

## Larvicultura intensiva do lambari (*astyanax lacustris*) em diferentes densidades de estocagem

## *Intensive larviculture of lambari (*astyanax lacustris*) at different stocking densities*

## *Larvicultura intensiva de lambari (*astyanax lacustris*) en diferentes densidades de estocaje*

Affonso Gama Souza Pinheiro<sup>1</sup>

Ana Camila Franchini<sup>2</sup>

Omar Jorge Sabbag<sup>3</sup>

Rosangela Kiyoko Jomori (*in memoriam*)<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Doutorando em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (UNESP/CAUNESP). Mestrado em Ciências e Tecnologia Animal pela UNESP. Graduação em Medicina Veterinária pela Faculdade Doutor Francisco Maeda (FAFRAM). Desenvolve pesquisas na área de nutrição, metabolismo e alimentação de peixes, com ênfase no uso de aditivos funcionais e ingredientes alternativos na aquicultura. **E-mail:** affonso.gama@unesp.br, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3982-3912>

<sup>2</sup> Mestranda em Ciência e Tecnologia Animal na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Médica veterinária pela Universidade Brasil. Desenvolve pesquisas na área de nutrição e metabolismo de peixes, com ênfase na inclusão de aditivos e fontes alternativas na alimentação aquícola. **E-mail:** a.franchini@unesp.br, **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-6768-675X>

<sup>3</sup> Pós-doutorado em Zootecnia (políticas públicas e desenvolvimento) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/Feis). Doutorado em Geografia (planejamento ambiental e gestão) pela UNESP/FCT. Mestrado em Agronomia (sistemas produtivos e gestão) pela UNESP/Feis. Graduação em Engenharia Agronômica pela UNESP/Feis. Professor associado III da Unesp/Feis, docente orientador no programa de Mestrado Profissional em Administração (FCAV/Unesp) e colunista do agro no canal AgroMais, na Unesp FM e na Band FM de Ilha Solteira. **E-mail:** Omar.sabbag@unesp.br, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3940-4240>

<sup>4</sup> Pós-doutorado pelo Centro de Isótopos Estáveis do Instituto de Biociências Universidade Estadual Paulista (UNESP). Doutorado e mestrado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da UNESP. Graduação em Zootecnia pela UNESP. Docente na Faculdade Dr. Francisco Maeda (Fafram) e representante da respectiva instituição junto ao Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Sapucaí-Mirim/Grande (CBH – SMG). Atuação na Câmara Técnica de Educação Ambiental e Comunicação e na Câmara Técnica de Planejamento e Integração. Vice-presidente do CBH-SMG, representando o comitê junto ao CBH-Grande desde 2012 e participando do Conselho Consultivo do Parque Estadual Furnas do Bom Jesus. **E-mail:** rosangela.jomori@yahoo.com.br, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4949-8455>

**Resumo:** Este estudo avaliou a larvicultura intensiva do lambari (*Astyanax lacustris*) em diferentes densidades de estocagem. Larvas com oito dias foram estocadas em 20, 60, 120, 180 e 240 larvas. $L^{-1}$  por 10 dias (período I) e readequadas para 13, 40, 85, 135 e 180 larvas. $L^{-1}$  por seis dias (período II). O crescimento foi negativamente impactado pela densidade, porém, após a readequação, observou-se crescimento compensatório. A sobrevivência foi similar no período I (~76,5%), porém variou de 89% (D13) a 57% (D180) no período II. As maiores densidades resultaram em maior produtividade final. A Análise Envolta de Dados apontou 100% de eficiência técnica para as densidades extremas, com maior eficiência produtiva nas mais altas. Conclui-se que a larvicultura intensiva do lambari é viável mesmo em densidades elevadas, permitindo maior produtividade, desde que manejos adequados sejam aplicados, sem comprometer significativamente o desempenho zootécnico.

