UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA E TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

TAIS INÊS ZUFFO

CHAPECÓ, 2018.

TAIS INÊS ZUFFO

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA E TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**

Orientador (a): Diogo Luiz de Alcantara Lopes
Co-orientador (s): Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

Chapecó, SC, Brasil

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com auxílio
do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC

Inês Zuffo, Tais
TOXIDADE AGUDA DE AMÕNIA E TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*) / Tais Inês Zuffo. - Chapecó, 2018.
68 p.

Orientador: Diogo Luiz de Alcantara Lopes
Co-orientador: Maurício Gustavo Coelho Emerenciano Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2018.

1. Parâmetros de Qualidade da água. 2. Peixes de Água Doce. 3. Sobrevivência. I. Luiz de Alcantara Lopes, Diogo. II. Gustavo Coelho Emerenciano, Maurício. , .III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA E TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

Elaborada por
Tais Inês Zuffo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:

Diogo Luiz de Alcantara Lopes
(Presidente/Orientador) (UDESC))

Aline Zampar
Membro interno PPGZOO (UDESC)

Gabriel Bernardes Martins
Membro Externo PPGZOO (UNIPAMPA)

Chapecó, 12 de julho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me dar forças para seguir em frente e ter colocado pessoas especiais ao meu lado.

Aos meus pais Paulo Zuffo e Dolores Zuffo, pelo amor incondicional, carinho, apoio educação e valores repassados, base para a minha vida, meu infinito agradecimento.

Aos meus irmaõs Belidioi e Jaqueline e familiares, pelo amor, carinho, apoio, incentivo, força e confiança.

A meu orientador, Prof°. Dr. Diogo Luiz de Alcantara Lopes, por sua dedicação, apoio, paciência, sensibilidade, disponibilidade, confiança ao longo desta jornada.

Aos professores (as) da UDESC, que sem medir esforços me auxiliaram durante este trabalho.

Aos amigos, colegas de Graduação, Pós-Graduação e ao Grupo de pesquisa em Aquacultura, pelo apoio, ajuda, companheirismo e amizade.

Ao Instituto Goio-en (FUNDESTE), em especial ao Prof° Sidinei e a Profª Rose, por abrir as portas e dar suporte para que o trabalho fosse desenvolvido, assim como toda a equipe de trabalho do instituto, pela ajuda apoio, amizade.

As instituições parceiras FUNDESTE e UNOESC, Campos Xanxere (Profª Taisa), pela ajuda, apoio e confiança.

Agradeço a UDESC, seus colaboradores e funcionários pelo apoio e suporte necessários durante este período.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma contrubuíram para a realização de mais esta etapa em minha vida, mais um sonho realizado!

Proporcionaram-me mais que a busca de conhecimentos técnicos e científicos, mas Lições de Vida... Ninguem chega a lugar algum sozinho! MEU MUITO OBRIGADA A TODOS!

Dedico este trabalho as pessoas mais importes e presentes em minha vida: Meu Pai e minha Mãe, vocês são a razão de tudo, meu maior presente! AMO VOCÊS!

“As vezes você tem problema para lembrar das coisas... A propósito Cruzar o oceano é algo que se deve fazer somente uma vez! Mas não posso ir sozinha, esquecerei aonde vou!” Dory, 2003.

“Quando a vida decepciona, qual é a solução? Continue a Nadar! Continue a Nadar! Continue a Nadar! Nadar, Nadar para encontrar a solução.” Dory, 2003.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA E TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

AUTOR: Tais Inês Zuffo
ORIENTADOR: Diogo Luiz de Alcantara Lopes
Chapecó, 12 de julho de 2018

A manutenção dos parâmetros de qualidade em sistemas de produção na piscicultura são fatores fundamentais para o sucesso da atividade produtiva. O elevado nível de amônia é um dos grandes problemas, pois este resíduo nitrogenado se torna tóxico quando presente em altas concentrações nos sistemas de produção aquícola, causando menor desenvolvimento, crescimento e podendo resultar na mortalidade de peixes. Outro parâmetro importante e fundamental para produção em cativeiro é a temperatura que pode causar alterações bioquímicas e fisiológicas do organismo e levar até a morte dos peixes. O Curimbatá Prochilodus spp., espécie alvo do estudo, é um peixe que apresenta um bom potencial para a piscicultura, sendo muito utilizado em policultivos, e assume um importante papel, tanto em sistemas de produção, como no ambiente natural. Apesar da importância ecológica/ ambiental dessa espécie, poucos estudos foram realizados para determinar os parâmetros de qualidade da água para o Curimbatá. Desta forma, com o presente estudo pretende-se determinar a temperatura letal inferior e superior (TL50), bem como a concentração letal, subletal e o efeito tóxico da amônia para juvenis de Curimbatá Prochilodus lineatus, por meio de testes agudos com 96h de duração. Foi realizado um teste de temperatura letal inferior e superior para juvenis de Curimbatá, submetidos aos tratamentos de 10°C, 15°C, 20°C (temperaturas inferiores) 25°C (controle) e 30°C, 35°C e 40°C (temperaturas superiores). As temperaturas 10°C e 40°C foram letais as 36 e 24 horas respectivamente. A TL 50 inferior e superior, foram de 13,8±1,14 e 39,7±1,59°C, nos tempos 36 e 12 horas, respectivamente, sendo que este parâmetro deve ser monitorado e controlado na faixa de 20 a 30°C, para garantir maior sobrevivência da espécie. O outro teste, foi realizado para determinar a dosagem letal, subletal de amônia não ionizável (NH3) para juvenis de Curimbatá, submetidos aos tratamentos (T1 – Controle 0,00; T2 – 0,75±0,39 mg/L; T3 1,14± 0,63 mg/L; T4 - 1,47±0,43 mg/L; T5 – 1,82±0,43mg/L e T6 – 2,21±0,49mg/L). A CL50 determinada para 96 horas, foi de 0,62 mg/L e a CL10 para 24 horas foi de 0,93 mg/L. Além disso, a avaliação histopatológica das brânquias demonstrou-se eficiente para verificar os efeitos de concentrações agudas de amônia, as quais a partir da concentração 0,75mg/L causou alterações histológicas irreversíveis, com isso, recomenda-se concentrações inferiores a este valor, sinalizando que este composto deve ser monitorado e controlado nos sistemas de produção afim de evitar maiores problemas na produção desta espécie.

Palavras-chave: Parâmetros de Qualidade da água, Peixes de Água Doce, Sobrevivência.

ABSTRACT
Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

ACUTE AMMONIA TOXICITY AND LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

AUTHOR: Tais Inês Zuffo
ADVISER: Diogo Luiz de Alcantara Lopes
Chapecó, 12 de julho de 2018

