

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICOS
DA HIDROCORTISONA EXÓGENA EM FÊMEAS
DE LAMBARI-DO-RABO-AMARELO EM
CONDIÇÕES DE RESIDÊNCIA E NÃO
RESIDÊNCIA**

Fábio Lopes Gonçalves

Jaboticabal - SP

Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Câmpus de Jaboticabal

**EFEITOS COMPORTAMENTAIS E FISIOLÓGICOS DA
HIDROCORTISONA EXÓGENA EM FÊMEAS DE LAMBARI-DO-
RABO-AMARELO EM CONDIÇÕES DE RESIDÊNCIA E NÃO
RESIDÊNCIA**

Fábio Lopes Gonçalves

Orientadora: Elisabeth Criscuolo Urbinati

Co-orientadora: Camila de Fátima Pereira de Faria

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias de Jaboticabal como exigência parcial
do Curso de Medicina Veterinária obtenção do título
de Médico Veterinário.

Jaboticabal – SP
Dezembro 2023

G635e	Gonçalez, Fábio Lopes Efeitos comportamentais e fisiológicos da hidrocortisona exógena em fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo em condições de residência e não residência / Fábio Lopes Gonçalez. -- Jaboticabal, 2023 32 p. : tabs. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Elisabeth Criscuolo Urbinati Coorientadora: Camila de Fátima Pereira de Faria 1. Agressividade. 2. Estresse. 3. Cortisol. 4. Lambari. 5. Residência. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: Morfologia e Fisiologia Animal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO : Efeitos comportamentais e fisiológicos da hidro cortisona exógena em fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo em condições de residência e não residência.

ACADÊMICO: Fábio Lopes Gonzalez

CURSO: Medicina Veterinária

ORIENTADOR (ES): Elisabeth Criscuolo Urbinati

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)
Presidente Elisabeth Criscuolo Urbinati (presencial)

(Assinaturas)
Documento assinado digitalmente
gov.br ELISABETH CRISCUOLO URBINATI
Data: 15/12/2023 17:05:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro Carla Patrícia Bejo Wolkers (de forma remota)

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLA PATRICIA BEJO WOLKERS
Data: 15/12/2023 15:27:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro João Favero Neto (presencial)

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO FAVERO NETO
Data: 15/12/2023 15:46:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal: 07/12/2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 15 / 12 / 2023
Ad Referendum



Chefe do Departamento

Profª. Dra. Cynthia Peralta de Almeida Prado
Chefe do Depto. de Morfologia e
Fisiologia Animal

JUST STOP YOU CRYING
IT'S A SIGN OF THE TIMES
WELCOME TO THE FINAL SHOW
HOPE YOU'RE WEARING YOUR BEST CLOTHES

HARRY STYLES

EVERYTHING YOU LOSE IS A STEP YOU TAKE
SO MAKE THE FRIENDSHIO BRACELETS
TAKE THE MOMENT AND TASTE IT
YOU'VE GOT NO REASON TO BE AFRAID
YOU'RE ON YOUT ON, KID
YOU ALWAYS HAVE BEEN

TAYLOR SWIFT

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Elisabeth Urbinati, que em 2019 aceitou fazer parte de um mísero trabalho de Etologia, e cá estamos. Obrigado por todos esses anos de ensinamentos não só acadêmicos e científicos, mas também sobre a vida. Obrigado pela confiança e pelas oportunidades oferecidas, não seria nem um pedacinho do que sou sem a senhora.

À minha co-orientadora Camila, que desde o primeiro dia me mostrou como a vida pode ser um pouquinho mais leve dentro do caos que é. Anos de parceria, com cafés da tarde, madrugadas no laboratório, fofquinhas e assistindo ao pôr do Sol. Obrigado por sempre acreditar em mim e fazer com que eu também acreditasse!

À banca avaliadora, Prof. Dra. Carla Wolkers e Dr. João Favero, que aceitaram fazer parte e me auxiliar nesse caminho final.

Aos meus pais, Julio e Lucélia, que me proporcionaram a possibilidade de estar aqui, e mesmo sem as vezes entender alguma coisa, me apoiaram nas minhas decisões. Sem vocês não eu teria chegado até aqui. Obrigado por todos os anos de confiança e paciência comigo.

À minha irmã, Julia, que desde sempre foi, e é, uma inspiração para mim. Que me fez ter paixão pela ciência, e teve paciência para explicar os mínimos detalhes de cada coisa que eu sabia. E mesmo de longe, consegue estar presente na minha vida e me ajudar em tudo.

À Julia, que eu conheci no dia da matrícula, antes de imaginar que tudo isso iria acontecer, e hoje, só tenho a agradecer. Obrigado por dividir a vida comigo todos esses anos, as loucuras, os choros, os surtos, os shows. Até às piores partes ficam melhores com você. Obrigado por tudo que já foi, e tudo que ainda vai vir. Love you to the Moon and to Saturn.

À Blitz, que surgiu na minha vida do nada, mas que hoje sei que não vai sair nunca mais. Obrigado por todos os momentos que passamos juntos, mesmo que parte deles distantes, por todas as loucuras, todos os pitos, todos os surtos. Com você a vida é muito mais feliz, por isso quero continuar ela sempre com você do meu lado.

Ao Ke-brei, com quem dividi todos os dias desses últimos anos, só tenho a agradecer por você ter feito parte dessa história. Sempre acompanhando todas as conquistas e derrotas desses anos, e me incentivando a ser cada vez mais. A After-rainbow sempre será nossa casa.

À Sela, que conheci chorando em 2019, mas me ensinou muito sobre a vida, e como fazer ela um pouquinho melhor. Estarei te esperando para viver mais um tempinho com você. Obrigado por ter feito parte de tudo isso.

Ao Livinho, que com seu jeitinho de ser, me entende nos momentos mais profundos. Obrigado por esses anos de loucuras, tristezas e felicidades. Com você, todo esse tempo foi mais fácil de ser vivido.

À Santa Casa, que me acolheu e me transformou em um membro da família. Não tenho palavras para descrever como sou grato por todos esses anos vividos com vocês. Todas as festas, bailes do bixo, 100 dias, jantas, mas também todos os choros, discussões, reuniões e tremedeiras de desespero. Vocês foram essenciais na minha vida. Obrigado por tudo Madrecita, Lilicinha, Brito, Likes, Mangueruda, Dorisme, Tabulis, Tombeis, TP, Marconys, Crystal, Matchilda, Panta, Val e Zarinha. Nunca vou esquecer de tudo que vivemos.

À todas as pessoas que fizeram parte disso, e me acompanharam por esses anos. Lari, obrigado por me acompanhar e torcer por mim nesse processo desde 2017, e por todas as horas de fofocas na Cremoso. Caumai, quem diria, mas muito obrigado. Ber e Yara, mesmo que por pouco tempo, esse finalzinho foi mais gostoso com vocês por perto. À minha terapeuta, Gabi, que nem tenho palavras para agradecer toda a ajuda.

À minha amada e odiada turma da Vet019. Odiei e amei a maioria de vocês durante esses últimos cinco anos. E mesmo as vezes sendo um inferno olhar para vocês todos os dias, não consigo imaginar outra turma melhor que essa.

Aos meus companheiros do LAFIPE, Thais, Tom, Ju e Da. Obrigado por todas as coletas, todas as análises, todos os surtos, felicidades e vergonhas que passamos juntos, e por terem feito parte dessa minha jornada. E também aos meus queridos filhos lambaris, pelos quais criei um amor inexplicável.

À toda a minha família, meus avós Ércio e Célia, Álvaro e Vera, que sempre estiveram e ainda estão me acompanhando. Aos meus tios e tias Sidney, Elcinho, Luci e Caca, e todas as outras pessoas que fizeram parte disso, Patrícia, Tia Marlene, Paulo, Nene, Dulcineia, obrigado por tudo.

À Batuka, que foi minha família musical por anos. Só tenho a agradecer todos os momentos que passei com cada um de vocês. Que continuemos com muito ritmo, cadência e diversão.

Ao Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, que se tornou a minha casa (literalmente) nesses últimos anos. E às amizades que aqui fiz, Mari e So, obrigado por todas as fofocas e momentos de apoio nesses anos.

A todos os professores que fizeram parte disso e contribuíram para a minha formação.

Ao apoio do CNPq e Reitoria que possibilitaram a realização desse trabalho.

E a mim mesmo, que por mais que todos acreditavam e diziam que eu era capaz, sempre pensava o contrário. Você conseguiu.

