



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Kelvyn Edilson Alves Santos

**Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus*
cultivados em sistema de recirculação de água**

Florianópolis

2021

Kelvyn Edilson Alves Santos

**Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus*
cultivados em sistema de recirculação de água**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coorientador: Luciano Augusto Weiss, Dr.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Kelvyn Edilson Alves

Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus* cultivados em sistema de recirculação de água / Kelvyn Edilson Alves Santos ; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez, coorientador, Luciano Augusto Weiss, 2021.

51 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Estresse. 3. Pintado-amarelo. 4. RAS. I. Nuñez, Alex Pires de Oliveira . II. Weiss, Luciano Augusto . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Kelvyn Edilson Alves Santos

Efeito da densidade de estocagem sobre o crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus* cultivados em sistema de recirculação de água

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) José Luiz Pedreira Mouriño, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2021

Dedico este trabalho a todos os cientistas que diariamente dedicam esforços para desenvolver a ciência brasileira, mesmo em tempos adversos nos quais estamos vivendo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre guiar meu caminho.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura, em especial, ao Carlito que sempre ajudou em tudo que estava ao seu alcance, sempre com muita paciência. E aos professores que tive a oportunidade de conhecer e adquirir um pouco mais de conhecimento.

Ao meu orientador, Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, pela oportunidade de fazer parte de seu laboratório e projeto, pela orientação, apoio e motivação durante esses anos e pela confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Luciano Augusto Weiss, por todos os ensinamentos, paciência, as orientações durante o experimento, os incentivos, as oportunidades de abranger meus conhecimentos dentro e fora do laboratório. Grato pela contribuição na minha vida acadêmica e profissional.

A toda equipe do Laboratório de Cultivo e Biologia de Água Doce (LAPAD), Vinícius, Luciano, Janaína, David, Maurício, Renata, Denis, Márcio, Edson e Felipe, por toda a ajuda e conversas durante o meu período no laboratório, principalmente durante a realização do experimento.

A Janaína, que virou uma grande amiga, por toda a ajuda antes, durante e depois do experimento. Sua ajuda foi uma das mais importantes durante o desenvolvimento desse trabalho. Sou muito grato por todos os ensinamentos repassados por você, e olha que não foram poucos. Só tenho a agradecer por ter conhecido você. Obrigado por tudo.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional aos estudos, conselhos e aprendizados que me levaram a ser um homem mais íntegro e humano. Obrigado por sempre batalharem para me oferecerem o melhor. Essa vitória não é apenas minha, mas sim, nossa.

Ao Victor, por sempre apoiar as minhas decisões. Mesmo nos momentos mais difíceis sempre esteve ao meu lado dizendo que tudo iria dar certo.

A Fernanda e Pedro, pois sem vocês tudo seria mais difícil. Vocês foram dois anjos que Deus colocou em minha vida durante o mestrado. Obrigado por todo o apoio que me deram e por toda gentileza durante os meses que fiquei morando com vocês.

Aos amigos do LABNUTRI, Rosa, Rafael, Bianca e Nathy, sem vocês a realização do experimento seria extremamente mais difícil. Vocês foram extremamente importantes durante esse processo, pois o companheirismo de vocês deixou o ambiente sempre mais alegre e leve.

Aos amigos Ailton, Carol, Rosa, Tatiane e Thais que estiveram junto comigo nesse caminho, vocês foram de extrema importância durante toda essa trajetória, para mim, vocês são

os irmãos que o PPGAQUI me deu. Eu sou grato por tê-los em minha vida. Vocês deixaram esse período do mestrado muito mais leve e agradável. Obrigado por todas as conversas, risadas, passeios, praias... Essa amizade será para sempre.

Aos amigos que fiz no PPGAQUI, Rosa, Juliana, Ana Paula, Jeisa, Jonathas e Marisa, muito obrigado por todo apoio e carinho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Comecei a ouvir a torcida, pessoas gritando, me incentivando, e isso me deu forças para terminar”

(MOUSSAMBANI, 2021)

RESUMO

A densidade de estocagem se torna importante no desempenho dos sistemas de cultivo, pois uma densidade ideal pode contribuir para um bem-estar, produzir um lote mais homogêneo e obter boas taxas de produção. O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência da densidade de estocagem no crescimento e bem-estar de juvenis de pintado-amarelo *Pimelodus maculatus* criados em sistemas de recirculação de água e em diferentes densidades de estocagem. O experimento foi conduzido durante 120 dias, em delineamento experimental inteiramente ao acaso em sistema de recirculação de água com aeração constante, com seis tratamentos, em três repetições, assim definidos 166 peixes/m³, 333 peixes/m³, 500 peixes/m³, 666 peixes/m³, 833 peixes/m³ e 1.000 peixes/m³, que em caixas com volume de 120 L, equivalem à estocagem de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 peixes, respectivamente. Os juvenis foram alimentados com ração comercial para peixes onívoros com teor de 32% de proteína bruta na proporção de 3% da biomassa, dividida em duas refeições por dia, às 9:00 e 18:00 h e fotoperíodo de 12 h. A análise de desempenho zootécnico foi avaliada através de biometrias realizadas a cada 30 dias, com balança digital e ictiômetro, sendo que a alimentação foi suspensa 24 horas antes do procedimento. Após cada biometria foi realizado o ajuste da quantidade de ração oferecida aos peixes. Para avaliação dos níveis de estresse foram avaliadas as concentrações de cortisol, glicemia e lactato, além do hematócrito. Os peixes criados na densidade de 500 peixes/m³ apresentaram a menor conversão alimentar aparente ($1,93 \pm 0,03$), melhor taxa de crescimento específico ($1,21 \pm 0,02\%$), bons resultados dos níveis de cortisol ($84,37 \pm 44,70$) e taxa de sobrevivência de 100%. Entretanto, a densidade de 1.000 peixes/m³ apresentou os melhores índices de cortisol ($70,48 \pm 16,82$) e glicemia ($66,22 \pm 24,79$) na qual pode ser explicado pelo efeito cardume observado nas maiores densidades de estocagem que favoreceu a diminuição dos níveis de estresse dos peixes. Além disso, a produtividade foi a mais elevada entre todas as densidades ($48 \pm 3,17 \text{ kg/m}^3$). Diferente dos resultados de estresse, a conversão alimentar aparente nessa densidade apresentou um valor mais elevado ($2,15 \pm 0,11$) em comparação a melhor conversão alimentar do estudo. A uniformidade de lote não apresentou diferença significativa entre as densidades de estocagem (166 peixes/m³: $31,67 \pm 14,43\%$, 333 peixes/m³: $34,17 \pm 8,04\%$, 500 peixes/m³: $37,11 \pm 6,71\%$, 666 peixes/m³: $33,33 \pm 4,39\%$, 833 peixes/m³: $39,00 \pm 6,24\%$, 1000 peixes/m³: $39,17 \pm 3,82\%$), podendo estar relacionada as hierarquias sociais que podem ter sido estabelecidas nas unidades experimentais e pela origem dos reprodutores que são selvagens, logo não passaram por melhoramento genético. Com isso, a densidade de estocagem sugerida é a de 500 peixes/m³, pois apresentou bons resultados no desempenho zootécnico, principalmente por apresentar a melhor taxa de crescimento específico e a menor conversão alimentar aparente, mas também, apresentando valores favoráveis das medidas de estresse.

Palavras-chave: Aquicultura. Estresse. Pintado-amarelo. RAS

ABSTRACT

The stocking density becomes important in the performance of cultivation systems, as an ideal density can contribute to well-being, produce a more homogeneous lot and obtain good production rates. This study aimed to evaluate the influence of stocking density on the growth and welfare of juvenile *Pimelodus maculatus* reared in water recirculation systems and in different stocking densities. The experiment was carried out for 120 days, in a completely randomized experimental design in a water recirculation system with constant aeration, with six treatments, in three replications, defined as such 166 fish/m³, 333 fish/m³, 500 fish/m³, 666 fish/m³, 833 fish/m³ and 1,000 fish/m³, which in boxes with a volume of 120 L, are equivalent to the storage of 20, 40, 60, 80, 100 and 120 fish, respectively. The juveniles were fed a commercial food for omnivorous fish with a content of 32% of crude protein in the proportion of 3% of the biomass, divided into two meals a day, at 9:00 and 18:00 h and 12 h photoperiod. The analysis of zootechnical performance was evaluated through biometrics carried out every 30 days, with a digital scale and ichthyometer, and food was suspended 24 hours before the procedure. After each biometry, the amount of feed offered to the fish was adjusted. To assess stress levels, cortisol, blood glucose and lactate concentrations were evaluated, in addition to hematocrit. Fish reared at a density of 500 fish/m³ had the lowest apparent feed conversion (1.93 ± 0.03), better specific growth rate ($1.21 \pm 0.02\%$), good results for cortisol levels (84.37 ± 44.70) and survival rate of 100%. However, the density of 1,000 fish/m³ showed the best indices of cortisol (70.48 ± 16.82) and blood glucose (66.22 ± 24.79) which can be explained by the school effect observed in the higher stocking densities than favored the reduction of stress levels in fish. Furthermore, productivity was the highest among all densities (48 ± 3.17 kg/m³). Different from the stress results, the apparent feed conversion at this density showed a higher value (2.15 ± 0.11) compared to the best feed conversion in the study. The batch uniformity did not show significant difference between the stocking densities (166 fish/m³: $31.67 \pm 14.43\%$, 333 fish/m³: $34.17 \pm 8.04\%$, 500 fish/m³: $37.11 \pm 6.71\%$, 666 fish/m³: $33.33 \pm 4.39\%$, 833 fish/m³: $39.00 \pm 6.24\%$, 100 fish/m³: $39.17 \pm 3.82\%$), and may be related to the social hierarchies that may have been established in the experimental units and by the origin of the sires that are wild, so they did not undergo genetic improvement. Thus, the suggested stocking density is 500 fish/m³, as it showed good results in zootechnical performance, mainly for presenting the best specific growth rate and the lowest apparent feed conversion, but also presenting favorable values of the stress measures.

Keywords: Aquaculture. Stress. Pintado-amarelo. RAS.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - *Pimelodus maculatus* Lacépède. 1803..... 13
- Figura 2 - Processo de liberação do cortisol na corrente sanguínea..... 19
- Figura 3 - Relação entre (A) biomassa inicial (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (B) ganho em biomassa (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (C) produtividade (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (D) taxa de crescimento específico (%) ($P = 0,0476$) e (E) conversão alimentar (%) ($P = 0,0084$) de *Pimelodus maculatus* e as diferentes densidades de estocagem, ao final de 120 dias de cultivo. 32
- Figura 4 - Comportamento do (A) ganho médio em peso (g) no intervalo de 166 - 500 ($P = 0,3078$) e 666 - 1000 ($P = 2325$) e (B) conversão alimentar aparente 166 - 500 ($P = 0,0035$) e 666 - 1000 ($P = 9190$) de *Pimelodus maculatus* em dois intervalos de densidade de estocagem..... 33
- Figura 5 - Relação entre (A) índice de cortisol (ng/mL) ($P = 0,0010$) e (B) glicemia (mg/dL) ($P = 0,0235$) de *Pimelodus maculatus* e as diferentes densidades de estocagem ao final de 120 dias de cultivo..... 33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAS	Recirculating Aquaculture Systems
CRF	Fator Liberador de Corticotropina
BI	Biomassa Inicial
GB	Ganho em Biomassa
P	Produtividade
GMP	Ganho Médio em Peso
GPD	Ganho em Peso Diário
PMF	Peso Médio Final
CVP	Coefficiente de Variação de Peso
GC	Ganho em Comprimento
CF	Comprimento Final
CVC	Coefficiente de Variação de Comprimento
TCE	Taxa de Crescimento Específico
CAD	Consumo Alimentar Diário
TCA	Taxa de Conversão Alimentar
DE	Densidade de Estocagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Hipóteses.....	20
1.2	OBJETIVOS	21
1.2.1	Objetivo Geral.....	21
1.2.2	Objetivos Específicos	21
2	ARTIGO CIENTÍFICO.....	22
2.1	INTRODUÇÃO	23
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.2.1	Procedimentos experimentais	25
2.2.1.1	<i>Pré-teste.....</i>	25
2.2.1.2	<i>RAS</i>	26
2.2.1.3	<i>Delineamento experimental.....</i>	27
2.2.1.4	<i>Desempenho zootécnico.....</i>	28
2.2.1.5	<i>Parâmetros fisiológicos</i>	29
2.2.1.6	<i>Qualidade de água.....</i>	30
2.2.1.7	<i>Análise estatística</i>	30
2.3	RESULTADOS	30
2.4	DISCUSSÃO	33
2.5	CONCLUSÕES	37
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
2.7	REFERÊNCIAS	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	44

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma riqueza incomparável de espécies de peixes de água doce, fruto dos seus diversos sistemas hidrográficos e suas distinções ictiofaunísticas. Essa pluralidade está distribuída nas mais diversas Ordens, porém apenas cinco Ordens detêm 95% de todas as espécies de peixes de água doce existentes no Brasil: Characiformes, Siluriformes, Perciformes, Cyprinodontiformes e Gymnotiformes (ROSA; LIMA, 2008). A Ordem Siluriformes, que é a segunda mais diversa em relação ao número de espécies de água doce, precedida apenas pelos Characiformes (ROSA; LIMA, 2008), é uma das Ordens com mais espécies ameaçadas na lista de extinção da fauna brasileira (ICMBIO/MMA, 2018).

O pintado-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Figura 1), também conhecido popularmente como mandi, mandi-amarelo e mandi-pintado, é um bagre classificado na ordem Siluriformes e na família Pimelodidae (WEINGARTNER; ZANIBONI-FILHO, 2004). São animais bentônicos e noturnos (BRITSKI; SILIMON; LOPES, 2007), podendo atingir 45 cm de comprimento total (AGOSTINHO et al., 2003) e que apresentam hábito alimentar onívoro (LOLIS; ANDRIAN, 1996; BENNEMANN; GALVES; CAPRA, 2011).

Além disso a espécie apresenta ampla adaptabilidade aos sistemas de cultivo devido a aceitação de rações artificiais e boa eficiência alimentar. Apresenta também ótimos índices de qualidade de carne, bom rendimento de carcaça e ausência de espinhos intramusculares (WEINGARTNER, 2002; ALMEIDA; NUÑER, 2009). Em razão destes aspectos, o pintado-amarelo é uma espécie nativa com grande potencial para cultivo na piscicultura brasileira.