The maintenance of water quality parameters in fish farming systems is fundamental to successful productive activity. High levels of ammonia are major problems, because nitrogenous residues become toxic at high concentrations in aquaculture production systems, leading to reduced growth and development and possibly resulting in fish death. Another fundamental parameter in fish production is temperature, which can cause biochemical and physiological changes in the organisms and even lead to fish death. Curimbatá (*Prochilodus spp*.), our target species, shows good potential for fish farming, being widely used in polyculture, where it plays an important role both in production systems and in the natural environment. Despite the ecological/environmental importance of this species, few studies have been carried out to determine optimum water quality parameters for the curimbatá. Therefore, in the present study, we aimed to determine low and high lethal temperatures (LT50), as well as lethal and sublethal concentrations and toxic effects of ammonia in juvenile curimbatá (*Prochilodus lineatus*), by means of acute tests of 96 h duration. Low and high lethal temperature tests were performed on curimbatá juveniles, subjected to treatments of 10 °C, 15 °C and 20 °C (low temperatures), 25 °C (control), and 30 °C, 35 °C and 40 °C (high temperatures). Temperatures of 10 °C and 40 °C were lethal 36 at 24 h, respectively. The lower and higher LT50s were 13.8 ± 1.14 °C and 39.7 ± 1.59 °C, at 36 and 12 h, respectively. Temperature must be monitored and controlled in the range of 20 °C to 30 °C to guarantee optimal survival of this species. Another test was performed to determine the lethal and sublethal dosages of non-ionizable ammonia (NH_3) for juvenile curimbatá, subjected to various NH_3 treatments (T1 – Control 0.00 mg/L; T2 – 0.75 ± 0.39 mg/L; T3 – 1.14 ± 0.63 mg/L; T4 – 1,47 ± 0.43 mg/L; T5 – 1.82 ± 0.43 mg/L and T6 – 2.21 ± 0.49 mg/L). The LC50 determined at 96 h was 0.62 mg/L and LC10 at 24 h was 0.93 mg/L. Furthermore, histopathological evaluation of the gills confirmed the effects of acute concentrations of ammonia that caused irreversible histological changes starting at 0.75 mg/L. Therefore, concentrations below this value are recommended. Our data suggest that NH_3 should be monitored and controlled in curimbatá production systems in order to avoid major problems.

Keywords: water quality parameters; freshwater fish; survival.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – REVISÃO DA LITERATURA

Figura 01 – Produção mundial de peixes pela pesca e aquicultura (em milhões de toneladas/esquerda e em percentual/direita):.....11

CAPÍTULO II – MANUSCRITO II

Figura 01: Variação da temperatura, pH e amônia não ionizada (NH_3) no tratamento T1 – Controle 0,00 mg/L (A); T2 – 0,75±0,39mg/L (B); T3 – 1,14± 0,63 mg/L (C); T4 – 1,47±0,43 mg/L (D); T5 – 1,82±0,43mg/L (E) e T6 – 2,21±0,49mg/L (F) ao longo do período experimental.....46

Figura 02: Variação da concentração letal CL50 de juvenis de Curimbatá conforme a concentração de amônia não ionizada utilizada NH_3 (mg/L) e o tempo de exposição (horas)..... 47

Figura 03: Fotomicrografia da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)* do grupo controle inicial – T0 – inicial. LP – Lamela primária, LS – Lamela Secundária. Coloração (HE), aumento de 40X.....49

Figura 04: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, do grupo controle T1 (0,00 mg/L) de amônia não ionizada, após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas pretas); AILS: aumento do espaço interlamelar secundário (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (setas amarelas). Coloração (HE), aumento de 40X.....50

Figura 05: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 0,75 mg/L de amônia não ionizada (T2), após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas pretas); DEP: destacamento de epitélio (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (seta laranja); FL: fusão lamelar (setas amarelas); REIS: redução do espaço interlamelar secundário (setas vermelhas); DELS: deleção do epitélio lamelar secundário (seta verde). Coloração (HE), aumento de 40X.....51

Figura 06: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 1,14 mg/L de amônia não ionizada (T3), após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas verdes); DFLP: deformação da lamela primária (seta preta); EL: espessamento lamelar (setas branca); RLS: redução da lamela secundária (setas amarelas); Coloração (HE), aumento de 40X.....52

Figura 07: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 1,47 mg/L de amônia não ionizada (T4), após 96 horas de exposição. A: aneurisma (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (seta pretas); FL: fusão lamelar (setas azuis); DSEL: destruição do epitélio lamelar primário (setas vermelhas); EL: espessamento lamelar (setas amarelas); RLS: redução da lamela secundária (setas verdes). Coloração (HE), aumento de 40X.....53

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – MANUSCRITO I

Tabela 01: Médias ± Desvio de temperatura (T em °C), oxigênio dissolvido (O2 em mg/L), potencial hidrogeniônico (pH) e amônia (NH_3+NH_4 em mg/L) nos diferentes tratamentos de exposição a temperatura.....25

Tabela 02: Mortalidade (%) de Curimbatá *(Prochilodus lineatus)* em função do tempo de exposição aos tratamentos a diferentes temperaturas.....25

Tabela 03: Valores de Temperatura Letal Inferior (TLI) e Temperatura Letal Superior (TLS) em °C onde 10, 50, 90 e 99% de Mortalidade são observadas em função do tempo de exposição.....26

Tabela 04: Média do tempo (em segundos) para o primeiro peixe chegar na ração e a % total de peixes na superfície com ração nos cinco minutos, durante a avaliação do comportamento alimentar dos juvenis de curimbatá (*Prochilodus lineatus*) em cada tratamento.....27

CAPÍTULO II – MANUSCRITO II

Tabela 01: Mortalidade (%) de Curimbatá *(Prochilodus lineatus)* em função do tempo de exposição aos diferentes tratamentos de amônia.....47

Tabela 02: Alterações histopatológicas, divididas nos estágios (I, II e III), média geral e de cada tratamento (%), das alterações nas brânquias de juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*), expostos aos tratamentos de concentração de amônia.....48

Tabela 03: Médias das alterações histopatológicas (estágios I, II e III) das brânquias de Juvenis de Curimbatá nos diferentes tratamentos.....49

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....11
1. REVISÃO DA LITERATURA.....11
1.1 INTRODUÇÃO.....11
1.2 CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*) 12
1.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....14
OBJETIVOS.....16
OBJETIVO GERAL.....16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....16

CAPÍTULO II.....17
MANUSCRITO I.....18
RESUMO.....19
INTRODUÇÃO.....21
MATERIAL E MÉTODOS.....22
RESULTADOS.....24
DISCUSSÃO.....27
CONCLUSÃO.....31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....32

MANUSCRITO II.....38
RESUMO.....39
INTRODUÇÃO.....41
MATERIAL E MÉTODOS.....42
RESULTADOS.....45
DISCUSSÃO.....53
CONCLUSÃO.....57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....58

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....63
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....64