**Palavras-chave:** peixes nativos; crescimento larval; taxa de sobrevivência; aquicultura sustentável.

**Abstract:** This study evaluated intensive larviculture of lambari (*Astyanax lacustris*) under different stocking densities. Eight-day-old larvae were stocked at 20, 60, 120, 180, and 240 larvae.  $L^{-1}$  for 10 days (period I), and then readjusted to 13, 40, 85, 135, and 180 larvae.  $L^{-1}$  for six days (period II). Growth was negatively impacted by density, but compensatory growth occurred after readjustment. Survival was similar during period I (~76.5%) but ranged from 89% (D13) to 57% (D180) in period II. Higher densities led to greater final productivity. Data Envelopment Analysis indicated 100% technical efficiency for extreme densities, with higher productive efficiency at higher densities. It was concluded that intensive larviculture of lambari is feasible at high stocking densities, enabling higher productivity without significantly compromising zootechnical performance, as long as proper management practices are applied.

**Keywords:** native fish; larval growth; survival rate; sustainable aquaculture.

**Resumen:** Este estudio evaluó la larvicultura intensiva del lambari (*Astyanax lacustris*) en diferentes densidades de siembra. Las larvas de ocho días se sembraron a 20, 60, 120, 180 y 240 larvas. $L^{-1}$  durante 10 días (período I), y luego se ajustaron a 13, 40, 85, 135 y 180 larvas. $L^{-1}$  durante seis días (período II). El crecimiento fue afectado negativamente por la densidad, pero tras la readecuación, se observó crecimiento compensatorio. La supervivencia fue similar en el período I (~76,5%), pero varió de 89% (D13) a 57% (D180) en el período II. Las densidades más altas resultaron en mayor productividad. El Análisis Envolvente de Datos indicó 100% de eficiencia técnica para las densidades extremas, con mayor eficiencia productiva en las más altas. Se concluye que la larvicultura intensiva del lambari es viable en densidades elevadas, permitiendo una mayor productividad sin comprometer significativamente el rendimiento zootécnico, siempre que se apliquen manejos adecuados.

**Palabras clave:** peces nativos; crecimiento larval; tasa de supervivencia; acuicultura sostenible.

## **1 INTRODUÇÃO**

A aquicultura tem se consolidado como um dos setores de maior crescimento na produção de proteína animal, desempenhando um papel essencial na segurança alimentar global. A produção aquícola mundial tem apresentado um crescimento contínuo ao longo dos anos, tornando-se um setor rentável e estratégico para a produção de alimentos. Atualmente, a piscicultura representa cerca de 66% da produção total da aquicultura global, com um volume estimado de 57,5 milhões de toneladas e um valor de mercado aproximado de 146,1 bilhões de dólares.

No Brasil, país com uma extensa disponibilidade de recursos hídricos e um clima favorável, a aquicultura se destaca como uma atividade econômica de grande relevância, contribuindo significativamente para a geração de renda e a diversificação da produção de pescado. A produção aquícola nacional é liderada pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), que representa aproximadamente 65,3% do total produzido, seguida pelos peixes nativos, que correspondem a 29,7% da produção e incluem diversas espécies de importância comercial. Entre essas espécies, o lambari (*Astyanax lacustris*) ocupa uma pequena parcela, representando cerca de 0,04% da produção nacional.

O crescente interesse pela criação de espécies nativas, incluindo o lambari (*Astyanax lacustris*), tem se consolidado como uma alternativa viável para a diversificação da piscicultura brasileira. O lambari é amplamente valorizado no mercado, tanto como isca viva para a pesca esportiva quanto para o consumo na gastronomia, fatores que aumentam sua importância econômica e incentivam sua produção em sistemas mais tecnificados.

No entanto, a fase larval do lambari ainda representa um dos maiores desafios para a sua produção em larga escala, principalmente em relação à nutrição e aos manejos produtivos. A larvicultura intensiva surge como uma alternativa estratégica para aprimorar os índices produtivos, permitindo maior controle sobre os parâmetros ambientais e nutricionais. Essa estratégia possibilita melhores taxas de crescimento, maior taxa de sobrevivência e previsibilidade na produção de juvenis.