Figura 1 – *Pimelodus maculatus* Lacépède. 1803.



Fonte: O autor.

Esta espécie apresenta ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada na bacia do alto rio Paraná (AGOSTINHO et al., 2003), bacia do rio Uruguai (ZANIBONI-FILHO; SCHULZ, 2003), bacia do rio São Francisco (SATO; GODINHO, 2003) e Bacia do Prata (LUNDBERG; LITTMANN, 2003). Além disso apresenta forte característica migratória em rios (AGOSTINHO et al., 2003) e grande abundância em bacias hidrográficas utilizadas para

construção de empreendimentos de produção de energia elétrica. Com isso, torna-se uma das espécies de peixes mais impactadas por usinas hidrelétricas quando da operação e manutenção de turbinas (RAMOS et al., 2011; ANDRADE et al., 2012). Como o represamento de rios produzidos pelas usinas hidrelétricas pode afetar o processo migratório (MAIA et al., 2007), e consequentemente reduzir a diversidade de peixes (SANTOS; FORMAGIO, 2000), este tipo de empreendimento também afeta as populações de pintado-amarelo.

Entretanto, ainda que *Pimelodus maculatus* seja uma das espécies mais afetada por empreendimentos hidrelétricos, a espécie está classificada no estágio de conservação Menos Preocupante (LC) (ICMBIO/MMA, 2018). O estágio Menos Preocupante é considerado porque a espécie apresenta características que contribuem para sua adaptação a diferentes condições ambientais, tais como distribuição geográfica abrangente, plasticidade alimentar e comportamento oportunista, que permite a exploração de todos os níveis tróficos dos ecossistemas aquáticos (RAMOS et al., 2011).

Alternativas para mitigar o impacto ocasionado a essa espécie no meio natural por usinas hidrelétricas, torna-se fundamental para a manutenção da espécie, já que as técnicas utilizadas na piscicultura podem ser utilizadas como estratégia para a conservação de espécies nativas de uma bacia hidrográfica. A compensação ambiental é uma alternativa para a manutenção dos estoques pesqueiros e garantir a conservação de uma espécie, mas para isso é de fundamental importância que a produção de juvenis seja realizada em grande escala, com animais com qualidade genética adequada. Contudo, para boa parte das espécies nativas de água doce as tecnologias de produção ainda estão incompletas, o que inviabiliza qualquer produção em massa de alevinos. Nesse sentido, estudos em tecnologias que garantam melhor eficiência desses processos se fazem necessários (WEINGARTNER et al., 2008).

Estudos com espécies nativas tornam-se cada vez importantes para ampliação do entendimento das características reprodutivas, como desova, fecundação, desenvolvimento embrionário, tipo de ovo e os mecanismos fisiológicos de reprodução, pois o conhecimento desses processos contribuirá para o aperfeiçoamento do manejo de peixes nativos na piscicultura (SENAR, 2017). Com isso, estudos como o de Pereira et al. (2021) com *Colossoma macropomum*, Oliveira et al. (2021) com *Piaractus mesopotamicus*, Longo e Nuñez (2010) com *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) e Luz e Zaniboni-Filho (2002) com *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) contribuíram para o aperfeiçoamento das tecnologias de cultivos e desenvolvimento de pacotes tecnológicos para serem implementados na cadeia de produção desses peixes nativos. Além disso, uma mão de obra técnica especializada, uma logística adequada para escoação da produção, insumos de qualidade e a existência de um mercado

consumidor forte contribui para o fortalecimento da cadeia produtiva de peixes nativos (SIDONIO, 2012).

A piscicultura vem como uma alternativa para suprir as demandas de pescado pelo mercado, visto que no caso da pesca, há um declínio da captura de peixes (KATO et al., 2017), já que os estoques pesqueiros do planeta estão diminuindo, pois, no ano de 2017, 34,2% desses estoques encontravam-se em sobrepesca (FAO, 2020), esse processo acelera a extinção das espécies de peixes do planeta, incluindo os peixes nativos na maioria dos mananciais e rios em todo mundo. Logo, o aperfeiçoamento das técnicas e o desenvolvimento de pacotes tecnológicos de cultivo para peixes nativos contribuirá para o fortalecimento da produção e pela manutenção dos estoques pesqueiros. Com isso também poderá contribuir para tornar a cadeia de produção de espécies nativas tão competitiva quanto a da tilápia, por exemplo, que conta com tecnologias bem desenvolvidas e linhagens de peixes melhoradas geneticamente (KATO et al., 2017).

A piscicultura brasileira vem crescendo em termos de produção nos últimos anos. Esse crescimento está ligado à demanda do mercado nacional, pois das 529 mil toneladas produzidas pela piscicultura brasileira em 2019 apenas 6.542 toneladas, ou seja 1,13% do total, foram destinadas à exportação (IBGE, 2019; EMBRAPA, 2019). Segundo Sonoda et al. (2012) e Pedroza Filho et al. (2020), faz-se necessário compreender as características e demandas do mercado nacional para os produtos provenientes de piscicultura, de modo a torná-los mais competitivos em relação a outros produtos concorrentes, e desta forma garantir um aumento do consumo de peixes dentro do mercado brasileiro.

Flores e Pedroza Filho (2014) afirmaram que o mercado brasileiro é complexo e diversificado, haja vista o tamanho do território e as diferenças socioeconômicas entre as regiões do país. Além disso, o país conta com uma grande diversidade de espécies cultivadas, pois 25 espécies são comercialmente produzidas na aquicultura do Brasil (FAO, 2017). Contudo, essa regionalização do cultivo de espécies, faz com que espécies produzidas em certa região do Brasil não sejam difundidas ou conhecidas em outras regiões, a exemplo do tambaqui e do surubim (PEDROZA FILHO et al., 2020). Logo o desenvolvimento de pacotes tecnológicos para o cultivo de espécies nativas é prejudicado, visto que a demanda por esses produtos acaba não sendo nacional, mas sim regionalizada, devido as diferentes características ambientais de cada região do Brasil e para a produção dessas espécies.

Isso tudo gera déficit de informações relacionadas a utilização de espécies nativas com potencial para uso na piscicultura brasileira (DAVID et al., 2019), carência que também se aplica ao desenvolvimento de cultivo do pintado-amarelo. Técnicas apropriadas de manejo na

piscicultura são imprescindíveis para se obter uma produção promissora, e, nesse sentido, a densidade de estocagem é um agente importante na lucratividade dos sistemas de cultivo, pois afeta o crescimento, o comportamento, a saúde, a sobrevivência dos peixes e a qualidade da água (GIBTAN et al., 2008).

A densidade de estocagem é um fator que ocasiona efeitos no desempenho de crescimento e nas respostas fisiológicas dos peixes (REFAEY et al., 2018), e essas mudanças dependem da espécie de peixe, tamanho do corpo, peso, idade, e das condições de criação e do sistema de produção (MERINO et al., 2007). Vários são os estudos que demonstraram que a densidade de estocagem interfere no desempenho de criação de peixes, como os desenvolvidos para tambaqui *Colossoma macropomum* (SANTOS et al., 2021), pirarucu *Arapaima gigas* (OLIVEIRA et al., 2012), jundiá *Rhamdia quelen* (BATTISTI et al., 2020) e bagre africano *Clarias gariepinus* (OKÉ; GOOSEN, 2019).

O uso de densidades baixas proporciona maiores taxas de crescimento e sobrevivência (RIBEIRO et al., 2010). Entretanto, esse crescimento pode estar ligado a um maior acúmulo de gordura corporal em razão da maior disponibilidade de ração e menor competição pelo alimento (LAZZARI et al., 2011; FRISSO et al., 2020). Densidades abaixo do ideal podem ainda propiciar um ambiente no qual uma hierarquia de dominância e territorialidade possa ser instalada, o que conduz a uma heterogeneidade de tamanho dos animais, afetando a produção final (KESTEMONT et al., 2003; SANTOS et al., 2021).

Peixes submetidos a altas densidades de estocagem estão sujeitos a mudanças nos processos fisiológicos e comportamentais, devido à baixa disponibilidade de espaço (COSTA et al., 2019), o que conduz a maiores requisitos de energia, redução do crescimento e consumo de ração (GHOZLAN et al., 2018). Pois, há desvio de energia de crescimento para combater o estresse em peixes, produzindo assim uma deficiência na conversão alimentar (LUPATSCH et al., 2010). Além disso, a diminuição do consumo de ração em densidades mais elevadas também pode ser um fator de estresse causado pelo alto adensamento, assim como o aumento da probabilidade de degradação da qualidade da água (JOBBLING, 1994).

A intensificação dos sistemas de cultivo prevê o uso de tecnologias modernas que forneçam altas produtividades por meio de densidades de estocagem mais elevadas (RIBEIRO et al., 2000). Com isso, os desafios impostos pela intensificação do cultivo estarão relacionados com a espécie a ser cultivada, com a tecnologia utilizada e com a quantidade e qualidade do suprimento de água (SHEPHERD; BROMAGE, 1988).

Nesse sentido, o sistema de recirculação de aquicultura (nomenclatura traduzida do inglês “Recirculating Aquaculture System”, ou RAS) apresenta uma série de vantagens, como

estabilização dos parâmetros físicos e químicos da água (temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, pH e condutividade elétrica), controle de lançamento de partículas, e intensificação do cultivo aliado ao baixo consumo de água, que propicia maior controle do ambiente interno de cultivo, e boas condições de criação para o crescimento (BLANCHETON, 2000; VERDEGEM; BOSMA; VERRETH., 2006; ATTRAMADAL et al., 2012; DALSGAARD et al., 2013).

Esse sistema funciona de forma semifechada, com tratamento eficaz dos fluxos de resíduos, que reduz a poluição de efluentes a quase zero, em comparação com os cultivos em viveiros e tanque-rede, pois a água utilizada nos tanques de RAS é tratada e reutilizada em vez de ser lançada em um corpo hídrico (LEKANG, 2013; LIMA et al., 2019). Essa vantagem que o RAS oferece permite a diversificação de espécies, que podem ser cultivadas fora da sua zona de origem, visto que o controle dos parâmetros de água é rigoroso, principalmente a temperatura (DALSGAARD et al., 2013; SANTOS et al, 2021).

Apesar das características vantajosas do RAS, a sua contribuição para a indústria de pescado ainda é pequena em comparação aos sistemas tradicionais de cultivo. Isso pode ser explicado pelo alto custo de investimentos iniciais para a implementação dessa tecnologia, o que conduz a uma adoção lenta do sistema (SCHNEIDER et al., 2006). Além disso, para que os investimentos iniciais possam gerar lucratividade, o sistema deve funcionar com alta densidade de estocagem, para que a produção final possa gerar lucros satisfatórios em comparação aos investimentos iniciais (BLANCHETON, 2000; MARTINS et al, 2010).

Altos adensamentos produzem preocupação com o bem-estar dos animais, pois efeitos negativos podem surgir, como o aumento dos níveis de estresse. Contudo, o RAS oferece bons processos de tratamento de água que contribuem para uma qualidade ideal, que podem contribuir com o bem-estar dos peixes (D'ORBCASTEL et al., 2009).

Na aquicultura, o bem-estar dos peixes tem como medida mais aceita a qualidade da saúde física (fisiológico e imunológico). Entretanto, muito se discute que a avaliação do bem-estar animal não pode estar apenas atrelada a saúde física, mas também a saúde mental (sensação de dor) (ASHLEY, 2007).

As características fisiológicas dos peixes, aliadas a fatores intrínsecos e extrínsecos, causam enorme variabilidade nos parâmetros hematológicos (RANZANI-PAIVA; SILVA-SOUZA, 2004). Os principais agentes estressores para os peixes, dentro da piscicultura, são as práticas nela realizadas como biometria, manejo, classificação, transporte e a densidade de estocagem (URBINATI; CARNEIRO, 2004), uma vez que os organismos, quando forçados

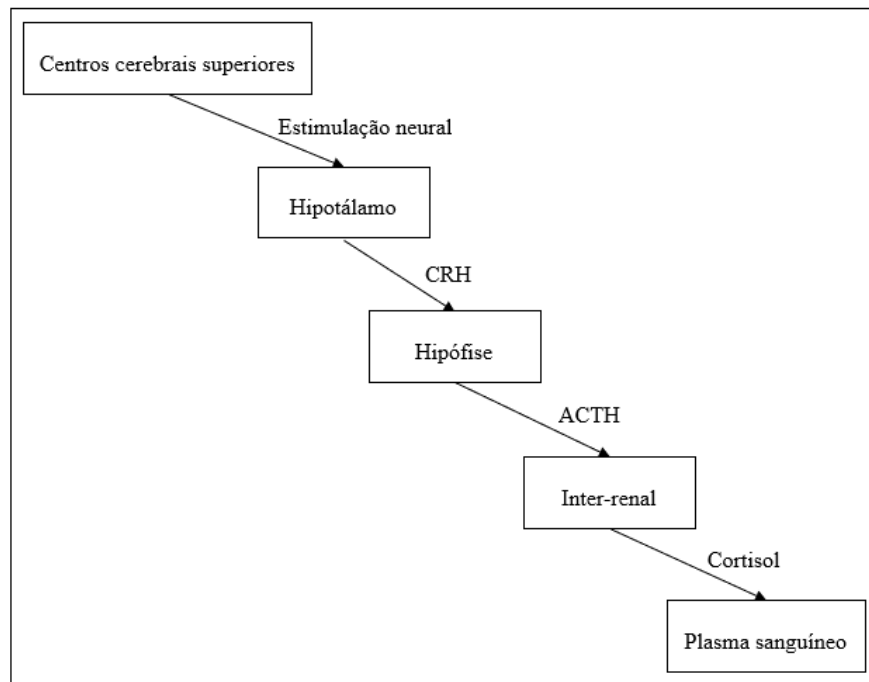
além de sua capacidade de resposta, respondem através das perturbações fisiológicas que o estresse ocasiona (CONTE, 2004).

O estresse se manifesta de forma aguda, por meio de estressores intensos de curta duração, ou crônica, causada por distúrbios a longo prazo (RUANE, 2002). O manejo, as alterações bruscas de ambientes, o confronto com predadores e o confinamento são alguns dos agentes que provocam estresse agudo (KUBÍLAY; ULUKÖY, 2002), que podem se tornar crônicos em função da frequência de ocorrência (STEVENS et al., 2017). Já a alta densidade de estocagem, o confinamento, a deterioração da qualidade de água e a presença de patógenos ou poluentes estão entre os principais agentes causadores do estresse crônico (RUANE, 2002; KHANSARI et al., 2019).