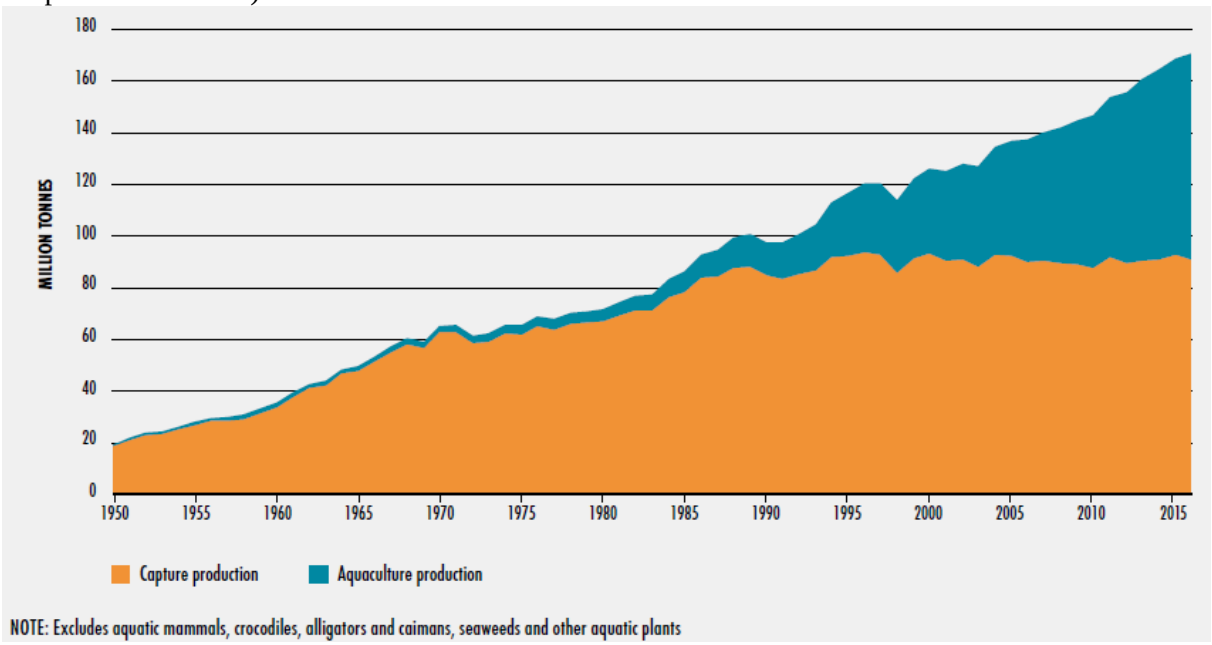
CAPÍTULO I

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis, nas últimas décadas, elevou significativamente a demanda mundial por pescado (BRABO et. al., 2016). Esta demanda crescente, confere a aquicultura a atividade agropecuária que mais cresce no Brasil e no Mundo (SEBRAE, 2015). De acordo com a FAO, 2018, a produção mundial de aquicultura, em 2016, foi de 80 milhões de toneladas, representando 46,8 % da produção total de organismos aquáticos produzidos. Estes números demostram um aumento com relação aos anos de 2004 e 2014 de com 71,4% e 7,75%, respectivamente (FAO 2018), conforme demonstrado na figura 01.

Figura 01 – Produção mundial de peixes pela pesca e aquicultura (em milhões de toneladas/esquerda e em percentual/direita):



Fonte: FAO, 2018.

Entre os países com maior potencial de produção aquícola o Brasil tem papel de destaque especialmente por possuir grandes reservatórios de águas/recursos hídricos, ter um clima favorável, mão de obra abundante e crescente demanda por pescado no mercado interno (Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca - SEAP, 2007), além da ocorrência natural de espécies aquáticas de interesse zootécnico (BRASIL, 2013).

Segundo estimativas da FAO 2016, entre os países da América Latina, o Brasil, terá o maior crescimento aquícola (104%) até 2025, superando México (54,2%) e Argentina (53,9%). O volume produzido pela piscicultura brasileira representa quase 70% de toda a aquicultura nacional, ultrapassando 500 mil toneladas de peixes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016), movimentando com esta atividade cerca de 5 bilhões de reais ao ano e gerando 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (ACEB, 2014).

No Brasil, o consumo de pescado foi de 14,4 kg por habitante/ano, superando o recomendado pela FAO que é de 12 kg por habitante por ano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA e IBGE, 2016; FAO 2016). Dentre os principais fatores que levaram a esse aumento, pode-se atrelar ao incentivo de consumo pelas políticas públicas e sobretudo pela busca de alimentos mais saudáveis (SEBRAE, 2015). Desta forma, a Aquicultura brasileira, em destaque a Piscicultura de peixes de água doce, tem demostrado muito potencial produtivo e pode tornar-se uma das mais importantes fontes de proteína animal.

Em termos mundiais, a piscicultura ocupa o primeiro lugar em produção comparando com as demais atividades da aquicultura (cultivo de moluscos, crustáceos) (FAO, 2014). No Brasil, de acordo com o IBGE (2016), no ano de 2014 alguns estados se destacaram na produção de peixes de água doce, tais como São Paulo, Mato Grosso, Paraná, Rondônia e Santa Catarina. As tilápias e o grupo dos peixes redondos, em que se incluem o tambaqui, tambacu, pacu e tambatinga, representam 83% da produção nacional. O curimbatá, ocupa a 9ª posição no ranking (SEBRAE, 2015).

1.2 CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

O Curimbatá (*Prochilodus lineatus*) também é conhecido por outros nomes comuns: curimatã, curimba ou papa-terra. Pertence à família *Prochilodontidae*, que significa família que possui dentes (diminutos) como característica marcante, apresenta corpo fusiforme e comprido, com escamas relativamente grandes e hábito alimentar detritívoro (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

A família Prochilodontidae é composta por várias espécies com elevado potencial para criação comercial e que são cultivadas atualmente (*Prochilodus lineatus, Prochilodus argenteus, Prochilodus nigricans e Prochilodus lacustres*) (RODRIGUES, et al, 2013).

Segundo esse mesmo autor os *P. lineatus* possuem comportamento gregário, sendo geralmente encontradas em grandes cardumes, são espécies consideradas prolíferas, de rápido crescimento, alta rusticidade e de fácil manejo.

A espécie *Prochilodus lineatus* (Curimbatá) tem sua distribuição por toda a Região Norte, Centro-Oeste, Nordeste, além dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. É uma espécie de desova total e sua maturação sexual ocorre em indivíduos com cerca de 20 cm de comprimento. Sua coloração é cinza-prateada, com faixas transversais escuras e inconspícuas no dorso. Possui nadadeiras caudal, dorsal e anal com várias manchas escuras e claras, alternadamente. Tem boca terminal, com lábios espessos e protráteis em forma de ventosa, munido de pequeninos dentes fracamente inseridos. Possui um espinho curto e dirigido à frente, na origem da nadadeira dorsal (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

Por ser detritívoro, o Curimbatá pode ser utilizado na piscicultura comercial como um peixe secundário produzido principalmente em policultivo, não compete em termos de alimento com os outros peixes, aproveitando resíduos do fundo do viveiro (BARBIERI et al., 2004). A utilização do curimbatá neste sistema de produção é uma ótima alternativa, uma vez que seu hábito alimentar onívoro com tendência a detritívoro possibilita usufruir do resíduo de outras espécies para se alimentar, e consequentemente ocorre redução nos gastos com rações, resultando em uma produção sustentável com maiores lucros (EMBRAPA, 2013). Ainda segundo Barbieri et al. (2004), o Curimbatá apresenta grande potencial para a melhoria da qualidade de água dos viveiros e represas, uma vez que ao revolver o fundo dos viveiros possibilita que os gases resultantes da decomposição de restos de ração e fezes sejam constantemente eliminados. Ao diminuir focos anaeróbicos no viveiro, também auxilia a reduzir gases prejudiciais aos peixes tais como a amônia gasosa (NH_3).

O Curimbatá é um peixe reofílico, necessita realizar a migração de forma ascendente ao longo dos rios para se reproduzir, ou seja, realiza piracema (ZANIBONI–FILHO E WEINGARNER, 2007). Os ovos, larvas, alevinos e os adultos são importante alimento de muitas espécies de peixes predadores (MURGAS et al., 2012). Devido a isso, a construção de usinas hidroelétricas tem prejudicado a manutenção dos estoques naturais desta espécie, o que tem estimulados sua reprodução em cativeiro por programas de repovoamento e ampliado a demanda por informações sobre a espécies. (BARBIERI et al., 2004)

Apesar da demanda crescente por informações sobre a produção de Curimbatá, há poucos estudos realizados para viabilizar a produção em cativeiro para esta espécie. Segundo Arana 2004, a determinação dos parâmetros ideais de qualidade de de água, tais como

temperatura e a toxidade de amônia, são fundamentais para o sucesso da produção de peixes em cativeiro. Desta forma deve-se realizar estudos com o propósito de viabilizar a produção destas espécies nativas em larga escala. Porém, para que isso seja possível e tenha bons resultados é preciso conhecer a sensibilidade destas espécies, principalmente, a variações ambientais de qualidade de água, dando ênfase aos resíduos nitrogenados (Amônia gasosa) e a temperatura letal e subletal para a espécie.

