentes testes, como o de resistência ao estresse à exposição ao ar (Luz, 2007; Luz et al., 2012). No presente estudo, a taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis* não foi afetada pelas concentrações de presas durante o período de 12 e 24 horas pós-teste. No entanto, após 48, 72 e 96 horas pós-teste, as larvas de *P. brevis* apresentaram os maiores valores de taxa de resistência ao estresse quando alimentadas com concentração crescente de presas inicial de 150, 250 e 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia, indicando a necessidade de fornecer alimento em quantidades adequadas para melhorar a resistência dos peixes. Outros estudos demonstraram a importância do manejo alimentar adequado para obter peixes mais resistentes, como Luz (2007) que observou maiores valores de taxa de resistência ao estresse com fornecimento de alimento vivo no início da alimentação exógena de larvas de *A. ocellatus*, *Piaractus mesopotamicus* e *P. corruscans*, quando comparado ao fornecimento de dieta formulada, e Azevedo et al. (2016) que observaram maiores valores de taxa de resistência ao estresse quando se suplementou a dieta formulada com prebiótico, probiótico e simbiótico durante a transição alimentar de larvas de *Trichogaster leeri*.

A otimização do manejo alimentar deve ser realizado de forma a reduzir os custos com alimentação, uma vez que o uso de náuplios de *Artemia* torna a larvicultura de peixes altamente onerosa, estando diretamente relacionada à viabilidade econômica do empreendimento (Oliveira et al., 2020b). No presente estudo, o custo da matéria-prima do alimento foi diretamente proporcional às concentrações de presas fornecidas às larvas de *P. brevis*, com maior valor sendo encontrado no tratamento de concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia e menor valor encontrado no tratamento de concentração crescente de presas inicial de 50 náuplios de *Artemia*/larva/dia. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram registrados para a larvicultura de *C. carpio* (Motta et al., 2019) e *H. severus* (Oliveira et al., 2020b), sendo observado aumento no custo da matéria-prima do alimento conforme se aumentavam as concentrações de presas fornecidas para as larvas das respectivas espécies, demonstrando o elevado custo para utilização dos alimentos

vivos na larvicultura de peixes. Dessa forma, pode-se supor que o manejo alimentar adequado depende do custo da matéria-prima do alimento e da produtividade dos peixes, em termos de crescimento e sobrevivência das larvas (Stejskal et al., 2018; Oliveira et al., 2020b).

Em suma, foi possível constatar que a concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia está muito próxima da concentração ideal de presas para larvas de *P. brevis*, pois uma sobra de náuplios de *Artemia* foi observada entre as refeições. No entanto, o maior crescimento dos animais alimentados com o nível mais alto de concentração crescente de presas utilizada no presente estudo, gera uma incógnita se poderia haver um aumento no desempenho com o aumento da concentração de presas além do nível máximo estudado. Por esse motivo, sugere-se que estudos sejam realizados com maior amplitude de valores de concentração crescente de presas na larvicultura dessa espécie.

## Referências

- Abe HA, Dias JAR, Cordeiro CAM, Ramos FM, Fujimoto RY, 2015. *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876) como uma nova opção para a piscicultura ornamental nacional: larvicultura. Bol Inst Pesca 41 (1): 113-122.
- Abe HA, Dias JAR, Reis RGA, Sousa NC, Ramos FM, Fujimoto RY, 2016a. Manejo alimentar e densidade de estocagem na larvicultura do peixe ornamental amazônico *Heros severus*. Bol Inst Pesca 42 (3): 514-522.
- Abe HA, Dias JAR, Reis RGA, Couto MVS, Meneses JO, Fujimoto RY, 2016b. Extrato aquoso de canela como promotor de crescimento para larvas do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*. Bol Ind Anim 73 (4): 267-271.
- Abe HA, Dias JAR, Sousa NC, Couto MVS, Reis RGA, Paixão PEG, Fujimoto RY, 2019. Growth of Amazon ornamental fish *Nannostomus beckfordi* larvae (Steindachner, 1876) submitted to different stocking densities and feeding management in captivity conditions. Aquac Res 50 (8): 2276-2280.
- Abe HA, Reis RGA, Paixão PEG, Fujimoto RY, 2021a. Effect of short-term fasting and re-feeding on growth performance of larvae and juveniles *Pyrrhulina brevis*, an amazon ornamental fish. J Appl Aquac 1 (1): 1-13.
- Abe HA, Reis RGA, Barros FAL, Paixão PEG, Meneses JO, De Souza JCN, Fujimoto RY, 2021b. Optimal management improves Flowerhorn fish larviculture. Aquac Res 52 (5): 2353-2358.
- Abolhasani MH, Hosseini SA, Ghorbani R, Hoseini SM, Sudagar M, 2013. Efficacy of fish oil- and linseed oil-enriched *Artemia* nauplii on growth performance and stress resistance of tiger barb larvae (*Puntius tetrazona*). Int J Aquat Biol 1 (5): 228-232.

Araújo JG, Santos MAS, Rebello FK, Prang G, Almeida MC, Isaac VJ, 2020. Economic analysis of the threats posed to the harvesting of ornamental fish by the operation of the Belo Monte hydroelectric dam in northern Brazil. *Fish Res* 225 (1): 1-7.

Araújo LM, Gonçalves Junior LP, Silva e Silva W, Luz RK, 2021. Salinity and prey concentration on larviculture of killifish *Hypsolebias radiseriatus* (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Acta Sci - Anim Sci* 43 (1): e52075 [1-9].

Azevedo RV, Fosse Filho JC, Pereira SL, Andrade DR, Vidal Júnior MV, 2016. Prebiótico, probiótico e simbiótico para larvas de *Trichogaster leeri* (Bleeker, 1852, Perciformes, Osphronemidae). *Arq Bras Med Vet Zootec* 68 (3): 795-804.

Besen KP, Da Cunha L, Delziovio FR, Melim EWH, Cipriani LA, Gomes R, Skoronski E, Fabregat TEHP, 2021. Goldfish (*Carassius auratus*) larviculture in biofloc systems: Level of *Artemia* nauplii, stocking density and concentration of the bioflocs. *Aquaculture* 540 (1): 736738 [1-6].

Campelo DAV, Marques MHC, Marim OP, De Moura LB, Eiras BJCF, Brabo MF, Veras GC, 2019. Effects of feeding rates and feeding frequencies on growth performance, uniformity of the batch and survival rate of Amazon ornamental fish larvae. *Int J Fish Aquac* 11 (2): 23-28.

Campelo DAV, Rodrigues EDR, Dias BCB, Pinheiro-Junior ADS, Dos Santos LD, Brabo MF, De Moura LB, Veras GC, 2020. Utilização de diferentes alimentos na larvicultura do peixe ornamental amazônico Acará Severo. *Braz J Dev* 6 (3): 14035-14049.

Cordeiro NIS, Costa DC, Souza e Silva W, Takata R, Miranda-Filho KC, Luz RK, 2016. High stocking density during larviculture and effect of size and diet on production of juvenile *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). *J Appl Ichthyol* 32 (1): 61-66.

Dagosta FC, De Pinna M, 2019. The fishes of the Amazon: Distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. *Bull Am Mus Nat Hist* 431 (1): 1-163.

Dias JAR, Abe HÁ, Sousa NC, Ramos FM, Cordeiro CAM, Fujimoto RY, 2016. Uso do sal comum (NaCl) e densidade de estocagem durante a larvicultura de *Betta splendens*. *Bol Inst Pesca* 42 (3): 719-726.

ePond Shop, 2020. South American Characins: *Pyrrhulina brevis*. Reino Unido: Diapteron Ltd. <https://epond.eu/product/pyrrhulina-brevis-wild/>

Evangelista IR, Dos Santos LN, Dos Santos AFGN, 2020. Influence of salinity, temperature and photoperiod on eye asymmetry of *Amphirion ocellaris* larvae. *Aquaculture* 521 (1): 734976 [1-5].

Fabregat TEHP, Damian J, Fialho NS, Costa D, Broggi JÁ, Pereira RG, Takata R, 2015. Toxicidade aguda ao sal comum e larvicultura intensiva do jundiá *Rhamdia quelen* em água



salobra. Arq Bras Med Vet Zootec 67 (2): 547-554.

Ferreira VAM, Rodrigues TTE, Silva PG, Freitas CEC, Yamamoto KC, 2020. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil. Obs Econ Latinoam 1 (1): 1-30.

Fosse PJ, Mattos DC, Cardoso LD, Motta JHS, Jasper APS, Radael MC, Andrade DR, Vidal Júnior MV, 2013. Estratégia de coalimentação na sobrevivência e no crescimento de larvas de *Betta splendens* durante a transição alimentar. Arq Bras Med Vet Zootec 65 (6): 1801-1807.

Freitas TM, Lopes IG, Lopes TS, Buzollo H, Portella MC, 2019. Growth performance and incidence of skeletal anomalies in pacu larvae under different weaning protocols. Bol Inst Pesca 45 (1): e433 [1-8].

Furuya WM, Souza SR, Furuya VRB, Hayashi C, Ribeiro RP, 1998. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação. Cienc Rural 28 (3): 483-487.

Gargur P, Marinho SAM, Brito MFG, 2017. Influence of food type, amount, and frequencies on the larviculture of pacamã catfish *Lophiosilurus alexandri*. J Appl Aquac 30 (2): 125-136.

Jomori RK, Luz RK, Takata R, Fabregat TEHP, Portella MC, 2013. Água levemente salinizada aumenta a eficiência da larvicultura de peixes neotropicais. Pesq Agropec Bras 48 (8): 809-815.

Luz RK, 2007. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. Pesq Agropec Bras 42 (1): 65-72.

Luz RK, Ribeiro PAP, Ikeda AL, Santos AEH, Melillo-Filho R, Turra EM, Teixeira EA, 2012. Performance and stress resistance of Nile tilapias fed different crude protein levels. R Bras Zootec 41 (2): 457-461.

Luz RK, Portella MC, 2015. Effect of prey concentrations and feed training on production of *Hoplias lacerdae* juvenile. An Acad Bras Cienc 87 (2): 1125-1132.

Mankiw NG (ed), 2020. Principles of Microeconomics. 9. ed. Cengage Learning, Stamford, Estados Unidos da América. 528 p.

Menossi OCC, Takata R, Sánchez-Amaya MI, Freitas TM, Yúfera M, Portella MC, 2012. Crescimento e estruturas do sistema digestório de larvas de pacu alimentadas com dieta microencapsulada produzida experimentalmente. R Bras Zootec 41 (1): 1-10.

Motta JHS, Vidal-Júnior MV, Glória LS, Cruz-Neto MA, Da Silveira LS, De Andrade DR, 2019. Technical and economic feasibility of food strategies in the hatchery of *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae) in a recirculating aquaculture system. Lat Am J Aquat Res 47 (4): 626-637.