As respostas adaptativas ao estresse da maioria dos peixes seguem um padrão, sendo denominadas respostas primárias, secundárias e terciárias (BARTON, 2002). As respostas primárias se apresentam a partir de mudanças hormonais que incluem a liberação de catecolaminas e estimulação do eixo hipotálamo-hipofise-interrenal (HPI) resultando na liberação de hormônios corticoides para a circulação sanguínea (MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999; SADOUL; GEFFROY, 2019). As respostas secundárias são caracterizadas pelas ações ou efeitos desses hormônios no sangue, incluindo o aumento do batimento cardíaco, o consumo de oxigênio, o aumento da glicose e o comprometimento dos parâmetros fisiológicos, bioquímicos e imunológicos (WOJTASZEK et al., 2002), enquanto as terciárias envolvem as alterações no desempenho do crescimento, as mudanças de comportamento, a resistência a doenças e a sobrevivência (BARTON; IWAMA, 1991; BARTON, 2002).

A liberação de noradrenalina e adrenalina pelas células cromafins, localizadas no rim cefálico de peixes é estimulada através do eixo hipotálamo-hipofise-interrenal (HPI) que acionada por centros cerebrais superiores facilita a liberação do fator liberador de corticotropina (CRF) do hipotálamo. O CRF ativa a liberação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), o que resulta na produção de glicocorticóides, principalmente o cortisol das células interrenais. Devido à sua proximidade com a veia pós-cardinal, a liberação do cortisol para a corrente sanguínea se torna mais direta (Figura 1) (ELLIS et al., 2012). Como o cortisol é o principal biomarcador do estresse fisiológico em peixes, ele é utilizado como indicador dessa condição (PFALZGRAFF; LUND; SKOV, 2021).

Figura 2 – Processo de liberação do cortisol na corrente sanguínea.



Fonte: ELLIS et al., 2012

A liberação do cortisol após estresse de baixa ou curta duração pode produzir efeitos positivos para o metabolismo dos peixes. Entretanto, quando os animais são submetidos a níveis altos de estresse ou, mesmo a um estresse por um maior período, esse efeito se torna prejudicial (SCHRECK, 1993). Isso porque os animais não conseguem restaurar as condições de pré-estresse e sua homeostase, o que leva os indivíduos ao estresse crônico, quando, eventualmente, há maior suscetibilidade a patógenos e doenças (REYES-LÓPEZ, 2018). Em ambientes de aquicultura, os peixes podem sofrer impactos de estresses crônicos, devido a uma maior liberação do cortisol no sangue, relacionada, por exemplo, ao aumento da densidade de estocagem, à subordinação social, à baixa qualidade de água e ao processo de biometria (SUNDH et al., 2019).

Os hormônios do estresse, em conjunto com o cortisol, atuam como promotores da mobilização de energia e elevam a produção de glicose por meio da glicogênese, para que o animal possa lidar com a situação de estresse, e, com isso, os mecanismos fisiológicos de defesa são ativados para fornecer energia de fácil metabolização e de imediata utilização no combate ao efeito estressante (MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999). A glicose então é liberada do fígado e músculos para a corrente sanguínea, e capturada pelas células por meio da ação da insulina (NELSON; COX, 2013). Por ser um bom indicador de estresse, e por sua facilidade de detecção e avaliação, a glicose vem sendo empregada em vários estudos como um importante

parâmetro de análise de estresse fisiológico de peixes (MARTÍNEZ-PORCHAS; MARTÍNEZ-CÓRDOVA; RAMOS-ENRIQUEZ, 2009).

Outros dois parâmetros importantes que devem ser levados em consideração para estudos sobre o estresse em peixes são o lactato e o hematócrito. O lactato é um indicador secundário de estresse, sendo um composto químico que apresenta papel importante no metabolismo anaeróbio do animal, sendo produzido durante o aumento de exercícios físicos gerados por exposição do peixe a um agente estressor (GRUTTER; PANKHURST, 2000).

O conhecimento e a pesquisa relacionadas a parâmetros hematológicos podem facilitar o desenvolvimento de indicadores do estado de saúde dos peixes em resposta a agentes estressores (FAZIO, 2019). O hematócrito é uma resposta de anemia e do agravamento do estado de saúde do peixe, além de ser um indicador da capacidade de transporte do oxigênio no organismo, uma vez que índices elevados do hematócrito durante o estresse, aumentam o consumo de oxigênio dos principais órgãos em resposta ao aumento da demanda metabólica (CNAANI et al., 2004). Verifica-se também que a hipersecreção de catecolaminas e corticosteróides são fatores que induzem mudanças hematológicas nos peixes. O estresse causa hemodiluição em muitas espécies de peixes, alterando assim os valores do hematócrito e outros parâmetros hematológicos (MCDONALD; MILLIGAN, 1997).

Portanto, definir a melhor densidade de estocagem para a produção de peixes se torna fundamental para a projeção de um melhor sistema intensivo e boas práticas de cultivo (GHOZLAN et al., 2018). Com isso, testar o crescimento de *Pimelodus maculatus*, na fase de juvenil, em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água (RAS) pode contribuir para a intensificação da sua produção com menor consumo de água e energia.

1.1 HIPÓTESES

- O aumento da densidade de estocagem reduz o crescimento de *Pimelodus maculatus* cultivados em sistema de recirculação de água;
- O aumento da densidade de estocagem reduz os níveis de estresse de *Pimelodus maculatus* cultivados em sistema de recirculação de água.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da densidade de estocagem sobre o crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus* criados em diferentes densidades de estocagem.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar o efeito da densidade de estocagem sobre a sobrevivência de *P. maculatus*;
- Analisar o crescimento, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, homogeneidade e biomassa final de *P. maculatus* mantidos em diferentes densidades de estocagem;
- Avaliar o nível de estresse em *P. maculatus* nas diferentes densidades de estocagem, a partir dos parâmetros hematológicos cortisol, glicemia, lactato e hematócrito.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

Crescimento e estresse em juvenis de *Pimelodus maculatus* cultivados em sistema de recirculação de água: efeito da densidade de estocagem

Kelvyn Edilson Alves Santos; Luciano Augusto Weiss; Alex Pires de Oliveira Nuñez

Laboratório de Cultivo e Biologia de Água Doce (LAPAD), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

ABSTRACT

The stocking density becomes important in the performance of cultivation systems, as an ideal density can contribute to well-being, produce a more homogeneous lot and obtain good production rates. This study aimed to evaluate the influence of stocking density on the growth and welfare of juvenile *Pimelodus maculatus* reared in water recirculation systems and in different stocking densities. The experiment was carried out for 120 days, in a completely randomized experimental design in a water recirculation system with constant aeration, with six treatments, in three replications, defined as such 166 fish/m³, 333 fish/m³, 500 fish/m³, 666 fish/m³, 833 fish/m³ and 1,000 fish/m³, which in boxes with a volume of 120 L, are equivalent to the storage of 20, 40, 60, 80, 100 and 120 fish, respectively. The juveniles were fed a commercial food for omnivorous fish with a content of 32% of crude protein in the proportion of 3% of the biomass, divided into two meals a day, at 9:00 and 18:00 h and 12 h photoperiod. The analysis of zootechnical performance was evaluated through biometrics carried out every 30 days, with a digital scale and ichthyometer, and food was suspended 24 hours before the procedure. After each biometry, the amount of feed offered to the fish was adjusted. To assess stress levels, cortisol, blood glucose and lactate concentrations were evaluated, in addition to hematocrit. Fish reared at a density of 500 fish/m³ had the lowest apparent feed conversion (1.93 ± 0.03), better specific growth rate ($1.21 \pm 0.02\%$), good results for cortisol levels (84.37 ± 44.70) and survival rate of 100%. However, the density of 1,000 fish/m³ showed the best indices of cortisol (70.48 ± 16.82) and blood glucose (66.22 ± 24.79) which can be explained by the school effect observed in the higher stocking densities than favored the reduction of stress levels in fish. Furthermore, productivity was the highest among all densities (48 ± 3.17 kg/m³). Different from the stress results, the apparent feed conversion at this density showed a higher value (2.15 ± 0.11) compared to the best feed conversion in the study. The batch uniformity did not show significant difference between the stocking densities (166 fish/m³: $31.67 \pm 14.43\%$, 333 fish/m³: $34.17 \pm 8.04\%$, 500 fish/m³: $37.11 \pm 6.71\%$, 666 fish/m³: $33.33 \pm 4.39\%$, 833 fish/m³: $39.00 \pm 6.24\%$, 100 fish/m³: $39.17 \pm 3.82\%$), and may be related to the social hierarchies that may have been established in the experimental units and by the origin of the sires that are wild, so they did not undergo genetic improvement. Thus, the suggested stocking density is 500 fish/m³, as it showed good results in zootechnical performance, mainly for presenting the best specific growth rate and the lowest apparent feed conversion, but also presenting favorable values of the stress measures.

Keywords: Aquaculture. Stress. Pintado-amarelo. RAS.

2.1 INTRODUÇÃO

O pintado-amarelo (*Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803), é um bagre de hábito alimentar onívoro e noturno. Na aquicultura, vem ganhando espaço por sua ampla adaptabilidade aos sistemas de cultivo, principalmente, devido a facilidade de aceitação de rações artificiais, eficiência alimentar e bom rendimento de carcaça (LOLIS; ANDRIAN, 1996; AGOSTINHO et al., 2003; WEINGARTNER, 2002; WEINGARTNER; ZANIBONI-FILHO, 2004; BRITSKI; SILIMON; LOPES, 2007; NUÑER, 2009; BENNEMANN; GALVES; CAPRA, 2011). Em razão destes aspectos, considera-se o pintado-amarelo como uma espécie nativa com grande potencial de cultivo para a piscicultura brasileira.

Para se obter uma produção eficiente são necessárias técnicas apropriadas de manejo na piscicultura, a melhor densidade de estocagem a ser utilizada se torna importante no desempenho dos sistemas de cultivo (GIBTAN et al., 2008), pois esta é frequentemente considerada um potencial estressor e que pode levar a uma supressão das respostas de estresse, pois está relacionada ao conforto do animal e a produtividade da piscicultura (BRAUN et al., 2010; VAN DE NIEUWEGIESSEN et al., 2008). Estudar diferentes densidades de estocagem para diferentes espécies, torna-se favorável para encontrar o melhor bem-estar social e obter os melhores resultados dos parâmetros zootécnicos e de estresse dentro de uma piscicultura.

A intensificação dos sistemas de cultivo prevê a utilização de tecnologias modernas como o Recirculating Aquaculture System (RAS), que apresenta vantagens como a estabilização dos parâmetros físico-químicos da água (temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, pH e condutividade elétrica), o controle de lançamento de partículas e a intensificação do cultivo aliado ao baixo consumo de água, propiciando um maior controle do ambiente interno de cultivo (BLANCHETON, 2000; VERDEGEM; BOSMA; VERRETH., 2006; ATTRAMADAL et al., 2012; DALSGAARD et al., 2013). Apesar das características vantajosas do RAS, a sua contribuição para a indústria da piscicultura ainda é pequena em comparação aos sistemas tradicionais de cultivo (SCHNEIDER et al., 2006).

Novas técnicas de cultivo surgem para melhorar o bem-estar animal, pois fatores intrínsecos e extrínsecos, ocasionados principalmente pelo manejo da piscicultura, causa grande variabilidade nos parâmetros fisiológicos (URBINATI; CARNEIRO, 2004; RANZANI-PAIVA; SILVA-SOUZA, 2004) e conseqüentemente os níveis de estresse aumentam, contribuindo para a manifestação das formas de estresse agudo ou crônico (RUANE, 2002). O manejo, as alterações bruscas de ambientes e o confronto com predadores são alguns dos agentes que provocam estresse agudo (KUBÍLAY; ULUKÖY, 2002). Enquanto a alta

densidade de estocagem, o confinamento, a deterioração da qualidade de água e a presença de patógenos ou poluentes estão entre os principais agentes causadores do estresse crônico (RUANE, 2002; KHANSARI et al., 2019).

As respostas adaptativas de estresse da maioria dos peixes seguem um padrão, sendo denominadas respostas primárias, secundárias e terciárias (BARTON, 2002). A liberação do cortisol na corrente sanguínea é uma característica de resposta primária (ELLIS et al, 2012). Para as respostas secundárias, observa-se, dentre outras características, alterações metabólicas como a elevação da produção de glicose (MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999) e do lactato, que são fontes energéticas e atuam na tentativa de assegurar um metabolismo eficiente em situações de exposição a um agente estressor (GRUTTER; PANKHURST, 2000). Também, como resposta secundária, é possível observar o aumento do hematócrito, com o objetivo de melhorar a oxigenação sanguínea (CNAANI et al., 2004). Já as respostas terciárias afetam o desempenho do crescimento, mudanças do comportamento, resistência a doenças e sobrevivência (BARTON; IWAMA, 1991; BARTON, 2002).

Logo, definir a melhor densidade de estocagem na produção de peixe se torna fundamental para se projetar um melhor sistema intensivo e boas práticas de cultivo (GHOZLAN et al., 2018). Com isso, testar o crescimento de *Pimelodus maculatus* na fase inicial de juvenil em diferentes densidades de estocagem em RAS pode contribuir para uma intensificação da produção. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da densidade de estocagem no crescimento de juvenis de *Pimelodus maculatus* cultivados em diferentes densidades de estocagem.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Cultivo e Biologia de Água Doce (LAPAD) do Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Os juvenis de *Pimelodus maculatus* foram obtidos a partir do crescimento de larvas obtidas a partir da reprodução induzida de reprodutores selvagens da bacia do alto rio Uruguai. Todos os procedimentos utilizados no experimento seguiram os protocolos aprovados pela CEUA/UFSC (4746210621).

2.2.1 Procedimentos experimentais

2.2.1.1 Pré-teste

Para definição da forma de arraçoamento a ser utilizada no experimento, foi conduzido um pré-teste durante 30 dias, em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos de quatro repetições cada, em unidades experimentais com volume útil de 120 L, acopladas a um sistema de recirculação de água. O número de animais foi de 40 peixes/unidade experimental, equivalente à densidade de 333 peixes/m³.