1.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade de água inclui todas as características físicas, químicas e biológicas que, interagem individualmente ou coletivamente e influenciam o desempenho da produção tornando possível o cultivo de organismos aquáticos. Para a aquacultura, a qualidade da água pode ser definida como o conjunto de características ótimas que devem ser mantidas no ambiente (isto é, na água) para garantir o sucesso dos cultivos (ARANA, 2004).

Os níveis ideais para os parâmetros de qualidade da água podem variar de acordo com a espécie cultivada, assim como, em resposta às elevadas densidades de estocagem, quantidade de alimentação e rotina de manejo e monitoramento da água (HERNÁNDEZ et al., 2012).

Os peixes são organismos ectotérmicos, não controlam a temperatura do corpo, o que os torna dependentes da temperatura do meio ambiente (BALDISSEROTTO, 2009). Apesar disso, existe uma faixa de conforto térmico adequada para os peixes, a qual varia conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento em que estes se encontram. Temperaturas acima ou abaixo dessa faixa ideal inibem o apetite e crescimento dos peixes o que favorece a incidência de doenças (EMBRAPA, 2013). Quando a temperatura está dentro da faixa ideal para a espécie, os peixes são mais ativos (LUCAS e BARRAS, 2001). Porém, quando esta temperatura se encontra fora desta faixa ideal, ela pode atuar como um fator letal e subletal alterando por exemplo a atividades bioquímicas e fisiológicas do organismo (CURRIE et al., 1998), afetando diretamente o metabolismo e como consequência, o crescimento, o consumo de oxigênio e sobrevivência dos organismos.

A maioria das espécies tropicais tem sua faixa ideal de conforto térmico para crescimento e reprodução entre 25 e 28 °C. Temperaturas inferiores a 20°C afetam o metabolismo de peixes tropicais e acima de 29°C causam aumento significativo da mortalidade (BALDISSEROTTO, 2009).

Diante disso, oscilações na temperatura da água, causam variações na temperatura corporal, que desencadeiam uma série de mudanças fisiológicas e comportamentais. Além disso, oscilações de pH, oxigênio dissolvido, compostos nitrogenados podem estar atreladas a menores índices produtivos e reprodutivos.

A amônia e o nitrito são compostos nitrogenados tóxicos presentes em ambientes aquáticos. Em sistemas de produção comercial, a principal fonte de inclusão de amônia total (NH_3 + NH_4) vem da alimentação dos peixes (MARTINEZ et al., 2006). Além disso, fatores como: alta densidade e elevados níveis de proteína das dietas, favorecem o aumento destes compostos (ELLIS et al., 2002). Sabe-se que o principal composto nitrogenado excretado por peixes é a amônia não ionizada ou gasosa (NH_3) e a ionizada ou não gasosa (NH_4^+). A amônia gasosa é eliminada pelas brânquias dos peixes através da difusão passiva ocasionada por um gradiente de concentração entre o meio interno (sangue) e o meio externo (água). Quando essa excreção não é possível, ocorre a eliminação do NH_4^+ pelo rim impulsionada por um gasto energético (ARANA, 1997). Já na água, a amônia gasosa NH_3 pode ser convertida em NH_4^+ o que a torna menos tóxica. O equilíbrio entre a amônia gasosa e a ionizável depende do pH, da temperatura e da salinidade da água (Thurtson et al., 1981). Por exemplo, quando o pH da água aumenta, o equilíbrio da reação é deslocado para o sentido de formação de amônia gasosa (EMBRAPA, 2013), sendo que seu nível crítico pode ser atingido no final da tarde, quando o pH, juntamente a temperatura, alcançam seus maiores índices (MARTINEZ et al., 2006).

Para promover suas funções regulares, as brânquias possuem sítios de ligação, e estes podem se ligar as substâncias tóxicas, podendo provocar respostas mecânicas e nos organismos, efeitos tóxicos (HOLLIS; PLAYLE, 1997). Quando os organismos são expostos a determinadas condições ambientais, se detectadas alterações, estas confirmam aquele ambiente como degradado (FRACÁCIO et al., 2003). Diversos estudos avaliam o potencial poluidor ou estressor do ambiente através de análises histopatológica de brânquias, sendo essa uma importante ferramenta detectar alterações fisiológicas importantes para a manutenção dos peixes.

Segundo MARTINEZ et al., (2006), os compostos nitrogenados afetam diretamente a sobrevivência e crescimento dos peixes. Além disso, a determinação da temperatura ideal da água para a produção de cada espécie é fundamental para o sucesso da piscicultura. Uma vez que esta controla a velocidade das reações no metabolismo dos peixes.

A amônia gasosa presente na água pode ser eliminada para o ar por difusão, ou juntamente com o NH_4^+, pode ser convertida através da nitrificação em um produto

intermediário denominado Nitrito (NO_2^-), que por sua vez pode ser novamente convertido em nitrato (RIJN, 1996).

É importante destacar, que tanto a amônia, como o nitrito podem atingir níveis tóxicos para peixes em poucos dias após iniciada a criação dos peixes, o que pode causar alterações fisiológicas ou até mesmo a morte dos animais expostos (Randall & Tsui, 2002; Kroupova, Machova & Svobodova, 2005). Embora, muitas vezes essas alterações não causem a morte dos animais, elas podem causar lesões em tecidos ou órgãos que só são identificadas sem análises histológicas (LEASE et al., 2003). Devido à grande importância da determinação os parâmetros ideias para a produção de peixes, diversos autores estão estudando a toxicidade aguda de amônia (NH_3) e nitrito para espécies de peixes (Sampaio, Wasielesky & Miranda-Filho 2002; Weirich & Riche 2006; Rodrigues et al., 2007). Uma vez que a determinação da toxidade aguda para os compostos nitrogenados assim com a temperatura de manutenção é fundamental para o sucesso da produção em cativeiro.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Com o presente estudo pretende-se determinar os níveis subletais e letais da exposição aguda de juvenis de Curimbatá (*Prochilodus spp)* a diferentes valores de amônia gasosa e temperatura inferior e superior.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as doses letais e subletais, com testes de 96 horas, da exposição aguda de juvenis de Curimbatá (*Prochilodus spp)* a amônia e temperatura;
- Determinar a CL50 de amônia gasosa;
- Determinar as concentrações de amônia que não cause alterações histopatológicas;
- Determinar a temperatura letal (TL50) inferior e superior;
- Determinar as temperaturas da água que não causam alterações comportamentais em juvenis de Curimbatá;

CAPÍTULO II

MANUSCRITOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de dois manuscritos, com sua formatação de acordo com as orientações da revista ao qual foram submetidos.

MANUSCRITO I

TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ *(PROCHILODUS LINEATUS)*

LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

De acordo com normas para publicação em: Ciência Rural, WEBQUALIS B2 na área de Zootecnia.