RESUMO

A formação de hierarquias sociais de dominância se apresenta em diferentes espécies gregárias, incluindo animais aquáticos. A agressividade é amplamente utilizada para definir e ditar essas hierarquias de dominância, indicando animais submissos e dominantes, os quais apresentam privilégios sobre recursos do grupo. Contudo, pouco se sabe sobre as causas e consequências dessa agressividade presente em grupos de peixes. O cortisol, envolvido na resposta de estresse também pode interferir em mecanismos cerebrais e é capaz de aumentar tal agressividade em alguns peixes. Além disso, a residência no ambiente em que o animal se encontra é outro fator que pode aumentar comportamentos agressivos, já que apresentam maior capacidade e motivação para lutarem pelo espaço já conquistado. Neste contexto, comportamento agressivo intraespecífico é um fator a ser considerado em ambientes de produção, já que pode acarretar perdas significativas e prejuízos financeiros. O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparane*), que vem ganhando importância na produção de peixes no Brasil, apresenta comportamentos agressivos, principalmente as fêmeas da espécie, o que leva a prejuízos para o setor. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos comportamentais e fisiológicos de fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo em condições de residência e não residência, tratadas ou não com cortisol exógeno. Para isso, as fêmeas foram separadas em diferentes grupos, recebendo injeção intraperitoneal de hidrocortisona ou veículo, e colocadas em condições de residência, isoladas em aquários, e não residência, alocadas em grupos. Os animais foram colocados em confrontos que foram filmados para análise comportamental, e posteriormente tiveram o sangue coletado para análise de biomarcadores de estresse. O comportamento agressivo foi afetado tanto pelo tratamento com cortisol, quanto pela condição de residência, mostrando que níveis basais elevados do hormônio e o reconhecimento prévio do ambiente aumentam a agressividade nessa espécie. Em contrapartida, os animais não residentes se mostraram menos agressivos, algo relacionado ao estado de alerta criado pelo novo ambiente em que as fêmeas foram alocadas. A glicose foi reduzida pelo cortisol exógeno nos peixes residentes, enquanto o cortisol plasmático foi mais alto nos peixes tratados com a hidrocortisona. Assim, o estresse e a condição de isolamento influenciaram diretamente a agressividade das fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo, algo que deve ser mais investigado e compreendido para que haja uma diminuição desses comportamentos e perdas econômicas dentro da piscicultura.

Palavras-chave: agressividade; estresse; cortisol; lambari; residência.

ABSTRACT

The development of social dominance hierarchies has been demonstrated in several gregarious species, including aquatic animals. Aggressiveness is often used to establish and enforce these dominance hierarchies, indicating submissive and dominant animals that have privileges over group resources, but little is known about the causes and consequences of this aggressiveness in fish. The cortisol involved in the stress response is also found in cerebral mechanisms, and it's capable of increasing this aggressive response in group of animals. Besides that, the residency over the environment in which the animal is found it's another factor to increase these aggressive behaviours, since they have more capacity and motivation to fight for the environment already conquered, as observed in salmon species. The intra-specific aggressive behaviour is an important factor within the growing national fish farming industry. The yellowtail lambari (*Astyanax altiparanae*), which is constantly growing in fish production in Brazil, shows these aggressive behaviours, especially in females, which leads to economic losses in the market. Therefore, the present study had the objective of evaluating the effects on the behaviour and physiology of female yellowtail lambari, in conditions of residence and non-residence, treated or not with exogenous cortisol. The females were separated into groups, received an intraperitoneal injection with or without hydrocortisone, and then placed in residency condition, isolated in the aquarium, or non-residency, grouped in boxes. The animals were put into direct confrontation, filmed for behavioural analysis, and then had blood collected for analysis of stress biomarkers. Aggressive behaviour was affected by both the cortisol treatment and the housing condition, showing that elevated basal levels of the hormone and prior awareness of the environment increased aggressiveness in this species. In contrast, the non-resident animals were less aggressive, something related to the alert state formed by the new environment to which the females were exposed. the blood glucose was decreased by cortisol treatment in resident fish, while the cortisol was increased in fish treated with hydrocortisone. Thus, stress and housing conditions have a direct influence on the aggressiveness of female yellowtail lambari, something that needs further study and investigation so that we can reduce this aggressive behaviour and economic losses in fish farming.

Key-words: aggressiveness; stress; cortisol; lambari; residency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Latência para o primeiro ataque em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre os tratamentos de uma mesma condição.

Figura 02. Quantificação de comportamentos agressivos diretos: mordida na cabeça, mordida no corpo e colisão observados em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento.

Figura 03. Quantificação de comportamentos agressivos indiretos: perseguição, acompanhamento e tentativa de ataque observados em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre os tratamentos de uma mesma condição.

Figura 04. Concentração de glicemia plasmática em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre os tratamentos de uma mesma condição.

Figura 05. Concentração de cortisol plasmático em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo), representada em porcentagem a partir do tratamento controle em condição de residência.

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Revisão da Literatura.....	11
3. Material e Métodos.....	15
3.1. Animais experimentais.....	15
3.2. Delineamento experimental.....	15
3.3. Preparo dos tratamentos	16
3.4. Análise de biomarcadores de estresse.....	16
3.5. Análise do comportamento agressivo	16
3.6. Análise estatística	17
4. Resultados	18
4.1. Comportamento agressivo.....	18
4.1.1. Latência ao primeiro ataque.....	18
4.1.2. Comportamentos agressivos diretos (colisão, mordida na cabeça e mordida no corpo).....	18
4.1.3. Comportamentos agressivos indiretos (acompanhamento, tentativa de ataque e perseguição)	19
4.2. Concentrações plasmáticas de glicemia e cortisol.....	22
5. Discussão	23
6. Conclusão	24
7. Referências Bibliográficas	25

1. Introdução

Espécies animais que possuem características gregárias podem apresentar vantagens sobre espécies não gregárias, visto que a vivência em grupo pode permitir e facilitar a busca de alimento, defesa contra predadores e a busca de um parceiro sexual (Krause e Ruxton, 2002). Contudo, a vida compartilhada em grupos pode acarretar momentos como escassez de alimento, esconderijos e lugares para reprodução (Huntingford e Turner, 1987), induzindo a formação de hierarquias sociais por essas disputas. Essas hierarquias são compostas por animais submissos e dominantes, e sua formação é influenciada por inúmeros fatores, dentre os quais podemos destacar a agressividade e a residência prévia.

A agressividade, pode ser definida como a realização de ataques contra outro animal da mesma espécie, outros modelos coespecíficos ou reflexos em espelhos (Barlow e Ballin, 1976; Halperin *et al.*, 1997). Peixes com hábitos sociais, podem realizar diferentes comportamentos agressivos, como perseguição e mordidas, para selecionar a hierarquia e dominância dentro do grupo (Reebs, 2008).

Outro fator que induz a dominância é a residência prévia, na qual animais já estabelecidos em um ambiente possuem maior capacidade e preparo para realizar confrontos territoriais em comparação a novos animais dentro do mesmo local (Smith e Parker, 1976; Bradbury e Vehrencamp, 2011). De fato, em diferentes espécies de peixes, o reconhecimento do ambiente previamente a um confronto pode aumentar as chances de vitória em um confronto social (Nijman e Heuts, 2000).

Juvenis de salmões com prévia residência apresentaram uma vantagem na alimentação em relação aos animais sem a residência (Harwood *et al.*, 2002). O comportamento agressivo já foi descrito em diferentes espécies de peixes, como o matrinxã (Wolkers *et al.*, 2012; Serra *et al.*, 2015; Wolkers *et al.*, 2015) e a tilápia-do-nilo (Boscolo *et al.*, 2011), sendo o ambiente de produção um fator que afeta comportamentos naturais das espécies (Flagg *et al.*, 2000), por diversas condições diferentes daquelas observadas no ambiente natural. Sendo assim, dentro de um ambiente artificial de produção, os comportamentos agressivos podem ser elevados já que há um acúmulo de diferentes estressores como a densidade de estocagem, fotoperíodos longos e manejos recorrentes (Ramsay *et al.*, 2006; Navarro *et al.*, 2014).

Os mecanismos que induzem a agressividade ainda não são totalmente elucidados, mas há evidências de que ela pode ser modulada pelo cortisol plasmático. Evidências sugerem que o nível desse glicocorticoide circulante nos peixes influencia diretamente o comportamento agressivo (Øverli, 2002; Serra *et al.*, 2015; Wolkers *et al.*, 2015).