Dentre os fatores que afetam diretamente a eficiência da larvicultura intensiva, a densidade de estocagem se destaca como um dos mais críticos.

A densidade influencia diretamente a taxa de crescimento, a sobrevivência das larvas e a qualidade do meio de cultivo. Densidades elevadas podem aumentar a competição por alimento, o estresse fisiológico e os níveis de mortalidade, comprometendo o desempenho dos peixes. Por outro lado, densidades muito baixas podem resultar em subutilização da infraestrutura produtiva, reduzindo a eficiência econômica do sistema de cultivo.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da larvicultura intensiva do lambari em altas densidades de estocagem, visando gerar informações que possam auxiliar no estabelecimento de protocolos de criação para otimizar e incrementar a produção de juvenis.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura da Faculdade Dr. Francisco Maeda (Fafram), em Ituverava (SP). Foram utilizadas larvas de lambari (*Astyanax fuscus tris*), obtidas por reprodução artificial (hipofisação) em uma piscicultura comercial. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Fafram, sob número de protocolo 72/2017.

### 2.1 Condições experimentais

No terceiro dia de vida, as larvas foram transferidas para o laboratório e estocadas em tanques de 40 L. A alimentação com náuplios de artemia (fonte de alimento vivo) foi iniciada no quarto dia e mantida por quatro dias. Aos oito dias, com média de  $3,85 \pm 0,47$  mm de comprimento total e  $0,6 \pm 0,29$  mg de peso úmido, foram distribuídas em cinco densidades (20, 60, 120, 180 e 240 larvas·L<sup>-1</sup>), mantidas por 10 dias (período I).

Aos 17 dias, as densidades foram readequadas para 13, 40, 85, 135 e 180 larvas·L<sup>-1</sup>, seguindo os tratamentos iniciais. O segundo período (19 a 24 dias de vida) durou seis dias. O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco densidades e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

As unidades consistiram em recipientes com 10 L de água, aerados, com vazão de 25,5 L·h<sup>-1</sup>, acoplados a caixas de 40 L em banho-maria,

conectadas a um sistema de filtragem e decantação (volume total de ~2000 L). Durante o experimento, os parâmetros físicos foram mantidos em 25,9  $\pm$  0,2 °C, pH 8,7, e oxigênio dissolvido de 5,0 mg·L<sup>-1</sup>.

## **2.2 Alimentação das Larvas**

Durante os períodos I e II, as larvas foram alimentadas exclusivamente com náuplios de artemia, três vezes ao dia (7h30, 11h30 e 15h30), com quantidades ajustadas à densidade de estocagem para evitar excessos. Os náuplios foram obtidos diariamente por meio da incubação dos cistos em solução salina a 15‰ por 24 horas. Após a segunda alimentação do dia, as unidades experimentais eram limpas por sifonamento para remoção de resíduos orgânicos.

## **2.3 Avaliação do desempenho das larvas**

As biometrias foram realizadas ao final dos períodos I e II (aos 17 e 24 dias de vida) para avaliação do crescimento e sobrevivência. As amostras coletadas foram correspondentes a 5% do total de larvas de cada unidade experimental para mensuração do comprimento total (CT) (mm) e peso final (PF) (mg). As larvas foram previamente anestesiadas em gelo, fixadas em formol 10% e, após 24 horas, transferidas para solução de álcool 70%.

As medições foram realizadas com paquímetro digital (precisão 0,01 mm) e balança analítica (precisão 0,0001g). A taxa de crescimento específico (TCE) foi calculada pela fórmula a seguir:

$$\text{TCE} (\% \text{ dia}^{-1}) = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo}] \times 100$$

## **2.4 Análise estatística**

Os dados de comprimento, peso, taxa de crescimento específico e sobrevivência foram submetidos à Anova unifatorial. Quando identificadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As pressuposições de normalidade (teste de Cramer-von Mises) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene) foram previamente verificadas. As análises foram realizadas no software Statistica 7.0.