MANUSCRITO I

TEMPERATURA LETAL EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

LETHAL TEMPERATURE IN JUVENILE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

Tais Inês ZUFFO[1], Diogo Luiz de Alcantara LOPES [1,2], Sidinei FOLMANN[3]

[1] Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZOO/UDESC), Chapecó, SC, Brasil.
[2] Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/ CEO), Chapecó, SC, Brasil.
[3] Instituto Goio-en – Fundação Universitária do Desenvolvimento do Oeste (FUNDESTE).
Endereço para correspondência: PPGZOO/UDESC: Rua Beloni Trombeta Zanin, 680-E – Bairro Santo Antônio – Chapecó-SC CEP: 89.815-630 Fone: (49) 2049 9540
Endereço eletrônico: taiszuffo@hotmail.com / diogolalzoo@hotmail.com

RESUMO

A manutenção dos parâmetros de qualidade da água é fundamental para o sucesso da produção de peixes. Entre esses parâmetros a temperatura da água destaca-se por apresentar grande influência na atividade metabólica dos peixes. A determinação da faixa de temperatura letal são informações essenciais para produção o Curimbatá em cativeiro. Neste sentido, o presente estudo, pretende expandir o conhecimento sobre a espécie Curimbatá, determinando a temperatura letal superior e inferior para juvenis por meio de testes agudos com 96 horas de exposição, além de avaliar a mortalidade determinando a TL50 e os efeitos comportamentais nos juvenis. Para isso foram utilizados 420 juvenis de Curimbatá, submetidos aos tratamentos de 10°C, 15°C, 20°C (temperaturas inferiores) 25°C (controle) e 30°C, 35°C e 40°C (temperaturas superiores) durante 96 horas. As temperaturas 10°C e 40°C foram letais, respectivamente, após 36 e 24 horas de exposição. A TL50 inferior determinada foi de 13,8±1,14, no tempo de 36 horas e a TL50 superior determinada foi de 39,7±1,59°C, no tempo de 24 horas. A avaliação do comportamento alimentar após a exposição a diferentes temperaturas demonstrou ter influência sobre o retorno da atividade dos peixes. Desta forma, a temperatura é um parâmetro que deve ser monitorado e controlado garantindo melhores resultados de produção da espécie, sendo que a faixa de temperatura recomendada no presente estudo é de 25 a 30°C.

Palavras-chave: Piscicultura, Temperatura letal inferior, Temperatura letal Superior, Sobrevivência, Retorno Alimentar.

ABSTRACT

The maintenance of good water quality parameters is fundamental to the success of fish production. Among these parameters, water temperature stands out because it has a substantial influence on piscine metabolic activity. The determination of the lethal temperature range is essential information for production of Curimbatá in captivity. Therefore, in the present study, we intended to expand the knowledge of Curimbatá, determining the high and low lethal temperature for juveniles using acute tests with 96 hours of exposure, in addition to evaluating the mortality with LT50 and monitoring behavioral effects in juveniles. We studied 420 juvenile Curimbatá, subjected to temperatures of 10 °C, 15 °C, 20 °C (low temperature) 25 °C (control), and 30 °C, 35 °C and 40 °C (high temperatures) over 96 h. Temperatures of 10 °C and 40 °C were lethal, after 36 and 24 of exposure, respectively. The low LT50 was 13.8 ± 1.14, at 36 h, and the high LT50 was 39.7 ± 1.59 °C, at 24 h. The evaluation of feeding behavior after exposure to various temperatures been shown to influence the recovery of fish activity. Therefore, temperature is a parameter that must be monitored and controlled in order to guarantee better production results for the species. The temperature range recommended by the present study is from 25 to 30 °C.

Keywords: pisciculture; low lethal temperature; high lethal temperature; survival; food return.

INTRODUÇÃO

O Curimbatá *(Prochilodus lineatus),* também conhecido por curimatã, curimba ou papa-terra, pertence à família Prochilodontidae, que significa família que possui dentes diminutos, como característica marcante, apresenta corpo fusiforme e comprido, com escamas relativamente grandes e hábito alimentar detritívoro (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010). É uma espécie nativa do Brasil, reofílica, ou seja, necessita realizar a migração de forma ascendente ao longo dos rios para se reproduzir, ou seja, realizam piracema (ZANIBONI–FILHO E WEINGARNER, 2007). Os ovos, larvas, alevinos e adultos são importante alimento de muitas espécies de peixes predadores. Por ser um peixe que necessita realizar a piracema a construção de usinas hidroelétricas tem prejudicado a manutenção dos estoques naturais desta espécie, o que tem estimulados sua reprodução em cativeiro por programas de repovoamento (BARBIERI et al., 2004). Esta espécie apresenta grande importância ecológica e ambiental, pois desempenha papel importante no seu habitat natural. Sua utilização também é realizada em sistemas de consorciação com outras espécies (MURGAS et al., 2012), e em policultivos no Sul do Brasil, o que tem demanda mais estudos para viabilizar sua produção em cativeiro.

Neste contexto, o controle dos parâmetros de qualidade de água é fundamental para o sucesso da produção. Os peixes são organismos ectotérmicos, não controlam a temperatura do corpo, o que os torna dependentes da temperatura do meio ambiente (BALDISSEROTTO, 2009). Apesar disso, existe uma faixa de conforto térmico adequada para os peixes, a qual varia conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento em que estes se encontram. Temperaturas acima ou abaixo dessa faixa ideal inibem o apetite e crescimento dos peixes e favorecem a incidência de doenças (EMBRAPA, 2013).

Quando a temperatura está dentro da faixa ideal para a espécie, os peixes são mais ativos (LUCAS e BARRAS, 2001). Porém, quando esta temperatura se encontra fora desta faixa ideal ela pode atuar como um fator letal e subletal, alterando, por exemplo, as atividades bioquímicas e fisiológicas do organismo (CURRIE et al., 1998), afetando diretamente o metabolismo e como consequência, o crescimento, o consumo de oxigênio e sobrevivência dos organismos. Normalmente em temperaturas mais elevadas, observa-se o maior consumo de oxigênio (JIAN et al., 2003). É importante destacar, que a maioria das espécies tropicais tem sua faixa ideal de conforto térmico para crescimento e reprodução entre 25 e 28 °C. Em temperaturas inferiores a 20°C os peixes reduzem a sua taxa metabólica e acima de 29°C

causam aumento significativo da mortalidade (BALDISSEROTTO, 2009). Segundo este mesmo autor, mudanças na temperatura da água, causam variações na temperatura corporal ocasionando modificações em várias atividades fisiológicas. Segundo Waichman et al., (2001) a manutenção da qualidade da água em condições estáveis acarreta melhoria da sobrevivência, uma vez que baixa ou alta instabilidade na qualidade de água pode alterar a taxa de mortalidade de peixes.

Desta forma, deve-se realizar estudos com o propósito de viabilizar a produção destas espécies nativas em larga escala. Porém, para que isso seja possível e tenha bons resultados é preciso conhecer a sensibilidade destas espécies, principalmente com relação a qualidade de água. Neste sentido, o presente estudo pretende expandir o conhecimento sobre a espécie Curimbatá, determinando a temperatura letal superior e inferior para juvenis, além de avaliar a mortalidade determinando a TL50 e os efeitos comportamentais nos juvenis após a exposição de 96 horas em diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de desenvolvimento do estudo

O estudo foi conduzido na Universidade do Estado de Santa Catariana, UDESC Oeste, localizada no município de Chapecó e no Instituto Goio-en, (organização de estudos, pesquisa, desenvolvimento e serviços, sem fins lucrativos), mantido pela FUNDESTE (Fundação Universitária do Desenvolvimento do Oeste), localizado no município de Águas de Chapecó, em parceria desenvolvida e firmada por convênio de cooperação técnico-científico.

Origem dos Peixes

Os juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, eram provenientes do Instituto Goio-en, produzidos durante o período reprodutivo de 2018 (outubro de 2017 a fevereiro de 2018). Estes, foram mantidos em tanques de larvicultura, recebendo artêmia, como primeira alimentação e após 24 horas, alimentados com ração comercial pó com 50% de Proteína Bruta, três vezes ao dia, até completar cinco dias de vida. Em seguida os juvenis foram transferidos para tanques de alvenaria até completar aproximadamente 30 dias de vida, recebendo a mesma dieta, três vezes ao dia.

