

ISADORA RIBEIRO DA SILVA LOBATO BAHIA

EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO CRESCIMENTO DE JUVENIS
DE *HYPANCISTRUS ZEBRA* (SILURIFORMES: LORICARIIDAE)

Altamira - PA
Dezembro - 2022

ISADORA RIBEIRO DA SILVA LOBATO BAHIA

EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO CRESCIMENTO DE JUVENIS
DE *HYPANCISTRUS ZEBRA* (SILURIFORMES: LORICARIIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará – Campus Universitário de Altamira.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

Coorientador: Msc. Fábio José Torres de Barros

Altamira - PA

Dezembro – 2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B151e Bahia, Isadora Ribeiro da Silva Lobato.
Efeito da densidade de estocagem no crescimento de juvenis de
Hypancistrus zebra (Siluriformes: Loricariidae) / Isadora Ribeiro da
Silva Lobato Bahia. — 2022.
30 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Coorientador(a): Prof. Me. Fábio José Torres de Barros
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, Faculdade
de Ciências Biológicas, Altamira, 2022.

1. Acari-zebra. 2. Conservação. 3. Peixe ornamental.
4. Aquicultura. 5. Rio Xingu. I. Título.

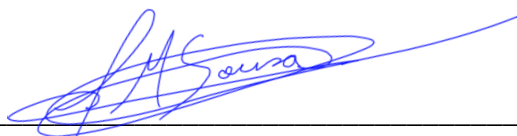
CDD 597.49

ISADORA RIBEIRO DA SILVA LOBATO BAHIA

EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM NO CRESCIMENTO DE JUVENIS
DE *HYPANCISTRUS ZEBRA* (SILURIFORMES: LORICARIIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a
aprovação como requisito parcial para a obtenção de
grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela
banca examinadora:

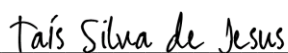
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Faculdade de Ciências Biológicas – UFPA



Prof. Dr. Felipe Bittioli Rodrigues Gomes
Faculdade de Etnodesenvolvimento – UFPA



Ma. Taís Silva de Jesus

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.....	4
3.2. ESPÉCIMES DE ESTUDO.....	5
3.3. ALIMENTAÇÃO DOS JUVENIS	6
3.4. BIOMETRIAS.....	6
3.5. DENSIDADE DE ESTOCAGEM.....	7
3.6. TAXAS DE CRESCIMENTO	7
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4.1. DENSIDADE DE ESTOCAGEM.....	9
4.2. TAXA DE MORTALIDADE.....	10
4.3. TAXA DE CRESCIMENTO.....	11
5. CONCLUSÃO	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMO

A densidade de estocagem é um dos fatores que influencia diretamente no crescimento e comportamento dos peixes em cativeiro, tendo em vista que a sua variação pode alterar os compostos nitrogenados liberados que deterioram a qualidade da água, modificando significativamente a homeostase dos animais. *Hypancistrus zebra* é uma espécie de peixe endêmica de uma área restrita do rio Xingu, que está sofrendo impactos antrópicos após a implantação da UHE Belo Monte. A pressão de pesca via intensa captura da espécie para comercialização no mercado aquarista, a colocou na lista de animais criticamente ameaçados de extinção, e uma das formas de conservação da espécie é a sua reprodução e criação em ambiente *ex situ*. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de juvenis de *H. zebra* em aquários com três densidades de estocagem diferentes. Os juvenis foram provenientes de reproduções em cativeiro no Laboratório de Aquicultura de Peixes Ornamentais do Xingu (LAQUAX), e mantidos em uma bateria de aquários com três tratamentos e três réplicas cada, sendo eles: aquário pequeno (25 L), aquário médio (50 L) e aquário grande (100 L). Foram realizadas biometrias por meio de fotografias em vista dorsal. A análise do comprimento dos exemplares foi realizada *a posteriori* no programa ImageJ. Para verificar a correlação entre densidade e crescimento foi feita uma matriz de correlação adaptada ao método de Pearson, e o padrão de crescimento de cada réplica foi analisado com ajuda de regressões polinomiais. As diferenças entre as médias de crescimento das densidades com correlações significativas foram testadas por meio do teste T de Student para amostras independentes, obtendo uma diferença significativa de $p\text{-valor} = 2,836 \times 10^{-12}$ entre a maior e menor densidade de estocagem. Todos os testes foram realizados com o índice de 95% de confiança. Constatamos que o crescimento de *H. zebra* em cativeiro é influenciado pela densidade de estocagem, em que a maior taxa de crescimento absoluto foi obtida na menor densidade, de $1,72 \times 10^{-4}$ espécies/cm² de abrigo, com a média de crescimento de $39,75 \pm 4,82$.

Palavras-chave: acari-zebra; conservação; peixe ornamental; aquicultura; rio Xingu

1. INTRODUÇÃO

Densidade de estocagem é um conceito muito utilizado na aquicultura, sendo esta uma relação entre a quantidade de indivíduos por unidade de volume de água do sistema em que se encontram (Wang et al., 2019). O termo se refere ao agrupamento de peixes estocados inicialmente num sistema e que pode variar de acordo com o crescimento e ciclos de produção dos espécimes estocados (Li et al., 2021).

A densidade de estocagem é considerada um dos fatores vitais que determinam a produção de peixes e a lucratividade nas práticas aquícolas (Refaey et al., 2018). É fundamental encontrar a densidade ideal pois, quando baixa, pode levar a queda de produtividade e, quando alta, pode alterar as respostas imunológicas e processos fisiológicos, principalmente aqueles relacionados ao metabolismo e comportamento (Li et al., 2021). O efeito do elevado número de indivíduos por estocagem influencia no desempenho do crescimento e na resposta fisiológica dos peixes (Hasenbein et al., 2016). Pesquisas direcionadas à densidade de estocagem de peixes ornamentais têm como objetivo verificar as melhores condições de criação em ambiente *ex situ*, tendo em vista que ela é um fator que influencia diretamente no crescimento (Reis et al., 2021), alimentação (Wendelaar Bonga, 1997) e sobrevivência dos animais (Kristiansen et al., 2004).

Luz e Portella (2005) estudaram larvas de trairão (*Hoplias lacerdae*) e observaram que elas passam boa parte do tempo nadando quando inseridas em ambientes com baixa densidade, levando a uma subutilização do espaço. Por outro lado, os espécimes passaram a maior parte do tempo se alimentando quando submetidas a altas densidades de estocagem, aumentando a produtividade por volume.

Altas densidades, entretanto, podem acarretar na redução da qualidade de água com o aumento dos compostos nitrogenados, levando em consideração a liberação de resíduos orgânicos oriundos de restos de ração e fezes (Li et al., 2021). O aumento do número de animais por volume de água, pode não prejudicar o bem-estar dos peixes, contanto que o desempenho dos espécimes seja assegurado (Nagata et al., 2010). Em um estudo desenvolvido com *Rhamdia quelem*, Gil Barcellos et al., (2004) sugerem que a minimização da concentração de cortisol (hormônio do estresse) pode melhorar de forma efetiva o crescimento durante o período larval.

A aquicultura geralmente está ligada à produção de peixes para o mercado de corte ou ornamental, porém, existe uma grande quantidade de laboratórios com biotérios aquícolas, voltados para a produção de conhecimento científico e conservação da biodiversidade, e várias espécies de peixes com grande interesse do mercado de corte ou ornamental, estão inseridas na lista de animais ameaçados de extinção.

Hypancistrus zebra Isbrücker & Nijssen (1991) é uma espécie de peixe ornamental da família Loricariidae, conhecida popularmente como acari-zebra ou cascudo-zebra-imperial (Figura 1). A espécie tem distribuição restrita a um trecho de 150 km do médio e baixo rio Xingu, (Pará, Amazônia) e ocorre principalmente sob blocos rochosos em regiões de corredeiras (Sousa et al., 2021).