No início do pré-teste os peixes apresentavam peso médio de $9,11 \pm 0,17$ g e comprimento médio total de $9,88 \pm 0,06$ cm. Os animais foram distribuídos em tratamentos com diferentes taxas alimentares, assim definidas: T1: alimentação realizada uma vez ao dia (às 08:00 h), até a saciedade aparente; T2: alimentação realizada duas vezes ao dia (às 08:00 h e 16:00 h), até a saciedade aparente; T3: alimentação realizada com base em 3,0 % da biomassa estocada (às 08:00, 12:00 e 16:00 h), T4: alimentação realizada com base em 4,0 % da biomassa estocada (às 08:00, 12:00 e 16:00 h) e T5: alimentação realizada com base em 5,0 % da biomassa estocada (às 08:00, 12:00 e 16:00 h). Esses tratamentos foram testados em função da ausência de informações na literatura a respeito da taxa de alimentação adequada para a espécie em sistema de recirculação de água. Os peixes foram alimentados com ração extrusada comercial (Guabitech Onívoros Juvenis®, Guabi Nutrição e Saúde Animal AS, Campinas, São Paulo, Brasil).

Durante os 30 dias de pré-teste, foi observado que os peixes dos tratamentos 4,0 % e 5,0 % não consumiram a ração total ofertada diariamente, isso pode ser explicado devido a quantidade ofertada ser maior que a necessidade de consumo pelos peixes, já que estes chegavam a sua saciedade antes de consumirem os 4,0 % e 5,0 % de ração ofertada. Com isso a quantidade de sobra da ração era pesada e depois era subtraída da quantidade total oferecida diariamente.

Para a análise do desempenho zootécnico (sobrevivência, ganho em biomassa, coeficiente de variação de peso, ganho em comprimento, coeficiente de variação de comprimento, taxa de crescimento específico, consumo alimentar diário, conversão alimentar aparente, biomassa final) foram realizadas biometrias a cada 10 dias, com consequente ajuste da ração nos tratamentos relacionados à biomassa. Sempre após cada biometria, foi observado que os peixes demoravam em média 4 dias para voltarem a consumir a ração normalmente.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e, quando necessário, foi aplicado o teste de Tukey. Para os requisitos de homoscedasticidade da variância e

normalidade, foram aplicados os testes de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. O nível de significância de 5,0 % foi utilizado em todas as análises estatísticas, que foram realizadas com o software GraphPad Prism 8.

Na Tabela 1, estão os resultados obtidos através das análises do desempenho zootécnico de *Pimelodus maculatus*. O tratamento escolhido para ser utilizado no experimento foi o de 3% da biomassa, pois este apresentou bons resultados no desempenho zootécnico e obteve a conversão alimentar aparente mais baixa. O consumo alimentar diário na maioria dos tratamentos ficou próximo dos 3% de biomassa, na qual também contribuiu na escolha do tratamento 3% a ser utilizado no experimento. e o consumo de ração em todos os tratamentos ficaram próximo dos 3%.

Tabela 1 – Parâmetros zootécnicos de *Pimelodus maculatus* alimentados em diferentes taxas de arraçoamento.

	Saciedade Aparente (1x dia)	Saciedade Aparente (2x dia)	Biomassa 3%	Biomassa 4%	Biomassa 5%	P-value
Sobrevivência	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	P > 0,05
Ganho em biomassa	125,94 ± 52,48 ^b	269,13 ± 22,59 ^a	270,68 ± 46,30 ^a	235,39 ± 108,89 ^{ab}	313,95 ± 53,75 ^a	0,009
Coefficiente de variação de Peso	20,45 ± 2,89 ^a	25,68 ± 5,46 ^a	24,54 ± 2,55 ^a	24,50 ± 2,57 ^a	21,19 ± 4,22 ^a	0,2426
Ganho em comprimento	0,74 ± 0,21 ^b	1,48 ± 0,20 ^a	1,48 ± 0,29 ^a	1,28 ± 0,52 ^{ab}	1,77 ± 0,28 ^a	0,0059
Coefficiente de variação de comprimento	5,80 ± 0,50 ^a	7,34 ± 1,26 ^a	7,25 ± 1,07 ^a	6,84 ± 1,12 ^a	6,41 ± 0,56 ^a	0,1864
Taxa de crescimento específico	0,98 ± 0,36 ^a	1,83 ± 0,13 ^a	1,84 ± 0,26 ^a	1,62 ± 0,58 ^{ab}	2,05 ± 0,24 ^a	0,0059
Consumo alimentar diário	1,88 ± 0,27 ^c	2,90 ± 0,22 ^b	2,81 ± 0,16 ^b	2,88 ± 0,30 ^b	3,39 ± 0,09 ^a	0,0001
Conversão alimentar aparente	1,73 ± 0,30 ^a	1,54 ± 0,07 ^a	1,51 ± 0,11 ^a	1,80 ± 0,48 ^a	1,67 ± 0,13 ^a	0,5218
Biomassa final	485,89 ± 48,36 ^b	635,01 ± 20,12 ^a	636,3 ± 42,51 ^a	600,44 ± 107,95 ^{ab}	680,16 ± 59,37 ^a	0,0063

2.2.1.2 RAS

O RAS utilizado no experimento é um sistema fechado, assim a água que circula no sistema é tratada sem a renovação ou troca de água. A água residual, resultante do escoamento do efluente das unidades experimentais percorre um caminho por filtro de tambor rotativo de tela, esse filtro faz a remoção das partículas sólidas que estão suspensas na água. Após essa

etapa, a água é direcionada para um filtro biológico de leito fixo, formado por três câmaras em formato de chicanas, a primeira câmara contém conchas de ostras que tem por finalidade a correção do pH e as outras duas câmaras contém estruturas plásticas (bead) que servem como substratos das bactérias desnitrificantes que oxidam a amônia presente na água vinda das unidades experimentais em nitrito e depois em nitrato. Posteriormente a essa fase, a água passa por um filtro biológico de areia para purificação, esse filtro funciona através de uma bomba centrífuga que bombeia a água para o interior do filtro, a areia funciona como peneira retendo as partículas presentes na água, algumas bactérias e microrganismos que estão no filtro de areia vão degradar a matéria orgânica da água, ao fim da passagem a água é liberada e armazenada em reservatório de 5.000 L até ser necessária na continuação do processo de recirculação. Durante o armazenamento da água nas caixas de 5.000 L, ocorre o aquecimento ou resfriamento da água através de um aparelho de troca de calor (sistema de compressão e expansão de gás).

Após o término de tratamento, a água é canalizada para reservatório de 1.000 L que é responsável pela alimentação das unidades experimentais através de rede de tubulação de 100 mm. As unidades experimentais utilizadas no experimento estavam acopladas ao sistema RAS e eram abastecidas por água através das tubulações de 100 mm, além disso possuíam aeração constante através de pedras porosas e as unidades tinham formas retangulares, de cor azul e dimensões 42 x 70 x 51 cm.

2.2.1.3 *Delineamento experimental*

Os peixes utilizados no experimento, antes de serem transferidos às unidades experimentais, foram mantidos em caixa de 1.000 L, acopladas a um sistema de recirculação de água e alimentados em dias alternados até a saciedade aparente. O experimento teve início com peixes de peso e comprimento médio iniciais de $11,74 \pm 0,50$ g e $11 \pm 0,16$ cm, respectivamente.

O experimento foi conduzido durante 120 dias em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos de três repetições cada, em unidades experimentais com volume útil de 120 L, acopladas a um sistema de recirculação de água. Durante o experimento, as unidades experimentais tiveram, diariamente, vinte e seis trocas totais de água. Essa quantidade de trocas de água teve o intuito de manter uma oxigenação próxima de 7 mg/L durante os 120 dias de experimento.

As seguintes densidades de estocagem foram definidas como tratamentos: 166 peixes/m³, 333 peixes/m³, 500 peixes/m³, 666 peixes/m³, 833 peixes/m³ e 1000 peixes/m³. Em caixas com volume útil de 120 L, o número de animais estocados por tanque foi igual a 20, 40,

60, 80, 100 e 120, respectivamente. Esses tratamentos foram testados em função da ausência de informações na literatura a respeito da densidade de estocagem ideal para a espécie em sistema de recirculação de água. A densidade de 333 peixes/m³ por caixa foi utilizada como parâmetro para definição das outras densidades, pois durante o pré-teste, em um primeiro momento a densidade utilizada foi de 30 peixes por caixa, mas durante 10 dias foi observado que os peixes não consumiam a ração ofertada. Após esse período, a densidade de estocagem foi ajustada para 333 peixes/m³, após esse ajuste no pré-teste, observou-se que a partir dessa densidade os peixes começaram a consumir a ração ofertada.

O arraçoamento utilizado foi o de 3,0 % da biomassa, em consonância com o melhor resultado zootécnico obtido no pré-teste, pois obteve ótimos resultados no desempenho zootécnico, apresentou a conversão alimentar aparente mais baixa e o consumo de ração em todos os tratamentos ficaram próximo dos 3%. Os peixes foram submetidos a fotoperíodo de 12h e alimentados diariamente às 9:00 e 18:00 h com ração extrusada comercial com teor de 32% de proteína bruta (Guabitech Onívoros Juvenis[®], Guabi Nutrição e Saúde Animal SA, Campinas, São Paulo, Brasil).

Para a análise do desempenho zootécnico foram realizadas biometrias de todos os peixes a cada 30 dias utilizando-se uma balança digital (0,01 g) (Marte Científica e Instrumentação Industrial LTDA, Santa Rita do Sapucaí, Minas Gerais, Brasil) para aferição do peso total e um ictiômetro (0,01 cm) para o comprimento total. A alimentação foi suspensa 24h antes da realização de biometria, para evitar que os peixes regurgitassem o alimento que já estava no estômago, sendo que após cada biometria foi realizado o ajuste da quantidade de ração oferecida aos animais. Sempre após cada biometria, foi observado que os peixes demoravam em média 2 dias para voltarem a consumir a ração normalmente.

2.2.1.4 Desempenho zootécnico

A partir dos dados de biometria e da quantificação do consumo de ração, foram analisadas as seguintes variáveis:

Sobrevivência (%) = $100 \times \text{número de indivíduos final} / \text{número de indivíduos inicial}$;

Ganho em biomassa (g) = peso final (g) – peso inicial (g);

Ganho em peso diário (g) = ganho em peso total (g) / tempo de experimento;

Coefficiente de variação de peso (%) = $[(\text{desvio-padrão do peso final} / \text{média do peso final}) \times 100]$;

Ganho em comprimento (cm) = comprimento total final – comprimento total inicial;

Coeficiente de variação de comprimento (%) = [(desvio-padrão do comprimento total final / média do comprimento total final) x 100];

Taxa de crescimento específico (% por dia) = $100 \times [(\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{tempo de experimento}]$;

Consumo alimentar diário (%/dia) = $100 \times (\text{consumo alimentar} / \text{dias de alimentação})$;

Conversão alimentar aparente = (consumo de ração seca / ganho de peso);

Biomassa final (g) = número de peixes x peso médio;

Uniformidade de lote (%) = $(n^\circ \text{ de animais com peso total} \pm 20\% \text{ em torno da média da unidade experimental} / \text{número total de peixes em cada unidade experimental}) \times 100$ (MARQUES et al., 2004).

2.2.1.5 Parâmetros fisiológicos

Para avaliação do nível de estresse sofrido pelos juvenis de pintado-amarelo, foram realizadas duas colheitas de sangue: a primeira colheita, antes do início do experimento, e a segunda coleta ao final do experimento. Na primeira coleta de sangue foram utilizados 30 peixes com peso e comprimento médio iniciais de $11,68 \pm 2,08$ g e $10,88 \pm 0,55$ cm. Como os peixes eram pequenos, a quantidade mínima de sangue necessária (0,4 mL) para as análises fisiológicas foi obtida através de três *pools*, formados por amostras de sangue de 10 animais. Na segunda colheita foram utilizados 54 peixes com peso e comprimentos médio finais de $58,02 \pm 1,51$ g e $16,90 \pm 0,33$ cm, sendo amostrados três peixes por unidade experimental. Nessa coleta os peixes já apresentavam tamanho ideal para obtenção da quantidade mínima necessária de sangue para as análises hematológicas.

Os peixes foram anestesiados em água com dose de 50 mg/L de Eugenol[®] (Maquira, Maringa, Paraná, Brasil) e tiveram o sangue colhido, do pedúnculo caudal, com auxílio de seringa com EDTA 10%. Posteriormente o sangue foi acondicionado em microtubos de 1,5 mL de volume total. Todo o processo de anestesia e colheita de sangue durou no máximo 5 minutos para evitar a elevação do cortisol induzida pela manipulação durante o processo de coleta.

Os níveis de glicose (mg/dL) e lactato (mmol/L) foram determinados imediatamente após amostragem. Com o auxílio de uma pipeta, alíquotas de sangue fresco foram colocados em tiras-testes de glicose e lactato e inseridas em um glicosímetro (Accu Cheek[®] Active, Roche, Brasil) e em um medidor portátil de lactato (Accutrend Plus[®], Roche, Mannheim, Alemanha), respectivamente.

Para determinar os valores de hematócrito (%), alíquotas de sangue fresco foram colocados em tubos capilares de vidro e centrifugado durante 10 minutos em centrífuga micro-

hematócrito (Centrificio - 12.000 rpm, Hexasystems, São Paulo, Brasil). Após a centrifugação os capilares foram colocados em régua de leitura de hematócritos para a medição da porcentagem de hematócrito presente na amostra.

Após esses procedimentos, os microtubos contendo o sangue foram centrifugados durante 15 minutos em centrífuga refrigerada (SL – 703, SOLAB®, Piracicaba, São Paulo, Brasil) para separação do plasma. Posteriormente, com auxílio de pipeta, foi retirado o plasma e adicionado em criotubos para serem acondicionados em nitrogênio líquido. Os níveis de cortisol plasmático (ng/mL) foram medidos em uma multileitora (Infinite M200 Tecan) utilizando kits comerciais (Arbor Assays, Eisenhower Place Ann Arbor, Michigan, EUA).