Diferentes regiões encefálicas, como a amígdala e o hipotálamo, estão envolvidas na resposta de agressividade em mamíferos (Nelson e Trainor, 2007). O hipotálamo apresenta uma região chamada de área de ataque, que quando estimulada eletricamente, pode levar a realização de comportamentos agressivos (Hrabovszky *et al.*, 2005). É fato, também, que o sistema serotoninérgico é capaz de modular respostas emocionais em animais e humanos (Gillote, 2006), e que a alteração na concentração de serotonina

disponível é capaz de alterar os comportamentos agressivos em peixes como o matrinxã (Wolkers *et al.*, 2012).

A agressividade, além de ser modulada pelo cortisol, aumenta a resposta de estresse do animal, elevando a liberação deste glicocorticoide (Xu *et al.*, 2020). A liberação de cortisol é uma resposta primária de estresse que modula várias respostas secundárias adaptativas, como alterações metabólicas, iônicas, hematológicas e imunológicas (Urbinati *et al.*, 2014). De forma crônica, esses efeitos podem levar a uma exaustão fisiológica do animal, acarretando problemas reprodutivos, imunológicos e no crescimento (Wendelaar Bonga, 1997; Mommsen *et al.*, 1999; Barton, 2002).

Assim sendo, o estresse e a agressividade na piscicultura são fatores que acarretam perdas na produção, aspecto importante especialmente pelo fato de que a piscicultura é uma atividade de produção animal que cresce cada vez mais tanto em nível nacional quanto internacional (FAO, 2022). Atualmente, a tilápia-do-nilo é a principal espécie produzida no país, espécie esta que também apresenta comportamento agressivo e que tem sido modelo de estudos abordando estes comportamentos (Barreto *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2013; Boscolo *et al.*, 2011), reforçando a necessidade de pesquisas mais profundas sobre a agressividade desses peixes. Outra espécie que vem apresentando importância econômica na piscicultura nacional e que apresenta comportamento de agressividade co-específica é o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). O lambari-do-rabo-amarelo é um peixe nativo que pode ser encontrado em todas as regiões do país, cuja produção cresce cada vez mais tendo atingido valores expressivos em 2021, no estado de São Paulo (Carmo, 2021). A espécie apresenta fácil manejo, com tamanho pequeno e atinge a maturidade sexual com apenas cinco meses de vida (Sabbag *et al.*, 2011; Valadão *et al.*, 2018; Garuti, 2003). Produtores dessa espécie relatam o comportamento agressivo, principalmente em fêmeas, além de canibalismo, o que causa perdas econômicas para o setor.

Nesse cenário, o presente estudo analisou o comportamento agressivo e marcadores fisiológicos do estresse, de fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo em condições de residência e não residência, tratadas ou não com cortisol exógeno.

2. Revisão da Literatura

Espécies de animais gregárias apresentam uma maior cooperação e suporte social, algo vantajoso quando comparado a animais não gregários. Um maior número de animais facilita a procura por alimentos, a defesa contra predadores e a reprodução (Krause e Ruxton, 2002), mas pode acarretar embates entre os membros do grupo, levando à formação de hierarquias de dominância (Aureli e Cords, 2001).

Em espécies territoriais, a dominância sempre é encontrada, junto com interações agonísticas entre coespecíficos (Volpato, 2014). A hierarquia de dominância pode ser vista como uma condição em que um animal é colocado em uma posição superior, apresentando comportamentos agressivos em relação ao resto do grupo, e tendo acesso facilitado a alimentos, reprodução e abrigo (Kaufmann, 1983).

As hierarquias são originadas por diversos fatores, associadas às interações sociais no grupo e características fisiológicas e comportamentais (Milewski *et al.*, 2022; Tibbetts *et al.*, 2022), como por exemplo, hierarquias formadas a partir do tamanho do animal em que o maior animal é o dominante e o menor é o submisso (Buston e Cant, 2006). Outra forma de organização das hierarquias é pelo sexo e níveis hormonais, como acontece com peixes machos com altos níveis de testosterona (Neat *et al.*, 2002).

A agressividade também é um fator importante na formação de hierarquias sociais e dominância, como descrito em algumas espécies de peixes (Huntingford e Turner, 1987). O comportamento agressivo se refere a qualquer tipo de comportamento envolvendo o confronto entre dois animais, seja ele de ataque ou de defesa (Hickman *et al.*, 2004). É por meio desses comportamentos que ocorre a competição por recursos ambientais e sociais, como território, alimento e parceiro reprodutivo (Karl *et al.*, 2004), sendo que o animal vencedor apresenta maiores chances de sobrevivência e perpetuação do grupo familiar (Johnsson *et al.*, 2002).

Diversos fatores podem influenciar a agressividade, como por exemplo o sexo e idade, como visto em *Oncorhynchus mykiss*, em que os machos juvenis se apresentam mais agressivos do que as fêmeas (Johnsson e Akerman, 1998). O aprendizado e experiências prévias também afetam a agressividade, como o conhecimento do oponente, como observado na espécie *Kryptolebias marmoratus*, em que a experiência prévia do confronto teve efeitos na agressividade em até 48h após a experiência (Hsu e Wolf, 1999). Além disso, a agressividade e a formação de hierarquia podem acarretar consequências para os animais submissos. Quando a dominância é estabelecida, o peixe submisso tenta se esconder e fugir do dominante (Øverli *et al.*, 1999 A) e, em experimentos que avaliaram a dominância, foi observado que após 5 dias, os peixes subordinados diminuíram sua alimentação (DiBattista *et al.*, 2005).

O conhecimento prévio do ambiente também é um fator para a designação de hierarquia e agressividade (Heuts e Nijman, 1998), visto que o animal já investiu no ambiente, tendo uma maior motivação para lutar por ele (Nijman e Heuts, 2000). O reconhecimento prévio também pode influenciar o coespecífico subordinado, como visto em camarões que quando colocados em um ambiente já ocupado apresentaram uma menor taxa de

locomoção do que quando colocados em um ambiente vazio (Vázquez e Bas, 2023). Assim, animais que apresentam conhecimento e posse do ambiente previamente apresentam maiores chances de ganhar um confronto (Chellapa *et al.*, 1999). Além disso, vencedores tendem a aumentar seus comportamentos agressivos, enquanto os perdedores tendem a diminuir tais comportamentos, como visto na espécie *Beta splendens* (Karino e Someya, 2007).

Além de afetar as relações sociais e hierárquicas, a agressividade também está associada à resposta de estresse dos animais. O estresse é a quebra da homeostase do organismo, causada por estressores físicos, químicos ou biológicos-sociais (Barton, 2002). Inúmeros estressores são encontrados diariamente no ambiente de uma produção de peixes, como manejos da criação, alterações do meio aquático, densidade de estocagem, predadores e a determinação de hierarquias sociais, com a utilização da agressividade como ferramenta (Urbinati *et al.*, 2014).

A partir do reconhecimento do estressor, o organismo organiza uma resposta composta por mecanismos cerebrais que levam a uma resposta neuroquímica (Wendelaar Bonga, 2011; Schreck e Tort, 2016). A resposta primária é baseada na ativação do eixo sistema nervoso autônomo-tecido cromafim com a liberação de catecolaminas, seguida da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-interrenal (HHI), que resulta na liberação de cortisol (Wendelaar Bonga, 1997; Urbinati *et al.*, 2014). O cortisol modula diversas respostas secundárias, necessárias para a adaptação do animal ao estressor, incluindo respostas metabólicas, iônicas, hematológicas e imunológicas. Tanto a adrenalina quanto o cortisol ativam mecanismos de produção e aumento de glicose circulante a fim de distribuir energia para sustentar a ativação dos mecanismos adaptativos e a busca pela homeostase fisiológica (Mazeaud *et al.*, 1977; Wendelaar Bonga, 1997; Urbinati *et al.*, 2014). Posteriormente, o organismo continua a coordenar respostas para manter a homeostase, mas caso a situação estressante perdure de forma crônica, há comprometimento dos estoques energéticos, levando o animal a uma exaustão fisiológica (Mommensen *et al.*, 1999; Barton, 2002) e comprometendo respostas comportamentais e de desempenho como a reprodução, o crescimento e a imunidade (Wendelaar Bonga, 1997).

Evidências indicam que o comportamento agressivo e o estresse estão relacionados, já que ambos estimulam regiões encefálicas específicas ligadas por circuitos cooperativos, que influenciam a predisposição e motivação à agressão (Summers e Winberg, 2006). Foi observado em larvas de *Seriola quinqueradiata*, que ao passarem para o estágio juvenil, o cortisol basal foi elevado e, concomitantemente, os comportamentos agressivos se iniciaram (Sakakura *et al.*, 1998). Além disso, a realização de confrontos entre matrinxãs foi capaz de elevar o cortisol plasmático desses animais, indicando que esse desafio social envolvendo a agressividade se enquadra como um estressor (Wolkers *et al.*, 2015), sendo o mesmo observado em matrinxãs nas condições de residência e não residência (Serra *et al.*, 2015).