Figura 1: Exemplar adulto de *Hypancistrus zebra*. Foto: Leandro Sousa.

Devido a seu padrão de coloração e tamanho reduzido (podendo chegar a 8 cm de comprimento total), essa espécie ganhou grande visibilidade no mercado aquarista nacional e internacional, sendo reproduzida em larga escala no continente asiático, especificamente em Java Ocidental e Indonésia (Evers et al., 2019; Sousa et al., 2021).

No Brasil, a captura da espécie, seguida de sua comercialização, foi considerada proibida em 21 de maio de 2004 pela Instrução Normativa Nº 5 do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004), que classificou a espécie como criticamente ameaçada de extinção. Não obstante, a proibição da captura não impediu que a prática continuasse ocorrendo de forma ilegal (Sousa et al., 2021). Somado a isso, o habitat natural de *H. zebra* vem sofrendo com a instalação na usina hidrelétrica Belo Monte, onde a implementação desse empreendimento altera a dinâmica do fluxo do rio, resultando em

variações na sua temperatura e qualidade da água (Zuanon et al., 2020), afetando ainda mais a espécie em seu habitat natural.

Segundo Sousa et al. (2021), uma alternativa eficaz para a diminuição do comércio ilegal desta espécie seria a legalização da criação comercial para fins ornamentais, assim como já ocorre em países asiáticos, europeus e norte-americanos. Entretanto, além dos impedimentos legais ora vigentes, poucos estudos sobre o desempenho e viabilidade comercial da criação desses peixes foram desenvolvidos.

Reis et al. (2021), estudando em cativeiro uma espécie não descrita de *Hypancistrus* sp. L333 do rio Xingu, afirmam que o aumento no número de indivíduos resultou na alteração da qualidade da água nos sistemas de aquários, influenciando no crescimento larval, embora a taxa de sobrevivência não tenha sido prejudicada. Roman (2011), realizou estudos iniciais relacionados à manutenção e reprodução em cativeiro de *H. zebra*, porém, não verificou a melhor densidade de estocagem para a manutenção e crescimento da espécie em ambiente *ex situ*. Diante disso, maiores informações sobre as condições adequadas de crescimento dos animais nascidos em cativeiro ainda precisam ser pesquisadas e entendidas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar o efeito da densidade de estocagem no percentual de sobrevivência e crescimento de juvenis de *Hypancistrus zebra* em aquários de recirculação.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os efeitos da densidade de estocagem na taxa de crescimento absoluto;
- Avaliar os efeitos da densidade de estocagem na taxa de crescimento específico;
- Avaliar os efeitos da densidade de estocagem no percentual de sobrevivência da espécie em ambiente *ex situ*;
- Estabelecer parâmetros para estimar taxas de crescimento e aumento de biomassa da espécie;

- Estimar o tempo para chegada ao comprimento total esperado para a fase adulta da espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Aquicultura de Peixes Ornamentais do Xingu (LAQUAX), situado na Universidade Federal do Pará, *campus* de Altamira. A pesquisa teve a aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFGA, nº 3032120919/2019) e os animais utilizados possuem termo de depósito do IBAMA de nº 801598/2019.

Os juvenis de *Hypancistrus zebra* foram mantidos em uma estante de aquários no sistema de recirculação com o total de três réplicas para cada tratamento, com os seguintes tratamentos: aquário pequeno, aquário médio e aquário grande com volume de capacidade iguais a 25 L, 50 L e 100 L respectivamente (Figura 2), no período de janeiro de 2020 a maio de 2022.

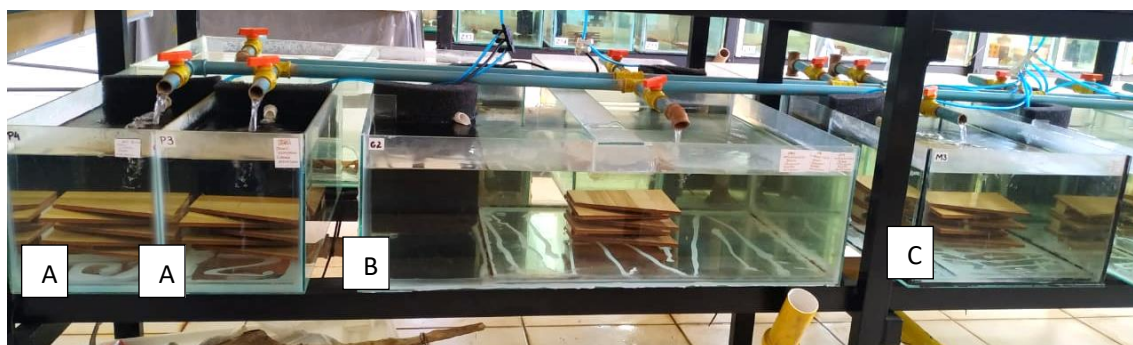


Figura 2: Aquários dos tratamentos do experimento de densidade de 25 L (A), 100 L (B) e 50 L (C).

3.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Visando maior controle sobre a qualidade de água, os aquários foram mantidos em um sistema de recirculação conectado a um sistema de filtragem com alta redundância, ou seja, cada aquário do experimento continha o sistema Hamburg Matten Filter (filtro de espuma responsável pela filtragem mecânica e biológica), e um filtro central tipo SUMP para controle dos parâmetros físico-químicos da água.

A temperatura foi mantida em 30°C com o auxílio de um termostato vinculado a uma resistência de 2500 W localizados no filtro central. O pH foi mantido constante em

6,8, e a condutividade entre 20 e 40 uS/cm. A oxigenação da água foi feita através da recirculação da água em cada aquário bem como da aeração promovida por mangueiras conectadas a um sistema de compressor de ar central. Para evitar que os espécimes competissem por território, cada tratamento foi ornamentado com abrigos feitos de pisos de cerâmica cortados, com estrutura que dispunha de fendas diagonais para abrigar confortavelmente indivíduos de tamanhos diferentes (Figura 3).



Figura 3: Abrigo de cerâmica utilizado nos experimentos com exemplares de *Hypancistrus zebra*. Entre as peças podem ser observados os juvenis nascidos no experimento.

3.2. ESPÉCIMES DE ESTUDO

Foram selecionados 66 espécimes de *H. zebra* sexualmente maduros, provenientes do LAQUAX, para compor 33 casais. Os espécimes adultos foram acondicionados em duas estantes de aquários com sistema de recirculação similar à do experimento de densidade de estocagem.

Os aquários de reprodução foram ornamentados de forma padronizada com uma toca, telha de cerâmica e filtros biológicos. Nos aquários em que os casais realizavam a desova foram acopladas incubadoras, para receberem os filhotes nos dias iniciais (Figura 4).

Cada ninhada foi adicionada no experimento com um número inicial não padronizado de indivíduos e em datas diferentes, tendo em vista que as desovas aconteciam de forma natural.

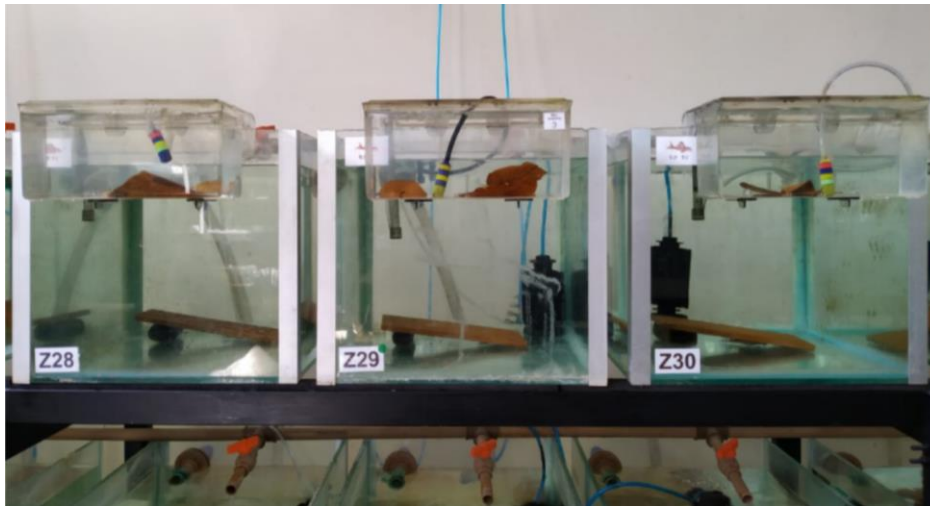


Figura 4: Incubadoras acopladas aos aquários dos casais.