Oliveira LCC, Silva-Neto EDA, Pinheiro-Junior ADS, Eiras BJCF, Veras GC, De Moura LB,

Campelo DAV, 2020a. Effect of prey concentrations and salinized water on initial development of *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), an Amazonian ornamental fish. Res Soc Dev 9 (8): e381985582 [1-19].

Oliveira LCC, Costa LGB, Eiras BJCF, Brabo MF, Veras GC, De Moura LB, Salaro AL, Campelo DAV, 2020b. Feeding strategy induces compensatory growth in *Heros severus* fingerlings, an Amazonian ornamental fish. Aquac Rep 18 (1): 100436 [1-6].

Osse JWM, Van den Boogaart JGM, Van Snik GMJ, Van der Sluys L, 1997. Priorities during early growth of fish larvae. Aquaculture 155 (1-4): 249-258.

Pereira SL, Gonçalves Junior LP, Azevedo RV, Matiolo MD, Selvatici PDC, Amorim IR, Mendonça PP, 2016. Diferentes estratégias alimentares na larvicultura do acará-bandeira (*Peterolophyllum scalare*, Cichlidae). Acta Amaz 46 (1): 91-98.

Portella MC, Dabrowski K, 2008. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: Feeding and digestive functions of fishes; Cyrino JEP, Bureau DP, Kapoor BG (eds.). pp: 227-279. Science Publishers, Enfield.

Portella MC, Jomori RK, Leitão NJ, Menossi OCC, Freitas TM, Kojima JT, Lopes TS, Clavijo-Ayala JA, Carneiro DJ, 2014. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. Aquaculture 432 (1): 402-417.

Ramos FM, Abe HA, Fujimoto RY, 2016. Survival and growth of early life stages of leaf fish (*Monocirrhus polyacanthus*, Heckel 1840) cultured under different stocking densities and live food densities. J Appl Ichthyol 32 (5): 954-959.

Reis RE, Albert JS, Di Dario F, Mincarone MM, Petry P, Rocha LA, 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. J Fish Biol 89 (1): 12-47.

Reis RGA, Alves PCJ, Abe HA, Sousa NC, Paixão PEG, Palheta GDA, De Melo NFAC, Fujimoto RY, Luz RK, Takata R, 2021. Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae). Aquac Res 52 (5): 1995-2003.

Ribeiro PAP, Miranda-Filho KC, Melo DC, Luz RK, 2015. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). An Acad Bras Cienc 87 (1): 529-535.

Santos JCE, Luz RK, 2009. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. Aquaculture 287 (3-4): 324-328.

Santos JCE, Pedreira MM, Luz RK, 2012. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. Acta Sci - Biol Sci 34 (2): 133-139.

Santos JCE, Correia ES, Luz RK, 2015. Effect of daily *artemia* nauplii concentrations during juvenile production of *Lophiosilurus alexandri*. Bol Inst Pesca 41 (esp): 771-776.

Santos AE, Pedreira MM, Santos TG, Moura GS, Santos JCE, Silva RC, 2016. Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). Acta Sci - Anim Sci 38 (1): 9-16.

Souza e Silva W, Ferreira AL, Neves LC, Ferreira NS, Palheta GDA, Takata R, Luz RK, 2021. Effects of stocking density on survival, growth and stress resistance of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) reared in a recirculating aquaculture system (RAS). Aquac Int 29 (2): 609-621.

Stejskal V, Matousek J, Prokesova M, Podhorec P, Sebesta R, Drozd B, 2018. Combined effect of weaning time and co-feeding duration on growth and survival of peled *Coregonus peled* (Gmelin) larvae. Aquac Nutr 24 (1): 434-441.

Takata R, Souza e Silva W, Costa DC, Melillo-Filho R, Luz RK, 2014. Effect of water temperature and prey concentrations on initial development of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae), a freshwater fish. Neotrop Ichthyol 12 (4): 853-859.

Tesser MB, Portella MC, 2006. Ingestão de ração e comportamento de larvas de pacu em resposta a estímulos químicos e visuais. R Bras Zootec 35 (5): 1887-1892.

Veeramani T, Santhanam P, Manickam N, Rajthilak C, 2019. Introduction to Artemia Culture. In: Basic and Applied Zooplankton Biology; Santhanam P, Begum A, Pachiappan P (eds.). pp: 209-224. Springer, Singapore.

Veras GC, Brabo MF, Dias JA, Abe HA, Nunes ZMP, Murgas LDS, 2014. The effect of photoperiod and feeding frequency on larval of the Amazonian ornamental fish *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876). Aquac Res 47 (3): 797-803.

Veras GC, Paixão DJMR, Brabo MF, Soares LMO, Sales AD, 2016. Influence of photoperiod on growth, uniformity, and survival of larvae of the Amazonian ornamental *Heros severus* (Heckel, 1840). R Bras Zootec 45 (7): 422-426.

Weitzman M, Weitzman SH, 2003. Family Lebiasinidae (Pencil fishes). In: Checklist of the freshwater fishes of South and Central America; Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr. CJ (eds.). pp: 241-250. Edipucrs, Porto Alegre, Brasil.

Zeytin S, Schulz C, Ueberschär B, 2016. Diurnal patterns of tryptic enzyme activity under different feeding regimes in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) larvae. Aquaculture 457 (1): 85-90.

Zuanon JAS, Salaro AL, Furuya WM, 2011. Produção e nutrição de peixes ornamentais. R Bras Zootec 40 (esp): 165-174.

### **CAPÍTULO III**

## **TRANSIÇÃO ALIMENTAR NA LARVICULTURA DE *Pyrrhulina brevis*, UM PEIXE ORNAMENTAL DA AMAZÔNIA**

Artigo elaborado de acordo com as normas da revista **Spanish Journal of  
Agricultural Research** (eISSN: 2171-9292)

## **Transição alimentar na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*, um peixe ornamental da Amazônia**

Leonnan C. C. de Oliveira<sup>1</sup>, Daniel A. V. Campelo<sup>2</sup>, Glauber D. A. Palheta<sup>1</sup> e Rodrigo Takata<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Av. Tancredo Neves nº 2501, 66077-830, Belém, Pará, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará, Instituto de Estudos Costeiros, Al. Leandro Ribeiro s/nº, 68600-000, Bragança, Pará, Brasil.

<sup>3</sup>Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, Pç. Fonseca Ramos s/nº, 24030-020, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

**Autor correspondente:** Leonnan C. C. de Oliveira. E-mail: leonnanoliveira96@gmail.com

**Contribuição dos autores:** Coordenou e supervisionou o projeto de pesquisa e revisão crítica do manuscrito: DAVC, GDAP e RT. Concebeu, desenhou e executou os experimentos: DAVC, GDAP, RT e LCCO. Adquiriu, analisou e interpretou os dados e escreveu o manuscrito: RT e LCCO. Todos os autores escreveram, leram e aprovaram o manuscrito final.

**Número de tabelas e figuras:** 5 tabelas e 1 figura.

**Título corrente:** Transição alimentar na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*.

**Tema:** Produção animal.

**Agências/instituições financiadoras:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Projeto/Subsídio: (88887.502430/2020-00); Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (PROCAD AMAZÔNIA), Projeto/Subsídio: (88887.200588/2018-00); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-DT) para RT, Projeto/Subsídio: (307400/2020-4).

**Interesses concorrentes:** Os autores declararam que não existem interesses concorrentes.

## Resumo

*Objetivo do estudo:* Avaliar a influência do tempo de oferta de náuplios de *Artemia* e período de co-alimentação durante a transição alimentar na larvicultura de *Pyrrhulina brevis*.

*Área de estudo:* Laboratório de Peixes Ornamentais, Faculdade de Engenharia de Pesca, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus* Bragança, Estado do Pará, Brasil.

*Material e métodos:* O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3, com três repetições. Foram avaliados quatro tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* (T) (0, 10, 20 e 30 dias) e três períodos de co-alimentação (C) (0, 3 e 5 dias). Ao final do experimento (40 dias), foram avaliados o desempenho produtivo, resistência ao estresse à exposição ao ar (10 minutos) e custo da matéria-prima dos alimentos.

*Principais resultados:* Não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação. O desempenho e taxa de resistência ao estresse foram maiores nas larvas de *P. brevis* alimentadas com 20 e 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia*, enquanto os demais tratamentos foram prejudiciais para o desempenho e taxa de resistência ao estresse das larvas ( $p < 0,05$ ). O desempenho foi maior nas larvas alimentadas com 3 e 5 dias de co-alimentação, enquanto 0 dia de co-alimentação foi prejudicial para o desempenho das larvas ( $p < 0,05$ ). O custo da matéria-prima dos alimentos foi afetado diretamente pelos tratamentos ( $p < 0,05$ ), com aumento do custo da matéria-prima dos alimentos observado quando se aumentavam os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação fornecidos para as larvas.

*Destaques da pesquisa:* Recomenda-se 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia*, seguido de 3 dias de co-alimentação, antes do fornecimento exclusivo de dieta formulada para transição alimentar de larvas de *P. brevis*.

**Palavras-chave adicionais:** peixe ornamental amazônico; manejo alimentar; transição alimentar; larva de peixe; dieta formulada; alimento vivo; piscicultura ornamental.

**Abreviaturas usadas:** CF (comprimento final); GC (ganho de comprimento);  $TCE_{(C)}$  (taxa de crescimento específico para comprimento); PF (peso final); GP (ganho de peso);  $TCE_{(P)}$  (taxa de crescimento específico para peso); UC (uniformidade de comprimento); UP (uniformidade de peso); TS (taxa de sobrevivência); CMA (custo da matéria-prima dos alimentos); RE (taxa de resistência ao estresse); CV (Coeficiente de variação).

## Abstract

*Aim of study:* To evaluate the influence of time of *Artemia* nauplii supply and co-feeding period during the weaning in *Pyrrhulina brevis* larviculture.

*Area of study:* Laboratório de Peixes Ornamentais, Faculdade de Engenharia de Pesca, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará (UFPA), Bragança *Campus*, Pará State, Brazil.

*Material and methods:* The experimental design was completely randomized, in a 4x3 factorial design, with three replicates. Four times of *Artemia* nauplii supply (T) (0, 10, 20 and 30 days) and three co-feeding periods (C) (0, 3 and 5 days) were evaluated. At the end of the experiment (40 days), were evaluated the growth performance, stress resistance to air exposure (10 minutes) and feedstock cost of the foods.

*Main results:* There was no interaction ( $p>0.05$ ) between the times of *Artemia* nauplii supply and the co-feeding periods. The performance and stress resistance rate were higher in *P. brevis* larvae fed with 20 and 30 days of *Artemia* nauplii supply, while the other treatments were detrimental for the performance and stress resistance rate of the larvae ( $p<0.05$ ). The performance was higher in larvae fed with 3 and 5 days of co-feeding, while 0 days of co-feeding was detrimental for the performance of the larvae ( $p<0.05$ ). The feedstock cost of the foods was directly affected by the treatments ( $p<0.05$ ), with an increase in the feedstock cost of the foods observed when the times of *Artemia* nauplii supply and the co-feeding periods supplied to the larvae were increased.