Dessa forma, é necessário entender como estressores dentro do sistema de produção de peixes afetam os animais e a própria produção. As condições de manejo, qualidade da água, utilização de medicamentos e outros são potenciais estressores para peixes (Tomasso *et al.*, 1981; Schlenk *et al.*, 1999; Davis *et al.*, 2003). Estudos indicam que o

cortisol aumentado também diminui o crescimento dos animais (Davis *et al.*, 1985; Barton, 1987; Pickering, 1993) o que influencia negativamente a produção animal.

Além disso, estressores na produção afetam diretamente o bem-estar animal. O bem-estar se relaciona com o ambiente que o animal se encontra, juntamente com as relações que apresenta dentro do grupo e com os manejos e técnicas utilizadas na produção (Broom e Molento, 2004). Alterações mínimas no bem-estar atrapalham a qualidade da carne produzida, podendo trazer perdas econômicas (Pedrazzani, 2009).

Problemas como os citados são extremamente importantes, principalmente no atual cenário da piscicultura, que cresce anualmente. Segundo dados da FAO (2022), a produção de pescado no mundo deve chegar a 202 milhões de toneladas até o ano de 2030, um crescimento alto que já vem sendo observado por todo o globo. No Brasil, o ramo produtivo de pescado teve um crescimento de 8% entre os anos de 2004 e 2014, sendo o maior crescimento entre outros produtos de origem animal (Kubitza, 2015). O crescimento produtivo também pode ser visto ano a ano, sendo que o Brasil apresentou um aumento de 2,3% entre os anos de 2021 e 2022 (PeixeBR, 2023). Tal crescimento pode ser explicado pela maior procura por carne de peixe no país. Uma pesquisa feita com 4,2 mil brasileiros indicou que 83% acreditam que o pescado é a carne mais saudável do mercado, sendo que desses, 82% gostariam de aumentar o consumo dessa proteína animal (PeixeBR, 2023).

Outra pesquisa realizada na União Europeia (Fish Welfare Survey, 2018) indicou que os consumidores também estão se preocupando com a qualidade de vida dos animais produzidos, optando por produtos com selos de bem-estar animal, fato que deve ser levado em consideração pelos produtores nacionais, visto que as exportações de pescado no Brasil apresentaram um aumento de faturamento de 15% entre os anos de 2021 e 2022 (PeixeBR, 2023).

Atualmente, a tilápia-do-nylo é a espécie mais produzida no mundo e no Brasil, que é o 4º maior produtor de pescado no ranking mundial (FAO, 2022). Além da tilápia, as espécies nativas produzidas em território nacional apresentaram crescimento entre os anos de 2021 e 2022 (PeixeBR, 2023). Entre essas espécies, se encontra o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), que, no ano de 2018, apresentou uma produção de quase 27 milhões de alevinos e juvenis somente no estado de São Paulo (Carmo, 2021).

O mercado de lambari-do-rabo-amarelo é voltado principalmente para o uso como isca viva na pesca esportiva, mas também apresenta um crescente mercado alimentício de petiscos (Henriques *et al.*, 2018; Valenti *et al.*, 2021). Espécie nativa encontrada por todas as regiões do país, vivendo em rios e lagos, com hábitos alimentares variados, o lambari é de fácil produção (Sabbag *et al.*, 2011), devido ao seu pequeno tamanho, fácil alimentação e rápido desenvolvimento sexual, podendo iniciar a reprodução com apenas cinco meses de vida (Garuti, 2003). Contudo, produtores da espécie relatam comportamentos agressivos, principalmente por parte das fêmeas, que implicam em carnivorismo e letalidade na produção.

Assim, mecanismos biológicos como o estresse e a agressividade que ocorrem dentro do ambiente de produções de pescado e podem levar a perdas para o setor produtivo devem ser mais bem estudados para que se estabeleçam protocolos e estratégias que levem à redução e resolução de tais problemas.

3. Material e Métodos

3.1. Animais experimentais

Foram usadas 224 fêmeas, cedidas pelo Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), divididas em dois grupos, residentes/não residentes e intrusos. Os peixes foram mantidos em biotério com as devidas condições para a espécie, alocados em caixas de 350 L, com aeração, fluxo de água e temperatura (28°C) contínuos e com fotoperíodo 12L:12E.

3.2. Delineamento experimental

Foram avaliadas duas condições em dois tratamentos distintos: condição de residência R e não residência NR, nos tratamentos controle T1 e hidrocortisona HC T2, resultando em 4 diferentes grupos: 1) RT1; 2) NRT1; 3) RT2; 4) NRT2.

Os animais dos grupos R/NR (8 cm $\pm$ 0,3 cm; 9,3g $\pm$ 6g) foram anestesiados (benzocaína, 50 mg/L), medidos e pesados. Posteriormente, ambos os grupos receberam uma injeção intraperitoneal (IP) de uma solução de manteiga-de-cacau com HC (grupos hidrocortisona 3 e 4) ou manteiga-de-cacau somente (grupos controle 1 e 2) em uma dose de 0,025 ml/g de peso vivo. Posteriormente, esses animais foram marcados com azul de metileno na região anterior do corpo.

Os grupos da condição de residência (RT1 e RT2), após a aplicação do tratamento e marcação, foram isolados em aquários de 19 L (38x20x25 cm), durante 3 dias, para estabelecimento da residência. Já os peixes dos grupos não residentes (NRT1 e NRT2), após passarem pelo manejo, foram alocados em caixas de 50 L com seus respectivos grupos, onde permaneceram por 3 dias até a realização do confronto entre as duplas. Em ambas as condições, o ambiente era controlado (oxigenação e temperatura contínuas de 5mg/L e 28°C).

As fêmeas intrusas (7 cm $\pm$ 0,3 cm; 9 g $\pm$ 5 g) foram anestesiadas (benzocaína, 50 mg/L), medidas e pesadas, formando duplas de tamanhos semelhantes com os animais residentes/não residentes. Ainda anestesiados, os peixes intrusos foram marcados com azul de metileno na região posterior do corpo. Em seguida, os animais foram distribuídos em grupos e alocados em caixas de 50 L, onde permaneceram por 3 dias até a realização dos confrontos entre as duplas.

Os confrontos foram realizados 3 dias após o manejo inicial, para que os peixes residentes estabelecessem residência no ambiente em que se encontravam. No dia do confronto, os peixes intrusos foram colocados nos aquários junto com os residentes, enquanto os grupos não residentes foram colocados nos aquários junto com os peixes intrusos, sem que houvesse um reconhecimento prévio do ambiente, formando assim, 25 duplas de cada grupo experimental, colocadas em confronto: RT1 + intrusa; RT2 + intrusa; NRT1 + intrusa; NRT2 + intrusa.

Os confrontos foram filmados durante 20 minutos (filmadora Sony® handycam) a partir do início do encontro dos dois animais para posterior análise do comportamento agressivo. Ao final do confronto, os animais foram anestesiados (benzocaína 50 mg/L), e

tiveram o sangue coletado para posteriores análises de marcadores fisiológicos do estresse.

3.3. Preparo dos tratamentos

A solução de hidrocortisona (HC) foi preparada a partir da diluição do fármaco em manteiga-de-cacau desodorizada (Benavides, 2013). O veículo foi aquecido até a fusão para posterior dissolução de HC, em uma concentração de 20 mg de HC/ml de manteiga-de-cacau, concentração essa capaz de elevar o cortisol plasmático de forma crônica por até 7 dias (Specker *et al.*, 1994). Assim, os animais do tratamento HC (grupos 3 e 4) receberam uma dose da solução preparada de 0,025 ml/g de peso vivo por meio de injeção intraperitoneal (IP). Os animais do tratamento controle (grupos 1 e 2) passaram pelo mesmo procedimento, recebendo somente o veículo. Neste caso, a manteiga-de-cacau foi aquecida até a fusão, mas sem a dissolução da hidrocortisona, também sendo administrada via IP na dose de 0,025 ml/g de peso vivo.

3.4. Análise de biomarcadores de estresse

O sangue foi coletado com anticoagulantes (Glistab® e heparina), centrifugado (3000 rpm por 10 minutos) e o plasma retirado para as análises de glicose e cortisol plasmáticos, respectivamente. A análise de glicose foi realizada com kit comercial (Labtest, São Paulo, Brasil, Ref. 133), enquanto a análise de cortisol foi realizada utilizando um kit ELISA comercial (DRG® Cortisol ELISA, EIA-1887 International, Inc., EUA).