2.2.1.6 *Qualidade de água*

O monitoramento das concentrações de oxigênio dissolvido ($7,28 \pm 0,13$ mg/l), do potencial hidrogeniônico ($7,66 \pm 0,17$), da condutividade elétrica ($518,85 \pm 109,70$ mS/cm) e da temperatura da água ($26,56 \pm 0,28$ °C) foi realizado em dias alternados, utilizando um medidor multiparâmetro *YSI Professional Plus*. As concentrações de amônia total, amônia não ionizada e nitrito permaneceram com valores inferiores a 1,0 mg/l, e suas medições foram a cada quinze dias, através de kits colorimétricos (Labcon Test, Indústria e Comércio de Alimentos Desidratados Alcon LTDA, Camboriú, Santa Catarina, Brasil).

2.2.1.7 *Análise estatística*

A relação entre a densidade de estocagem e as variáveis de desempenho zootécnico e de estresse foram obtidas através da análise de regressão. Foi utilizado o nível de significância de 5% para todas as análises, que foram realizadas com o software GraphPad Prism 8.

2.3 RESULTADOS

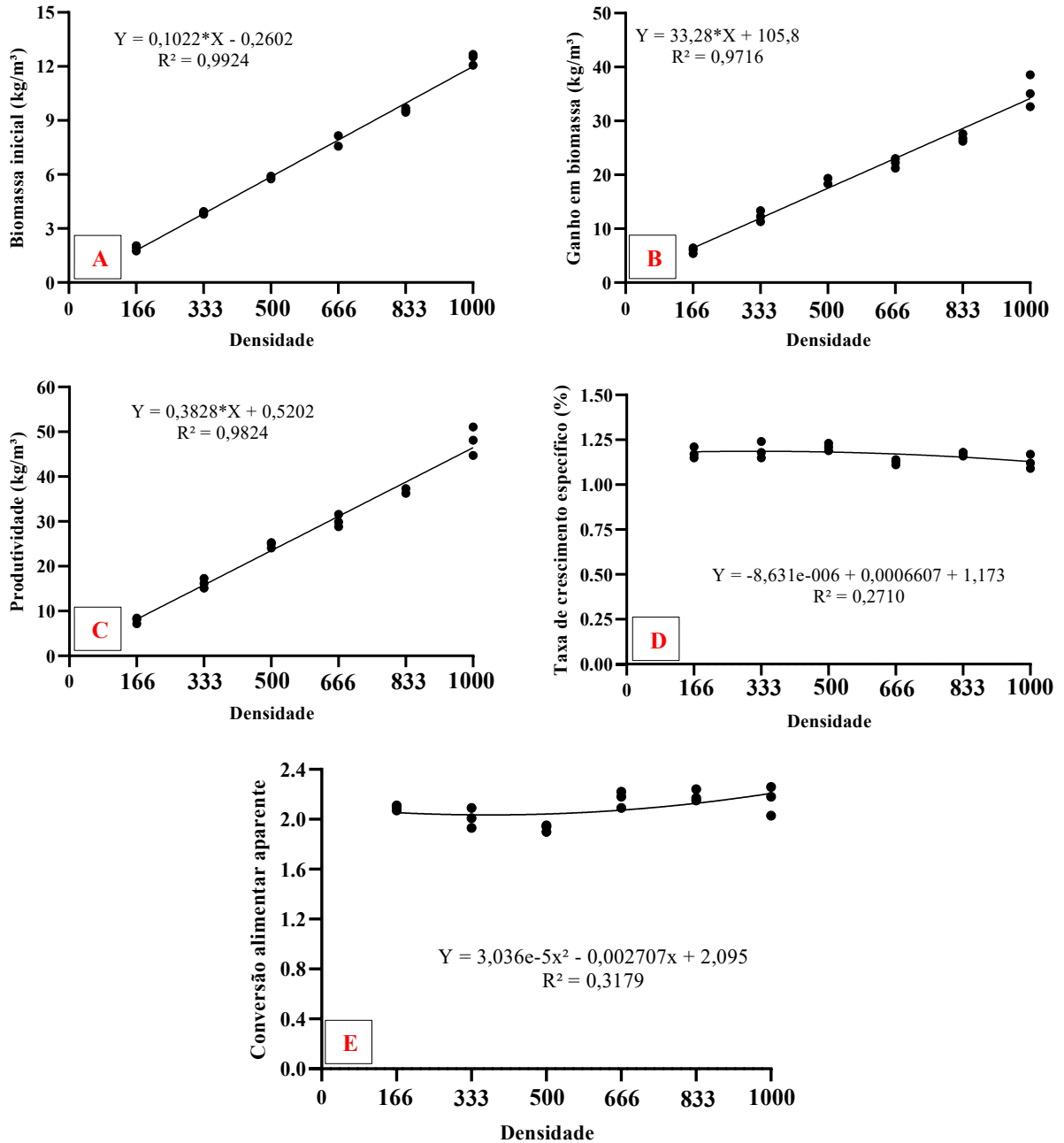
Os modelos ajustados da relação entre a biomassa inicial (BI), ganho em biomassa (GB) e produtividade (BF) e as diferentes densidades de estocagem apresentaram tendência linear positiva e valores de R^2 próximos de 1,0, o que indica que o modelo utilizado para biomassa explica a variabilidade dos dados ao redor da linha de regressão (Figuras 3A, 3B e 3C), respectivamente. Já os modelos entre a taxa de crescimento específico (TCE), taxa de conversão alimentar (TCA) e diferentes densidades de estocagem apresentou tendência não linear de equação polinomial quadrática, e estão apresentados nas Figuras 3C e 3D. Porém, os R^2 dessas regressões apresentaram valores baixos (27% e 31%), o que mostra que o modelo

representa uma parte limitada da variação total. Para os níveis de cortisol e glicose (Figuras 5A e 5B) foram encontradas tendências lineares negativas ($P < 0,05$). As variáveis que não apresentaram regressões significativas ($P > 0,05$), os valores estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros zootécnicos e de estresse de *Pimelodus maculatus* criados em diferentes densidades de estocagem que não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$).

	166 peixes/m ³	333 peixes/m ³	500 peixes/m ³	666 peixes/m ³	833 peixes/m ³	1000 peixes/m ³	P-value
Sobrevivência (%)	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	100±0,00 ^a	98,67±1,53 ^a	98,67±1,53 ^a	99,44±0,96 ^a	0,0705
Peso médio inicial (g)	11,59±0,88 ^a	11,65±0,22 ^a	11,60±0,19 ^a	11,65±0,52 ^a	11,49±0,14 ^a	12,43±0,31 ^a	0,2102
Peso médio final (g)	47,41±3,86 ^a	48,62±3,18 ^a	49,58±1,29 ^a	45,13±2,10 ^a	44,33±0,67 ^a	48,12±3,20 ^a	0,1842
Ganho médio em peso (g)	35,82±3,10 ^a	36,97±3,05 ^a	37,98±1,17 ^a	33,48±1,64 ^a	35,84±0,80 ^a	35,70±2,96 ^a	0,4288
Ganho em peso diário (g/dia)	0,30±0,03 ^a	0,31±0,03 ^a	0,32±0,01 ^a	0,28±0,01 ^a	0,27±0,01 ^a	0,30±0,02 ^a	0,2266
Coefficiente Variação de peso (%)	37,38±11,10	38,26±4,28	37,15±6,30	36,94±1,70	36,51±1,79	35,72±5,51	0,9973
Coefficiente variação de comprimento (%)	11,99±3,40	11,76±1,18	11,43±1,74	10,68±0,33	10,45±0,36	10,35±0,27	0,9861
Uniformidade (%)	31,67±14,43 ^a	34,17±8,04 ^a	37,11±6,71 ^a	33,33±4,39 ^a	39,00±6,24 ^a	39,17±3,82 ^a	0,6258
Lactato (mmol/L)	3,24±1,80 ^a	2,46±1,26 ^a	1,76±0,99 ^a	2,13±0,98 ^a	1,94±0,80 ^a	2,42±1,05 ^a	0,8425
Hematócrito (%)	45,67±4,21 ^a	45,33±3,35 ^a	39,22±7,36 ^a	38,89±4,99 ^a	42,22±2,99 ^a	41,0±4,21 ^a	0,3498

Figura 3 - Relação entre (A) biomassa inicial (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (B) ganho em biomassa (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (C) produtividade (kg/m^3) ($P < 0,0001$), (D) taxa de crescimento específico (%) ($P = 0,0476$) e (E) conversão alimentar (%) ($P = 0,0084$) de *Pimelodus maculatus* e as diferentes densidades de estocagem, ao final de 120 dias de cultivo.



Os modelos ajustados para a taxa de crescimento específico e para conversão alimentar para as diferentes densidades de estocagem foram analisados em dois intervalos: 166 – 500 e 666 – 1000 peixes/ m^3 (Figura 4). Não houve regressão linear entre esses intervalos e a taxa de crescimento específico, porém ela foi maior nas menores densidades. A conversão alimentar apresentou redução no intervalo 166 – 500 e estabilidade entre 666 – 1000 peixes/ m^3 , em um patamar mais elevado que o intervalo anterior. Verifica-se portanto a ocorrência de uma

inflexão na taxa de crescimento específico e na conversão alimentar aparente, pois em densidades superiores a 500 peixes/m³ foi registrada diminuição da TCE e aumento da conversão alimentar aparente.

Figura 4 – Crescimento de *Pimelodus maculatus* em dois intervalos de densidade de estocagem. (A) taxa de crescimento específico (%): 166 - 500 (P = 0,2343) e 666 - 1.000 peixes/m³ (P = 0,9999). (B) conversão alimentar aparente: 166 - 500 (P = 0,0035) e 666 - 1.000 peixes/m³ (P = 0,9190).

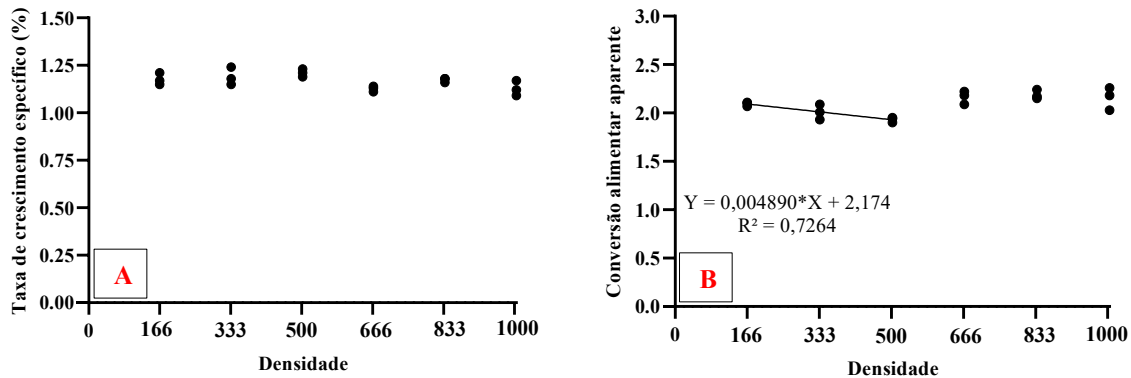
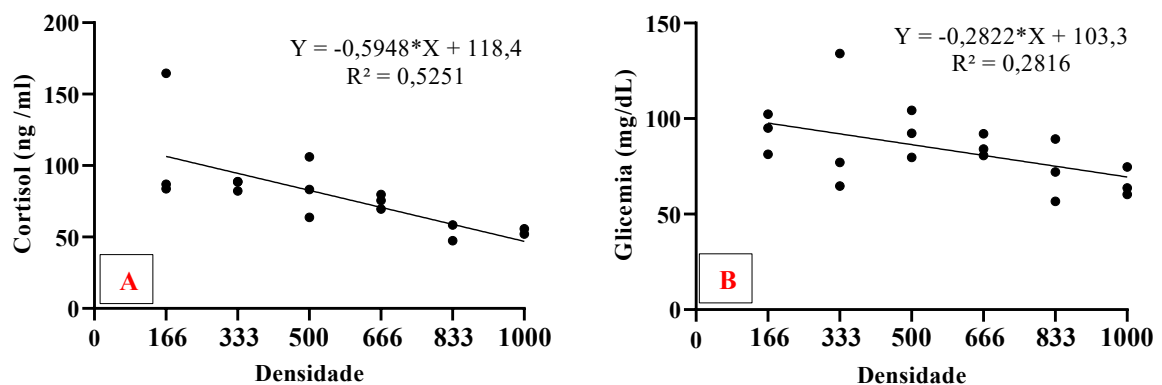


Figura 5 - Relação entre (A) índice de cortisol (ng/mL) (P = 0,0010) e (B) glicemia (mg/dL) (P = 0,0235) de *Pimelodus maculatus* e as diferentes densidades de estocagem ao final de 120 dias de cultivo.



2.4 DISCUSSÃO

O presente trabalho comprovou que os juvenis de *Pimelodus maculatus* se adaptaram ao cultivo em RAS, pois valores acima de 98% de sobrevivência foram registrados no final do cultivo em todas as densidades de estocagem. *P. maculatus* cultivados em tanque-rede e em densidades de estocagem inferiores ao desse estudo (8, 32, 56 e 80 peixes/m³) registraram sobrevivência a partir de 87% (ALMEIDA E NUÑER, 2009). Sobrevivências superiores a 94% foram registradas por Pouey et al. (2011) que estudaram o efeito de diferentes densidades de

estocagem sobre o crescimento de jundiá em sistema de recirculação, assim como para *Clarias gariepinus* estocados em altas densidades (35, 65, 95 e 125 kg/m³) (DAI et al, 2011).

Em relação ao ganho médio de peso e peso médio final não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$), resultados semelhantes aos relatados por Almeida e Nuñez (2009), em estudo com *P. maculatus* cultivados em tanques-rede, no qual também não foram encontradas diferenças de peso entre as densidades testadas. Essa ausência de diferença pode ser explicada pela adaptação dos peixes ao adensamento e a conseqüente formação de cardume nos peixes estocados em maiores densidades. Quando avaliado a regressão da TCE em dois intervalos de densidades de estocagem, também não foi observado diferença, mas os maiores valores foram encontrados nas menores densidades. Esse resultado corrobora com os encontrados por Almeida e Nuñez (2009) que em seu estudo obtiveram maior TCE nas menores densidades de estocagem.

Os coeficientes de variação do peso e do comprimento não apresentaram valores significativos com as densidades de estocagem, o que pode ser explicado pelas unidades experimentais apresentarem peixes de tamanhos diferentes. Os peixes maiores, devido ao seu maior aporte corporal, apresentaram comportamento dominante e suprimindo o crescimento dos peixes menores, ocasionando uma heterogeneidade entre os peixes do mesmo tratamento (VIANA et al., 2020).