*Research highlights:* It is recommended 20 days of *Artemia* nauplii supply, followed by 3 days of co-feeding, before the exclusive formulated diet supply for weaning of *P. brevis* larvae.

**Additional key words:** amazonian ornamental fish; feeding management; weaning; fish larvae; formulated diet; live prey; ornamental fish farming.

**Abbreviations used:** FL (final length); LG (length gain);  $SGR_{(L)}$  (specific growth rate for length); FW (final weight); WG (weight gain);  $SGR_{(W)}$  (specific growth rate for weight); LU (length uniformity); WU (weight uniformity); SR (survival rate); FCF (feedstock cost of the foods); RS (stress resistance rate); CV (Coefficient of variation).

## Introdução

O Brasil se destaca como um importante exportador de peixes ornamentais de água doce no mundo, devido à sua alta diversidade da ictiofauna da bacia Amazônica, onde uma grande variedade de peixes ornamentais é coletada para serem disponibilizados no mercado de aquarioria (Ferreira et al., 2020; Ladislau et al., 2020). Dentre essas espécies, a pyrrhulina (*Pyrrhulina brevis*) é promissora para a piscicultura ornamental, devido ao hábito alimentar onívoro (Silva et al., 2016), boa adaptação às condições de cultivo e informações científicas sobre manejo de reprodução em cativeiro avançadas (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a). Além disso, suas características morfológicas e comportamentais a tornam apreciada no mercado internacional de peixes ornamentais, onde podem ser comercializadas por valores de até £2,48 por indivíduo adulto (ePond Shop, 2020). No entanto, os exemplares dessa espécie disponíveis no mercado ainda são oriundos do extrativismo, causando grande pressão sobre as populações naturais (Veras et al., 2014; Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a).

Por se tratar de uma espécie com potencial de mercado, o desenvolvimento de tecnologias para a aquicultura de *P. brevis* representa uma boa oportunidade para reduzir o esforço de pesca sobre suas populações naturais, gerar renda para os piscicultores locais e fornecer peixes de qualidade para o mercado mundial (Veras et al., 2014; Abe et al., 2015). No entanto, apesar das características atrativas desta espécie, ainda são escassas as informações científicas para permitir sua produção em cativeiro, pois seu pacote tecnológico de criação se encontra em desenvolvimento (Abe et al., 2016; Abe et al., 2021). Portanto, é imprescindível a realização de estudos que visem determinar protocolos de alimentação e condições adequadas para larvicultura de *P. brevis*, pois influenciam diretamente no crescimento, qualidade e sobrevivência dos peixes, e serão essenciais para o desenvolvimento de seu pacote tecnológico para a criação em cativeiro (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a).

A larvicultura é considerada a etapa mais problemática na piscicultura ornamental, dada a sensibilidade das larvas a infecções patogênicas, manejos alimentares e mudanças nos parâmetros da água (Zuanon et al., 2011; Dias et al., 2016; Abe et al., 2019). Além disso, o uso de manejos alimentares inadequados tem causado altas taxas de mortalidade, decorrentes da maior fragilidade dos animais e da necessidade de nutrição ideal (Evangelista et al., 2020; Oliveira et al., 2020b; Reis et al., 2021). Durante os estágios iniciais de desenvolvimento, os peixes geralmente consomem alimentos vivos, principalmente as larvas com característica altricial, que no início da alimentação exógena apresentam reserva vitelínica limitada e sistema digestivo em desenvolvimento (Portella & Dabrowski, 2008; Santos et al., 2016), por



esta razão essas larvas não conseguem aceitar e digerir eficientemente as dietas formuladas e, conseqüentemente, absorver seus nutrientes (Fosse et al., 2013; Pereira et al., 2016).

Náuplios de *Artemia* são um alimento vivo comumente utilizado na larvicultura de peixes (Abolhasani et al., 2013; Veeramani et al., 2019), devido ao seu alto valor nutricional, grande atratividade e aceitabilidade e facilidade de produção em laboratório (Conceição et al., 2010; Manickam et al., 2017), também contêm enzimas digestivas, hormônios e reguladores de crescimento que auxiliam no funcionamento e maturação do sistema digestivo das larvas, melhorando a sobrevivência e o crescimento dos peixes (Portella et al., 2014). Contudo, o uso de náuplios de *Artemia* na larvicultura de peixes gera alto custo econômico e torna esta fase a mais onerosa da piscicultura (Stejskal et al., 2018; Oliveira et al., 2020b), sendo necessário definir estratégias adequadas que permitam a substituição do alimento vivo pela dieta formulada sem comprometer o bem-estar, crescimento e sobrevivência das larvas, visando reduzir os custos com alimentação na larvicultura (Stejskal et al., 2018; Campelo et al., 2019).

Geralmente, a transição alimentar realizada precocemente causa diminuição do desenvolvimento e sobrevivência das larvas, enquanto a realizada tardiamente leva a problemas de uniformidade e aumento do custo com alimentação (Campelo et al., 2019; Stejskal et al., 2018). A co-alimentação, ou seja, um período de alimentação conjunta entre o alimento vivo e dieta formulada no momento da transição alimentar, tem reportado resultados positivos no momento da substituição dos respectivos alimentos, com taxas de crescimento equivalentes ou até superiores àquelas alcançadas somente com a oferta de alimento vivo (Fosse et al., 2018; Campelo et al., 2019). A co-alimentação pode permitir que os peixes se adaptem precocemente à dieta formulada, evitando a redução nas taxas de crescimento e sobrevivência que uma transição alimentar realizada abruptamente poderia causar (Campelo et al., 2019). Dessa forma, a co-alimentação durante a transição alimentar pode contribuir para diminuir o tempo fornecimento de alimento vivo na larvicultura, possibilitando a redução de custos com alimentação nessa fase de criação (Stejskal et al., 2018).

O momento da transição alimentar, do alimento vivo para a dieta formulada, é considerado uma característica espécie-específica e um importante manejo na larvicultura, devendo ser planejado de forma que não comprometa o desenvolvimento das larvas e reduza os custos com alimentação (Fosse et al., 2018; Stejskal et al., 2018). Assim, a definição de estratégias que possibilitem a substituição gradual do alimento vivo pela dieta formulada, bem como, determinar o período ideal para realizar a supressão total do alimento vivo, é essencial para permitir a transição alimentar eficiente na larvicultura de *P. brevis*. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tempo de oferta de náuplios de *Artemia* e período

de co-alimentação durante a transição alimentar, no desempenho produtivo, resistência ao estresse à exposição ao ar e custo da matéria-prima dos alimentos na larvicultura de *P. brevis*.

## Material e métodos

### Peixes e desenho experimental

Este experimento teve todos os seus procedimentos e protocolos envolvendo o manejo dos animais aqui descritos previamente submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Pará, CEUA/UFPA (Número de aprovação: 7656100517). Para tanto, foi realizado no Laboratório de Peixes Ornamentais, da Faculdade de Engenharia de Pesca, do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus* Bragança, Estado do Pará, Brasil, um ensaio experimental de 40 dias com larvas de *P. brevis* obtidas através de reprodução natural de matrizes mantidas no Laboratório de Peixes Ornamentais sob condições ambientais controladas.

Foram utilizadas 360 larvas de *P. brevis*, coletadas da mesma desova e apresentando sete dias pós-eclosão, sendo este um período suficiente para consumo total do saco vitelínico e para ter uma abertura de boca ideal para aceitar náuplios de *Artemia* e dieta formulada como alimentos exógenos, conforme indicado por Abe et al. (2015). As larvas apresentavam peso e comprimento médio inicial de  $1,07 \pm 0,12$  mg e  $4,20 \pm 0,32$  mm, respectivamente.

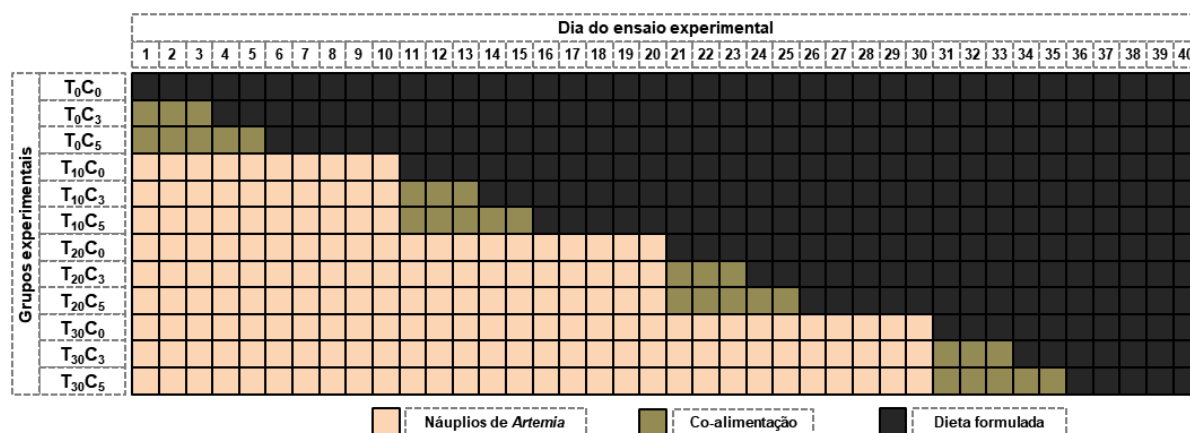
Antes do início do experimento, as larvas de *P. brevis* foram distribuídas aleatoriamente em 36 aquários com volume útil de 1 L de água, na densidade de estocagem de 10 larvas/L. Todos os aquários possuíam oxigenação contínua através de um sistema de aeração individual e o laboratório foi mantido sob iluminação artificial, com fotoperíodo de aproximadamente 12/12 horas na condição de claro/escuro. Além disso, os aquários foram mantidos com água salinizada a 1 g/L de sal ao longo dos 40 dias de experimento (Oliveira et al., 2020a). Uma frequência alimentar de quatro vezes ao dia, em intervalos de três horas entre as refeições, nos horários de 08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas, foi utilizada durante todo o período experimental. Esse manejo foi adaptado de Abe et al. (2015) e Oliveira et al. (2020a), com mudanças nos horários de alimentação, mas mantendo a frequência alimentar.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x3, com três repetições. Foram avaliados quatro tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* (T), sendo 0, 10, 20 e 30 dias, denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>. Além disso, para cada tempo de fornecimento de náuplios de *Artemia*, foram avaliados três períodos de co-alimentação (C), sendo 0 (substituição abrupta, sem período de co-alimentação), 3 e 5 dias,

denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>. Os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação usados foram baseados em estudos com larvas de outras espécies de peixes ornamentais dulcícolas e marinhos (Pereira et al., 2016; Chen et al., 2022).