3.3. ALIMENTAÇÃO DOS JUVENIS

Foram fornecidos dois tipos de ração (ração seca industrializada e pasta de Spirulina) de forma alternada, uma pela manhã e outra pela tarde, distribuídas a vontade a todos os indivíduos dos tratamentos para que os juvenis não disputassem por alimento.

3.4. BIOMETRIAS

As biometrias foram realizadas em duas etapas, tentando capturar a influência do percentual de mortalidade na variação da densidade, e conseqüentemente nas taxas de crescimento e aumento de biomassa. A primeira etapa teve início em 30 dias após a eclosão, esta ocorreu de 30 em 30 dias até a estabilidade da taxa de mortalidade, entre 150 e 280 dias. A segunda etapa ocorreu com duas biometrias, a primeira após 744 dias da eclosão da primeira ninhada e, a última, após 871 dias.

O início da primeira etapa forneceu dados para a densidade inicial, e o início da segunda etapa possibilitou os dados para a densidade final, pois no intervalo de 127 dias não ocorreu nenhuma morte em nenhum dos tratamentos experimentais.

As biometrias foram realizadas individualmente da forma menos invasiva possível, com cada filhote sendo colocado individualmente em uma placa de petri milimetrada contendo água, para fotografia com câmera de celular sem flash. A análise do comprimento dos exemplares foi realizada no programa de processamento de imagens ImageJ[®] com um delineamento paralelo no eixo dorsal do peixe, iniciando na

extremidade anterior da cabeça e se estendendo até a extremidade posterior da cauda, utilizando milímetro como unidade de comprimento (Adaptado de Andrialovanirina et al., 2020). Através desse processo, o comprimento padrão e comprimento total de cada espécime foi estimado.

A massa foi estimada *a posteriori*, a partir da relação peso-comprimento da espécie, apresentada por (Barros, [s.d.]).

3.5. DENSIDADE DE ESTOCAGEM

Em nosso estudo testamos 6 formas de análise da densidade de estocagem. Isso porque, a maioria dos peixes da família Loricariidae possuem nicho fortemente dependente de tocas para abrigos e reprodução, e apresentam hábito sedentário ou deslocamento curto. E mais, a maioria dos trabalhos que estudam densidade de estocagem em peixes, apresentam biomassa como unidade de medida dos espécimes, como na revisão sistemática de Li et al. (2021).

As 6 formas de densidade testadas neste estudo, foram:

1. Razão da biomassa dos espécimes pelo volume do aquário ($\text{peso.AQ}^{-1}/\text{dm}^3$);
2. Razão da biomassa dos espécimes pelo volume do abrigo ($\text{peso.AB}^{-1}/\text{dm}^3$);
3. Razão da biomassa dos espécimes pela área do abrigo ($\text{peso.AB}^{-1}/\text{cm}^2$);
4. Razão do número de espécimes pelo volume do aquário ($\text{n.AQ}^{-1}/\text{dm}^3$);
5. Razão do número de espécimes pelo volume do abrigo ($\text{n.AB}^{-1}/\text{dm}^3$);
6. Razão do número de espécimes pela área do abrigo ($\text{n.AB}^{-1}/\text{cm}^2$).

3.6. TAXAS DE CRESCIMENTO

Para analisar a influência da densidade de estocagem no crescimento de *Hypancistrus zebra*, utilizamos 4 taxas de crescimento:

1. Taxa de crescimento absoluto (TCA);
2. Taxa de crescimento absoluto ajustado (TCAa);
3. Taxa de crescimento específico (TCE);

4. Taxa de crescimento diário (TCD).

Todas as taxas de crescimento analisadas foram baseadas nos trabalhos de revisão de (Froese, 2006; Lugert et al., 2016).

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para escolher a densidade de estocagem que melhor se enquadra no padrão biológico e comportamental da espécie, realizamos uma matriz de correlação adaptada ao método de Pearson, com índice de confiança de 95%. Todos os coeficientes de correlação foram confirmados pelo método de Tau de Kendall.

A análise do padrão de crescimento em cada um dos tratamentos foi verificada através de regressões polinomiais, cada modelo sendo realizado por meio dos mínimos quadrados não lineares usando o algoritmo de Levenberg-Marquardt para regressão não linear.

A qualidade do ajuste é expressa pelo coeficiente de determinação (R^2), desvio percentual médio (DPM%), erro padrão residual (RPR) e os graus de liberdade correspondentes (GL), em todos os tratamentos. Além disso, calculamos o critério de informação de Akaike (CIA) para avaliação do modelo.

Para avaliação das taxas e médias ajustadas, todas as funções foram extrapoladas em um intervalo de tempo de 30 a 871 dias para ilustrar a forma da linha de tendência gerada pela função polinomial. Desta forma podemos mostrar as diferenças entre cada função e a possibilidade de previsão exata e mais realista do crescimento de peixes em aquicultura sob o uso das funções ajustadas.

Para comparar a média entre as maiores e menores densidades de estocagem, utilizamos o Teste T de Student para amostras independentes, apresentando o grau de liberdade (GL), p -valor $< 0,05$ e intervalo de confiança. O tamanho do efeito do teste foi verificado segundo Sawilowsky, 2009, com a probabilidade de superioridade verificada pela função *common language*.

Todas as análises e testes de hipóteses, bem como as estatísticas descritivas, foram realizadas no software RStudio®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DENSIDADE DE ESTOCAGEM

Nossos estudos mostraram através de uma matriz de correlação adaptada ao método de Pearson, com índice de confiança de 95%, que as três formas de densidade apresentadas na metodologia, que vinculam biomassa a unidade de área ocupada (volume do aquário, volume do abrigo e área do abrigo), não demonstraram nenhuma correlação significativa com nenhuma taxa de crescimento ou ganho de massa corporal.

Por outro lado, existe uma correlação inversamente proporcional das taxas de crescimento e aumento da biomassa, com as densidades baseadas na razão do número de indivíduos pelas três formas de unidades de áreas ocupadas. Deste modo, as densidades de estocagens utilizadas para analisar a influência do parâmetro nas taxas de crescimento e ganho de biomassa, foram: (número de indivíduos pelo volume do aquário ($n.AQ^{-1}/dm^3$), número de indivíduos pelo volume do abrigo ($n.AB^{-1}/dm^3$) e número de indivíduos pela área do abrigo ($n.AB^{-1}/cm^2$)).

Analisando somente as correlações significativas, embora os volumes dos aquários tenham influenciado algumas taxas, os maiores coeficientes de correlações foram verificados entre as taxas de crescimento e aumento da biomassa com as densidades relacionando o número de indivíduos pelo espaço do abrigo (volume ou área). Essa característica foi bastante contundente neste estudo, apresentando-se como um padrão importante para espécie *Hypancitrus zebra*.

A densidade relacionada à unidade de área em cm^2 de abrigo, é a que mais explica as demais taxas de crescimento e aumento de biomassa da espécie. Devido ao hábito da maioria dos peixes da família Loricariidae, como Gonçalves (2011) afirma, o compartilhamento de habitat de *Hypancitrus zebra* com outros loricarídeos é comum, embora não seja totalmente ordeiro, especialmente em cativeiro, em que a espécie se torna ainda mais territorialista em período de reprodução. A partir disso, o padrão de análise da densidade de estocagem observado em *H. zebra* pode ser igual em outras espécies da família.