Os resultados encontrados para uniformidade de lote corroboram com a heterogeneidade observada entre os animais nas unidades experimentais, na qual valores de uniformidade ficaram abaixo dos 40% ($P > 0,05$). Esses valores estão em contraste aos estudos de Furuya et al. (1998) com tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Marques et al. (2004) com carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) que avaliaram a homogeneidade de lote, nos quais os valores ficaram acima de 70%. As razões para essa baixa homogeneidade de pintado-amarelo podem estar relacionadas com a origem dos parentais, que são selvagens e, portanto, não receberam nenhum manejo voltado ao melhoramento genético, e quanto a diferenciação à adaptação ao sistema de cultivo e pelas hierarquias sociais que podem ter se estabelecido nas unidades experimentais. Com isso, práticas de manejo bem executadas durante o cultivo podem contribuir para um crescimento homogêneo entre os indivíduos, como a aplicação da densidade de estocagem ideal (WOCHER; HARSÁNYI; SCHWARZ; 2011), a classificação por tamanho, que reduz a competição e aumenta a homogeneidade, garantindo uniformidade nas taxas de crescimento e redução do tempo de cultivo (IRWIN et al., 1999; FILHO, 2007; SANTOS et al., 2021). Randolph e Clemens (2011), em seu estudo com *Ictalurus punctatus*, observaram hierarquias baseadas no tamanho, mas não no sexo dos peixes, pois durante a alimentação os

peixes maiores sempre se alimentavam primeiro que os menores, e quando os peixes menores se aproximavam do alimento, os maiores agiam de forma agressiva para afastá-los.

A conversão alimentar (CA) apresentou relação significativa ($P < 0,05$) com as densidades de estocagem. Foi registrada diminuição da CA até a densidade 500 peixes/m³ ($1,93 \pm 0,03$), enquanto entre as densidades 666 peixes/m³ ($2,16 \pm 0,07$) e 1000 peixes/m³ ($2,14 \pm 0,12$) a CA foi mais elevada e constante. Valores de CA inferiores a 2,0 foram registrados em estudos com *Rhamdia quelen* (SANTOS et al., 2021) e *Ictalurus punctatus* (REFAEY et al., 2018). Lupatsch et al. (2010) e Ellis et al. (2002) verificaram que a eficiência da conversão alimentar pode ser afetada por densidades de estocagem inadequadas, que podem prejudicar o crescimento dos peixes. Além disso, a CA pode ser influenciada pela espécie, tamanho e atividade dos peixes, pelos parâmetros ambientais, pelo sistema de cultivo (CRAIG et al., 2017) e pelo hábito alimentar (BARROS et al., 2020).

Avaliando a conversão alimentar em dois intervalos de densidades de estocagem, verifica-se uma relação significativa ($P < 0,05$) no intervalo de 166 – 500 peixes/m³, enquanto que no intervalo de 666 – 1000 peixes/m³ não se verifica essa relação ($P > 0,05$). O comportamento até a densidade de 500 peixes/m³ mostra redução da conversão alimentar e que densidades superiores a essa há uma piora no índice de conversão. Essa conversão mais baixa nas menores densidades de estocagem foi influenciada por essas apresentarem maior disponibilidade de espaço o que influenciou positivamente no ganho de peso e uma boa conversão alimentar nesses tratamentos, principalmente na densidade de 500 peixes/m³ na qual apresentou a melhor conversão alimentar entre todos os tratamentos.

As variações e os picos de cortisol dependerão da espécie, do tipo de estresse e da sua duração, pois a gravidade dos níveis de estresse no bem-estar do peixe vai depender da intensidade e da duração que esse peixe estará submetido a um fator estressor (SUMPTER, PICKERING; POTTINGER, 1985; SCHRECK, 1993). Este estudo encontrou níveis de cortisol para *P. maculatus* variando com médias entre 51-111 ng mL⁻¹, sendo este o primeiro registro para a espécie. Para *Ictalurus punctatus* foram registrados valores entre 4-51 ng mL⁻¹ de cortisol plasmático em repouso e entre 25-150 ng mL⁻¹ em condição pós-estresse de confinamento (BARTON; IWAMA, 1991). Os valores registrados para *P. maculatus* ficaram dentro da margem de elevação de 30-309 ng mL⁻¹ para *Ictalurus punctatus* (BARTON; IWAMA, 1991) e para os valores encontrados em *Rhamdia quelen* que atingiram pico de cortisol plasmático de 207,95 ng mL⁻¹ (BARCELLOS et al., 2001).

Diferentes estudos demonstram relação diretamente proporcional dos níveis de cortisol com o aumento da densidade de estocagem. Para o salmão-do-Atlântico (*Salmo salar L*), Sundh

et al. (2019) mostraram que os maiores níveis de cortisol foram registrados na densidade mais elevada (70 kg/m^3) por pelo menos 27 dias. Esse resultado difere dos encontrados nesse estudo para *P. maculatus*, pois o comportamento dos níveis de cortisol foi inversamente proporcional ao aumento da densidade de estocagem, mostrando que densidades de estocagem mais elevadas contribuíram para um melhor conforto e redução da concentração de cortisol nesta espécie.

O aumento dos níveis de cortisol plasmático em situações de estresse promove a indução da glicogenólise hepática, o que aumenta o fornecimento de energia em situações em que os organismos precisam reagir aos agentes estressores (VINODHINI; NARAYANAN; 2009). No presente estudo, níveis mais altos de glicose foram registrados nos peixes expostos às menores densidades de estocagem, o que poderia estar refletindo o estresse causado pela hierarquia e dominância dentro das unidades experimentais, o que causaria maior demanda por glicose devido ao estado de alerta dos peixes. Verifica-se assim a ação de mecanismos fisiológicos de defesa para fornecimento de energia de fácil metabolização e imediata utilização no combate ao efeito estressor em peixes (MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999). Em contrapartida, nas densidades mais elevadas foram registrados baixos níveis de glicose, resultantes da inibição das hierarquias devido à formação de cardumes, o que reduziria o estresse.

Esses resultados estão em acordo com os obtidos em estudos com *Salminus brasiliensis* (BRAUN et al., 2010) e *Megalobrama amblycephala* (QI et al., 2016), nos quais os níveis de glicose diminuíram significativamente com o aumento da densidade de estocagem. Para *Ictalurus punctatus*, Refaey et al. (2018) observaram relação diretamente proporcional dos níveis de glicose com o aumento da densidade de estocagem, o que mostra que os níveis de glicemia variam de acordo com a espécie e o tipo de estresse ocasionado.

O padrão observado para a glicemia em *P. maculatus* foi complementar ao registrado para o cortisol plasmático em diferentes densidades de estocagem, o que demonstra que as respostas adaptativas ao estresse seguem o padrão de resposta primária (cortisol) posposta por resposta secundária (glicose).

No que se refere a concentração de lactato no sangue, não foi verificada resposta metabólica significativa ($P > 0,05$). Braun et al. (2010) também não encontraram diferenças significativas de lactato em *Salminus brasiliensis*. O lactato é o principal metabólito produzido quando os animais estão em situação anaeróbica, seja por falta de oxigênio na água ou quando a circulação metabólica está intensa, devido a excesso de movimentação, logo o organismo demanda mais energia para reverter o processo anaeróbico (BARBOSA; MORAES; INOUE, 2007). Essa informação corrobora com os resultados encontrados, pois durante o experimento

a disponibilidade de oxigênio nas unidades experimentais permaneceram em concentrações ideais e o menor espaço natante contribuiu para não haver gastos com energia.

Como resposta hematológica, peixes submetidos a um estressor tendem a apresentar um maior percentual de hematócrito devido a uma combinação de edema dos eritrócitos e contrações no baço, que libera eritrócitos na corrente sanguínea, aumentando também a concentração de hemoglobinas, numa tentativa de melhorar a capacidade de transporte do oxigênio (HOSEINI et al., 2020; TORT et al., 2002). No presente estudo o hematócrito não foi afetado pelo aumento das densidades de estocagem, logo a capacidade de transporte de oxigênio foi igual para todas as densidades

2.5 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que com o aumento da densidade de estocagem de *P. maculatus*, é possível alcançar maior produtividade de peixes, sem alterações significativas dos parâmetros zootécnicos como peso final, comprimento, sobrevivência e coeficiente de variação do peso e comprimento. Entretanto, esse aumento afetou significativamente os parâmetros de conversão alimentar e os índices de estresse.

Os juvenis de *Pimelodus maculatus* apresentaram excelente adaptação ao sistema RAS, com bons resultados para desempenho zootécnico e para os níveis de estresse. Além disso, essa espécie apresentou facilidade em seu manejo no sistema RAS, por ter um comportamento mais dócil, fácil arraçoamento e apresentar um fator cardume nas maiores densidades de estocagem, o que garantiu a diminuição de territorialidade e hierarquias dentro das unidades experimentais.

A densidade de estocagem sugerida é a de 500 peixes/m³, pois esta apresentou bons resultados no desempenho zootécnico, principalmente por apresentar a melhor taxa de crescimento específico e a menor conversão alimentar aparente, mas também por apresentar níveis favoráveis às medidas de estresse.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos futuros avaliando a densidade de estocagem utilizando técnicas de classificação são importantes para se obter maiores porcentagens de homogeneidade de lote. Além disso, estudos que possam avaliar frequência alimentar, taxa alimentar, período de alimentação, estudos mais aprofundados de estresse que contribuam para o bem-estar animal e

de densidades de estocagem mais elevadas ao do estudo são de grande valia para aprimorar as técnicas de cultivo de *Pimelodus maculatus* e assim viabilizar a sua criação.

2.7 REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, H. I.; JÚLIO JR, H. F. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin Brazil. In: CAROLSFELD, J. *et al* (ed.). **Migratory Fishes Migratory Fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria - Ca: World Fisheries Trust, 2003. Cap. 7. p. 19-98.

ALI, M.; IQBAL, F.; SALAM, A.; SIAL, F.; ATHAR, M. Comparative study of body composition of four fish species in relation to pond depth. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 359-364, 2006.

ALMEIDA, S. C. A de.; NUÑER, A. P de. O. Crescimento de *Pimelodus maculatus* (Actinopterygii, Pimelodidae) estocados em diferentes densidades em tanques-rede. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 113-119, 2009.

ATTRAMADAL, K. J. K.; SALVESEN, I.; XUE, R.; ØIE, G.; STØRSETH, T. R.; VADSTEIN, O.; OLSEN, Y. Recirculation as a possible microbial control strategy in the production of marine larvae. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 46, p. 27-39, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.10.003>.

BARBOSA, L. G.; MORAES, G.; INOUE, L. A. K. A. Respostas metabólicas do matrinxã submetido a banhos anestésicos de eugenol. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 255-260, 2007.

BARCELLOS, L. J. G.; NICOLAIEWSKY, S.; SOUZA, S. M. G. de; LULHIER, F. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. **Aquaculture Research**, [S.l.], n. 30, p. 437-444, 1999.

BARCELLOS, L. J. G.; WOHL, V. M.; WASSERMANN, G. F.; QUEVEDO, R. M.; ITTÉS, I.; KRIEGER, M. H. Plasma levels of cortisol and glucose in response to capture and tank transference in *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard), a South American catfish. **Aquaculture Research**, [S.l.], n. 32, p. 121-123, 2001.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, [S.l.], v. 1, p. 3-26, jan. 1991. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90019-g](http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-g).

BARTON, B. A. Stress in Fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative And Comparative Biology**, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 517-525, 1 jul. 2002. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/icb/42.3.517>.

BATTISTI, E. K.; RABAIOLI, A.; UCZAY, J.; SUTILI, F. J.; LAZZARI, R. Effect of stocking density on growth, hematological and biochemical parameters and antioxidant status

of silver catfish (*Rhamdia quelen*) cultured in a biofloc system. **Aquaculture**, [S.l.], v. 524, p. 735213, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735213>.

BENNEMANN, S. T.; GALVES, W.; CAPRA, L. G. Recursos alimentares utilizados pelos peixes e estrutura trófica de quatro trechos no reservatório Capivara (Rio Paranapanema). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 63-71, 2011.

BLANCHETON, J. P. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 22, n. 1-2, p. 17-31, maio 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0144-8609\(00\)00030-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0144-8609(00)00030-3).

BRAUN, N.; LIMA, R. L. de; BALDISSEROTTO, B.; DAFRE, A. L.; NUÑER, A. P. de O. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. **Aquaculture**, [S.L.], v. 301, n. 1-4, p. 22-30, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.022>.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. de S. de; LOPES, B. S. **Peixes do pantanal: manual de identificação**. 1. ed. Brasília: Embrapa P.I; Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. 184 p.

CNAANI, A.; TINMAN, S.; AVIDAR, Y.; RON, M.; HULATA, G. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 35, n. 15, p. 1434-1440, set. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01167.x>.

COSTA, O. T. F.; DIAS, L. C.; MALMANN, C. S. Y.; FERREIRA, C. A. L.; CARMO, I. B.; WISCHNESKI, A. G.; SOUSA, R. L.; CAVERO, B. A. S.; LAMEIRAS, J. L. V.; DOS-SANTOS, M. C. The effects of stocking density on the hematology, plasma protein profile and immunoglobulin production of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in Brazil. **Aquaculture**, [S.l.], v. 499, p. 260-268, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.040>.

CRAIG, S.; KUHN, D.; SCHWARZ, M. **Understanding fish nutrition, feeds and feeding**. Virgínia: Virginia Coop. Extensão., 2017. 6 p.

DALSGAARD, J.; LUND, I.; THORARINSDOTTIR, R.; DRENGSTIG, A.; ARVONEN, K.; PEDERSEN, P. B. Farming different species in RAS in Nordic countries: current status and future perspectives. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 53, p. 2-13, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.008>.

DAI, W.; WANG, X.; GUO, Y.; WANG, Q.; MA, J. Growth performance, hematological and biochemical responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) reared at different stocking densities. **African Journal Of Agricultural Research**, [S.L.], v. 6, n. 28, p. 6177-6182, 26 nov. 2011. Academic Journals. <http://dx.doi.org/10.5897/ajar11.1278>.

ELLIS, T.; YILDIZ, H. Y.; LÓPEZ-OLMEDA, J.; SPEDICATO, M. T.; TORT, L.; ØVERLI, Ø.; MARTINS, C. I. M. Cortisol and finfish welfare. **Fish Physiology And Biochemistry**, [S.l.], v. 38, n. 1, p. 163-188, 24 nov. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-011-9568-y>.