## 2.5 Análise envoltória de dados

A eficiência técnica das densidades de estocagem foi estimada por meio da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis [DEA]*), utilizando a taxa de sobrevivência e o peso final como variáveis de entrada (*inputs*) e a quantidade produzida como saída (*output*), conforme Tabelas 1 e 2. As densidades crescentes foram consideradas como Unidades de Decisão (*Decision Making Units [DMU's]*) para ambos os períodos.

A modelagem foi realizada nos softwares DEAP 2.1 e SIAD 3.0, com normalização dos dados e aplicação de análise de fronteira invertida para desempate entre as densidades de maior eficiência obtida.

Tabela 1 – Densidades estocagem de larvas de lambari adotadas no período I de larvicultura, com respectivos valores de taxa de sobrevivência, peso final e quantidade produzida

Densidades de estocagem	Taxa de sobrevivência (%) (Input)	Peso Final (Mg) (Input)	Quantidade produzida (unidades) (Output)
DMU 1: 20 larvas·L <sup>-1</sup>	74,38	7,48	147
DMU 2: 60 larvas·L <sup>-1</sup>	77,04	2,50	462
DMU 3: 120 larvas·L <sup>-1</sup>	76,58	1,50	919
DMU 4: 180 larvas·L <sup>-1</sup>	78,21	1,48	1.408
DMU 5: 240 larvas·L <sup>-1</sup>	76,40	1,73	1.834

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 2 – Densidades estocagem de larvas de lambari adotadas no período II de larvicultura, com respectivos valores de taxa de sobrevivência, peso final e quantidade produzida

Densidades de estocagem	Taxa de sobrevivência (%) (Input)	Peso Final (Mg) (Input)	Quantidade produzida (unidades) (Output)
DMU 1: 13 larvas·L <sup>-1</sup>	89,23	50,40	116
DMU 2: 40 larvas·L <sup>-1</sup>	78,63	31,08	315
DMU 3: 85 larvas·L <sup>-1</sup>	66,29	25,83	563
DMU 4: 135 larvas·L <sup>-1</sup>	58,35	25,33	788
DMU 5: 180 larvas·L <sup>-1</sup>	56,92	25,73	1.024

Fonte: dados da pesquisa.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Crescimento de larvas

A densidade de estocagem influenciou significativamente o crescimento das larvas ( $p < 0,05$ ). No período I (8 a 17 dias), o comprimento variou entre 6,5 e 8,9 mm, com maiores médias nas densidades de 20, 60 e 120 larvas·L<sup>-1</sup> (Tabela 3). As densidades acima de 120 apresentaram menores valores de comprimento e peso. A TCE foi mais alta na densidade de 20 ( $24,7\%\cdot\text{dia}^{-1}$ ), intermediária em 60, e próxima a  $9,6\%\cdot\text{dia}^{-1}$  nas densidades mais elevadas.

Tabela 3 – Média e desvio padrão para comprimento total (CT), peso final (PF) e taxa de crescimento específico (TCE) de larvas de lambari (*Astyanax lacustris*), sob diferentes densidades de estocagem período I

D	CT (mm)	PF (mg)	TCE (%·dia <sup>-1</sup> )
Período I (8º ao 17º dia de vida)			
20	$8,99 \pm 0,33^{\text{A}}$	$7,48 \pm 2,66^{\text{A}}$	$24,69 \pm 3,90^{\text{A}}$
60	$7,03 \pm 0,28^{\text{B}}$	$2,50 \pm 0,22^{\text{B}}$	$14,24 \pm 0,84^{\text{B}}$
120	$6,17 \pm 0,16^{\text{C}}$	$1,50 \pm 0,16^{\text{B}}$	$9,12 \pm 1,10^{\text{C}}$
180	$6,30 \pm 0,20^{\text{C}}$	$1,48 \pm 0,24^{\text{B}}$	$9,08 \pm 1,39^{\text{C}}$
240	$6,49 \pm 0,15^{\text{C}}$	$1,73 \pm 0,13^{\text{B}}$	$10,54 \pm 0,72^{\text{BC}}$

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Fonte: dados da pesquisa.