A exemplo, Santos et al. (2012) realizaram um experimento relacionando as taxas de crescimento larval de *Rhinelepis aspera* em três densidades de estocagem diferentes, todas relacionadas ao volume dos aquários. No estudo, afirmam que a densidade de estocagem não influenciou no crescimento dos espécimes, por outro lado, a taxa de

crescimento específico e peso foram afetados pela quantidade fornecida de náuplios de *Artemia* sp., porém, outros estudos são necessários.

Portanto, não devemos nos ater somente a densidade de estocagem, mas aos parâmetros da água, saúde dos animais e os esquemas de alimentação (Andrialovanirina et al., 2020).

4.2. TAXA DE MORTALIDADE

Outro padrão observado, é que as densidades iniciais, baseadas na biomassa, não apresentaram nenhuma correlação significativa com o percentual de sobrevivência. A quantidade de mortes foi explicada em 85% pelo (n) populacional inicial ($GL = 7$, p -valor = 0.003572) e 85% pela densidade inicial relacionada ao volume do aquário ($n.AQ^{-1}/dm^3$) ($GL = 7$, p -valor = 0.01097).

Observando o padrão de crescimento nos três tratamentos, verificamos que os aquários com maiores populações apresentaram maiores quantidades de mortes, com o (n) populacional inicial influenciando o crescimento dos espécimes até aproximadamente 250 dias. Porém, a correlação mais fortemente evidenciada com a quantidade de mortes está relacionada às maiores densidades medidas pelo volume dos aquários, provavelmente pela diferença nos parâmetros físico-químicos da água, como explica (Toni et al., 2019).

Em nosso estudo, observamos que no intervalo de 180 e 250 dias, as mortes diminuíram, estabelecendo o (n) populacional e a densidade final. A partir desta marca, as maiores mudanças na densidade estabelecida pela diminuição no número de indivíduos alteraram a tendência observada nas regressões polinomiais realizadas para cada um dos tratamentos. Todas essas diferenças serão melhores descritas abaixo.

Em geral, em sistemas de piscicultura, a superlotação leva facilmente à diminuição das taxas de crescimento e à redução da produção, o que é um problema para algumas espécies de peixes que só podem ser vendidas no mercado depois de atingirem o tamanho comercial (Li et al., 2021). Além disso, devido ao desenvolvimento imaturo, peixes que não crescem tanto, considerados de tamanho pequeno, tendem a ser mais vulneráveis e sensíveis quando expostos ao estresse em comparação com peixes de grande porte (Stevens et al., 2017).

Li e colaboradores (2021), em um estudo de revisão sistemática, com meta análise dos dados de 42 espécies, não perceberam influência significativa da densidade de estocagem na taxa de sobrevivência dos espécimes. Contudo, nesse estudo, das 42 espécies, apenas cinco são da Ordem Siluriformes, e nenhuma pertence à família Loricariidae, reforçando a necessidade de mais estudos avaliando a densidade de estocagem vinculada às unidades de área dos abrigos, com o aumento de biomassa e os percentuais de sobrevivência dos espécimes.

4.3. TAXA DE CRESCIMENTO

Ao final de 871 dias de observação a maior taxa de crescimento absoluto (TCA) ocorreu no aquário do tratamento G1, com volume útil de 100 L, a uma densidade de 0,02 peixes.L⁻¹. Neste aquário os peixes registaram a maior média de comprimento total (60,69 ± 6,62 mm), crescendo aproximadamente 39,75 ± 4,82 mm.

Já a menor TCA ocorreu no aquário do tratamento M3, com capacidade de 50 L, a uma densidade de estocagem de 0,1 peixes.L⁻¹. Nele, ao final de 705 dias os animais apresentaram a média de comprimento total de 47,70 ± 4,00 mm, crescendo aproximadamente 20,74 ± 1,53 mm.

Para comparar G1 e M3, ajustamos a média do comprimento total final à diferença de 158 dias entre os dois tratamentos. Multiplicamos a diferença de dias pela taxa de crescimento diário (TCD) do comprimento total, calculando o TCA ajustada (TCA_(a)) pela fórmula (TCA_(a) = Média Inicial (CT) – Média Final_(a) (CT)), obtendo uma taxa de crescimento absoluto ajustado de 25,55 mm para os peixes acondicionados no aquário M3. Logo, podemos observar que mesmo ajustando a TCA de M3, a diferença entre os tratamentos permanece de 23,38%. Todos os dados de média por desvio padrão, bem como as taxas de crescimento absoluto, foram apresentados na tabela 1, as demais taxas de crescimento foram apresentadas na tabela 2.

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados de crescimento e quantidade de mortes por tratamento.

Aquário	(n) inicial	(n) final	Mortes	Dias	Média Inicial		Média Final		Crescimento Absoluto	
					CP (mm)	CT (mm)	CP (mm)	CT (mm)	CP (mm)	CT (mm)
G1	3	2	1	863	14,56 ± 1,16	20,93 ± 1,80	41,97 ± 3,11	60,69 ± 6,62	27,41 ± 1,94	39,75 ± 4,82
G2	7	6	1	813	14,10 ± 0,99	19,73 ± 1,48	35,51 ± 1,36	49,57 ± 2,07	21,40 ± 0,37	29,84 ± 0,60
G3	13	8	5	622	12,08 ± 0,34	17,62 ± 0,69	29,70 ± 2,19	43,05 ± 3,16	17,61 ± 1,85	25,43 ± 2,48
∑Grandes	23	16	7	766	13,02 ± 1,26	18,69 ± 1,69	33,41 ± 4,73	47,70 ± 6,66	20,39 ± 3,47	29,00 ± 4,98
M1	13	4	9	866	13,52 ± 0,91	18,00 ± 1,32	37,82 ± 3,21	52,02 ± 4,45	24,29 ± 2,30	34,02 ± 3,13
M2	8	3	5	837	14,13 ± 1,09	19,85 ± 1,47	38,98 ± 3,41	55,16 ± 4,80	24,85 ± 2,32	35,31 ± 3,33
M3	5	5	0	705	19,92 ± 1,33	26,96 ± 2,47	34,26 ± 3,15	47,70 ± 4,00	14,33 ± 1,82	20,74 ± 1,53
∑Médios	26	12	14	802	19,94 ± 2,69	20,29 ± 3,75	36,63 ± 3,76	50,20 ± 5,14	21,68 ± 1,08	29,90 ± 1,39
P1	11	2	9	871	13,61 ± 0,83	19,28 ± 1,12	39,69 ± 1,01	56,05 ± 2,99	26,08 ± 0,18	36,76 ± 1,87
P2	8	3	5	858	14,72 ± 1,05	20,08 ± 1,11	36,37 ± 4,01	52,27 ± 5,78	21,65 ± 2,96	32,18 ± 4,67
P3	9	1	8	786	13,65 ± 0,67	19,11 ± 0,93	37,24 ± 0	58,83 ± 0	23,58 ± 0,67	39,71 ± 0,93
∑Pequenos	28	6	22	838	13,67 ± 1,11	19,04 ± 1,37	37,62 ± 3,05	54,62 ± 4,78	23,94 ± 1,94	35,57 ± 3,41

Tabela 2: Estatística descritiva dos dados de biomassa e taxas de crescimento por tratamento.