3.5. Análise do comportamento agressivo

As filmagens dos confrontos foram analisadas a partir da utilização de um etograma da espécie desenvolvido em nosso laboratório, a partir da análise de confrontos entre lambaris-do-rabo amarelo, com a descrição e quantificação dos diferentes tipos de comportamentos. O etograma é dividido em comportamentos agressivos diretos (mordida na cabeça, mordida no corpo e colisão) e indiretos (perseguição, acompanhamento, ronda e vigia). Além disso, também foi analisado a latência para o primeiro ataque, ou seja, quanto tempo levou até o início do confronto a partir do encontro da dupla.

Tabela 1 – Descrição das categorias comportamentais em lambari-do-rabo-amarelo Comportamento.

Categorias do comportamento agressivo	Descrição
Mordida na cabeça	Mordida na região anterior às brânquias.
Mordida no corpo	Mordida na região posterior às brânquias.
Colisão	Colisão com qualquer região do corpo do oponente.
Perseguição	Movimento rápido em direção ao oponente que foge.
Acompanhamento	Seguir o oponente por trás ou pelas laterais.

Vigia	Permanecer parado com a cabeça voltada para o oponente, observando-o.
Ronda	Movimento ao redor do oponente que está parado.
Tentativa de ataque	Movimento de mordida ou colisão sem ser completado contra o oponente.

3.6. Análise estatística

A análise dos dados obtidos no trabalho foi realizada pelo SAS Statistics, sendo os resultados das análises de glicose e cortisol plasmáticos foram analisados por uma ANOVA de duas vias, seguida de um teste Duncan de comparação entre médias, comum valor de significância de 0,05 ($p=0,05$). O mesmo foi feito para a análise comportamental, a partir da quantificação dos comportamentos agressivos e da latência ao primeiro ataque.

4. Resultados

4.1. Comportamento agressivo

4.1.1. Latência para o primeiro ataque

Na latência para o primeiro ataque (Fig. 1), no grupo dos peixes residentes, observamos diferença significativa entre os tratamentos controle RT1 e hidrocortisona RT2 ($F=13,28$; $p=0,0007$), sendo que os peixes RT1 apresentaram maior tempo de latência, quando comparado com os peixes RT2. Ainda no tratamento controle, observamos que os peixes RT1 apresentaram menor tempo para o primeiro ataque quando comparado com os peixes NRT1 ($F=7,05$; $p=0,0178$).

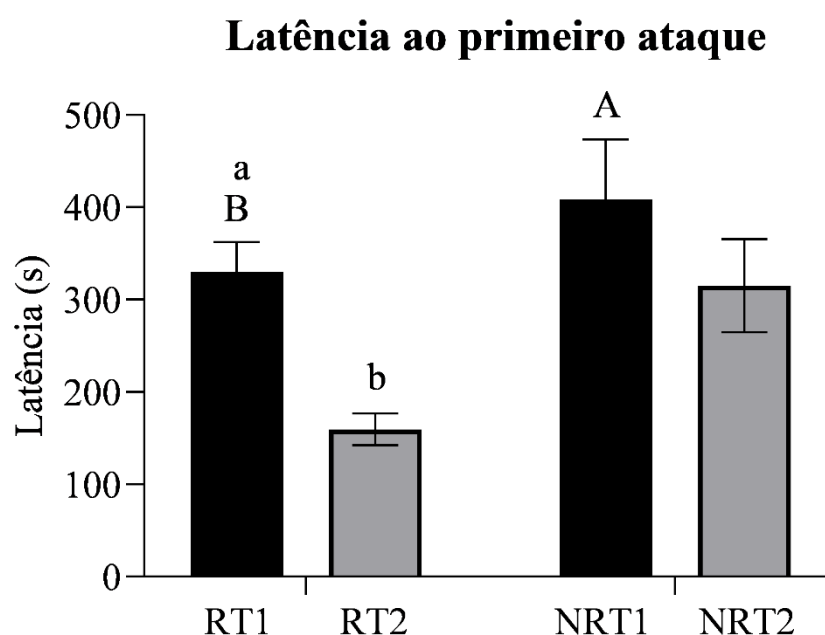


Figura 1. Latência ao primeiro ataque em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratadas ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50 μ g de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre os tratamentos de uma mesma condição.

4.1.2. Comportamentos agressivos diretos

Nos comportamentos agressivos diretos (Fig. 2), compostos por mordida na cabeça, mordida no corpo e colisão, os peixes residentes RT1 e RT2 se mostraram mais agressivos do que os peixes não residentes NRT1 e NRT2 na categoria de colisão. Uma diferença foi observada neste comportamento ($F=6,73$; $p=0,0149$) (Fig. 2A), entre as condições de residência e não residência nos peixes que não receberam HC (RT1 e NRT1), indicando que os peixes residentes exibiram mais colisões do que os não residentes. Os comportamentos de mordida na cabeça (Fig. 2B) e mordida no corpo (Fig. 2C) não apresentaram diferenças significativas, embora as fêmeas residentes apresentem numericamente mais mordidas na cabeça das oponentes, tanto em T1 quanto em T2.

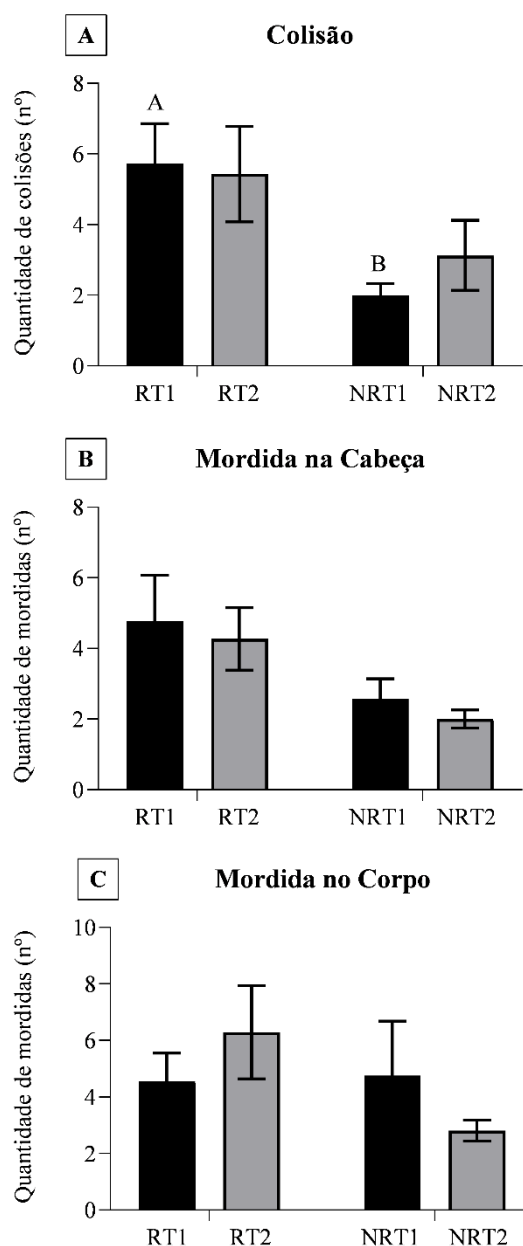


Figura 2. Quantificação de comportamentos agressivos diretos: colisão (A), mordida na cabeça (B) e mordida no corpo (C) observados em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratadas ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento.

4.1.3. Comportamentos agressivos indiretos

Os comportamentos agressivos indiretos de ronda e vigia não foram observados durante as análises dos aquários, tendo somente a presença dos comportamentos indiretos de acompanhamento, tentativa de ataque e perseguição. Os comportamentos indiretos foram visualizados nas duas condições e tratamentos (RT1, RT2, NRT1 e NRT2).

No comportamento de acompanhamento (Fig. 3A), os tratamentos apresentaram diferenças em ambas as condições. Os peixes que receberam HC, apresentaram tal comportamento com mais frequência em ambas as condições (RT2 com $F=6,09$; $p=0,0313$; e NRT2 com $F=2434$; $p=0,086$).

No comportamento de tentativa de ataque (Fig. 3B), observamos diferenças significativas na comparação entre as condições de residência e não residência nos peixes que não receberam HC (RT1 e NRT1) ($F=6,32$; $p=0,0149$), sendo que os peixes residentes se mostraram mais agressivos que os não residentes. Comparando a fêmeas NR, observamos que aquelas que receberam HC apresentaram mais tentativas de ataques ($NRT2 > NRT1$) ($F=5,49$; $p=0,0291$), em relação às que não receberam.