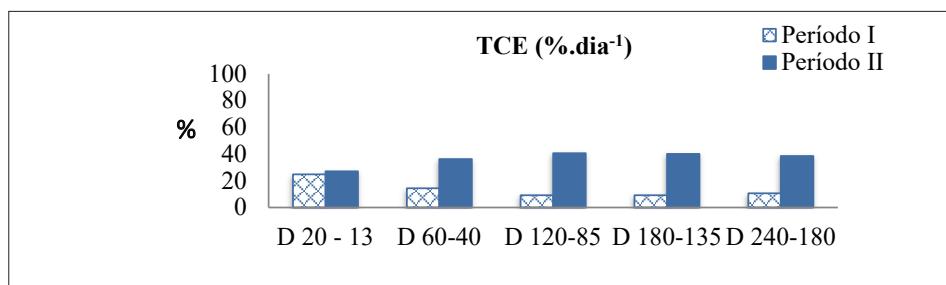
No período II (19 a 24 dias) (Tabela 4), mesmo com densidades reduzidas (13 a 180 larvas·L<sup>-1</sup>), as maiores densidades (85 a 180) mantiveram os menores valores de crescimento, enquanto a densidade 13 resultou em peso médio de 50 mg. No entanto, a TCE (Figura 1) foi significativamente maior nas densidades de 40 a 180 ( $41$  a  $47\%\cdot\text{dia}^{-1}$ ), enquanto a densidade 13 apresentou valores mais baixos ( $25$  a  $27\%\cdot\text{dia}^{-1}$ ).

Tabela 4 – Média e desvio padrão para comprimento total (CT), peso final (PF) e taxa de crescimento específico (TCE) de larvas de lambari (*Astyanax lacustris*), sob diferentes densidades de estocagem período II

D	CT (mm)	PF (mg)	TCE (%. $\text{dia}^{-1}$ )
Período II (19º ao 24º dia de vida)			
13	15,63 ± 1,09 <sup>A</sup>	50,40 ± 10,35 <sup>A</sup>	31,51 ± 3,77 <sup>A</sup>
40	13,81 ± 0,94 <sup>B</sup>	31,08 ± 6,48 <sup>B</sup>	41,73 ± 3,43 <sup>B</sup>
85	12,92 ± 0,58 <sup>C</sup>	25,83 ± 3,01 <sup>B</sup>	47,34 ± 1,98 <sup>B</sup>
135	12,30 ± 0,78 <sup>C</sup>	25,33 ± 6,27 <sup>B</sup>	46,71 ± 4,19 <sup>B</sup>
180	12,23 ± 0,49 <sup>C</sup>	25,73 ± 4,34 <sup>B</sup>	44,86 ± 2,75 <sup>B</sup>

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Fonte: dados da pesquisa.

Figura 1 – Taxa de crescimento específico (TCE) de larvas de lambari (*Astyanax lacustris*) submetidas a diferentes densidades de estocagem nos períodos I e II



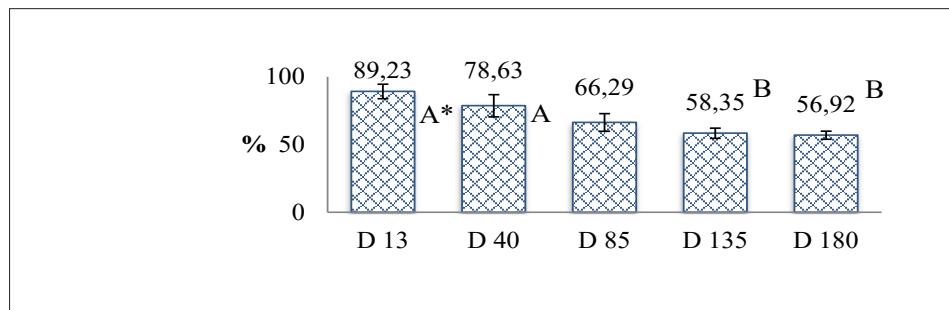
Densidades de estocagem (Larvas. $\text{L}^{-1}$ )\*.\*As densidades variaram de 20 a 240 larvas. $\text{L}^{-1}$  no período I e foram readequadas para 13 a 180 larvas. $\text{L}^{-1}$  no período II. Fonte: dados da pesquisa.