Tratamento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Crescimento Específico		Crescimento por dia	
			Comprimento Padrão (%)	Comprimento Total (%)	Comprimento Padrão (mm)	Comprimento Total (mm)
G1	0,0713 ± 0,018	2,19 ± 0,753	0,3228	0,3597	0,029496721	0,047654842
G2	0,0589 ± 0,013	1,12 ± 0,147	0,3320	0,3678	0,023690065	0,036581866
G3	0,0405 ± 0,005	0,72 ± 0,1629	0,4108	0,4630	0,024109956	0,039242773
∑Grandes	0,0501 ± 0,015	1,05 ± 0,5377	0,3445	0,3851	0,023406579	0,03723296
M1	0,0439 ± 0,010	1,33 ± 0,3866	0,3128	0,3431	0,025329118	0,038909429
M2	0,0601 ± 0,0134	1,61 ± 0,4665	0,3275	0,3631	0,027123073	0,04274236
M3	0,1618 ± 0,0478	1,01 ± 0,2658	0,4020	0,4410	0,019202585	0,030490635
∑Médios	0,071 ± 0,0503	1,26 ± 0,4106	0,3411	0,3748	0,024653559	0,037353038
P1	0,0544 ± 0,0101	1,67 ± 0,2845	0,3137	0,3483	0,02726733	0,042678102
P2	0,0619 ± 0,0118	1,36 ± 0,4410	0,3180	0,3521	0,022947731	0,037770403
P3	0,0619 ± 0,0624	1,94 ± 0	0,3443	0,3882	0,027067923	0,051382868
∑Pequenos	0,0591 ± 0,0365	1,56 ± 0,3879	0,3234	0,3599	0,025810785	0,042673972

Para analisar a relação do processo de crescimento com o (n) populacional dos aquários, juntamos um *dotplot* de distribuição dos dados, a uma regressão polinomial simples para cada tratamento, estabelecendo uma linha de tendência da média de crescimento através de integrais sucessivas.

Nos gráficos dos tratamentos com aquários de 100 L, observamos a evidência de uma sutil influência do (n) populacional no crescimento dos peixes, como mostra a figura 5. Porém essa evidência é ainda maior, quando concatenamos os dados dos três aquários. Neste gráfico, apresentado na figura 6, observamos que até 250 dias a tendência de crescimento é logarítmica, posterior a essa marca, a linha de tendência é alterada para uma expressão exponencial.

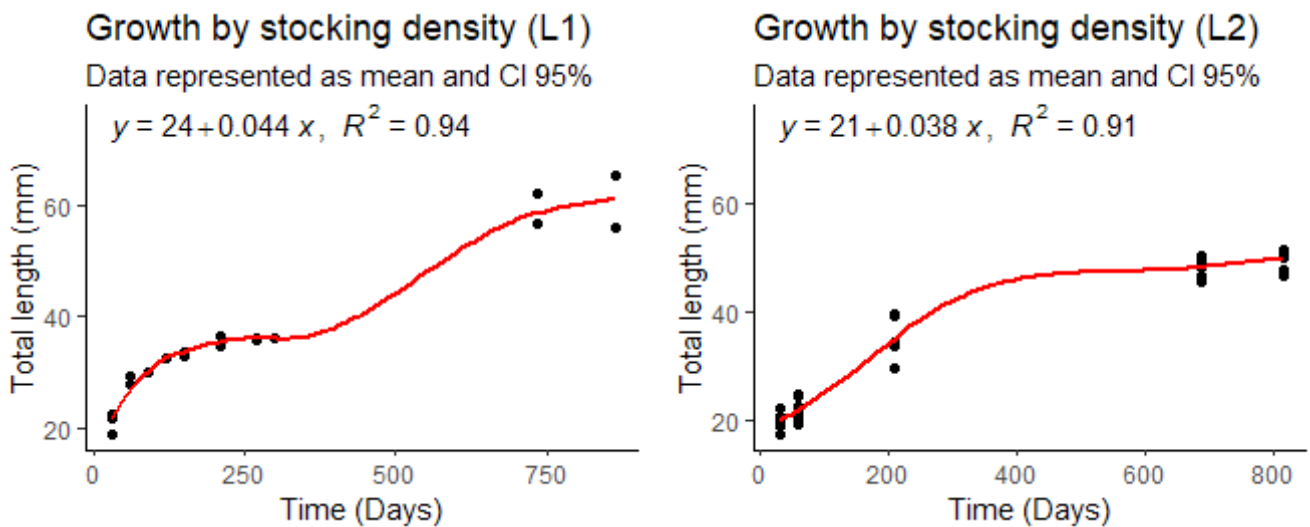


Figura 5: (L1) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 01 do tratamento com aquários de volume útil igual a 100 L1 e, (L2) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 02 do tratamento com aquários de volume útil igual a 100 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

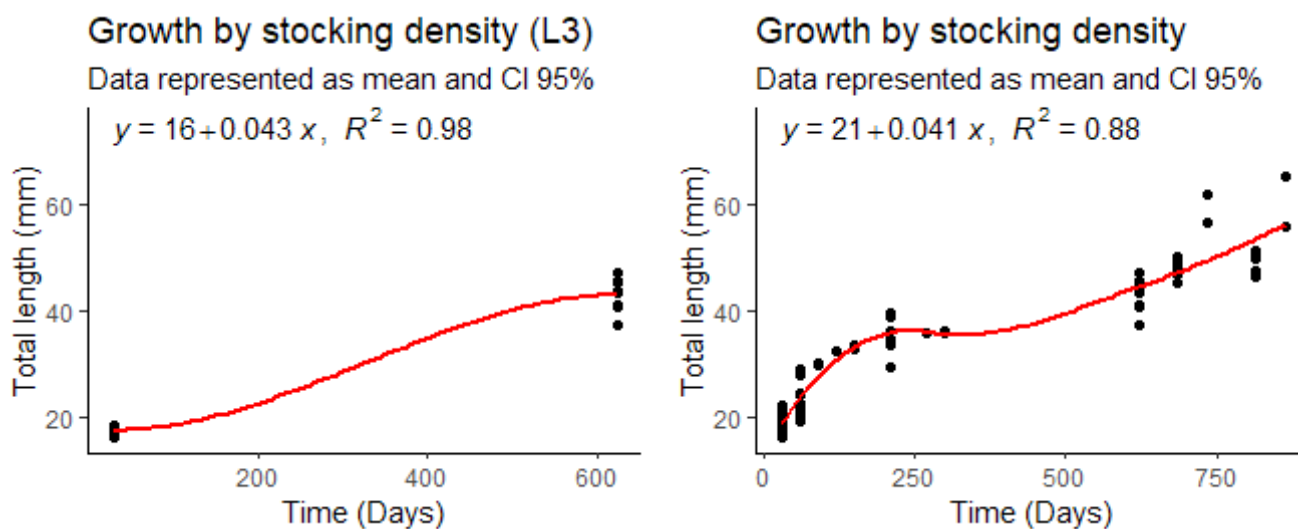


Figura 6: (L3) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 03 do tratamento com aquários de volume útil igual a 100 L e, o 4º gráfico é referente ao comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão da concatenação das 3 réplicas do tratamento com aquários de volume útil igual a 100 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

Nos gráficos dos tratamentos com aquários de volume igual a 50 L, observamos forte evidência da influência do (n) populacional no crescimento dos peixes. Essa evidência é fortemente observada no tratamento M1. Neste aquário, a diminuição do (n) a partir de 180 dias, aparentemente provoca um aumento na média de crescimento dos peixes, gerando uma curva logarítmica a partir de um platô, como mostra a figura 7.

O platô e a curva de crescimento logarítmico observada no tratamento M1, se repetem na concatenação dos dados dos três tratamentos em aquários de volume igual a 50 L, como apresentado nas figuras 4.