O experimento consistiu em alimentar as larvas de *P. brevis* com náuplios de *Artemia* recém-eclodidos ou dieta formulada de acordo com cada tempo de fornecimento de alimento vivo (0, 10, 20 e 30 dias). Os náuplios de *Artemia* foram fornecidos com uma concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia*/larva/dia, corrigida a cada seis dias de experimento, aumentando 50% em relação ao nível anterior (dados não publicados). Em seguida, foi realizada a substituição abrupta de alimentação (0 dia de co-alimentação), ou então foi realizado o período de co-alimentação (3 e 5 dias), onde a quantidade de náuplios de *Artemia* foi ajustada para 50% do valor que estava sendo fornecido naquele momento específico, e a dieta formulada foi ofertada até a saciedade aparente dos animais ou até completar o período de 5 minutos, sendo esta fornecida após o alimento vivo. No momento da substituição abrupta e após cada período de co-alimentação, as larvas passaram a receber apenas a dieta formulada até completar o período de 40 dias de experimento (Figura 1).

**Figura 1.** Desenho experimental dos protocolos de transição alimentar para larvas de *Pyrrhulina brevis* em um ensaio experimental de 40 dias



Os grupos combinaram quatro tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* (T) (0, 10, 20 e 30 dias), denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>, e três períodos de co-alimentação (C) (0-substituição abrupta, 3 e 5 dias), denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>. Cada grupo teve três repetições.

Todos os aquários foram mantidos em sistema semi-estático, onde diariamente eram feitas trocas parciais de aproximadamente 60% do volume útil de água de cada aquário. A limpeza foi feita através de um sifão em que a água do fundo dos aquários era retirada, duas vezes ao dia, após 1 hora da última alimentação da manhã e da tarde (12:00 e 18:00 horas), para trocas parciais de aproximadamente 30% do volume útil de água de cada aquário em cada horário de limpeza, visando retirar fezes e possíveis resíduos alimentares. As larvas de *P.*

*brevis* foram contadas durante o manejo de limpeza dos aquários, para adequação da quantidade de alimento fornecido em caso de mortalidade dos animais.

### **Eclosão de *Artemia***

Os náuplios de *Artemia* foram produzidos sob sistema de aeração constante, temperatura a  $28,15 \pm 0,39$  °C e iluminação artificial por 24 horas. Para isso, diariamente foram incubados 5 g/L de cistos de *Artemia* em recipientes (2 L) com água salinizada a 35 g/L de sal. Após a eclosão, a aeração foi retirada e os náuplios vivos foram coletados da suspensão de cistos não eclodidos por sifonagem. Os náuplios de *Artemia* foram então filtrados em malha de 120 µm e lavados duas vezes com água doce corrente para remover as impurezas e o sal. Em seguida, os náuplios eclodidos foram transferidos para 200 mL de água doce e a densidade média dos náuplios foi estimada coletando-se um volume de 0,5 mL, para determinação do valor médio dos náuplios por mL. A contagem dos náuplios foi realizada sob estereomicroscópio (QUIMIS Q714Z-2; Brasil) com aumento de 40x. Em seguida, foi calculada a quantidade de náuplios de *Artemia* pelo volume a ser fornecido em cada tratamento.

### **Dieta formulada**

A dieta utilizada foi formulada para conter 42% de proteína bruta e 4.200 kcal/kg de energia bruta (Tabela 1), baseado em dietas formuladas utilizadas na transição alimentar de outras espécies de peixes ornamentais de água doce com hábito alimentar onívoro (Pereira et al., 2016; Campelo et al., 2019). Para preparação da dieta formulada, todos os macroingredientes foram inicialmente moídos em moinho de martelos (TRF-400 Trapp; Brasil) com peneira de 0,3 mm de diâmetro. Em seguida, todos os macro e microingredientes foram pesados em balança semi-analítica (SHIMADZU BL3200H; precisão de 0,01 g; Brasil), misturados e homogeneizados por 15 minutos e, posteriormente, o composto de ingredientes foi umedecido com 25% de água morna a temperatura de 50°C, peletizado em um moedor de carne convencional (G. PANIZ, MCR-22; Brasil), seco por 12 horas com secagem em estufa de ventilação forçada a temperatura de 45°C (QUIMIS, Brasil), e armazenado em geladeira a temperatura de 10°C. Antes de ser fornecida aos peixes, a dieta foi triturada e peneirada para que o tamanho dos pellets, aproximadamente 0,5 mm de diâmetro, fosse adequado à abertura de boca das larvas de *P. brevis* (Abe et al., 2015).

**Tabela 1.** Valores de proporção de ingredientes e composição química da dieta formulada

<b>Ingrediente</b>	<b>g/kg</b>
Farelo de soja	640,00
Farinha de peixe	150,00
Farelo de milho	69,50
Farelo de trigo	66,00
Óleo de soja	40,00
Fosfato bicálcico	13,50
DL metionina	8,50
L lisina	5,00
Premix mineral e vitamínico <sup>1</sup>	5,00
Sal comum	2,30
BHT <sup>2</sup>	0,20
<b>Composição química (valores calculados)<sup>3</sup></b>	
Proteína bruta (%)	42,00
Extrato etéreo (%)	6,00
Fibra bruta (%)	5,00
Energia bruta (kcal/kg)	4.200,00

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A, 1.200.000 UI; vit. D3, 200.000 UI; vit. E, 12.000 mg; vit. K3, 2.400 mg; vit. B1, 4.800 mg; vit. B2, 4.800 mg; vit. B6, 4.000 mg; vit. B12, 4.800 mg; ácido fólico, 1.200 mg; pantotenato de cálcio, 12.000 mg; vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; colina, 65.000 mg; niacina, 24.000 mg; ferro, 10.000 mg; cobre, 6.000 mg; manganês, 4.000 mg; zinco, 6.000 mg; iodo, 20 mg; cobalto, 2 mg; selênio, 20 mg (GuabiAnimal Nutrition, Brasil); <sup>2</sup>Buti-hidroxitolueno (BHT) (ISO FAR Ind., Brasil); <sup>3</sup>Realizado de acordo com tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias (Furuya, 2010).

### **Parâmetros de qualidade da água**

Ao longo do período experimental, a temperatura ( $27,15 \pm 0,16$  °C), pH ( $6,76 \pm 0,33$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $6,17 \pm 0,28$  mg/L) e condutividade elétrica da água ( $2,20 \pm 0,27$  mS/cm) foram aferidos a cada três dias, no horário da manhã, enquanto a água salinizada dos aquários foi mensurada diariamente, no horário da tarde, por meio de uma sonda multiparâmetro portátil (HORIBA U-50; EUA). Além disso, o nível de amônia total ( $0,56 \pm 0,22$  mg/L) foi mensurado a cada três dias, no horário da manhã, usando um método colorimétrico, Kit Labcon Test (Indústria e Comércio de Alimentos Desidratados Alcon; Brasil). Todos os parâmetros avaliados permaneceram constantes, dentro das condições

adequadas para larvicultura de *P. brevis* (Oliveira et al., 2020a; Abe et al., 2021).

### **Desempenho produtivo**

No início do ensaio experimental, para a biometria inicial, devido ao pequeno tamanho e fragilidade das larvas, uma amostra de 72 animais (20% do lote) foi separada, e os peixes foram individualmente pesados em balança analítica de precisão (GEHAKA AG200; 0,0001 g precisão; Brasil) e medidos com paquímetro digital (PANTEC-150; 0,01 mm; Brasil) para estimar o peso e o comprimento médio inicial. Além disso, ao final do ensaio experimental, 4 a 7 peixes foram coletados aleatoriamente de cada repetição (de acordo com o número de peixes sobreviventes) de cada tratamento, onde foram inicialmente submetidos a jejum por 12 horas e depois anestesiados com solução de 80 mg/L do anestésico eugenol (Cordeiro et al., 2016) e pesados e medidos, utilizando a mesma balança analítica de precisão e paquímetro digital, respectivamente, para determinar os parâmetros de desempenho produtivo.

Os parâmetros de desempenho produtivo determinados foram: Comprimento final (CF); Ganho de comprimento (GC)  $GC = \text{comprimento final} - \text{comprimento inicial}$ ; Peso final (PF); Ganho de peso (GP)  $GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$ ; Taxa de crescimento específico para comprimento ( $TCE_{(C)}$ ) e peso ( $TCE_{(P)}$ ) sendo  $TCE_{(C)} = ((\ln \text{ comprimento final} - \ln \text{ comprimento inicial}) / \text{número de dias de experimento}) * 100$  e  $TCE_{(P)} = ((\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{número de dias de experimento}) * 100$ ; Uniformidade do lote para comprimento (UC) e peso (UP) sendo  $UC = (\text{número de peixes com comprimento variando } \pm 20\% \text{ da média em cada unidade experimental} / \text{número total de peixes por unidade experimental}) * 100$  e  $UP = (\text{número de peixes com peso variando } \pm 20\% \text{ da média em cada unidade experimental} / \text{número total de peixes por unidade experimental}) * 100$  (Furuya et al., 1998); e Taxa de sobrevivência (TS)  $TS = (\text{número final de peixes} / \text{número inicial de peixes}) * 100$ .

### **Custo da matéria-prima dos alimentos**

O custo da matéria-prima dos alimentos (cistos de *Artemia* e ingredientes da dieta formulada) foi avaliado ao final do ensaio experimental. Para tanto, o cálculo considerou a quantidade de náuplios de *Artemia* e dieta formulada utilizada para a larvicultura de mil peixes e as taxas de sobrevivência encontradas em cada repetição de acordo com os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação utilizados durante os 40 dias do ensaio de alimentação, seguindo metodologia adaptada de Mankiw (2020) e Oliveira et al. (2020b). Além disso, o preço do quilograma de cistos de *Artemia* e o preço dos ingredientes da dieta formulada foram determinados com base nos valores encontrados para

comercialização desses produtos na região amazônica, onde o experimento foi realizado.

O cálculo do custo de cistos de *Artemia* também considerou a proporção de 280 mil cistos de *Artemia* por grama de produto comercial, taxa de eclosão de náuplios de *Artemia* de 85%, segundo informações do produtor (Artemia Salina RN; Brasil) e valor de US\$ 44,00 por quilograma de cistos. O cálculo do custo dos ingredientes da dieta formulada também considerou a quantidade de alimento fornecido em cada repetição e o custo médio de 1 kg da dieta formulada. O custo dos ingredientes da dieta formulada foi baseado no estudo de Brabo et al. (2021) (Tabela 2) com correção da inflação de novembro de 2015 a outubro de 2021 (36,60%), exceto alguns ingredientes que foram encontrados em sites de vendas locais. Quando necessário, o custo da matéria-prima dos alimentos foi calculado pela soma entre o custo de cistos de *Artemia* e do custo dos ingredientes da dieta formulada.