### 3.2 Sobrevivência de larva

No período I, as taxas de sobrevivência variaram entre 74% e 78%, sem diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Já no período II, observou-se queda na sobrevivência com o aumento da densidade, com destaque para a densidade 13, que apresentou a maior taxa (89%), enquanto

as densidades de 135 e 180 registraram os menores valores (58% e 56%, respectivamente;  $p < 0,05$ ), conforme Figura 2. Ainda assim, os tratamentos D13 e D85 não diferiram estatisticamente.

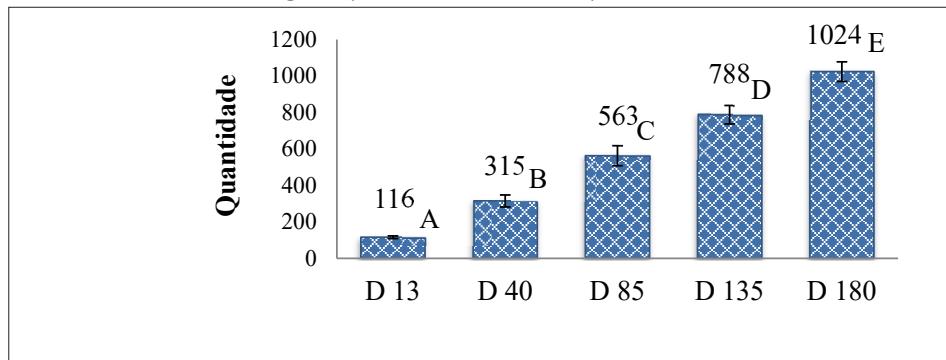
Figura 2 – Taxas de sobrevivência (%) de larvas de lambari mantidas nas densidades de estocagem 13; 40; 85; 135 e 180 Larvas.L<sup>-1</sup>, durante seis dias de larvicultura intensiva (larvas com idade de 19 a 24 dias de vida)



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Fonte: dados da pesquisa.

Apesar das menores taxas de sobrevivência em densidades mais elevadas, evidenciando maior número de larvas, com isso maior produtividade final ( $p < 0,05$ ) (Figura 3).

Figura 3 – Quantidade média de larvas de lambari (*Astyanax lacustris*) aos 24 dias de vida, após seis dias de larvicultura intensiva sob diferentes densidades de estocagem (13 a 180 larvas·L<sup>-1</sup>)



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Fonte: dados da pesquisa.

### 3.3 Análise envoltória de dados

Resultados relacionados ao DEA demonstram que as DMU 1 e DMU 5, em ambos os períodos, obtiveram 100% de eficiência técnica (Tabela 5). Para densidade de estocagem mais eficiente, foi aplicada a análise de fronteira invertida por meio do software Siad, utilizada como critério de desempate (Tabela 6). Os resultados indicam que as densidades mais elevadas (DMU 5) demonstraram maior eficiência produtiva.