No comportamento de perseguição (Fig. 3C), não observamos diferenças significativas, apenas uma tendência de maior número de perseguições pelas fêmeas RT2 em relação às RT1.

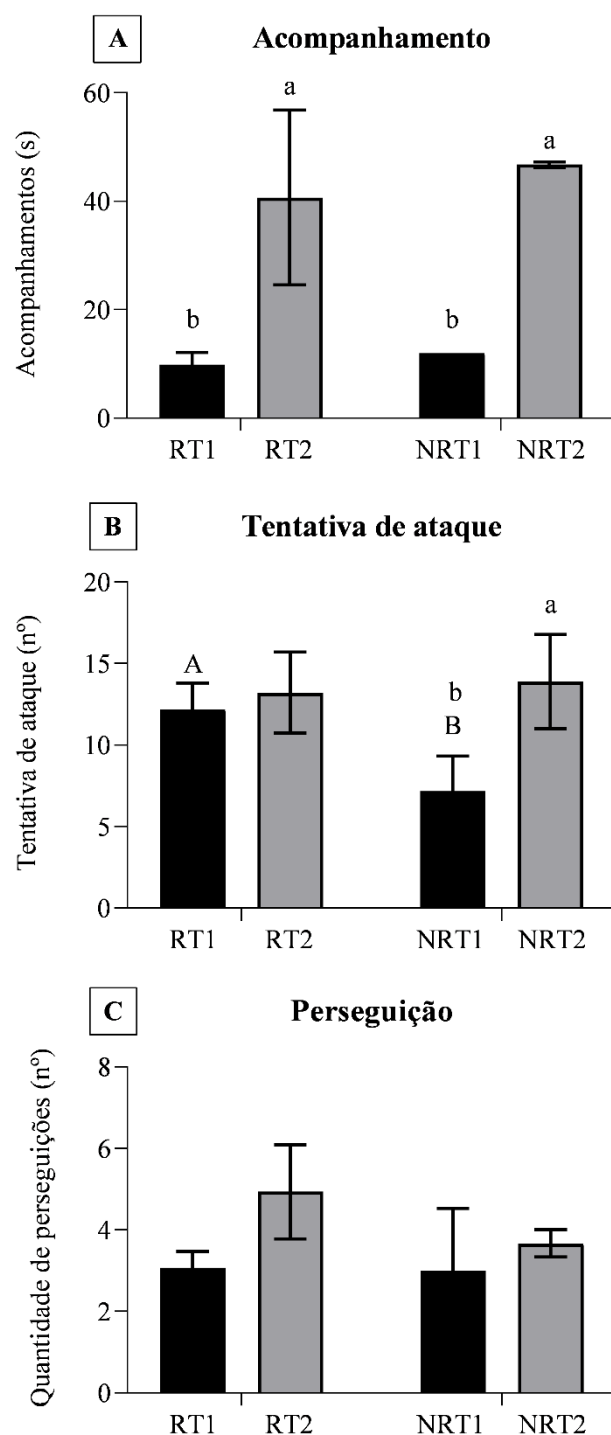


Figura 3. Quantificação de comportamentos agressivos indiretos: acompanhamento (A), tentativa de ataque (B) e perseguição (C) observados em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras maiúsculas (A/B) indicam uma diferença entre as condições em um mesmo tratamento; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre os tratamentos de uma mesma condição.

4.2. Concentrações plasmáticas de glicemia e cortisol

Na análise de glicose plasmática (Fig. 4A), observamos diferenças entre as fêmeas RT2 e NRT2 ($F=4,34$; $p=0,0495$), indicando que a HC reduziu a concentração de glicose plasmática na condição de não residência.

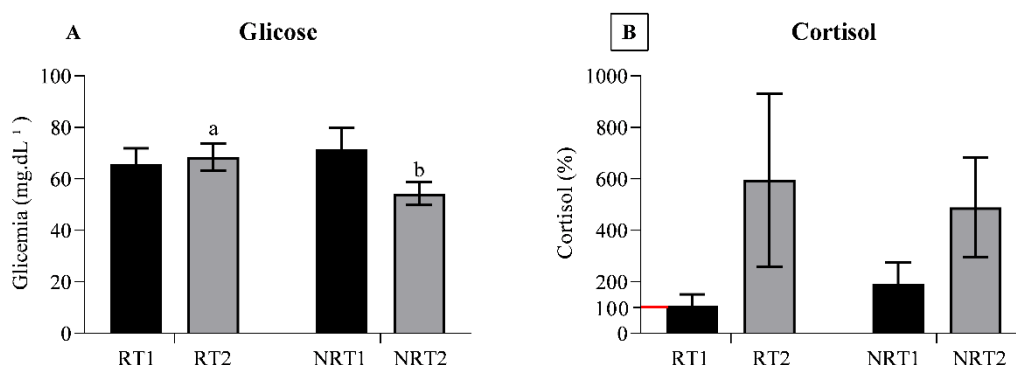


Figura 4. Concentração plasmática de glicose (A) e cortisol (B) em lambaris-do-rabo-amarelo fêmeas em condições de residência e não residência, tratados ou não com hidrocortisona (T1, controle; T2 50µg de HC/g de peso vivo). A barra representa o erro padrão médio; letras minúsculas (a/b) indicam uma diferença entre as condições de um mesmo tratamento.

A concentração plasmática de cortisol não diferiu em nenhum tratamento ou condição. Na Fig. 4B, a concentração de cortisol está representada em porcentagem a partir do tratamento controle na condição de residência (NRT1). Observando os resultados, é possível ver que as fêmeas que receberam HC (RT2 e NRT2) foram afetadas pelo fármaco e apresentaram uma alta concentração do glicocorticoide quando comparada com os tratamentos controle. Embora a diferença não tenha sido estatística, biologicamente é uma diferença que tem que ser destacada.

5. Discussão

Os resultados do presente estudo demonstram que o comportamento agressivo das fêmeas de lambaris-do-rabo-amarelo foi modulado tanto pela residência estabelecida após 3 dias quanto pela elevação exógena do cortisol promovido pela injeção intraperitoneal de hidrocortisona.

Inicialmente, observamos que houve uma interação entre a residência e a administração de HC em relação à latência para o primeiro ataque. Considerando apenas a residência, a latência foi mais alta nos peixes não residentes controle, indicando que o não reconhecimento do ambiente retarda o início dos comportamentos agressivos. Já quando se considera o cortisol exógeno, o oposto foi observado. Nos peixes residentes tratados com a HC, a redução da latência indica que o hormônio levou ao início da agressividade mais rapidamente do que nos animais sem elevação do fármaco. Neste contexto, observamos que a redução do tempo de latência nas fêmeas do lambari foi potencializada pelo cortisol, algo já observado em matrinxãs tratados com cortisol exógeno (Serra *et al.*, 2015). A latência é tempo que um determinado comportamento demora para ser exibido e é um importante indicador de agressividade. Segundo Arnott e Elwood (2009) e Carvalho *et al.* (2012), o tempo necessário para o início de interações é um indicador da motivação para a exibição dos confrontos agressivos, que pode ser explicado pela ativação de centros de controle da agressividade em peixes como em regiões do hipotálamo.

Analizando os comportamentos agressivos, a condição de residência no tratamento controle, favoreceu a agressividade observada nas fêmeas de lambari, elevando comportamentos como colisões, mordidas na cabeça e corpo e tentativas de ataques contra os intrusos, resposta já foi observada em outros estudos (Chellapa *et al.*, 1999; Vázquez e Bas, 2023). O maior número destes comportamentos aconteceu também em fêmeas que apresentaram menor latência, no caso, as fêmeas residentes. O oposto foi observado nos peixes não residentes, mantidos em grupos antes do confronto, nos quais a frequência de comportamentos agressivos contra seus oponentes, em geral, foi menor quando comparadas com os animais residentes. Tais resultados de menor agressividade nas fêmeas não residentes, já foram encontrados em outras espécies como em matrinxãs (Serra *et al.*, 2015). Já em relação à elevação exógena do cortisol, os acompanhamentos, nas duas condições e as tentativas de ataques contra oponentes, nos não residentes, aumentaram.

Quando falamos em comportamentos agressivos, a gravidade causada por comportamentos ditos diretos e indiretos diferem. Comportamentos diretos como mordida e colisão são mais agressivos e realizados diretamente contra o oponente com contato corporal e estão ligados com a vitória do confronto (Serra *et al.*, 2015). Já os comportamentos indiretos, como acompanhamento e tentativa de ataque, não apresentam contato direto com o oponente, podendo ser visto como ações menos efetivas na formação de dominância, por exemplo. Em relação a este aspecto, a residência parece ter promovido comportamentos mais agressivos que o cortisol. Isto foi descrito em matrinxãs, os quais apresentaram maiores quantidades de comportamentos diretos como mordidas e colisões na condição de residência (Serra, *et al.*, 2015).