FILHO, J. C. Tambaqui o rei de Rondônia. **Revista Panorâmica da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 104, p. 56-60, 2007.

FURUYA, W. M.; SOUZA, S. R.; FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; RIBEIRO, R. P. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase de terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 483-487, 1998.

GHOZLAN, A.; ZAKI, M. A.; ESSA, M. A.; GABER, M. M.; EBIARY, E. H.; NOUR, A. Effect of Stocking Density on Growth Performance, Production Trait, Food Utilization and Body Composition, of Meagre (*Argyrosomus regius*). **World Journal of Engineering and Technology**, [S.l.], v. 06, n. 03, p. 37-47, 2018. Scientific Research Publishing, Inc. <http://dx.doi.org/10.4236/wjet.2018.63b005>.

GIBTAN, A.; GETAHUN, A.; MENGISTOU, S. Effect of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia [*Oreochromis niloticus* (L., 1758)] in a cage culture system in Lake Kuriftu, Ethiopia. **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 39, n. 13, p. 1450-1460, set. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02021.x>.

GRUTTER, A. S.; PANKHURST, N. W. The effects of capture, handling, confinement and ectoparasite load on plasma levels of cortisol, glucose, and lactate in the coral reef fish *Hemigymmus melapterus*. **Journal of Fish Biology**, [S.l.], v. 57, p. 391-401, 2000.

HOSEINI, S. M.; MIRGHAED, A. T.; GHELICHPOUR, M.; PAGHEH, E.; IRI, Y.; KOR, A. Effects of dietary tryptophan supplementation and stocking density on growth performance and stress responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, [S.l.], v. 519, p. 734908, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734908>.

IRWIN, S.; HALLORAN, J. O.; FITZGERALD, R. D. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). **Aquaculture**, [S.l.], v. 178, p. 77-88, 1999.

KHANSARI, A. R.; BALASCH, J. C.; VALLEJOS-VIDAL, E.; TELES, M.; FIERRO-CASTRO, C.; TORT, L.; REYES-LÓPEZ, F. E. Comparative study of stress and immune-related transcript outcomes triggered by *Vibrio anguillarum* bacterin and air exposure stress in liver and spleen of gilthead seabream (*Sparus aurata*), zebrafish (*Danio rerio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish & Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 86, p. 436-448, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2018.11.063>.

KUBÍLAY, A.; ULUKÖY, G. The Effects of Acute Stress on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk Journal Zoology**, [S.l.], v. 26, p. 249-254, 2002.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; CORRÊIA, V.; VEIVERBERGI, C. A.; BERGAMIN, G. T.; EMANUELLI, T.; RIBEIRO, C. P. Densidade de estocagem no crescimento, composição e perfil lipídico corporal do jundiá. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 4, n. 41, p. 712-718, abr. 2011.

- LOLIS, A. A.; ANDRIAN, I de. F. Alimentação de *Pimelodus maculatus* Lacépède 1803 (Siluriformes, Pimelodidae), na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 1, n. 23, p. 187-202, 1996.
- LUPATSCH, I.; SANTOS, G. A.; SCHRAMA, J. W.; VERRETH, J. A. J. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, [S.l.], v. 298, n. 3-4, p. 245-250, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.007>.
- MARQUES, N. R.; HAYASHI, C.; SOUZA, S. R.; SOARES, T. Efeito de diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) em condições experimentais. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 51-56, 2004.
- MOMMSEN, T. P.; VIJAYAN, M. M.; MOON, T. W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 211-268, 1999. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1008924418720>.
- PIAIA, R.; BALDISSEROTTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 509-513, 2000.
- POUEY, J. L. O. F.; PIEDRAS, S. R. N.; ROCHA, C. B.; TAVARES, R. A.; SANTOS, J. D. M.; BRITTO, A. C. P. Desempenho produtivo de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes densidades de estocagem. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 27, n. 4, p. 241-245, 2011.
- QI, C.; XIE, C.; TANG, R.; QIN, X.; WANG, D.; LI, D. Effect of Stocking Density on Growth, Physiological Responses, and Body Composition of Juvenile Blunt Snout Bream, *Megalobrama amblycephala*. **Journal of the World Aquaculture Society**, [S.l.], v. 47, n. 3, p. 358-368, 5 abr. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jwas.12278>.
- RANDOLPH, K. N.; CLEMENS, H. P. Some Factors Influencing the Feeding Behavior of Channel Catfish in Culture Ponds. **Transactions Of The American Fisheries Society**, [S.L.], v. 105, n. 6, p. 718-724, nov. 1976. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1976\)1052.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1976)1052.0.co;2).
- RANZANI-PAIVA, M. J. T.; SILVA-SOUZA, Â. T. Hematologia de Peixes Brasileiros. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. L. A. P. **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, 2004. p. 89-120.
- REFAEY, M. M.; LI, D.; TIAN, X.; ZHANG, Z.; ZHANG, X.; LI, L.; TANG, R. High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, [S.l.], v. 492, p. 73-81, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.003>.
- RUANE, N. M. **Stress and stress disorders in a teleost fish, the common carp *Cyprinus carpio* L.** 2002. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fish Culture e Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, Wageningen, 2002.

SANTOS, D. L. A.; SANTOS, D. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; FERREIRA, L. M. M.; MIRANDA, A. L. Informação empresarial para o processo gerencial aplicado às micro e pequenas empresas de São Luís: casa do empreendedor – SEBRAE. **Brazilian Journal of Development**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 32796-32814, 2021. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-821>.

SANTOS, F. A. C.; BOAVENTURA, T. P.; JULIO, G. S. C.; CORTEZZI, P. P.; FIGUEIREDO, L. G.; FAVERO, G. C.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C de; LUZ, R. K. Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): importance of stocking density and classification. **Aquaculture**, [S.l.], v. 534, p. 736274, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736274>.

SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J. P.; VARADI, L.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. (2006). **Cost price and production strategies in European Recirculation Systems**. In Conference: Aqua 2006: Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer, Firenze (Florence), Italy, 9-13 May 2006 (pp. 855).

SCHRECK, C. B. Glucocorticoids: metabolism, growth, and development. **The Endocrinology of Growth, Development, and Metabolism in Vertebrates**, [S.l.], p. 367-392, 1993. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-629055-4.50019-2>.

SOUSA, R. M.; SILVA, R. R. S.; SANTOS, A. S.; SILVA, C. V.; MAGALHÃES, J. A.; FOGAÇA, F. H. S.; LOPES, J. M. Tambatinga juveniles performance in a recirculation aquaculture system with different stocking densities. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 1789-5331, 3 abr. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3317>.

SUMPTER, J. P.; PICKERING, A. D.; POTTINGER, T. G. Stress-Induced Elevation of Plastna wMSH and Endorphin in Brown Trout, *Salmo trutta* L. **General and Comparative Endocrinology**, [S.l.], v. 59, p. 257-265, 1985.

SUNDH, H.; FINNE-FRIDELL, F.; ELLIS, T.; TARANGER, G.L.; NIKLASSON, L.; PETTERSEN, E.F.; WERGELAND, H.I.; SUNDELL, K. Reduced water quality associated with higher stocking density disturbs the intestinal barrier functions of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, [S.l.], v. 512, p. 734356, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734356>.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: Cyrino, J. E. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo, TecArt, 2004. p. 171-194.

VAN DE NIEUWEGIESSEN, P. G.; BOERLAGE, A. S.; VERRETH, J. A. J.; SCHRAMA, J. W. Assessing the effects of a chronic stressor, stocking density, on welfare indicators of juvenile *African catfish*, *Clarias gariepinus* Burchell. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.L.], v. 115, n. 3-4, p. 233-243, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2008.05.008>.

VERDEGEM, M. C. J.; BOSMA, R. H.; VERRETH, J. A. J. Reducing Water Use for Animal Production through Aquaculture. **International Journal of Water Resources Development**,

[S.l.], v. 22, n. 1, p. 101-113, mar. 2006. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.1080/07900620500405544>.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common carp (*Cyprinus carpio L.*) **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 23-28, 2009.

WEINGARTNER, M. **Larvicultura do pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède 1803): tipo de dieta, concentração de presa, salinidade da água e cor do tanque**. 2002. 54 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

WEINGARTNER, M.; ZANIBONI-FILHO, E. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803): Salinidade e cor de tanque. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 151-157, 2004.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, H. I.; JÚLIO JR, H. F. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin Brazil. In: CAROLSFELD, J. *et al* (ed.). **Migratory Fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria - Ca: World Fisheries Trust, 2003. Cap. 2. p. 19-98.
- ALMEIDA, S. C. A de.; NUÑER, A. P de. O. Crescimento de *Pimelodus maculatus* (Actinopterygii, Pimelodidae) estocados em diferentes densidades em tanques-rede. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 113-119, 2009.
- ANDRADE, F.; PRADO, I. G.; LOURES, R. C.; GODINHO, A. L. Evaluation of techniques used to protect tailrace fishes during turbine maneuvers at Três Marias Dam, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 723-730, out. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-62252012000400005>.
- ASHLEY, P. J. Fish welfare: current issues in aquaculture. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.l.], v. 104, n. 3-4, p. 199-235, maio 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.001>.
- ATTRAMADAL, K. J. K.; SALVESEN, I.; XUE, R.; ØIE, G.; STØRSETH, T. R.; VADSTEIN, O.; OLSEN, Y. Recirculation as a possible microbial control strategy in the production of marine larvae. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 46, p. 27-39, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.10.003>.
- BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review Of Fish Diseases**, [S.l.], v. 1, p. 3-26, jan. 1991. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90019-g](http://dx.doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-g).
- BARTON, B. A. Stress in Fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative And Comparative Biology**, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 517-525, 1 jul. 2002. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/icb/42.3.517>.
- BATTISTI, E. K.; RABAIOLI, A.; UCZAY, J.; SUTILI, F. J.; LAZZARI, R. Effect of stocking density on growth, hematological and biochemical parameters and antioxidant status of silver catfish (*Rhamdia quelen*) cultured in a biofloc system. **Aquaculture**, [S.l.], v. 524, p. 735213, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735213>.
- BENNEMANN, S. T.; GALVES, W.; CAPRA, L. G. Recursos alimentares utilizados pelos peixes e estrutura trófica de quatro trechos no reservatório Capivara (Rio Paranapanema). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 63-71, 2011.
- BLANCHETON, J. P. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 22, n. 1-2, p. 17-31, maio 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0144-8609\(00\)00030-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0144-8609(00)00030-3).
- BRAUN, N.; LIMA, R. L. de; BALDISSEROTTO, B.; DAFRE, A. L.; NUÑER, A. P. de O. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different

stocking densities and handling. **Aquaculture**, [S.l.], v. 301, n. 1-4, p. 22-30, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.022>.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. de S. de; LOPES, B. S. **Peixes do pantanal: manual de identificação**. 1. ed. Brasília: Embrapa P.I; Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. 184 p.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. de S. de; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal: manual de identificação**. 2. ed. Corumbá: Revista e Ampliada: Embrapa, 2007. 230 p.

BROOM, D. M. Welfare evaluation. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.l.], v. 54, n. 1, p. 21-23, ago. 1997. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1591\(96\)01200-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1591(96)01200-2).

CNAANI, A.; TINMAN, S.; AVIDAR, Y.; RON, M.; HULATA, G. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 35, n. 15, p. 1434-1440, set. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01167.x>.

CONTE, F. S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, [S.l.], v. 86, n. 3-4, p. 205-223, jun. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.003>.

COSTA, O. T. F.; DIAS, L. C.; MALMANN, C. S. Y.; FERREIRA, C. A. L.; CARMO, I. B.; WISCHNESKI, A. G.; SOUSA, R. L.; CAVERO, B. A. S.; LAMEIRAS, J. L. V.; DOS-SANTOS, M. C. The effects of stocking density on the hematology, plasma protein profile and immunoglobulin production of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in Brazil. **Aquaculture**, [S.l.], v. 499, p. 260-268, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.040>.

DALSGAARD, J.; LUND, I.; THORARINSDOTTIR, R.; DRENGSTIG, A.; ARVONEN, K.; PEDERSEN, P. B. Farming different species in RAS in Nordic countries: current status and future perspectives. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 53, p. 2-13, mar. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.008>.

DAVID, L. H. C.; ROCHA, R. C.; PIAZZA, T. B.; EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. L. Influência da densidade de estocagem no desempenho zootécnico do pacu durante a pré-engorda. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 1, n. 52, p. 50-56, 2019.

D'ORBCASTEL, E. R.; RUYET, J. P. L.; BAYON, N. L.; BLANCHETON, J. P. Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in recirculating and flow through rearing systems. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 79-86, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.11.005>.

ELLIS, T.; YILDIZ, H. Y.; LÓPEZ-OLMEDA, J.; SPEDICATO, M. T.; TORT, L.; ØVERLI, Ø.; MARTINS, C. I. M. Cortisol and finfish welfare. **Fish Physiology And Biochemistry**, [S.l.], v. 38, n. 1, p. 163-188, 24 nov. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-011-9568-y>.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção da aquicultura brasileira**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/cim-centro-de->

inteligencia-e-mercado-em-aquicultura/producao-brasileira/producao-brasileira. Acesso em: 18 mar. 2021.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture: sustainability in action**. Rome: Fao, 2020. 206 p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (ed.). **Planning for aquaculture diversification: the importance of climate change and other drivers**. 47. ed. Roma: Fao, 2017. 154 p.

FLORES, R. M. V.; PEDROZA FILHO, M. X. Is the Internal Market Able to Accommodate the Strong Growth Projected for Brazilian Aquaculture? **Journal Of Agricultural Science And Technology**, Irã, v. 4, n. 1, p. 407-417, abr. 2014. Semestral.

FRANCESCO, F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review. **Aquaculture**, [S.l.], v. 500, p. 237-242, 2019.

FRISSE, R. M.; MATOS, F. T.; MORO, G. V.; MATTOS, B. O. Stocking density of Amazon fish (*Colossoma macropomum*) farmed in a continental neotropical reservoir with a net cages system. **Aquaculture**, [S.l.], v. 529, p. 702-735, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735702>.