Tabela 5 – Análise da eficiência das Unidades de Decisão (DMU's), em diferentes níveis de densidade de estocagem de larvas de lambari, 1º e 2º períodos

Densidades de estocagem	Eficiência Técnica
1º período	
DMU 1 – 20 larvas·L <sup>-1</sup>	1.000
DMU 2 – 60 larvas·L <sup>-1</sup>	0.499
DMU 3 – 120 larvas·L <sup>-1</sup>	0.577
DMU 4 – 180 larvas·L <sup>-1</sup>	0.768

Densidades de estocagem	Eficiência Técnica
DMU 5 – 240 larvas·L <sup>-1</sup>	1.000
<b>2º período</b>	
DMU 1 – 13 larvas·L <sup>-1</sup>	1.000
DMU 2 – 40 larvas·L <sup>-1</sup>	0,736
DMU 3 – 85 larvas·L <sup>-1</sup>	0,779
DMU 4 – 135 larvas·L <sup>-1</sup>	0,916
DMU 5 – 180 larvas·L <sup>-1</sup>	1.000

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 6 – Análise DEA de fronteira invertida, 1º e 2º períodos

DMUs	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
<b>1º período</b>				
DMU 1	1,000000	1,000000	0,500000	0,858880
DMU 2	0,498692	1,000000	0,249346	0,428317
DMU 3	0,576705	1,000000	0,288352	0,495320
DMU 4	0,767987	1,000000	0,383994	0,659609
DMU 5	1,000000	0,835693	0,582154	1,000000
<b>2º período</b>				
DMU 1	1,000000	1,000000	0,500000	0,858880
DMU 2	0,736279	1,000000	0,368139	0,428317
DMU 3	0,779348	1,000000	0,389674	0,495320
DMU 4	0,915891	0,897598	0,509146	0,659609
DMU 5	1,000000	0,861989	0,569006	1,000000

Fonte: dados da pesquisa.

## 4 DISCUSSÃO

A densidade de estocagem é um fator determinante na larvicultura intensiva de lambari, influenciando diretamente o desempenho zootécnico. Densidades acima de 60 larvas·L<sup>-1</sup> limitaram o crescimento, com redução de até 2,5 vezes na TCE. Resultados semelhantes foram observados em outras espécies, como pintado e tilápia-do-nilo (Andrade *et al.*, 2004; Tachibana *et al.*, 2009), e estão associados à competição por espaço e alimento (Fontes; Senhorini; Lucas, 1990).

No segundo período, após a readequação das densidades, foi observado crescimento compensatório nas densidades mais elevadas, com TCE superior (39%) em comparação à menor densidade (27%). Esse fenômeno já foi descrito em tambaquis após restrição alimentar (Santos *et al.*, 2018). Contudo, densidades elevadas também podem gerar estresse, promover maior agressividade e reduzir a uniformidade do lote (Maciel *et al.*, 2021).

A sobrevivência não foi afetada no primeiro período, permitindo o uso de até 240 larvas·L<sup>-1</sup> por 10 dias. No entanto, no segundo período, houve queda significativa nas densidades mais altas, possivelmente devido ao canibalismo (Andrade *et al.*, 2004). Apesar da redução na sobrevivência, as densidades acima de 40 larvas·L<sup>-1</sup> apresentaram maior produtividade, com aumentos de até 89% na quantidade final de juvenis produzidos, quando comparadas à densidade de 13 larvas·L<sup>-1</sup>. Densidades mais altas podem resultar em maior biomassa, desde que a sobrevivência se mantenha em níveis aceitáveis (Vilela; Hayashi, 2001), além de favorecer o uso eficiente do espaço e reduzir custos operacionais (Jomori *et al.*, 2005).

A aplicação da DEA permitiu identificar as densidades mais eficientes, sendo as DMU's 1 e 5 (240 e 180 larvas·L<sup>-1</sup>) as mais produtivas. A análise de fronteira invertida confirmou que, mesmo com menor sobrevivência, as densidades elevadas geraram maior biomassa final. Esses resultados estão alinhados com Sabbag, Bertolini e Barbieri (2022), que reforçam a importância de avaliar a eficiência produtiva de forma integrada.