**Tabela 2.** Custo dos ingredientes para produção de 1 kg da dieta formulada utilizada durante o ensaio experimental

<b>Ingrediente</b>	<b>Quantidade (kg)</b>	<b>VUI (US\$/kg)<sup>3</sup></b>	<b>CQI (US\$/kg)<sup>4</sup></b>
Farelo de soja <sup>1</sup>	0,6400	0,4100	0,2624
Farinha de peixe <sup>1</sup>	0,1500	0,4380	0,0657
Farelo de milho <sup>1</sup>	0,0695	0,2460	0,0171
Farelo de trigo <sup>1</sup>	0,0660	0,2260	0,0149
Óleo de soja <sup>1</sup>	0,0400	0,9560	0,0382
Fosfato bicálcico <sup>1</sup>	0,0135	0,8200	0,0111
DL metionina <sup>2</sup>	0,0085	10,7760	0,0916
L lisina <sup>2</sup>	0,0050	6,6400	0,0332
Premix mineral e vitamínico <sup>2</sup>	0,0050	9,6000	0,0480
Sal comum <sup>1</sup>	0,0023	0,1360	0,0003
BHT <sup>2</sup>	0,0002	12,3740	0,0025
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>-</b>	<b>0,5850</b>

<sup>1</sup>Brabo et al. (2021) com inflação corrigida para o mês de outubro de 2021; <sup>2</sup>Site local; <sup>3</sup>Valor unitário do ingrediente; <sup>4</sup>Custo da quantidade de ingrediente na dieta formulada.

### **Resistência ao estresse à exposição ao ar**

A resistência ao estresse à exposição ao ar foi realizada com 3 peixes coletados aleatoriamente de cada repetição (9 peixes por tratamento) e mantidos nas mesmas unidades experimentais, seguindo metodologia adaptada de Souza e Silva et al. (2021). Os peixes inicialmente jejuaram por 12 horas e depois foram colocados em uma peneira submersa em

água dentro dos mesmos aquários. Posteriormente, os peixes foram expostos ao ar por 10 minutos, onde a peneira foi retirada da água, coberta com tela para evitar a fuga dos peixes e colocada sobre papel secante para retirar o excesso de água. Em seguida, cada peneira foi submersa e os animais foram realocados para seus aquários de origem, onde permaneceram por 96 horas, sendo realimentados com o protocolo de alimentação usado antes do término do ensaio experimental. A sobrevivência foi determinada a partir do período imediatamente após o teste até 96 horas, e então a taxa de resistência ao estresse (RE) foi calculada como a porcentagem de sobrevivência em 12, 24, 48, 72 e 96 horas.

### **Análise estatística**

Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos aos testes de Lilliefors e Bartlett, para verificação da normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Depois que as premissas foram satisfeitas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) *two-way* a 5% de significância. Quando não detectado interação entre o tempo de fornecimento dos náuplios de *Artemia* e o período de co-alimentação ( $p > 0,05$ ), os dados foram submetidos à ANOVA *one-way* (fator único) a 5% de significância. Em seguida, nos valores que apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ), os dados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% para comparação de médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS (SPSS Inc.; versão 23.0; EUA).

### **Resultados**

Não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação fornecidos para as larvas de *P. brevis* (Tabela 3, 4 e 5).

Os valores de comprimento (CF, GC e  $TCE_{(C)}$ ) e peso (PF, GP e  $TCE_{(P)}$ ) foram maiores ( $p < 0,05$ ) nas larvas de *P. brevis* alimentadas com  $T_{20}$  e  $T_{30}$ , em comparação aos demais tratamentos (Tabela 3). Os valores de comprimento (CF, GC e  $TCE_{(C)}$ ) e peso (PF, GP e  $TCE_{(P)}$ ) foram menores ( $p < 0,05$ ) nas larvas de *P. brevis* alimentadas com  $T_0$ , em comparação com os demais tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia*.

As larvas de *P. brevis* alimentadas com  $C_3$  e  $C_5$  apresentaram os maiores valores ( $p < 0,05$ ) de comprimento (CF, GC e  $TCE_{(C)}$ ) e peso (PF, GP e  $TCE_{(P)}$ ), em comparação ao  $C_0$  (Tabela 3). Os valores de comprimento (CF, GC e  $TCE_{(C)}$ ) e peso (PF, GP e  $TCE_{(P)}$ ) foram menores ( $p < 0,05$ ) nas larvas de *P. brevis* alimentadas com  $C_0$ , em comparação com os demais períodos de co-alimentação.



**Tabela 3.** Desempenho produtivo (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes manejos de transição alimentar

Tratamento <sup>2</sup>	Parâmetro <sup>1</sup>					
	CF (mm)	GC (mm)	TCE <sub>(C)</sub> (%/dia)	PF (mg)	GP (mg)	TCE <sub>(P)</sub> (%/dia)
<b>Tempo de fornecimento</b>						
T <sub>0</sub>	15,34 $\pm$ 0,88c	11,14 $\pm$ 0,88c	3,23 $\pm$ 0,14c	26,69 $\pm$ 4,89c	25,63 $\pm$ 4,89c	8,00 $\pm$ 0,45c
T <sub>10</sub>	18,73 $\pm$ 0,85b	14,53 $\pm$ 0,85b	3,73 $\pm$ 0,11b	52,54 $\pm$ 5,53b	51,47 $\pm$ 5,53b	9,73 $\pm$ 0,27b
T <sub>20</sub>	23,34 $\pm$ 1,14a	19,13 $\pm$ 1,14a	4,28 $\pm$ 0,12a	110,49 $\pm$ 6,87a	109,42 $\pm$ 6,87a	11,60 $\pm$ 0,15a
T <sub>30</sub>	24,23 $\pm$ 0,44a	20,03 $\pm$ 0,44a	4,38 $\pm$ 0,04a	115,63 $\pm$ 5,15a	114,57 $\pm$ 5,15a	11,71 $\pm$ 0,11a
<b>Co-alimentação</b>						
C <sub>0</sub>	19,59 $\pm$ 3,64b	15,38 $\pm$ 3,64b	3,79 $\pm$ 0,48b	70,74 $\pm$ 37,85b	69,68 $\pm$ 37,85b	9,98 $\pm$ 1,58b
C <sub>3</sub>	20,55 $\pm$ 3,39ab	16,35 $\pm$ 3,39ab	3,92 $\pm$ 0,43ab	77,54 $\pm$ 37,46a	76,48 $\pm$ 37,46a	10,30 $\pm$ 1,40a
C <sub>5</sub>	21,09 $\pm$ 3,09a	16,89 $\pm$ 3,09a	4,00 $\pm$ 0,38a	80,73 $\pm$ 34,86a	79,67 $\pm$ 34,86a	10,51 $\pm$ 1,20a
<b>Valor de <math>p^3</math></b>						
Tempo de fornecimento	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Co-alimentação	0,0099	0,0099	0,0061	0,0026	0,0026	0,0001
Interação	0,8475	0,8471	0,6066	0,9059	0,9053	0,5700
<b>CV (%)<sup>4</sup></b>	5,44	6,86	3,60	8,35	8,46	2,02

<sup>1</sup>Comprimento final (CF), ganho de comprimento (GC), taxa de crescimento específico para comprimento (TCE<sub>(C)</sub>) e para peso (TCE<sub>(P)</sub>), peso final (PF) e ganho de peso (GP); <sup>2</sup>Tempo de fornecimento (0, 10, 20 e 30 dias) denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>, e co-alimentação (0, 3 e 5 dias) denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>; Valores médios na mesma coluna, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=9 para (T) e n=12 para (C)); <sup>3</sup>Valor de  $p$  determinado por Análise de Variância (ANOVA); <sup>4</sup>Coefficiente de variação (CV).

A uniformidade do lote (UC e UP) das larvas de *P. brevis* não apresentaram diferença ( $p>0,05$ ), independente do tempo de fornecimento de náuplios de *Artemia* e período de co-alimentação utilizados (Tabela 4). Por outro lado, a taxa de sobrevivência (TS) foi menor para larvas de *P. brevis* alimentadas com T<sub>0</sub> ( $p<0,05$ ), em comparação aos demais tratamentos; enquanto que a taxa de sobrevivência das larvas de *P. brevis* não apresentou diferença ( $p>0,05$ ), na comparação entre os períodos de co-alimentação.

O custo da matéria-prima dos alimentos (CMA) foi diretamente proporcional aos tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação utilizados ( $p<0,05$ ) (Tabela 4). Os maiores valores foram encontrados nos tratamentos T<sub>30</sub> e C<sub>5</sub> ( $p<0,05$ ), em comparação aos demais tratamentos. Os menores valores foram encontrados nos tratamentos T<sub>0</sub> e C<sub>0</sub> ( $p<0,05$ ), em comparação aos demais tratamentos.

**Tabela 4.** Desempenho produtivo e custo da matéria-prima dos alimentos (média  $\pm$  desvio padrão) de larvas de *Pyrrhulina brevis* submetidas a diferentes manejos de transição alimentar

Tratamento <sup>2</sup>	Parâmetro <sup>1</sup>			
	UC (%)	UP (%)	TS (%)	CMA (US\$)
<b>Tempo de fornecimento</b>				
T <sub>0</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	90,93 $\pm$ 12,10	77,78 $\pm$ 5,19b	0,54 $\pm$ 0,04d
T <sub>10</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	93,65 $\pm$ 8,47	95,56 $\pm$ 6,91a	1,20 $\pm$ 0,14c
T <sub>20</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	93,65 $\pm$ 7,05	98,89 $\pm$ 1,98a	2,81 $\pm$ 0,23b
T <sub>30</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	92,06 $\pm$ 8,82	100,00 $\pm$ 0,00a	5,90 $\pm$ 0,43a
<b>Co-alimentação</b>				
C <sub>0</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	89,52 $\pm$ 12,22	93,33 $\pm$ 8,89	2,32 $\pm$ 1,54c
C <sub>3</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	93,15 $\pm$ 7,99	91,67 $\pm$ 11,11	2,64 $\pm$ 1,78b
C <sub>5</sub>	100,00 $\pm$ 0,00	95,04 $\pm$ 6,61	94,17 $\pm$ 7,78	2,88 $\pm$ 1,91a
<b>Valor de p<sup>3</sup></b>				
Tempo de fornecimento	-	0,9577	0,0001	0,0001
Co-alimentação	-	0,5516	0,6507	0,0001
Interação	-	0,9996	0,7243	-
<b>CV (%)<sup>4</sup></b>	-	13,43	7,16	2,41

<sup>1</sup>Uniformidade de comprimento (UC), uniformidade de peso (UP), taxa de sobrevivência (TS) e custo da matéria-prima dos alimentos (CMA); <sup>2</sup>Tempo de fornecimento (0, 10, 20 e 30 dias) denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>, e co-alimentação (0, 3 e 5 dias) denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>; Valores médios na mesma coluna, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=9 para (T) e n=12 para (C)); <sup>3</sup>Valor de p determinado por Análise de Variância (ANOVA); <sup>4</sup>Coefficiente de variação (CV).