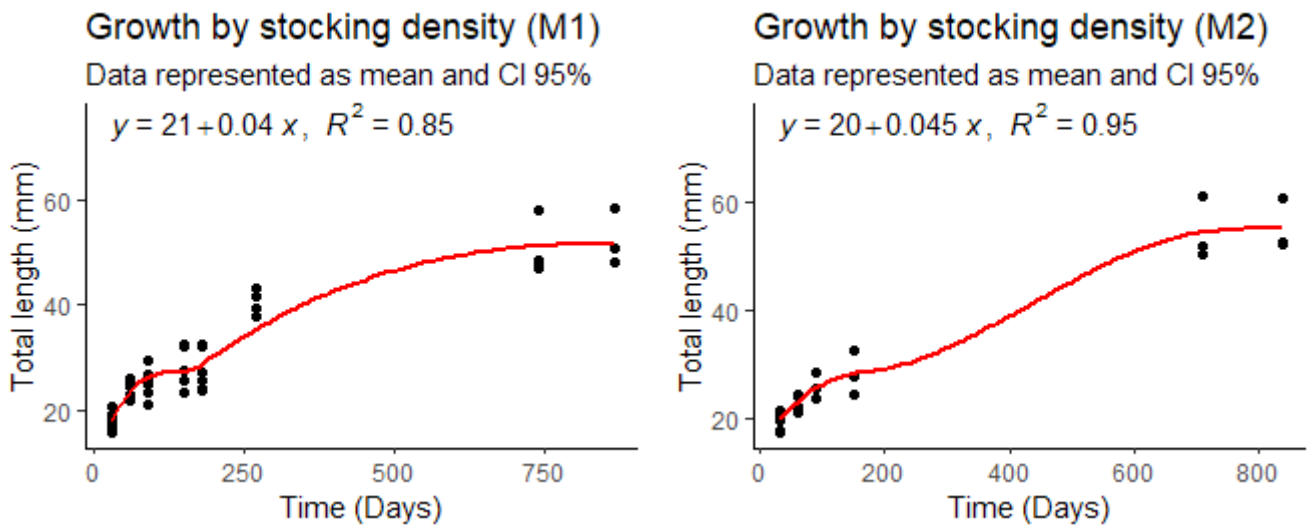


Figura 7: (M1) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 01 do tratamento com aquários de volume útil igual a 50 L e, (M2) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 02 do tratamento com aquários de volume útil igual a 50 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

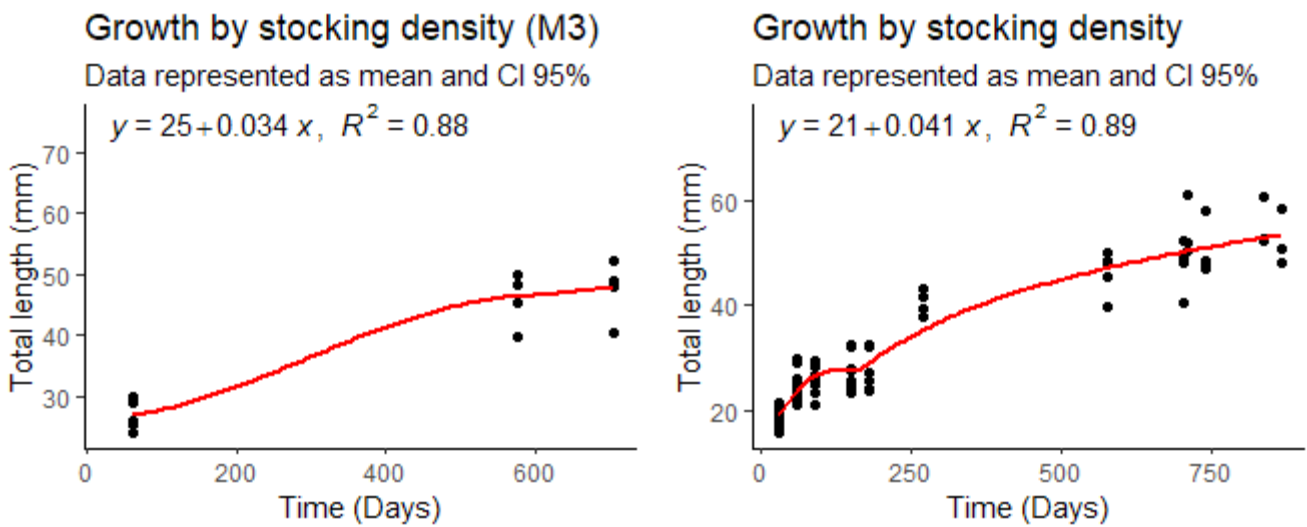


Figura 8: (M3) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 03 do tratamento com aquários de volume útil igual a 50 L e, o 4º gráfico é referente ao comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão da concatenação das 3 réplicas do tratamento com aquários de volume útil igual a 50 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

A influência do (n) populacional no crescimento dos peixes nos tratamentos com aquários de volume igual a 25 L, é fortemente evidenciada no tratamento P1, com a tendência de crescimento logarítmico a partir de um platô, observada depois da diminuição da densidade posterior a 240 dias, como observado nas figuras 9.

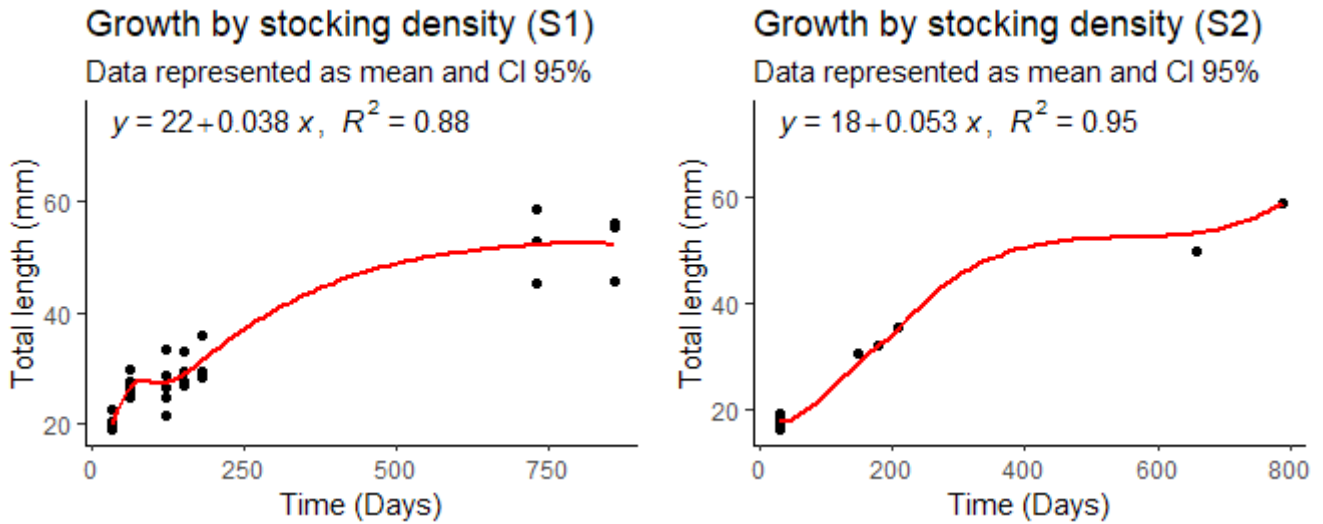


Figura 9: (S1) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 01 do tratamento com aquários de volume útil igual a 25 L e, (S2) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 02 do tratamento com aquários de volume útil igual a 25 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

Na concatenação das amostras dos tratamentos em aquários de 25 L, observamos uma tendência de crescimento mais polinomial, como apresentado na figura 10.