GIBTAN, A.; GETAHUN, A.; MENGISTOU, S. Effect of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia [*Oreochromis niloticus* (L.,1758)] in a cage culture system in Lake Kuriftu, Ethiopia. **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 39, n. 13, p. 1450-1460, set. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02021.x>.

GHOZLAN, A.; ZAKI, M. A.; ESSA, M. A.; GABER, M. M.; EBIARY, E. H.; NOUR, A. Effect of Stocking Density on Growth Performance, Production Trait, Food Utilization and Body Composition of Meagre (*Argyrosomus regius*). **World Journal Of Engineering And Technology**, [S.l.], v. 06, n. 03, p. 37-47, 2018. Scientific Research Publishing, Inc. <http://dx.doi.org/10.4236/wjet.2018.63b005>.

GRUTTER, A. S.; PANKHURST, N. W. The effects of capture, handling, confinement and ectoparasite load on plasma levels of cortisol, glucose, and lactate in the coral reef fish *Hemigymmus melapterus*. **Journal of Fish Biology**, [S.l.], v. 57, p. 391-401, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA/PPM. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2019>. Acesso em: 18 mar. 2021.

ICMBIO/MMA. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: volume I**. 1. ed. Brasília: ICMBio, 2018. 492 p.

JOBLING, M. Fish bioenergetics. In: JOBLING, M. **Environmental Tolerances and Preferences, Temperature**. London: Chapman and Hall, 1994. p. 213-230.

KATO, H. C. de A.; EVANGELISTA, D. K. R.; SOUZA, D. N de.; MATAVELI, M. Transferência de tecnologia em piscicultura de água doce: a experiência do projeto “Peixe

Mais” no estado do Tocantins. **Em Extensão**, Uberlândia, v. 16, n. 2, p. 129-146, jul. 2017. Semestral.

KESTEMONT, P.; JOURDAN, S.; HOUBART, M.; MÉLARD, C.; PASPATIS, M.; FONTAINE, P.; CUVIER, A.; KENTOURI, M.; BARAS, E. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. **Aquaculture**, [S.l.], v. 227, n. 1-4, p. 333-356, nov. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0044-8486\(03\)00513-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0044-8486(03)00513-1).

KHANSARI, A. R.; BALASCH, J. C.; VALLEJOS-VIDAL, E.; TELES, M.; FIERRO-CASTRO, C.; TORT, L.; REYES-LÓPEZ, F. E. Comparative study of stress and immune-related transcript outcomes triggered by *Vibrio anguillarum* bacterin and air exposure stress in liver and spleen of gilthead seabream (*Sparus aurata*), zebrafish (*Danio rerio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish & Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 86, p. 436-448, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2018.11.063>.

KUBÍLAY, A.; ULUKÖY, G. The Effects of Acute Stress on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk Journal Zoology**, [S.l.], v. 26, p. 249-254, 2002.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; CORRÊIA, V.; VEIVERBERGI, C. A.; BERGAMIN, G. T.; EMANUELLI, T.; RIBEIRO, C. P. Densidade de estocagem no crescimento, composição e perfil lipídico corporal do jundiá. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 4, n. 41, p. 712-718, abr. 2011.

LEKANG, Odd-Ivar. **Aquaculture engineering**. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. 432 p.

LIMA, J. F.; MONTAGNER, D.; DUARTE, S. S.; YOSHIOKA, E. T. O.; DIAS, M. K. R.; TAVARES-DIAS, M. Recirculating system using biological aerated filters on tambaqui fingerling farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 54, n. 1, p. 294-301, fev. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00294>.

LOLIS, A. A.; ANDRIAN, I de. F. Alimentação de *Pimelodus maculatus* Lacépède 1803 (Siluriformes, Pimelodidae), na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 1, n. 23, p. 187-202, 1996.

LUNDBERG, J. C.; LITTMANN, M. W. Família Pimelodidae (bagres de bigode longo). In: REIS, R. E. *et al* (ed.). **Lista de verificação dos peixes de água doce da América do Sul e Central**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. p. 432-446.

LUPATSCH, I.; SANTOS, G. A.; SCHRAMA, J. W.; VERRETH, J. A. J. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, [S.l.], v. 298, n. 3-4, p. 245-250, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.007>.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 560-565, 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982002000300004>.

- MAIA, B. P.; RIBEIRO, S. M. F.; BIZZOTTO, P. M.; VONO, V.; GODINHO, H. P. Reproductive activity and recruitment of the yellow-mandi *Pimelodus maculatus* (Teleostei: pimelodidae) in the Igarapava reservoir, Grande River, Southeast Brazil. **Neotropical Ichthyology**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 147-152, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-62252007000200008>.
- MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; RAMOS-ENRIQUEZ, R. Cortisol and Glucose: reliable indicators of fish stress? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, [S.l.], v. 2, n. 4, p. 158-178, 2009.
- MARTINS, C. I. M.; EDING, E. H.; VERDEGEM, M. C. J.; HEINSBROEK, L. T. N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J. P.; D'ORBCASTEL, E. R.; VERRETH, J. A. J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering**, [S.l.], v. 43, n. 3, p. 83-93, nov. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>.
- MCDONALD, G.; MILLIGAN, L. Regulação Iônica, Osmótica e Ácido-Base no Estresse. In: IWAMA, G. K.; PICKERING, A. D.; SUMPTER, J. P.; SCHRECK, C. B. (ed.). **Fish Stress and Health in Aquaculture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 119-144.
- MERINO, G. E.; PIEDRAHITA, R. H.; CONKLIN, D. E. The effect of fish stocking density on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles. **Aquaculture**, [S.l.], v. 265, n. 1-4, p. 176-186, maio 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.028>.
- MOMMSEN, T. P.; VIJAYAN, M. M.; MOON, T. W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews In Fish Biology And Fisheries**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 211-268, 1999. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1008924418720>.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 6. ed. New York: W.H.Freeman And Company, 2013. 1250 p.
- NUÑER, A. P. de O.; LONGO, R. da S. Temperatures for fertilization and hatching and their influence on determining the sex ratio of the silver catfish *Rhamdia quelen*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 107-111, 28 maio 2010. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i2.5261>.
- OKÉ, V.; GOOSEN, N. J. The effect of stocking density on profitability of African catfish (*Clarias gariepinus*) culture in extensive pond systems. **Aquaculture**, [S.l.], v. 507, p. 385-392, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.043>.
- OLIVEIRA, T. S.; KHAN, K. U.; BOARATTI, A. Z.; RODRIGUES, A. T.; REIS, M. P.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDES, J. B. K. Evaluation of the optimum dietary essential amino acid pattern for adult pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, [S.L.], v. 540, p. 736686, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736686>.
- OLIVEIRA, E. G.; PINHEIRO, A. B.; OLIVEIRA, V. Q.; SILVA, A. R. M.; MORAES, M. G.; ROCHA, Í. R. C. B.; SOUSA, R. R.; COSTA, F. H. F. Effects of stocking density on the

performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. **Aquaculture**, [S.l.], v. 370-371, p. 96-101, dez. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.027>.

PEDROZA FILHO, M. X.; FLORES, R. M. V.; ROCHA, H. S.; SILVA, H. J. T.; SONODA, D. Y.; CARVALHO, V. B de; OLIVEIRA, L de; RODRIGUES, F. L. M. **O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. 38 p.

PEREIRA, L. A. L.; AMANAJÁS, R. D.; OLIVEIRA, A. M.; SILVA, M. N. P.; VAL, A. L. Health of the Amazonian fish tambaqui (*Colossoma macropomum*): effects of prolonged photoperiod and high temperature. **Aquaculture**, [S.L.], v. 541, p. 736836, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736836>.

PFALZGRAFF, T.; LUND, I.; SKOV, P. V. Cortisol affects feed utilization, digestion and performance in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, [S.l.], v. 536, p. 736472, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736472>.

RAMOS, I. P.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; BRANDÃO, H.; DAVID, G. S.; CARVALHO, E. D. Feeding, reproduction and population structure of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Teleostei, Siluriformes, Pimelodiidae) from Paraná basin: a review. **Boletim Ablimno**, Rio Claro - SP, v. 2, n. 39, p. 1-15, jul. 2011. Semestral.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; SILVA-SOUZA, Â. T. Hematologia de Peixes Brasileiros. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. L. A. P. **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, 2004. p. 89-120.

REFAEY, M. M.; LI, D.; TIAN, X.; ZHANG, Z.; ZHANG, X.; LI, L.; TANG, R. High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, [S.l.], v. 492, p. 73-81, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.003>.

REYES-LÓPEZ, F. E.; AERTS, J.; VALLEJOS-VIDAL, E.; AMPE, B.; DIERCKENS, K.; TORT, L.; BOSSIER, P. Modulation of Innate Immune-Related Genes and Glucocorticoid Synthesis in Gnotobiotic Full-Sibling European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Larvae Challenged With *Vibrio anguillarum*. **Frontiers In Immunology**, [S.l.], v. 9, p. 152-167, 8 maio 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fimmu.2018.00914>.

RIBEIRO, L. P.; MIRANDA, M. O. T.; LIMA, L. C. Piscicultura em recirculação: uma tendência inevitável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 203, n. 21, p.65-68, 2000.

RIBEIRO, F. de A. S.; JORGE, P. H.; FERNANDES, J. B. K.; SAKOMURA, N. K. Densidade de estocagem para produção de acará-bandeira em viveiros escavados em policultivo com camarão-da-Amazônia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 4, n. 23, p. 129-134, out. 2010.

ROSA, R. S.; LIMA, F. C. T. Peixes. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1. ed. Distrito Federal: Brasília, 2008. p. 1-278.

RUANE, N. M. **Stress and stress disorders in a teleost fish, the common carp *Cyprinus carpio* L.** 2002. 160 f. Thesis (Doctorate) - Course de Fish Culture e Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, Wageningen, 2002.

SADOUL, B.; GEFFROY, B. Measuring cortisol, the major stress hormone in fishes. **Journal Of Fish Biology**, [S.l.], v. 94, n. 4, p. 540-555, 8 mar. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jfb.13904>.

SANTOS, F. A. C.; BOAVENTURA, T. P.; JULIO, G. S. C.; CORTEZZI, P. P.; FIGUEIREDO, L. G.; FAVERO, G. C.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C de; LUZ, R. K. Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): importance of stocking density and classification. **Aquaculture**, [S.l.], v. 534, p. 736274, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736274>.

SANTOS, G. B.; FORMAGIO, P. S. Estrutura da ictiofauna dos reservatórios do rio Grande, com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros exóticos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 203, p. 98-106, 10 out. 2000.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Migratory fishes of the São Francisco River. In: CAROLSFELD, J. *et al* (ed.). **Migratory Fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria - Ca: World Fisheries Trust, 2003. Cap. 5. p. 195-232.

SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J. P.; VARADI, L.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. (2006). Cost price and production strategies in European Recirculation Systems. In *Conference: Aqua 2006: Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer, Firenze (Florence), Italy, 9-13 May 2006* (pp. 855).

SCHRECK, C. B. Glucocorticoids: metabolism, growth, and development. **The Endocrinology of Growth, Development, and Metabolism in Vertebrates**, [S.l.], p. 367-392, 1993. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-629055-4.50019-2>.

SENAR. **Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes nativos**. Brasília: Senar, 2017. 132 p.

SHEPHERD, C J; BROMAGE, Niall R. **Intensive Fish Farming**. England: Bsp Professional Books, 1988. 404 p.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A. J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Bndes Setorial**, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 421-463, 2012.

SILVA, T. T. ***Pimelodus maculatus* e *P. platicirris* (Siluriformes: Pimelodidae) no alto rio Paraná: caracterização morfológica, dieta e reprodução**. 2015. 39 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Aquicultura, Caunesp, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015. Cap. 2.

SONODA, D. Y.; CAMPOS, S. K.; CYRINO, J. E. P.; SHIROTA, R. Demand for fisheries products in Brazil. **Scientia Agricola**, [S.l.], v. 69, n. 5, p. 313-319, out. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90162012000500005>.

STEVENS, C. H.; CROFT, D. P.; PAULL, G. C.; TYLER, C. R. Stress and welfare in ornamental fishes: what can be learned from aquaculture? **Journal Of Fish Biology**, [S.l.], v. 91, n. 2, p. 409-428, 9 jul. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jfb.13377>.

SUNDH, H.; FINNE-FRIDELL, F.; ELLIS, T.; TARANGER, G. L.; NIKLASSON, L.; PETTERSEN, E. F.; WERGELAND, H. I.; SUNDELL, K. Reduced water quality associated with higher stocking density disturbs the intestinal barrier functions of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, [S.l.], v. 512, p. 734356, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734356>.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: Cyrino, J. E. P. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo, TecArt, 2004. p. 171-194.

VERDEGEM, M. C. J.; BOSMA, R. H.; VERRETH, J. A. J. Reducing Water Use for Animal Production through Aquaculture. **International Journal of Water Resources Development**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 101-113, mar. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/07900620500405544>.

WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F.; Tilapia Production Systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews In Fisheries Science**, [S.l.], v. 10, n. 3-4, p. 465-498, jul. 2002. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/20026491051758>.

WEINGARTNER, M. **Larvicultura do pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède 1803): tipo de dieta, concentração de presa, salinidade da água e cor do tanque**. 2002. 54 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

WEINGARTNER, M.; ZANIBONI-FILHO, E. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803): Salinidade e cor de tanque. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 151-157, 2004.

WEINGARTNER, M.; FRACALOSSO, D. M.; BEUX, L. F.; NUÑER, A. P. O.; ZANIBONI-FILHO, E. Desenvolvimento de tecnologia de cultivo para peixes nativos do Alto Rio Uruguai. In: ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A. P. O (org.) **Reservatório de Itá: estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008. Cap. 10. p. 257-306.

WOJTASZEK, J.; DZIEWULSKA-SZWAJKOWSKA, D.; ŁOZIŃSKA-GABSKA, M.; ADAMOWICZ, A.; DŹUGAJ, A. Hematological Effects of High Dose of Cortisol on the Carp (*Cyprinus carpio* L.): cortisol effect on the carp blood. **General And Comparative Endocrinology**, [S.l.], v. 125, n. 2, p. 176-183, fev. 2002. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/gcen.2001.7725>.

ZANIBONI-FILHO, E.; SCHULZ, U. H. Migratory fishes of the Uruguay River. In: CAROLSFELD, J. et al (ed.). **Migratory Fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria - Ca: World Fisheries Trust, 2003. Cap. 4. p. 157-194.