A taxa de resistência ao estresse (RE) das larvas de *P. brevis* as 12 e 24 horas pós-teste foi menor ( $p<0,05$ ) no tratamento T<sub>0</sub>, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 5). Após 48, 72 e 96 horas pós-teste, as larvas de *P. brevis* alimentadas com T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>, apresentaram os maiores valores ( $p<0,05$ ) de taxa de resistência ao estresse, em comparação aos demais tratamentos. As larvas de *P. brevis* alimentadas com T<sub>0</sub> e T<sub>10</sub> apresentaram os menores valores ( $p<0,05$ ) de taxa de resistência ao estresse, em comparação aos demais tratamentos. Os períodos de co-alimentação não influenciaram a taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis* ( $p>0,05$ ). Não houve mortalidade entre 48 e 96 horas.

**Tabela 5.** Taxa de resistência ao estresse (RE, em porcentagem) (média  $\pm$  desvio padrão) durante 96 horas pós-teste, de larvas de *Pyrrhulina brevis* após 40 dias de alimentação com diferentes manejos de transição alimentar

Tratamento <sup>1</sup>	Taxa de resistência ao estresse (RE em %)				
	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
<b>Tempo de fornecimento</b>					
T <sub>0</sub>	48,15 $\pm$ 16,46b	48,15 $\pm$ 16,46b	37,04 $\pm$ 6,58c	37,04 $\pm$ 6,58c	37,04 $\pm$ 6,58c
T <sub>10</sub>	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	85,19 $\pm$ 16,46b	85,19 $\pm$ 16,46b	85,19 $\pm$ 16,46b
T <sub>20</sub>	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a
T <sub>30</sub>	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a	100,00 $\pm$ 0,00a
<b>Co-alimentação</b>					
C <sub>0</sub>	86,11 $\pm$ 20,83	86,11 $\pm$ 20,83	77,78 $\pm$ 25,93	77,78 $\pm$ 25,93	77,78 $\pm$ 25,93
C <sub>3</sub>	86,11 $\pm$ 20,83	86,11 $\pm$ 20,83	80,56 $\pm$ 25,93	80,56 $\pm$ 25,93	80,56 $\pm$ 25,93
C <sub>5</sub>	88,89 $\pm$ 16,67	88,89 $\pm$ 16,67	83,33 $\pm$ 22,22	83,33 $\pm$ 22,22	83,33 $\pm$ 22,22
<b>Valor de <math>p^2</math></b>					
Tempo de fornecimento	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Co-alimentação	0,7198	0,7198	0,4831	0,4831	0,4831
Interação	0,9126	0,9126	0,8606	0,8606	0,8606
<b>CV (%)<sup>3</sup></b>	11,06	11,06	13,79	13,79	13,79

<sup>1</sup>Tempo de fornecimento (0, 10, 20 e 30 dias) denominados T<sub>0</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub>, e co-alimentação (0, 3 e 5 dias) denominados C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>5</sub>; Valores médios na mesma coluna, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=9 para (T) e n=12 para (C)); <sup>2</sup>Valor de  $p$  determinado por Análise de Variância (ANOVA); <sup>3</sup>Coeficiente de variação (CV).

## Discussão

A transição alimentar das larvas de peixes na primeira alimentação é uma fase crítica e desafiadora, sendo um processo espécie-específico e muito importante na larvicultura, pois influencia diretamente no desenvolvimento e sobrevivência dos peixes, além dos custos com alimentação (Stejskal et al., 2018; Campelo et al., 2019; Aya et al., 2021). No presente estudo, as larvas de *P. brevis* alimentadas com 20 e 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* apresentaram os maiores valores de comprimento e peso, enquanto as larvas de *P. brevis* alimentadas exclusivamente com dieta formulada apresentaram os menores valores. Possivelmente, os animais se beneficiaram dos maiores tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e quando a dieta formulada foi fornecida, eles já apresentavam maior desenvolvimento de suas estruturas e sistema digestivo totalmente funcional para assimilar eficientemente a dieta formulada. Similarmente, Laczynska et al. (2020) e Stejskal et al. (2021), relacionaram os maiores valores de crescimento de larvas de *Acipenser ruthenus* e *Coregonus maraena*, respectivamente, com melhor desenvolvimento do sistema digestivo das larvas que receberam tempos mais longos de fornecimento de náuplios de *Artemia*.

O uso de náuplios de *Artemia* é altamente indicado na larvicultura de peixes com característica altricial, pois possuem sistema digestivo em desenvolvimento no início da alimentação exógena, prejudicando a aceitação e digestão de dietas formuladas e, conseqüente, absorção dos nutrientes pelos peixes (Portella et al., 2014; Santos et al., 2016). Além disso, os náuplios de *Artemia* possuem composição nutricional de fácil digestão e absorção, melhor distribuição na coluna d'água, maior atratividade, palatabilidade e estimulação do apetite, direcionando as larvas dos peixes para a presa e influenciando diretamente na ingestão alimentar (Conceição et al., 2010). Os alimentos vivos também possuem enzimas digestivas, hormônios e reguladores de crescimento que auxiliam no funcionamento e maturação do sistema digestivo das larvas (Portella et al., 2014). Por esta razão, muitos estudos associam os maiores valores de crescimento das larvas com tempos mais longos de fornecimento de náuplios de *Artemia* (Menossi et al., 2012; Freitas et al., 2019), devido às características favoráveis dos alimentos vivos (Conceição et al., 2010) e um melhor desenvolvimento do sistema digestivo das larvas de peixes (Stejskal et al., 2021).

O tempo adequado de fornecimento de náuplios de *Artemia* é uma característica espécie-específica e essencial para o ótimo desenvolvimento dos peixes durante a fase larval (Freitas et al., 2019; Stejskal et al., 2021), pois antecede a transição alimentar, e quando utilizado corretamente, permite a rápida aceitação da dieta formulada pelos peixes, otimização

do manejo alimentar e redução dos custos com alimentação na larvicultura (Stejskal et al., 2018; Campelo et al., 2019). Nesse contexto, estudos de larvicultura foram realizados e definiram que o tempo mínimo de fornecimento de náuplios de *Artemia* antes da substituição pela dieta formulada é de pelo menos 10 dias para *Heros severus* (Campelo et al., 2019), 12 dias para *Trichogaster leeri* (Azevedo et al., 2016) e *Piaractus mesopotamicus* (Freitas et al., 2019), 15 dias para *Rhamdia quelen* (Diemer et al., 2012) e *C. maraena* (Stejskal et al., 2021), 18 dias para *Coregonus peled* (Stejskal et al., 2018), 19 dias para *Cyprinus carpio* (Fosse et al., 2018), 20 dias para *Pterophyllum scalare* (Pereira et al., 2016) e *Pseudochromis fridmani* (Chen et al., 2022) e 30 dias para *P. scalare* (Celik, 2020), demonstrando a importância de definir o momento adequado para iniciar a transição alimentar de acordo com cada espécie.

A substituição abrupta da alimentação pode levar à rejeição da dieta formulada, aumento da agressividade e canibalismo e, conseqüentemente, redução do crescimento e sobrevivência das larvas (Pereira et al., 2016; Fosse et al., 2018). No entanto, isso pode ser minimizado através da co-alimentação, pois esta estratégia alimentar pode facilitar a aceitação e digestão das dietas formuladas e, conseqüentemente, a absorção de seus nutrientes pelas larvas (Fosse et al., 2013; Campelo et al., 2019). Isso acontece porque a presença do alimento vivo juntamente com a dieta formulada pode aumentar a atratividade, palatabilidade e ingestão de ambos os alimentos, além de estimular o apetite e condicionar as larvas ao consumo da dieta formulada (Stejskal et al., 2018). No presente estudo, as larvas de *P. brevis* alimentadas com 3 e 5 dias de co-alimentação apresentaram os maiores valores de comprimento e peso, enquanto as larvas de *P. brevis* submetidas à substituição abrupta dos náuplios de *Artemia* pela dieta formulada apresentaram os menores valores. Provavelmente, as larvas não apresentavam sistema digestivo capaz de se adaptar a mudanças abruptas de alimentação ou rejeitaram à dieta formulada quando incluídas abruptamente na alimentação, causando consumo alimentar inadequado e, conseqüentemente, menor crescimento larval.

O período ideal de co-alimentação é uma característica espécie-específica e é influenciado por vários fatores, como idade do peixe, tempo de fornecimento de alimento vivo antes da transição alimentar, qualidade nutricional e tamanho do pellet da dieta formulada (Fosse et al., 2018; Stejskal et al., 2021). Nesse contexto, estudos de larvicultura que avaliaram o período adequado de co-alimentação durante a transição alimentar foram realizados e definiram pelo menos 1 dia para *C. peled* (Stejskal et al., 2018), 3 dias para *P. scalare* (Pereira et al., 2016) e *H. severos* (Campelo et al., 2019) e 12 dias para *Betta splendens* (Fosse et al., 2013) e *C. carpio* (Fosse et al., 2018). Diante disso, fica evidente que as larvas possuem dificuldades em aceitar a substituição abrupta do alimento vivo pela dieta

formulada e tornam o manejo de co-alimentação importante na transição alimentar de muitas espécies de peixes (Fosse et al., 2018; Stejskal et al., 2018), pois permite uma otimização do manejo alimentar, com maiores taxas de crescimento e sobrevivência das larvas, quando comparados à mudança abrupta de alimentação (Pereira et al., 2016; Campelo et al., 2019).

A uniformidade do lote e a taxa de sobrevivência facilitam o manejo e a comercialização dos peixes, uma vez que os animais são vendidos por unidade e os peixes homogêneos são valorizados no mercado de peixes ornamentais (Dias et al., 2016; Veras et al., 2016). No presente estudo, a uniformidade do lote das larvas de *P. brevis* não foi afetada pelos tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação utilizados. Da mesma forma, a uniformidade do lote de larvas de *H. severus* não foi afetada pelos tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação avaliados (Campelo et al., 2019). Em estudos anteriores, fotoperíodos e frequências de alimentação (Veras et al., 2014), concentrações de presas (Abe et al., 2015; Oliveira et al., 2020a) e ciclos de privação alimentar e frequências de alimentação (Abe et al., 2021) não afetaram a uniformidade do lote das larvas de *P. brevis*. Para esta espécie, as interações negativas e disputas entre os indivíduos são ausentes ou pouco intensas, pois naturalmente apresentam hábito gregário, pacífico e sociável (Abe et al., 2016; Oliveira et al., 2020a), e por esta razão não são suficientes para prejudicar a uniformidade do lote dos animais.