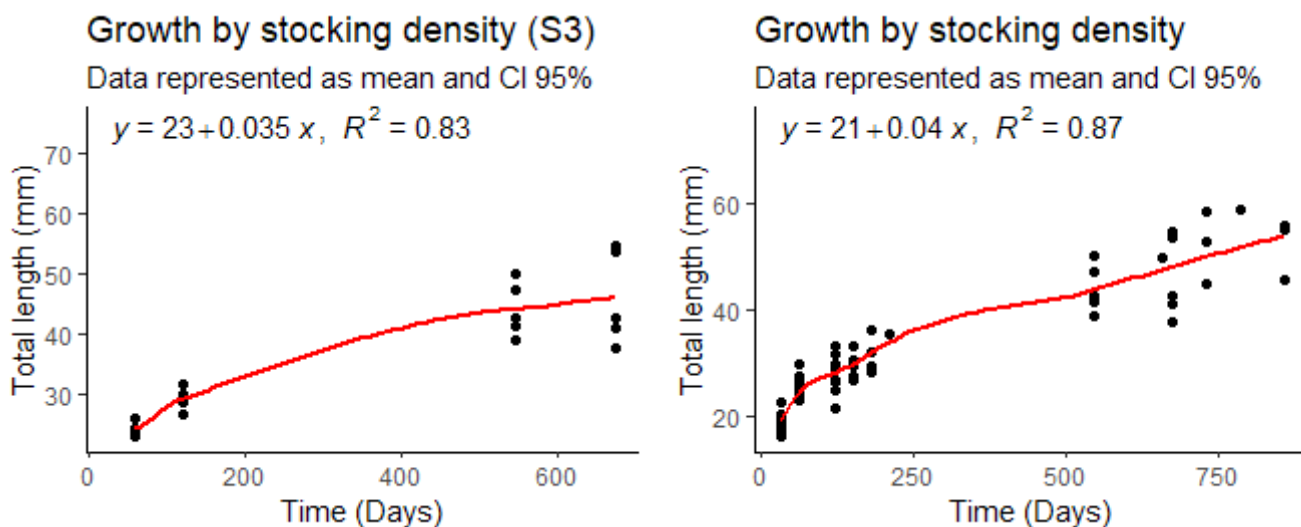


Figura 10: (S3) é o gráfico do comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão na réplica 03 do tratamento com aquários de volume útil igual a 25 L e, o 4º gráfico é referente ao comprimento total (mm) em relação a quantidade de dias após a eclosão da concatenação das 3 réplicas do tratamento com aquários de volume útil igual a 25 L. Desenvolvido por: Fábio Barros.

Observamos que não é o volume dos aquários que está influenciando no crescimento dos espécimes, e sim o (n) populacional. Para testar a hipótese da influência do (n) populacional e da densidade de estocagem nas variadas taxas de crescimento dos peixes nos três tratamentos, e medir o tamanho do efeito, realizamos uma matriz de correlação adaptada ao método produto-momento de Pearson, como mostram as figuras 11 e 12.

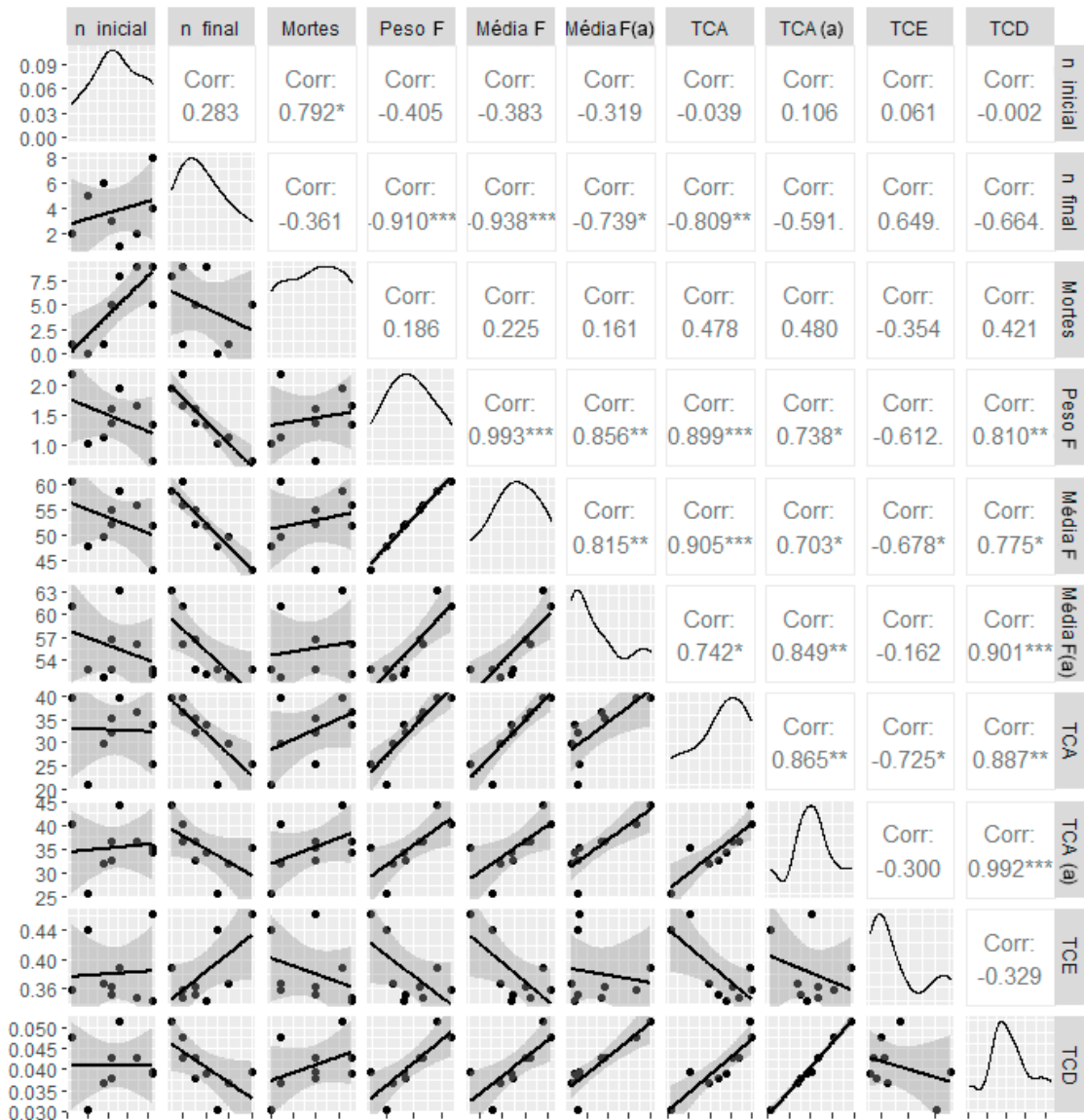


Figura 11: Matriz de correlação adaptada ao método de Person, com índice de confiança de 95%. **Legenda:** (n inicial) (*n*) populacional inicial, (n final) (*n*) populacional final, (Mortes) quantidade de mortes, (Peso F) Biomassa final, (Média F) Média do comprimento total final, (Média F(a)) Média do comprimento total final ajustado, (TCA) Taxa de crescimento absoluto, (TCA(a)) Taxa de crescimento absoluto ajustado, (TCE) Taxa de crescimento específico e (TCD) Taxa de crescimento diário.



Figura 12: Matriz de correlação adaptada ao método de Person, com índice de confiança de 95%. **Legenda:** (n.AQ⁻¹/dm³) Densidade pelo volume do aquário, (n.AB⁻¹/dm³) Densidade pelo volume do abrigo, (n.AB⁻¹/cm²) Densidade pela área do abrigo, (Peso F) Biomassa final, (Média F) Média do comprimento total final, (Média F(a)) Média do comprimento total final ajustado, (TCA) Taxa de crescimento absoluto, (TCA(a)) Taxa de crescimento absoluto ajustado, (TCE) Taxa de crescimento específico e (TCD) Taxa de crescimento diário.

Na matriz observamos que os maiores coeficientes de correlação entre as taxas de crescimento e aumento da biomassa, com a densidade de estocagem foram encontradas na densidade que relaciona o número de indivíduos à área do abrigo em cm^2 .