As concentrações plasmáticas de cortisol nas fêmeas mostraram que o tratamento com a HC foi eficiente em elevar o hormônio circulante, mesmo sem diferença estatística. Os peixes residentes tratados com hidrocortisona apresentaram uma concentração cerca de 500% mais alta do que os peixes não tratados. Já os peixes não residentes responderam com um aumento de pouco mais de 400%, valores também bastante elevados. Tais indiferenças do cortisol plasmático, podem ser explicadas pelo aumento do glicocorticoide também nos animais não tratados com hidrocortisona como já visto em truta arco-íris, em que o confronto contra coespecíficos é capaz de elevar tal hormônio (Øverli *et al.*, 1999 B).

A associação da HC com a residência foi capaz de elevar dois comportamentos agressivos dos seis comportamentos avaliados (mordida no corpo e perseguição). A residência nos peixes não tratados com cortisol exógeno, elevou a agressividade em dois dos comportamentos quantificados (colisão e mordida na cabeça). Já os não residentes tratados com cortisol exógeno apresentaram maior número de dois comportamentos indiretos (acompanhamento e tentativa de ataque), que são menos agressivos, enquanto, na condição de não residência sem HC, as fêmeas sempre se mostraram menos agressiva que nas outras condições. Isso quer dizer que mesmo em não residentes o cortisol aumentou a agressividade, mas com comportamentos mais de ameaça do que necessariamente de agressão, sendo que essa relação já foi encontrada com trutas submissas (Sloman *et al.*, 2001), o que pode indicar que o cortisol favoreceria um estabelecimento de dominância.

Contudo, no geral, os peixes não residentes tratados com HC se apresentaram menos agressivos do que os peixes residentes também tratados com HC. Tal fato pode ser explicado novamente pela presença de um novo ambiente, que coloca os animais em um estado de alerta (Serra, *et al.*, 2015). Somado a isso, o medo (Figler, 1983) de um novo ambiente e a ansiedade que tal condição traz ao animal também pode inibir tais comportamentos agressivos, como visto em peixes-zebra, que apresentaram mudanças comportamentais e fisiológicas em ambientes antes nunca explorados (Egan *et al.*, 2009).

6. Conclusão

Concluindo, a condição de residência em fêmeas de lambari-do-rabo-amarelo elevou a agressividade em confrontos com coespecíficos, enquanto a não residência não afetou esse comportamento. Além disso, altas concentrações de cortisol podem elevar a agressividade, mas dependem do contexto em que o confronto ocorre. O aumento da agressividade pode caracterizar a expressão de uma estratégia de vida emergencial, associada a um enfrentamento proativo, caracterizado como uma resposta ativa ao desafio social (Wingfield, 2003).

7. Referências Bibliográficas

- ANUÁRIO 2023 PEIXE BR DA PISCICULTURA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-03/anuariopeixebr2023.pdf>.
- ARNOTT, G.; ELWOOD, R. W. Assessment of fighting ability in animal contests. **Animal behaviour**, v. 77, n. 5, p. 991–1004, 2009.
- AURELI, F.; CORDS, M.; VAN SCHAIK, C.P. Conflict resolution following aggression in gregarious animals: a predictive framework. **Animal Behaviour**, v. 64, n. 3, p. 325–343, 2002.
- BARLOW, G.W.; BALLIN, P.J. Predicting and assessing dominance from size and coloration in the polychromatic midas cichlid. **Animal Behaviour**, v. 24, n. 4, p. 793–813, 1976.
- BARRETO, T.N.; Boscolo CNP; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Homogeneously sized groups increase aggressive interaction and affect social stress in Thai strain Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, v. 48, p. 309-318, 2015.
- BARTON, B. A.; SCHRECK, C. B. Metabolic cost of acute physical stress in juvenile Steelhead. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 116, n. 2, p. 257–263, 1987.
- BARTON, B.A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, n. 3, p. 517–525, 2002.
- BENAVIDES, L. E. E. **Indicadores fisiológicos de estresse e expressão do gene *hsp70* em juvenis do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) após implante de cortisol**. Tese (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- BOSCOLO, C.N.P.; Morais, R.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 135, p. 154-159, 2011.
- Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. *Principles of Animal Communication*. 2. ed. Sunderland, MA, Sinauer Associates, 2011.
- BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: Conceito e questões relacionadas – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, 31 dez. 2004.
- BUSTON, P.M.; CANT, M.A. A new perspective on size hierarchies in nature: patterns, causes, and consequences. **Oecologia**, v. 149, n. 2, p. 362–372, 2006.

CARMO, Fernando Jesus e outros. **Levantamento das Unidades de Piscicultura no Estado de São Paulo**. Campinas, CDRS, 2021.

CARVALHO, T.B.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Social Stability Related to Sex Group Composition in the Cichlid Nile Tilapia. **Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology & Molecular Biology**, v. 5, p. 88-91, 2011.

CARVALHO, T. B.; HA, J. C.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Light intensity can trigger different agonistic responses in juveniles of three cichlid species. **Marine and freshwater behaviour and physiology**, v. 45, n. 2, p. 91–100, 2012.

CARVALHO, T.B.; MENDONÇA, F.Z.; FERREIRA, R.S.C.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. The effect of increased light intensity on the aggressive behavior of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae). **Zoologia (Curitiba): an International Journal for Zoology**, v. 30, p. 125-129, 2013.

CHELLAPPA, S. Prior residence, body size and the dynamics of territorial disputes between male freshwater angelfish. **Journal of Fish Biology**, v. 55, n. 6, p. 1163–1170, 1999.

DAVIS, K.B. et al. Growth, body composition and hepatic tyrosine aminotransferase activity in cortisol-fed channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque. **Journal of Fish Biology**, v. 27, n. 2, p. 177–184, 1 ago. 1985.

DAVIS, K.B.; GRIFFIN, B. R.; GRAY, W. L. Effect of dietary cortisol on resistance of channel catfish to infection by *Ichthyophthirius multifiliis* and channel catfish virus disease. **Aquaculture**, v. 218, n. 1–4, p. 121–130, 2003.

DIBATTISTA, J.D. et al. The effects of cortisol administration on social status and brain monoaminergic activity in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **The Journal of Experimental Biology**, v. 208, n. Pt 14, p. 2707–2718, 2005.

EGAN, R. J. et al. Understanding behavioral and physiological phenotypes of stress and anxiety in zebrafish. **Behavioural brain research**, v. 205, n. 1, p. 38–44, 2009.

EUROGROUP FOR ANIMALS, Compassion in World Farming. Fish Welfare Survey; 2018. Accessed October 21, 2019. <https://www.comresglobal.com/polls/eurogroup-for-animals-ciwf-fish-welfare-survey/>

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. [s.l.] FAO, 2022.

FIGLER, M.H.; EINHORN, D.M. The territorial prior residence effect in convict cichlids (*Cichlasoma nigrofasciatum* Günther): Temporal aspects of establishment and retention, and proximate mechanisms. **Behaviour**, v. 85, n. 1–2, p. 157–182, 1983.

FLAGG, T.A. et al. Ecological and behavioral impacts of artificial production strategies on the abundance of wild salmon populations: a review of practices in the Pacific Northwest. **National Marine Fisheries Service**. Seattle. 2000.