A taxa de sobrevivência das larvas de *P. brevis* foi menor nos animais alimentados exclusivamente com dieta formulada. Além disso, a taxa de sobrevivência das larvas de *P. brevis* não apresentou diferença na comparação entre os períodos de co-alimentação. Da mesma forma, para a larvicultura de *P. mesopotamicus* (Freitas et al., 2019) e *P. scalare* (Pereira et al., 2016) foram relatadas maiores taxas de sobrevivência com tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* superiores a 12 e 15 dias, respectivamente. Além disso, em estudos anteriores, a taxa de sobrevivência foi afetada quando as larvas de *P. brevis* foram alimentadas com uma baixa concentração de presas (Oliveira et al., 2020a) e submetidas a jejum e realimentação de curto prazo (Abe et al., 2021), devido principalmente à disputa por recursos alimentares entre os animais. Possivelmente, a baixa sobrevivência dos peixes alimentados exclusivamente com dieta formulada foram ocasionadas pela disputa entre os animais por alimento vivo disponível (tratamento com co-alimentação) e presença de um sistema digestivo ainda em desenvolvimento no início da alimentação exógena, além de baixa aceitação e consumo das dietas formuladas pelas larvas (tratamento sem co-alimentação).

As estratégias de transição alimentar podem afetar diretamente a manutenção da condição de saúde dos peixes na larvicultura (Azevedo et al., 2016; Mozanzadeh et al., 2021),

sendo este parâmetro medido através de diferentes testes, como o de resistência ao estresse à exposição ao ar (Luz et al., 2012; Mozanzadeh et al., 2021). No presente estudo, a taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis* as 12 e 24 horas pós-teste foi menor em animais alimentados exclusivamente com dieta formulada. Após 48, 72 e 96 horas pós-teste, as larvas de *P. brevis* alimentadas com 20 e 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* apresentaram os maiores valores de taxa de resistência ao estresse, enquanto as larvas de *P. brevis* alimentadas exclusivamente com dieta formulada e 10 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* apresentaram os menores valores. Provavelmente, esses resultados estão relacionados ao desenvolvimento das larvas, uma vez que os melhores valores de taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis* foram observados nos tratamentos que também proporcionaram melhores valores de comprimento e peso, indicando a necessidade de utilizar manejos de transição alimentar adequados para melhorar a resistência dos peixes.

Para obter maior taxa de resistência ao estresse das larvas de *Astronotus ocellatus*, *P. mesopotamicus* e *Pseudoplatystoma corruscans* é recomendado o uso de alimento vivo no início da alimentação exógena, quando comparado ao fornecimento de dieta formulada (Luz, 2007), e para as larvas de *T. leeri* é necessário à suplementação de prebiótico, probiótico e simbiótico na dieta formulada no momento da transição alimentar (Azevedo et al., 2016). Além disso, Mozanzadeh et al. (2021) observaram que as larvas de *Acanthopagrus latus* apresentaram maior taxa de resistência ao estresse quando alimentadas com um maior tempo de fornecimento de náuplios de *Artemia* e co-alimentação de 50% de alimento vivo/50% dieta formulada. No entanto, em nosso estudo, os períodos de co-alimentação não influenciaram a taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis*. Isso demonstra que os manejos alimentares podem influenciar a resistência ao estresse das larvas de maneiras distintas, sendo considerado um importante parâmetro a ser avaliado em estudos de larvicultura de peixes ornamentais, visando obter um lote de peixes mais resistente.

A viabilidade econômica de um empreendimento aquícola depende diretamente da otimização de manejos alimentares, como a transição alimentar, pois o uso de náuplios de *Artemia* torna a larvicultura de peixes altamente onerosa, sendo necessário definir o momento adequado para substituir o alimento vivo pela dieta formulada, visando reduzir os custos com alimentação, sem afetar o crescimento e a sobrevivência dos peixes (Stejskal et al., 2018; Oliveira et al., 2020b). No presente estudo, o custo da matéria-prima dos alimentos das larvas de *P. brevis* foi diretamente proporcional aos tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e períodos de co-alimentação utilizados. Os maiores valores foram encontrados nos tratamentos de 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 5 dias de co-alimentação,

enquanto os menores valores foram encontrados nos tratamentos de fornecimento exclusivo de dieta formulada e 0 dia de co-alimentação, ou seja, substituição abrupta dos náuplios de *Artemia* pela dieta formulada. Da mesma forma, observou-se aumento no custo da matéria-prima dos alimentos para a larvicultura de *C. carpio* (Motta et al., 2019) e *H. severus* (Oliveira et al., 2020b), quando se aumentou a quantidade de alimento vivo fornecido, demonstrando o alto custo relacionado ao uso de alimento vivo na larvicultura de peixes.

Geralmente, o uso de náuplios de *Artemia* por um período prolongado na alimentação das larvas de peixes gera um alto custo econômico, devido aos altos custos relacionados à aquisição, produção e fornecimento desse alimento vivo (Stejskal et al., 2018; Oliveira et al., 2020b). No presente estudo, o custo da matéria-prima dos alimentos das larvas de *P. brevis* alimentadas com 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 3 dias de co-alimentação foi 52,39% e 8,29% menor que o custo da matéria-prima dos alimentos das larvas de *P. brevis* alimentadas com 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 5 dias de co-alimentação, respectivamente. Da mesma forma, Stejskal et al. (2018) observaram aumento no custo da matéria-prima dos alimentos das larvas de *C. peled* conforme se aumentavam os tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* e os períodos de co-alimentação, sendo indicados 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 0 ou 3 dias de co-alimentação, pois o custo da matéria-prima dos alimentos foi menor e o crescimento e sobrevivência das larvas foram semelhantes. Dessa forma, a redução no tempo de fornecimento de náuplios de *Artemia* e no período de co-alimentação na larvicultura de *P. brevis* representam uma estratégia de manejo alimentar satisfatória para redução dos custos relacionados à alimentação das larvas.

Em suma, foi possível constatar que 20 e 30 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 3 e 5 dias de co-alimentação são suficientes para permitir melhor desempenho e taxa de resistência ao estresse das larvas de *P. brevis* durante a transição alimentar. No entanto, 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia* e 3 dias de co-alimentação permitiram menor custo da matéria-prima dos alimentos. Portanto, recomenda-se 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia*, seguido de 3 dias de co-alimentação, antes do fornecimento exclusivo de dieta formulada para transição alimentar de larvas de *P. brevis*. Além disso, o presente estudo também abre novas perspectivas para estudos futuros que visem otimizar os manejos alimentares na larvicultura dessa espécie, buscando estabelecer protocolos com tempos de fornecimento de náuplios de *Artemia* ainda menores, com atenção às exigências nutricionais, tipos de dietas formuladas e formas de transição alimentar.



## Referências

- Abe HA, Dias JAR, Cordeiro CAM, Ramos FM, Fujimoto RY, 2015. *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876) como uma nova opção para a piscicultura ornamental nacional: larvicultura. Bol Inst Pesca 41 (1): 113-122.
- Abe HA, Dias JAR, Reis RGA, Couto MVS, Meneses JO, Fujimoto RY, 2016. Extrato aquoso de canela como promotor de crescimento para larvas do peixe ornamental amazônico *Pyrrhulina brevis*. Bol Ind Anim 73 (4): 267-271.
- Abe HA, Dias JAR, Sousa NC, Couto MVS, Reis RGA, Paixão PEG, Fujimoto RY, 2019. Growth of Amazon ornamental fish *Nannostomus beckfordi* larvae (Steindachner, 1876) submitted to different stocking densities and feeding management in captivity conditions. Aquac Res 50 (8): 2276-2280.
- Abe HA, Reis RGA, Paixão PEG, Fujimoto RY, 2021. Effect of short-term fasting and re-feeding on growth performance of larvae and juveniles *Pyrrhulina brevis*, an amazon ornamental fish. J Appl Aquac 1 (1): 1-13.
- Abolhasani MH, Hosseini SA, Ghorbani R, Hoseini SM, Sudagar M, 2013. Efficacy of fish oil- and linseed oil-enriched *Artemia nauplii* on growth performance and stress resistance of tiger barb larvae (*Puntius tetrazona*). Int J Aquat Biol 1 (5): 228-232.
- Aya FA, Nillasca VSN, Garcia LMB, 2021. Effects of weaning on survival and growth of silver therapon (*Leiopotherapon plumbeus*) larvae fed live and artificial diet. Aquac Res 52 (10): 4799-4806.
- Azevedo RV, Fosse Filho JC, Pereira SL, Andrade DR, Vidal Júnior MV, 2016. Prebiótico, probiótico e simbiótico para larvas de *Trichogaster leeri* (Bleeker, 1852, Perciformes, Osphronemidae). Arq Bras Med Vet Zootec 68 (3): 795-804.
- Brabo MF, Silva ARL, Barros KDN, Rodrigues RP, Campelo DAV, Veras GC, 2021. Custo de produção de rações alternativas para peixes onívoros no estado do Pará, Amazônia, Brasil. Agrarian 14 (51): 127-135.
- Campelo DAV, Silva ICE, Marques MHC, Eiras BJCF, Brabo MF, De Moura LB, Veras GC, 2019. Estratégias alimentares na larvicultura do peixe ornamental amazônico acará severo (*Heros severus*) (Heckel, 1840). Arq Bras Med Vet Zootec 71 (5): 1601-1608.
- Chen JY, Zeng C, Cobcroft JM, 2022. Digestive system ontogeny and the effects of weaning time on larval survival, growth and pigmentation development of orchid dottyback *Pseudochromis fridmani*. Aquaculture 549 (1): 737737 [1-6].
- Celik P, 2020. Effect of weaning time on growth and survival of freshwater angelfish larvae (*Pterophyllum scalare* Schultze, 1823). Fresenius Environ Bull 29 (10/2020): 9311-9317.
- Conceição LE, Yúfera M, Makridis P, Morais S, Dinis MT, 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. Aquac Res 41 (5): 613-640.

Cordeiro NIS, Costa DC, Souza e Silva W, Takata R, Miranda-Filho KC, Luz RK, 2016. High stocking density during larviculture and effect of size and diet on production of juvenile *Lophosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). J Appl Ichthyol 32 (1): 61-66.

Dias JAR, Abe HÁ, Sousa NC, Ramos FM, Cordeiro CAM, Fujimoto RY, 2016. Uso do sal comum (NaCl) e densidade de estocagem durante a larvicultura de *Betta splendens*. Bol Inst Pesca 42 (3): 719-726.