Depois de 871 dias, o número de indivíduos por cm^2 de abrigo explica 93% da biomassa observada ($GL = 7$, $p\text{-valor} = 0.0002111$), 95% da média do comprimento total ($GL = 7$, $p\text{-valor} = 9.233 \times 10^{-05}$), 74% da média ajustada do comprimento total ($GL = 7$, $p\text{-valor} = 0.02347$), 83% da taxa de crescimento absoluta ($GL = 7$, $p\text{-valor} = 0.005403$) e 67% da taxa de crescimento diário ($GL = 7$, $p\text{-valor} = 0.04437$).

Baseado na densidade que relaciona o número de espécimes com o espaço do abrigo em cm^2 , a soma das duas menores densidades, localizadas nos Tratamento G1 e P1, apresentaram a maior TCA, na média de 37,40 mm, enquanto a maiores densidades localizadas nos Tratamento G2 e G3, apresentaram a menor TCA, em média 27,09 mm. A diferenças entre os tratamentos comprovada pelo teste T de Student para amostras independentes, com diferença significativa entre as TCA's das duas densidades de estocagem ($GL = 32$, $p\text{-valor} = 2,836 \times 10^{-12}$) com intervalo de confiança [-12,24;-8.38].

O tamanho do efeito do teste foi de -3,70, com intervalo de confiança de [-4,81;-2,57]. Segundo Sawilowsky, (2009), a diferença entre as densidades no crescimento é considerada “enorme”, com probabilidade de superioridade de 0,44%. Segundo Roman (2011), com base em estudos de populações de *H. zebra* da natureza, a espécie atinge a fase de primeira maturação com o comprimento total aproximado de 3,53 cm, enquanto a fase adulta (100% dos espécimes aptos para a reprodução) inicia-se quando os indivíduos atingem o comprimento total aproximado de 5,5 cm. Logo, com base em nossos estudos e nas observações apresentadas por Roman, a uma densidade de estocagem de $1,72 \times 10^{-4}$ espécies/ cm^2 a $2,01 \times 10^{-4}$ espécies/ cm^2 , no ambiente *ex situ*, em sistema de recirculação, a espécie *Hypancistrus zebra* demora em média 766 dias (ou um pouco mais de 2 anos) para chegar à idade adulta.

5. CONCLUSÃO

Com base nas condições do experimento e nos resultados obtidos, pode-se constatar que o crescimento de *Hypancistrus zebra* em ambiente *ex situ*, no sistema de recirculação, é influenciado pela densidade de estocagem relacionada a área disponível de abrigo e não com o volume total do aquário. O crescimento mais rápido dos juvenis foi observado nos aquários com menor densidade $1,72 \times 10^{-4}$ espécies/cm² de abrigo, apresentando a maior taxa de crescimento absoluto ($39,75 \pm 4,82$ mm), com os animais chegando a fase adulta em 715 dias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrialovanirina N, Ponton D, Behivoke F, Mahafina J, Léopold M. A powerful method for measuring fish size of small-scale fishery catches using ImageJ. **Fisheries Research**. 2020; 223:105425. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105425>.
- Barcellos LJG, Kreutz LC, Quevedo RM, Fioreze I, Cericato L, Soso AB, et al. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. **Aquaculture**. 2004; 232(1–4):383–94. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00545-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00545-3).
- Barros FJT. Length-weight relationship of *Hypancistrus zebra* Isbrücker & Nijssen (1991), Siluriforme, Loricariidae, Xingu River, Pará, Brazil. No prelo. [s.d.].
- Brasil. Instrução Normativa N° 5, de 21 de Maio de 2004, Ministério de Meio Ambiente. Diário Oficial. Brasília, 28 de maio 2004. 2004:136–42.
- Evers HG, Pinnegar JK, Taylor MI. Where are they all from? – sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. **Journal of Fish Biology**. 2019; 94(6):909–16. doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.13930>.
- Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**. 2006; 22(4):241–53. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- Gonçalves, Alany Pedrosa et al. Ecologia e etnoecologia de *Hypancistrus zebra* (Siluriformes: Loricariidae) no rio Xingu, Amazônia brasileira. 2011.
- Hasenbein M, Fangué NA, Geist JP, Komoroske LM, Connon RE. Physiological stress biomarkers reveal stocking density effects in late larval Delta Smelt (*Hypomesus transpacificus*). **Aquaculture**. 2016; 450:108–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.005>.
- Kristiansen TS, Fernö A, Holm JC, Privitera L, Bakke S, Fosseidengen JE. Swimming behaviour as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. **Aquaculture**. 2004; 230(1–4):137–51. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00436-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00436-8).
- Li L, Shen Y, Yang W, Xu X, Li J. Effect of different stocking densities on fish growth performance: A meta-analysis. **Aquaculture**. 2021; 544:737152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737152>.

Lugert V, Thaller G, Tetens J, Schulz C, Krieter J. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. **Reviews in Aquaculture**. 2016; 8(1):30–42. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12071>.

Luz RK, Portella MC. Effects of feeding frequency on larval rearing of trairao (*Hoplias lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2005; 34(5):1442–8. doi: <https://doi.org/10.1590/s1516-35982005000500003>.

Nagata MM, Takahashi LS, Gimbo RY, Kojima JT, Biller JD. Influence of stock density in productive performance of freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*). **Boletim do Instituto de Pesca**. 2010; 36(1).

Refaey MM, Li D, Tian X, Zhang Z, Zhang X, Li L, et al. High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**. 2018; 492:73–81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.003>.

Reis RGA, Alves PCJ, Abe HA, Costa Sousa N, Paixão PEG, Palheta GDA, et al. Feed management and stocking density for larviculture of the Amazon ornamental fish L333 king tiger pleco *Hypancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae). **Aquaculture Research**. 2021; 52(5):1995–2003. doi: <https://doi.org/10.1111/are.15047>.

Roman. Biologia reprodutiva e dinâmica populacional de *Hypancistrus zebra* Isbrücker & Nijssen, 1991 (Siluriformes, Loricariidae), no rio Xingu, Amazônia brasileira.

Roman APO. Biologia reprodutiva e dinâmica populacional de *Hypancistrus zebra* Isbrücker & Nijssen, 1991 (Siluriformes, Loricariidae), no rio Xingu, Amazônia brasileira.

Santos JCE dos, Pedreira MM, Luz RK. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix e Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. 2012; 34(2):133–9. doi: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v34i2.8541>.

Sousa LM de, Lucanus O, Arroyo-Mora JP, Kalacska M. Conservation and trade of the endangered *Hypancistrus zebra* (Siluriformes, Loricariidae), one of the most trafficked Brazilian fish. **Global Ecology and Conservation**. 2021; 27:e01570. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01570>.

Stevens CH, Croft DP, Paull GC, Tyler CR. Stress and welfare in ornamental fishes: what

can be learned from aquaculture? **Journal of Fish Biology**. 2017; 91(2):409–28. doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.13377>.

Toni M, Manciocco A, Angiulli E, Alleva E, Cioni C, Malavasi S. Review: Assessing fish welfare in research and aquaculture, with a focus on European directives. **Animal**. 2019; 13(1):161–70. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731118000940>.

Wang Y-W, Zhu J, Ge X, Sun S, Su Y-L, Li B, et al. Effects of stocking density on the growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant resistance, and intestinal microflora of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) juveniles. **Aquaculture Research**. 2019; 50(1):236–46. doi: <https://doi.org/10.1111/are.13889>.

Wendelaar Bonga SE. The stress response in fish. **Physiological Reviews**. 1997; 77(3):591–625. doi: <https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>.

Zuanon J, Sawakuchi A, Camargo M, Wahnfried I, Sousa L, Akama A, et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**. 2020; 28(2). doi: <https://doi.org/10.18542/papersnaea.v28i2.8106>.