- GARUTI, V. 2003. **Piscicultura ecológica**. São Paulo: Editora UNESP, 332 pp.
- GILLETTE, R. Evolution and function in serotonergic systems. **Integrative and comparative biology**, v. 46, n. 6, p. 838–846, 2006.
- HALPERIN, J.R.; GIRI, T.; DUNHAM, D.W. Different aggressive behaviours are exaggerated by facing vs. broadside subliminal stimuli shown to socially isolated Siamese fighting fish, *Betta splendens*. **Behavioural Processes**, v. 40, n. 1, p. 1–11, 1997.
- HARWOOD, A.J. et al. Intra- and inter-specific competition for winter concealment habitat in juvenile salmonids. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, n. 9, p. 1515–1523, 2002.
- HENRIQUES, M.B. et al. Lambari fish *Deuterodon iguape* as an alternative to live bait for estuarine recreational fishing. **Fisheries Management and Ecology**, v. 25, n. 5, p. 400–407, 2018.
- HEUTS, B.A.; NIJMAN, V. Aggressive behaviour of two swordtail colour breeds (*Xiphophorus*, Poeciliidae) in a prior residence situation. **Behavioural Processes**, v. 43, n. 3, p. 251–255, 1998.
- HICKMAN, C.P.; ROBERTS, S.L.; LARSON, A. *Princípios Integrados de Zoologia*. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan SA, 2004.
- HRABOVSKY, E. et al. Neurochemical characterization of hypothalamic neurons involved in attack behavior: glutamatergic dominance and co-expression of thyrotropin-releasing hormone in a subset of glutamatergic neurons. **Neuroscience**, v. 133, n. 3, p. 657–666, 2005.
- HSU, Y.; WOLF, L.L. The winner and loser effect: integrating multiple experiences. **Animal Behaviour**, v. 57, n. 4, p. 903–910, 1999.
- HUNTINGFORD, F.A.; TURNER, A.K. The behavioural ecology of animal conflict. Em: **Animal Conflict**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987. p. 277–317.
- JOHNSON, J.I.; ÅKERMAN, A. Watch and learn: preview of the fighting ability of opponents alters contest behaviour in rainbow trout. **Animal Behaviour**, v. 56, n. 3, p. 771–776, 1998.
- JOHNSON, J.I.; CARLSSON, M.; SUNDSTRÖM, L.F. Habitat preference increases territorial defence in brown trout (*Salmo trutta*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 48, n. 5, p. 373–377, 2000.
- KARINO, K.; SOMEYA, C. The influence of sex, line, and fight experience on aggressiveness of the Siamese fighting fish in intrasexual competition. **Behavioural Processes**, v. 75, n. 3, p. 283–289, 2007.

KARL, T. et al. Y1 receptors regulate aggressive behavior by modulating serotonin pathways. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 34, p. 12742–12747, 2004.

KAUFMANN, J.H. On the definitions and functions of dominance and territoriality. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 58, n. 1, p. 1–20, 1983.

KRAUSE, J.; RUXTON, G.D. **Living in Groups**. London, England: Oxford University Press, 2002.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, 2015.

MAZEAUD, M.M.; MAZEAUD, F.; DONALDSON, E.M. Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 106, n. 3, p. 201–212, 1977.

MILEWSKI, T.M. et al. Behavioural and physiological plasticity in social hierarchies. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, v. 377, n. 1845, p. 20200443, 2022.

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**, v. 9, n. 3, p. 211–268, 1999.

NAVARRO, F.K.S.P. et al. Effect of photoperiod stress assessment and locomotor activity of female lambari (*Astyanax bimaculatus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 173–180, 2014.

NEAT, F.C.; HUNTINGFORD, F.A.; BEVERIDGE, M.M.C. Fighting and assessment in male cichlid fish: the effects of asymmetries in gonadal state and body size. **Animal Behaviour**, v. 55, n. 4, p. 883–891, 1998.

NELSON, R.J.; TRAINOR, B.C. Neural mechanisms of aggression. **Nature Reviews. Neuroscience**, v. 8, n. 7, p. 536–546, 2007.

NIJMAN, V.V.; HEUTS, B.A. Effect of environmental enrichment upon resource holding power in fish in prior residence situations. **Behavioural Processes**, v. 49, n. 2, p. 77–83, 2000.

ØVERLI, Ø.; OLSEN, R.E.; LOVIK, F.; RINGO, E. Dominance hierarchies in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.: differential cortisol profiles of dominant and subordinate individuals after handling stress. *Aquaculture Research*, v. 30, p. 259–264, 1999 A.

ØVERLI, Ø.; HARRIS, C. A.; WINBERG, S. Short-Term Effects of Fights for Social Dominance and the Establishment of Dominant-Subordinate Relationships on Brain

Monoamines and Cortisol in Rainbow Trout. **Brain Behavior and Evolution**, v. 54, n. 5, p. 263–275, 1 jan. 1999 B.

ØVERLI, Ø.; KOTZIAN, S.; WINBERG, S. Effects of cortisol on aggression and locomotor activity in rainbow trout. **Hormones and behavior**, v. 42, n. 1, p. 53–61, 2002.

PEDRAZZANI, A.S. et al. Negative impact of spinal cord section and termonarcosis on welfare and meat quality of Nile tilapia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 188–197, 2014.

PICKERING, A. D. Growth and stress in fish production. **Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)**, v. 111, n. 1–4, p. 51–63, 1993.

RAMSAY, J. M. et al. Whole-body cortisol is an indicator of crowding stress in adult zebrafish, *Danio rerio*. **Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)**, v. 258, n. 1–4, p. 565–574, 2006.

REEBS, S.G. Aggression in fishes. **Université de Moncton, Canada: howfishbehave.ca**, 2008.

SABBAG, O.J. et al. Custos e viabilidade econômica da produção de lambari-do-rabo-amarelo em Monte Castelo/SP: Um estudo de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 307–315, 2011.

SAKAKURA, Y.; TAGAWA, M.; TSUKAMOTO, K. Whole-body cortisol concentrations and ontogeny of aggressive behavior in yellowtail (*Seriola quinqueradiata* Temminck & Schlegel; Carangidae). **General and Comparative Endocrinology**, v. 109, n. 2, p. 286–292, 1998.

SCHLENK, D.; DAVIS, K. B.; GRIFFIN, B. R. Relationship between expression of hepatic metallothionein and sublethal stress in channel catfish following acute exposure to copper sulphate. **Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)**, v. 177, n. 1–4, p. 367–379, 1999.

SCHRECK, C. B.; TORT, L. The Concept of Stress in Fish. **Fish Physiology**, v. 35 p. 1–34, 2016.

SERRA, M., WOLKERS, C.P., URBINATI, E.C. Novelty of the arena impairs cortisol-related increase in aggression of matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Physiology and Behavior**. 141:51-57, 2015.

SLOMAN, K. A.; Metcalfe N. B.; Taylor, A. C.; Glimour, K. M. Plasma Cortisol Concentrations Before and After Social Stress in Rainbow Trout and Brown Trout. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 74, n. 3, p. 383–389, 2001.

SMITH, J.M.; PARKER, G.A. The logic of asymmetric contests. **Animal Behaviour**, v. 24, n. 1, p. 159–175, 1976.

SPECKER, J. L., et. al. Methodology for implanting cortisol in Atlantic salmon and effects of chronically elevated cortisol on osmoregulatory physiology. **Aquaculture**, v. 121, p.181-193, mar. 1994.

SUMMERS, C. H.; WINBERG, S. Interactions between the neural regulation of stress and aggression. **The Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. Pt 23, p. 4581–4589, 2006.

TIBBETTS, E. A.; PARDO-SANCHEZ, J.; WEISE, C. The establishment and maintenance of dominance hierarchies. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 377, n. 1845, p. 20200450, 2022.

TOMASSO, J.R.; DAVIS, K.B.; SIMCO, B.A. Plasma corticosteroid dynamics in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) exposed to ammonia and nitrite. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 38, n. 9, p. 1106–1112, 1981.

URBINATI, E.C.; BALDISSERTOTTO, B.; CYRINO, J.E.P. Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce. 3ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014.

VALENTI, W. C. et al. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports** v. 19, p. 100611–100611, mar. 2021.

VALLADÃO, G. M. R. et al. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 2, p. 351–369, jun. 2018.

VÁZQUEZ, M.G.; BAS, C.C. Behaviour in a novel environment provides clues to the success of an invasive species. **Ethology**, v. 129, n. 7, p. 334–343, 25 mar. 2023.

VOLPATO, G.L. Comportamento e bem-estar. In Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce. 3ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014.

WENDELAAR BONGA, S. E. Hormone response to stress. **Encyclopedia of Fish Physiology**. Elsevier, 2011. p. 1515–1523.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, n. 3, p. 591–625, 1997.

WINGFIELD, J.C. Control of behavioural strategies for capricious environments. **Animal Behaviour**, v. 66, p. 807-816, 2003.

WOLKERS, C.P.B. et al. Acute fluoxetine treatment increases aggressiveness in juvenile matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 43, n. 3, p. 755–759, 2017.

WOLKERS, C.P.B. et al. Dietary l-tryptophan alters aggression in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 819–827, 2012.

WOLKERS, C.P.B.; SERRA, M.; URBINATI, E. C. Social challenge increases cortisol and hypothalamic monoamine levels in matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41, n. 6, p. 1501–1508, 2015.

XU, X. et al. Changes in aggressive behavior, cortisol and brain monoamines during the formation of social hierarchy in black Rockfish (*Sebastes schlegelii*). **Animals: an open access journal from MDPI**, v. 10, n. 12, p. 2357, 2020.