Delineamento Experimental

Para o estudo, os juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)* com aproximadamente 30 dias após a eclosão, foram transferidos para tanques de fibra com capacidade de 400 L, onde permaneceram durante um período de 24 horas para realizar a aclimatação com temperatura de 25ºC e realização de jejum de 12 horas. Após foi realizada a biometria inicial para determinar o peso e comprimento, com balança analítica e parquímetro digital e em seguida os peixes foram transferidos para as unidades experimentais.

Afim de determinar qual é a faixa de temperatura indicada para a espécie Curimbatá, foi realizado o teste de tolerância a temperatura com duração de 96h, mantendo os juvenis nos seguintes tratamentos: T10 - 10°C; T15 - 15°C; T20 - 20°C (temperaturas inferiores); T25 - 25°C (controle) e T30 - 30°C; T35 - 35°C e T40 - 40°C (temperaturas superiores), com quatro repetições cada. Os juvenis foram mantidos em recipientes com capacidade para 5 litros de água, sendo utilizado 15 juvenis por unidade experimental, totalizando 420 peixes. O peso e tamanho inicial dos juvenis de Curimbatá (média±desvio padrão) foi de 0,56±0,05g e 1,93±3,25cm.

Parâmetros de qualidade da água e mortalidade

Os parâmetros de qualidade da água, ao longo do estudo foram analisados a cada 12 horas. Para ajuste da temperatura de cada tratamento, os juvenis foram transferidos para as unidades experimentais que apresentavam a temperatura da água a 25°C. Após essa transferência, iniciou-se o ajuste de temperatura, sendo diminuída ou aumentada a temperatura da água, em 1°C a cada hora até atingir a temperatura desejada no tratamento. Para manter as temperaturas foram utilizados ar condicionado e aquecedores com termostato.

Durante todo o experimento, a água foi renovada, nos tratamentos, sempre que o valor da amônia total (NH_3+NH_4) atingia 1mg/L. Foram estimadas as TL50 superior e inferior (temperatura Letal em que 50% dos peixes morrem) durante a exposição aos tratamentos e a cada 12 horas foi verificado a mortalidade em cada tratamento, sendo considerados mortos e retirados dos tanques, os juvenis sem nenhum movimento opercular e que não respondiam a estímulos mecânico.

Avaliação do Comportamento Alimentar após exposição ao teste de tolerância à temperatura

Com o propósito de analisar o comportamento alimentar em peixes, após as 96 horas de exposição ao teste de temperatura, iniciou-se a avaliação do comportamento alimentar. Primeiramente, ajustou-se a temperatura em 25°C para todos os tratamentos respeitando a variação máxima de 1 °C por hora. Após 24 horas, quando todos os tratamentos alcançaram esta temperatura, iniciou-se o fornecimento de ração pó (50% de PB), *ad libidum*, a cada 12 horas. Foram realizadas duas alimentações (24 horas) como aclimatação, antes de iniciar a observação. Após a aclimatação foram realizadas e avaliadas mais quatro alimentações totalizando 48 horas de observação. Esta metodologia foi baseada (adaptada) em testes realizados por VOLPATO et al., (2013). Para a observação do comportamento alimentar dos peixes, logo após o fornecimento de ração, foi realizada a filmagem dos animais em cada tratamento por cinco minutos (300seg.) com câmera de vídeo e gravado para posterior análise.

Para a avaliação do comportamento, analisou-se a motivação alimentar baseada no tempo decorrido para o começo da alimentação, sendo esta cronometrada a partir da introdução do alimento até que o primeiro peixe fosse em direção ao alimento (na superfície) e o total de peixes que estava se alimentando (na superfície), ao final do tempo de filmagem de cinco minutos (300 seg.).

Análises estatísticas

Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Para os parâmetros de qualidade da água, foi realizada análise de variância ANOVA. Para a estimativa da temperatura letal inferior e superior (TL50), foi utilizado o programa PRIPROBIT, conforme metodologia proposta por SAKUMA, (1998). Para as análises comportamentais foi utilizado o Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (5%), por não apresentar homogeneidade de variância, portanto, não atender a uma das pressuposições da análise de variância.

RESULTADOS

A qualidade da água avaliada durante todo o período experimental, não diferiu significativamente dentre os diferentes tratamentos (Tabela 01).

Tabela 01: Médias ± Desvio de temperatura (T em °C), oxigênio dissolvido (O_2 em mg/L), potencial hidrogeniônico (pH) e amônia (NH_3 em mg/L) nos diferentes tratamentos de exposição a temperatura.

Tratamento	T	O2	pH	NH_3
T10	11,12±0,76	8,57±1,40	7,24±0,26	0,00
T15	15,11±0,74	8,93±0,80	7,20±0,28	0,00
T20	20,96±0,35	8,98±0,87	7,26±0,16	0,00
T25	25,85±0,28	8,84±1,07	7,14±0,22	0,00
T30	30,48±0,32	9,20±1,10	7,27±0,31	0,01
T35	34,05±0,21	8,48±0,90	7,47±0,29	0,02
T40	39,56±0,11	8,57±0,83	7,30±0,33	0,01

A mortalidade (%) de juvenis de Curimbatá, nos tratamentos a diferentes temperaturas em função do tempo de exposição está apresentada na Tabela 02. No tratamento T40 (39,56±0,11°C) houve 100% de mortalidade durante as 24 horas. Já no tratamento T10 (11,12±0,76°C) houve 100% de mortalidade durante as 36 horas. Os tratamentos T15 (15,11±0,74°C), T30 (30,48±0,32°C) e T35 (34,05±0,21°C) apresentaram 4,8, 1,6 e 3,2% de mortalidade respectivamente ao fim das 96 horas. Durante o estudo os juvenis de Curimbatá, nos tratamentos T20 (20,96±0,35 °C) e T25 - controle (25,85±0,28°C) não apresentaram mortalidade.

Tabela 02: Mortalidade (%) de Curimbatá *(Prochilodus lineatus)* em função do tempo de exposição aos tratamentos a diferentes temperaturas.

Tratamento	Temperatura(ºC)	MORTALIDADE (%)							
	Média ± DP	12h	24h	36h	48h	72h	84h	96h	Mortalidade Total
T10	11,12±0,76	23,3	6,6	70,0	-	-	-	-	100
T15	15,11±0,74	0,0	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	4,8
T20	20,96±0,35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
T25	25,85±0,28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
T30	30,48±0,32	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	1,6
T35	34,05±0,21	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6	0,0	3,2
T40	39,56±0,11	61,6	38,3	-	-	-	-	-	100

No presente estudo, foram calculadas a TL10, TL50, TL90 e TL99, em que 10, 50, 90 e 99% dos peixes apresentaram mortalidade. A TL50 inferior determinada foi de 13,80±1,14 em 36 horas e a TL50 superior determinada foi de 39,70±1,59 °C, em 12 horas, para juvenis de Curimbatá, conforme Tabela 03. Nos tempos de 12 e 24 horas, a temperatura letal inferior, a TL50, TL90 e TL99, em que 50, 90 e 99% dos peixes morreriam, foi calculada, porém estes

valores não estão dentro dos tratamentos avaliados no presente estudo. O mesmo ocorre no tempo de 12 horas na temperatura letal superior, na TL90 e TL99.

Tabela 03: Valores de Temperatura Letal Inferior (TLI) e Temperatura Letal Superior (TLS) em °C em que 10, 50, 90 e 99% de Mortalidade são observadas em função do tempo de exposição.