Diemer O, Neu DH, Sary C, Finkler JK, Boscolo WR, Feiden A, 2012. *Artemia* sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). Cienc Anim Bras 13 (2): 175-179.

ePond Shop, 2020. South American Characins: *Pyrrhulina brevis*. Reino Unido: Diapteron Ltd. <https://epond.eu/product/pyrrhulina-brevis-wild/>

Evangelista IR, Dos Santos LN, Dos Santos AFGN, 2020. Influence of salinity, temperature and photoperiod on eye asymmetry of *Amphirion ocellaris* larvae. Aquaculture 521 (1): 734976 [1-5].

Ferreira VAM, Rodrigues TTE, Silva PG, Freitas CEC, Yamamoto KC, 2020. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil. Obs Econ Latinoam 1 (1): 1-30.

Fosse PJ, Mattos DC, Cardoso LD, Motta JHS, Jasper APS, Radael MC, Andrade DR, Vidal Júnior MV, 2013. Estratégia de coalimentação na sobrevivência e no crescimento de larvas de *Betta splendens* durante a transição alimentar. Arq Bras Med Vet Zootec 65 (6): 1801-1807.

Fosse PJ, Mattos DC, Cardoso LD, Radael MC, Fosse Filho JC, Vidal Júnior MV, 2018. Duration of co-feeding on the Nishikigoi *Cyprinus carpio* larvae during weaning from live to inert food in an indoor system. Cienc Rural 48 (4): e20170579 [1-9].

Freitas TM, Lopes IG, Lopes TS, Buzollo H, Portella MC, 2019. Growth performance and incidence of skeletal anomalies in pacu larvae under different weaning protocols. Bol Inst Pesca 45 (1): e433 [1-8].

Furuya WM, Souza SR, Furuya VRB, Hayashi C, Ribeiro RP, 1998. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação. Cienc Rural 28 (3): 483-487.

Furuya WM (ed), 2010. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. 1. ed. GFM Gráfica & Editora, Toledo, Brasil. 100 p.

Laczynska B, Siddique MAM, Ziomek E, Shelton WL, Fopp-Bayat D, 2020. Early Weaning Effects on Survival, Growth, and Histopathology of Larval Sterlet *Acipenser ruthenus*. N Am J Fish Manag 82 (2): 181-189.

Ladislau DS, Ribeiro MWS, Castro PDS, Aride PHR, Paiva AJV, Polese MF, Souza AB, Bassul LA, Lavander HD, Oliveira AT, 2019. Ornamental fishing in the region of Barcelos,

Amazonas: socioeconomic description and scenario of activity in the view of “piabeiros”. *Braz J Biol* 80 (3): 544-556.

Luz RK, 2007. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. *Pesq Agropec Bras* 42 (1): 65-72.

Luz RK, Ribeiro PAP, Ikeda AL, Santos AEH, Melillo-Filho R, Turra EM, Teixeira EA, 2012. Performance and stress resistance of Nile tilapias fed different crude protein levels. *R Bras Zootec* 41 (2): 457-461.

Manickam N, Bhavan PS, Santhanam P, 2017. Evaluation of nutritional profiles of wild mixed zooplankton in Sular and Ukkadam Lakes of Coimbatore, South India. *Turkish J Fish Aquat Sci* 17 (3): 509-517.

Mankiw NG (ed), 2020. *Principles of Microeconomics*. 9. ed. Cengage Learning, Stamford, Estados Unidos da América. 528 p.

Menossi OCC, Takata R, Sánchez-Amaya MI, Freitas TM, Yúfera M, Portella MC, 2012. Crescimento e estruturas do sistema digestório de larvas de pacu alimentadas com dieta microencapsulada produzida experimentalmente. *R Bras Zootec* 41 (1): 1-10.

Motta JHS, Vidal-Júnior MV, Glória LS, Cruz-Neto MA, Da Silveira LS, De Andrade DR, 2019. Technical and economic feasibility of food strategies in the hatchery of *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae) in a recirculating aquaculture system. *Lat Am J Aquat Res* 47 (4): 626-637.

Mozanzadeh MT, Bahabadi MN, Morshedi V, Azodi M, Agh N, Gisbert E, 2021. Weaning strategies affect larval performance in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*). *Aquaculture* 539 (1): 736673 [1-14].

Oliveira LCC, Silva-Neto EDA, Pinheiro-Junior ADS, Eiras BJCF, Veras GC, De Moura LB, Campelo DAV, 2020a. Effect of prey concentrations and salinized water on initial development of *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876), an Amazonian ornamental fish. *Res Soc Dev* 9 (8): e381985582 [1-19].

Oliveira LCC, Costa LGB, Eiras BJCF, Brabo MF, Veras GC, De Moura LB, Salaro AL, Campelo DAV, 2020b. Feeding strategy induces compensatory growth in *Heros severus* fingerlings, an Amazonian ornamental fish. *Aquac Rep* 18 (1): 100436 [1-6].

Pereira SL, Gonçalves Junior LP, Azevedo RV, Matielo MD, Selvatici PDC, Amorim IR, Mendonça PP, 2016. Diferentes estratégias alimentares na larvicultura do acará-bandeira (*Peterolophyllum scalare*, Cichlidae). *Acta Amaz* 46 (1): 91-98.

Portella MC, Dabrowski K, 2008. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: *Feeding and digestive functions of fishes*; Cyrino JEP, Bureau DP, Kapoor BG (eds.). pp: 227-279. Science Publishers, Enfield.

Portella MC, Jomori RK, Leitão NJ, Menossi OCC, Freitas TM, Kojima JT, Lopes TS,

Clavijo-Ayala JA, Carneiro DJ, 2014. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture* 432 (1): 402-417.

Reis RGA, Alves PCJ, Abe HA, Sousa NC, Paixão PEG, Palheta GDA, De Melo NFAC, Fujimoto RY, Luz RK, Takata R, 2021. Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae). *Aquac Res* 52 (5): 1995-2003.

Roubach R, Gomes LC, Fonseca FAL, Val AL, 2005. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquac Res* 36 (11): 1056-1061.

Santos AE, Pedreira MM, Santos TG, Moura GS, Santos JCE, Silva RC, 2016. Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). *Acta Sci - Anim Sci* 38 (1): 9-16.

Silva NCS, Costa AJL, Louvise J, Soares BE, Reis VCS, Albrecht MP, Caramaschi ÉP, 2016. Resource partitioning and ecomorphological variation in two syntopic species of Lebiasinidae (Characiformes) in an Amazonian stream. *Acta Amaz* 46 (1): 25-36.

Souza e Silva W, Ferreira AL, Neves LC, Ferreira NS, Palheta GDA, Takata R, Luz RK, 2021. Effects of stocking density on survival, growth and stress resistance of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) reared in a recirculating aquaculture system (RAS). *Aquac Int* 29 (2): 609-621.

Stejskal V, Matousek J, Prokesova M, Podhorec P, Sebesta R, Drozd B, 2018. Combined effect of weaning time and co-feeding duration on growth and survival of peled *Coregonus peled* (Gmelin) larvae. *Aquac Nutr* 24 (1): 434-441.

Stejskal V, Gebauer T, Sebesta R, Nowosad J, Sikora M, Biegaj M, Kucharczyk D, 2021. Effect of feeding strategy on survival, growth, intestine development, and liver status of maraena whitefish *Coregonus maraena* larvae. *J World Aquac Soc* 52 (1): 829-842.

Veeramani T, Santhanam P, Manickam N, Rajthilak C, 2019. Introduction to Artemia Culture. In: *Basic and Applied Zooplankton Biology*; Santhanam P, Begum A, Pachiappan P (eds.). pp: 209-224. Springer, Singapore.

Veras GC, Brabo MF, Dias JA, Abe HA, Nunes ZMP, Murgas LDS, 2014. The effect of photoperiod and feeding frequency on larval of the Amazonian ornamental fish *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876). *Aquac Res* 47 (3): 797-803.

Veras GC, Paixão DJMR, Brabo MF, Soares LMO, Sales AD, 2016. Influence of photoperiod on growth, uniformity, and survival of larvae of the Amazonian ornamental *Heros severus* (Heckel, 1840). *R Bras Zootec* 45 (7): 422-426.

Zuanon JAS, Salaro AL, Furuya WM, 2011. Produção e nutrição de peixes ornamentais. *R Bras Zootec* 40 (esp): 165-174.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a expansão do mercado de aquariofilia, a produção de peixes ornamentais amazônicos em cativeiro é uma alternativa para suprir a demanda por peixes de diferentes variedades e de qualidade para esse mercado, além de gerar renda para os piscicultores locais e proteger os estoques selvagens, permitindo assim, o desenvolvimento sustentável da piscicultura ornamental. Contudo, a escassez de informações científicas sobre manejos alimentares e nutricionais, ainda são os principais gargalos na produção de peixes ornamentais amazônicos em cativeiro. Portanto, pacotes tecnológicos de criação espécie-específicos precisam ser estabelecidos, e isso perpassa pela definição de protocolos de alimentação e condições adequadas de criação que possam ser empregados na larvicultura dessas espécies.

O presente estudo demonstrou que a concentração fixa de presas anteriormente indicada para a larvicultura de *P. brevis* não é suficiente para fornecer condições de alimentação adequadas para promover o máximo crescimento dos peixes. Além disso, foi determinada a concentração crescente de presas inicial de 350 náuplios de *Artemia* larva<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a larvicultura de *P. brevis*, pois, proporcionou maiores valores de desempenho e taxa de resistência ao estresse das larvas. Porém, sugere-se que estudos sejam realizados com maior amplitude de valores de concentração crescente de presas na larvicultura dessa espécie, além de estratégias que permitam otimizar o manejo alimentar, visando encontrar as condições de criação que gerem o melhor custo-benefício na larvicultura de *P. brevis*.

De acordo com o presente estudo, 20 dias de fornecimento de náuplios de *Artemia*, seguido de 3 dias de co-alimentação, antes do fornecimento exclusivo da dieta formulada, é um protocolo eficiente para permitir melhor desempenho e taxa de resistência ao estresse das larvas, além de possibilitar menor custo da matéria-prima dos alimentos, durante a transição alimentar na larvicultura de *P. brevis*. Porém, sugere-se que estudos sejam realizados para tentar fornecer náuplios de *Artemia* por períodos ainda menores, com atenção às exigências nutricionais, tipos de dietas formuladas e formas de transição alimentar, visando estabelecer protocolos de transição alimentar ainda mais eficientes na larvicultura dessa espécie.

Por fim, vale ressaltar que as informações científicas sobre a concentração de presas e transição alimentar na larvicultura intensiva de *P. brevis* disponibilizadas com o presente estudo, são contribuições essenciais para a formação do pacote tecnológico de criação dessa espécie em cativeiro. No entanto, apesar das significativas contribuições, ainda há um enorme campo de informações a ser explorado, e o sucesso da produção comercial de *P. brevis* perpassa pelo conhecimento dessas informações e da definição de manejos alimentares e nutricionais que garantam o desenvolvimento adequado dos peixes em condições de cativeiro.