Por fim, os resultados corroboram estudos com outras espécies, como o tambaqui, que também apresentaram redução da sobrevivência em altas densidades, mas com maior eficiência produtiva (Santos *et al.*, 2022). Em contraste, para Sterlet (*Acipenser ruthenus*), densidades mais baixas foram mais adequadas na fase inicial (Fazekas *et al.*, 2022), evidenciando que a densidade ideal varia entre as espécies e deve ser ajustada às suas particularidades biológicas.

## 5 CONCLUSÃO

Larvas de lambari com oito dias podem ser cultivadas em até 240 larvas·L<sup>-1</sup> por 10 dias (período I) sem prejuízo à sobrevivência. A redução

posterior da densidade promoveu crescimento compensatório. Na fase de 19 a 24 dias (período II), densidades mais altas reduziram a sobrevivência, provavelmente por canibalismo, mas aumentaram a produtividade final. A análise DEA apontou maior eficiência nas densidades de 240 (período I) e 180 larvas.L<sup>-1</sup> (período II), indicando que altas densidades são viáveis na larvicultura intensiva do lambari.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, Luciana Segura de; HAYASHI, Carmino; SOUZA, Sandra Regina de; SOARES, Claudemir Martins. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 26, n. 3, p. 299-302, 2004. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v26i3.1543>.

FAZEKAS, Georgina; KÁLDY, Jenő; KOVÁCS, Gyula; MÜLLER, Tamás; LJUBOBRATOVIC, Uros. The effect of stocking density on sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) larvae in the recirculating aquaculture system. *Journal of Applied Ichthyology*, [S. l.], v. 38, n. 5, p. 479-486, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jai.14341>

FONTES, Nivaldo Aparecido; SENHORINI, Jose Augusto; LUCAS, Antônio Francisco Bezerra. Efeito de duas densidades de estocagem no desempenho larval do paqui, *Piaractus mesopotamicus* × *Colossoma macropomum*, em viveiros. *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, v. 3, p. 23-32, 1990.

JOMORI, Rosangela Kiyoko; CARNEIRO, Dalton José; MARTINS, Maria Inez Espagnoli Geraldo; PORTELLA, Maria Célia. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 243, n. 1-4, p. 175-183, jan. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.034>

MACIEL, Hévea Maciel; ARAÚJO, Alice Ferreira; VON DENTZ, Bruna Alessandra; LIRA, Karen Carrilho Silva; SIGNOR, Arcangelo Augusto. Densidade de estocagem de peixes nativos e seus híbridos criados em tanques-rede. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 10, e225101018591, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18591>

SABBAG, Omar Jorge; BERTOLINI, Renata Melon Barroso; BARBIERI, Rayner Sversut. Análise envoltória de dados para avaliação diagnóstica de eficiência no cultivo de tilápias. *Exacta*, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 928-947, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.18194>

SANTOS, Elton Lima; SOARES, Antônio Carlos Lopes; TENÓRIO, Osmar Lima Duarte; SOARES, Edson Carlos; SILVA, Thamires Justino; GUSMÃO JÚNIOR, Luiz Fernando. Desempenho de tambaquis (*Colossoma macropomum*) submetidos a restrição alimentar e a realimentação em tanques-rede. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 70, n. 3, p. 931-938, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9891>

SANTOS, Fabio Aremil Costa; COSTA JULIO, Gustavo Soares; BATISTA, Felipe Soares; MIRANDA, Lorena Nascimento Leita; PEDRAS, Pedro Paulo Cortezzi; LUZ, Ronald Kennedy. High stocking densities in the larviculture of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system: performance, survival and economic viability. *Aquaculture*, [S. l.], v. 552, p. 738016, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738016>

TACHIBANA, Leonardo; LEONARDO, Antônio Fernando Gervásio; CORRÊA, Camila Fernandes; SAES, Luís Augusto Saes. Densidades de estocagem de pós-larvas de tilápia do-nilo submetidas à inversão sexual. *Bioikos*, Campinas, v. 23, n. 2, p. 77-82, 2009.

VILELA, Cristiane; HAYASHI, Carmino. Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 23, n. 2, p. 491-496, 2001. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2706>