Tempo	**Mortalidade (%)**			
	Temperatura Letal Inferior (TLI)			
	TL10 (TL10%)	TL50 (TL50%)	TL90 (TL90%)	TL99 (TL99%)
12	10,40 ±1,01	9,46±0,97*	8,58±0,93*	7,92± 0,89*
24	10,56±1,02	9,62±0,98*	8,76±0,94*	8,11± 0,90*
36	14,50±1,16	13,80±1,14	13,14±1,11	12,60± 1,10
Tempo	Mortalidade (%)			
	Temperatura Letal Superior (TLS)			
	TL10 (TL10%)	TL50 (TL50%)	TL90(TL90%)	TL99(TL99%)
12	38,70±1,58	39,70±1,59	40,80±1,61*	41,70±1,62*

*Valores calculados pelo programa PRIPROBIT, porém estes não foram avaliados nos tratamentos.

Os resultados da avaliação do comportamento alimentar dos juvenis de Curimbatá após a exposição aos diferentes tratamentos de temperatura, estão demonstrados na Tabela 04. Os tratamentos T25 (25°C), T30 (30°C) e T35 (35°C) foram os que apresentaram menor tempo para que o primeiro peixe se deslocasse até a superfície em direção ao alimento, sendo 94, 94 e 88 segundos respectivamente e não diferiram estatisticamente entre si. No tratamento T20 (20°C) o tempo para o primeiro peixe chegar na ração foi de 185 segundos. Já no tratamento T15 (15°C), em nenhuma das observações os peixes se movimentoaram em direção a ração, assim como ao término da observação nenhum peixe estava na ração. Os tratamentos T25 (25°C), T30 (30°C) e T35 (35°C) apresentaram maiores porcentagens médias de peixes na ração ao fim das observações, sendo 11,03, 13,23 e 13,01%, respectivamente e não diferiram estatísticamente entre si. O tratamento T20 (20°C) foi semelhante estatísticamente ao T25 (25°C) e apresentou média de 7,81% de peixes se alimentando ao final das observações. Durante a filmagem foi possível observar maior movimentação dos peixes, com o aumento da temperatura, sendo que os peixes expostos a 15°C não apresentavam movimentação aparente.

Tabela 04: Média do tempo (em segundos) para o primeiro peixe chegar na ração e a % total de peixes na superfície com ração nos cinco minutos, durante a avaliação do comportamento alimentar dos juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*) em cada tratamento.

Tratamento (Temp. em °C)	**Tempo para o 1° peixe chegar na ração (seg.)**	**% total de peixes na ração ao fim do tempo (300seg.)****
15º*	300c	0,00c
20º	185b	7,81b
25º	94a	11,03ab
30º	94a	13,23a
35º	88a	13,01a

Teste de Kruskal-Wallis. Letras diferentes na coluna, representam diferença estatística. P<0,05 * T15 Nenhum peixe foi na ração no decorrer dos cinco minutos (300 segundos). **Valores são as porcentagens de peixes testados (n = 60) em cada combinação de tratamentos.

DISCUSSÃO

Os parâmetros avaliados nos diferentes tratamentos, oxigênio dissolvido (O_2 mg/L) e potencial hidrogeniônico (pH), e Amonia (NH3+NH4 em mg/L) encontravam-se dentro da faixa determinada como adequada para peixes de água doce (ARANA, 2004), não afetando a manutenção dos peixes.

No presente estudo, após a exposição nos diferentes tratamentos, observou-se 100% de mortalidade dos juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*) quando mantidos as temperaturas de 10 e 40°C, após 36 e 24 horas de exposição, desta forma tais temperaturas foram extremas para a espécie quando aclimatada a 25°C, demonstrando que os peixes não foram capazes de realizar ajustes metabólicos afim de se adaptar a estas temperaturas para manter o funcionamento adequado do organismo frente as alterações térmicas da água (BUDA et al., 1994; FERNANDES, Jr. et al., 2010).

Quando avaliamos a mortalidade do Curimbatá exposto a temperatura letal inferior (TLI) e Temperatura Letal Superior (TLS), verificou-se que os juvenis são tolerantes a uma faixa de temperatura que varia de 15 à 35°C e que a TL50 inferior foi de 13,08±1,14°C em 36 horas e TL50 superior de 39,7±1,59 °C em 12 horas. Tais achados, de amplitude de variação de temperatura, são superiores aos encontrados por OLIVEIRA et al., 2008, avaliando baixa e alta temperaturas de *Cardinal Tetra,* que encontraram valores de 19,6 e 33,7 °C, respectivamente. E inferiores ao encontrados para o peixe dourado, *Carassius auratus*, que podem tolerar uma faixa mais ampla de temperatura da água, de 0 a 41°C (FORT et al., 2005). Contudo, quando comparamos a TL50 do presente estudo com os resultados encontrados para tilápias (*Oreochromis niloticus*), faixa de tolerância térmica entre 10 e 38°C

(HARPAZ et al., 1999), observamos que esses resultados são muito semelhantes, o que destaca o potencial de Curimbatá para sua utilização em sistemas de cultivo.

Esta capacidade de adaptação a uma ampla variação de temperatura pode ser devido aos diferentes locais onde a espécie pode ser encontrada e a amplitude térmica a que esses animais estão expostos na natureza, observada, principalmente, nas diferentes estações do ano (MANESS e HUTCHINSON, 1980). Além disso, mudanças na temperatura podem induzir a capacidade de remodelação na composição lipídica das membranas (adaptação homeoviscosa) tornando-se um desafio para a manutenção das funções fisiológicas, para que não ocorram danos para o animal (HAZEL, 1995).

Sabe-se que a capacidade de adaptação a diferentes temperaturas também está associada a correta aclimatação dos peixes, uma vez que a realização de um período de adaptação adequado pode ampliar a variação térmica suportada por uma espécie. Em estudo com juvenis de jundiá, aclimatados a 16 e 31°C e expostos a temperaturas letais inferiores e superiores por 96 horas, realizado por Chippari Gomes, Gomes e Baldisserotto, (1999), os quais encontraram valores de temperatura letal inferior e superior de 7 e 36°C e TL50 de 8 e 34°C, respectivamente. Desta forma peixes mantidos por um longo período em baixas temperaturas são mais tolerantes ao frio e mais sensíveis ao calor, ou seja, as temperaturas letais irão diferir entre os peixes aclimatados ao frio e ao calor (BALDISSEROTTO, 2009). Ainda de acordo com Baldisserotto, (2009), a TL50 também pode variar com a estação do ano, com o estágio de desenvolvimento (estágio incial, mais sensível) e idade. Este mesmo autor, descreve como exemplo, exemplares de Walleye (*Sander vitreus)* de 2 a 4 meses (6 cm de comprimento) apresentaram temperatura letal superior de 34,1°C, enquanto exemplares de 12 a 16 meses (23 cm de comprimento), tem um valor de 31,6 ºC, ou seja, menor.

A maioria das espécies tropicais tem sua faixa de temperatura ideal de conforto térmico para o crescimento e reprodução entre 25-28°C. Temperaturas inferiores a 20°C afetam o metabolismo de peixes tropicais e temperaturas acima de 29°C em larvas de *Prochilodus Lineatus,* causam aumento significativo da mortalidade, diminuindo ou suspendendo o consumo de alimento (BALDISSEROTTO, 2009; FRASCÁ-SCORVO et al., 2001). Em tilápias, o conforto térmico está na faixa de 27 e 32°C e temperaturas entre 8 e 14°C são letais, sendo que esta amplitude térmica está relacionada a variações das condições ambientais, dos peixes e linhagem (KUBITZA, 2000). Allen et al., (2006), avaliando o crescimento de larvas de juvenis de Esturjão verde *(Acipenser medirostris),* em temperatura elevada, concluíram que temperaturas entre 19 e 24°C não afetaram negativamente os juvenis, com faixa de peso de 0,1 a 10g, corroborando com o resultado do presente estudo.

Experimentos de TL50 também auxiliam a encontrar o máximo e mínimo crítico (CTM) em que não há mortalidade. Tanto esta metodologia, quanto a Temperatura Letal Incipiente inferior e superior (ILT), são determinadas experimentalmente com organismos aclimatados a um nível de temperatura pré definido e envolvem tempo e temperatura como principais variáveis de teste, sendo que a principal diferença entre os dois métodos é que no CTM as temperaturas são modificadas linearmente, enquanto que no ILT são mantidas constantes (FRY et al (1946), FRY (1947), HART (1952) e BRETT (1944, 1952).

Barrionuevo e Fernandes, (1995), avaliaram os máximos e mínimos térmicos críticos (CTMax. e CTMin.) para Curimbatás *(Prochilodus scrofa)*, com peso médio de 19,5 ± 7,2 g, aclimatados a 25°C. Os autores encontraram valores de CTMáximo de 38,7 ºC e o CTMínimo 9,2 ºC, tais valores corroboram com os encontrados no presente estudo utilizando a metodologia do (ILT).

Em resposta a exposição a baixa temperaturas observam-se mudanças fisiológicas e comportamentais nos peixes as quais podem ser separadas em três fases: primária envolvendo o sistema neuroendócrino; secundária envolvendo mudanças hematológicas, osmorregulatórias enzimáticas e metabólicas do sangue; e a terciária incluindo inibição do crescimento, menor fecundidade, maior predisposição a doenças e mudanças comportamentais (MAZEAUD et al., 1977). Com relação ao comportamento podemos definir, basicamente, como toda e qualquer ação de um animal, seja considerando movimentos ou a ausência deles. Um conceito mais aprofundado, divide o comportamento em: componente motor, neural, ajuste de suporte e ajuste característico (TIMO-IARIA, 1985; BALDISSEROTTO et al., 2014) os quais envolvem não somente o deslocamento do animal até os alimentos, mas também todos os processos de ingestão, absorção, hormonais e neurais. Desta forma, para avaliar o comportamento, é preciso considerar muito mias além dos movimentos, pois são muitos os mecanismos envolvidos para que tal comportamento ocorra.

No presente estudo, a temperatura de 15°C, influenciou no comportamento de retorno alimentar dos peixes, sugerindo que se tal situação viesse a ocorrer na natureza, em condições semelhantes, poderia influenciar na readaptação do animal ao retorno da alimentação. O resultado do presente estudo, com relação ao comportamento alimentar após o período de exposição as diferentes temperaturas, corrobora com os valores relatados por Stoner et al., (2006). Estes autores, avaliando a temperatura e sua implicação na atividade e na motivação alimentar do *Alabote do Pacífico*, testaram temperaturas de 2 a 10°C com privações de alimentação curtas, médias e longas (variando de 1 a 14 dias). No estudo com *Alabote do Pacífico*, os autores relataram que a privação alimentar não afeta significativamente a

atividade, porém o comportamento está intimamente correlacionado com a temperatura, ou seja, com o aumento da temperatura, há o aumento da ingestão e a diminuição do tempo para o deslocamento até o alimento, o que corrobora com os resultados encontrados para Curimbatá. Além disso os mesmos autores, relatam que a atividade espontânea (movimentação) em 2°C foi zero e aumentou com o aumento da temperatura, o que também corrobora com o observado no presente estudo, ao qual os peixes expostos a 10 e 15°C também não apresentaram movimentação e esta aumentou conforme elevava-se a temperatura. Muitas espécies, quando no frio, ficam imóveis para reduzir o gasto energético (BALDISSEROTTO et al., 2014) e quando o peixe não consegue realizar a termorregulação, em casos de baixas temperaturas, pode ocorrer o torpor pelo frio, em função da dimunuição da taxa metabólica, que podem acarretar paralisia dos movimentos natatórios (BALDISSEROTTO, 2013).

De acordo com Malloy e Targett, 1991, a motivação alimentar é determinada pela quantidade de comida no estômago e pela dívida metabólica. Desta forma, a temperatura e o histórico de alimentação podem influenciar na fome, na busca pelo alimento e na intensidade alimentar (MADON, 2002). Como forma de adaptação, em situações de estresse, ocorrem mudanças fisiológicas nos peixes (FALCON et al., 2008) e quando ocorrem estas alterações, os peixes dimunuem ou cessam a ingestão de alimentos (BECKER et al., 2009).

Os resultados do presente estudo, com relação ao comportamento, corroboram com Stoner e Sturm, 2004, testando temperaturas de 2 a 8°C e privação alimentar de 1 a 6 dias, avaliaram a fome e motivação alimentar em Sablefish *(Anaplopoma fimbria)*, relataram que o consumo e a atividade dos peixes foram maiores com o aumento da temperatura e, o tempo para iniciar o consumo diminui com o aumento da temperatura. Além disso, Rocha Louerde et al. (2001), avaliaram *Oreochromis niloticus* (L.) e observaram que os peixes se alimentaram mais quando a temperatura da água estava mais quente (27°C) e Bucker et al., (1995), avaliando Enchova (*Pomatomus saltatrix*), observaram que o consumo alimentar aumentou com o aumento da temperatura (27°).

Vieira (2015), avaliando resposta ao estresse e mortalidade de Lambaris do Rabo Amarelo (*Astyanax bimaculatus*) expostos a baixas temperaturas, observaram que a temperatura de 7°C levou a permanência no fundo do aquário em estado letárgico e Guimarães e Stort Filho (2003), avaliando Matrinxã (*Brycon cephalus*), observaram comportamento semelhante, após 4 minutos de observação, quando expostos a temperatura de 12°C. Estes achados corroboram com o observado no presente estudo. Provavelmente os peixes não foram capazes de realizar

ajustes metabólicos necessários para se adaptaram as baixas temperatura, ocasionando redução no metabolismo dos peixes (BALDISSEROTTO, 2004).

CONCLUSÃO

As temperaturas 10°C e 40°C foram letais após 36 e 24 horas respectivamente, para juvenis de Curimbatá (*Prochilodus linatus*), com peso de 0,56±0,05g e tamanho de 1,93±3,25 cm. A TL50 inferior e superior foi de 13,80±1,14 e 39,70±1,59°C, nos tempos 36 e 12 horas, respectivamente. A avaliação do comportamento alimentar após a exposição as diferentes temperaturas demonstrou ter influência sobre o retorno da atividade dos peixes. Desta forma, a temperatura é um parâmetro que deve ser monitorado e controlado garantindo melhores resultados de produção da espécie, sendo que a faixa de temperatura recomendada no presente estudo é a de 25 a 30°C, uma vez que não afetou a sobrevivência e apresentou os melhores resultados levando em consideração o comportamento alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P.; NICHOLL, M.; COLE, S.et al. 2006. **Grow of larval to juvenile green sturgeon in elevated temperature regimes.** Trans. Am. Fish. Soc., v. 135, n.1, p. 89-96.

ARANA, Luis Vinatea. **Fundamentos de Aquicultura.** Florianópolis. Ed. da UFSC, 2004.

BALDISSEROTTO, Bernardo et al. **Tolerância de dourados e jundiás em níveis de amônia e oxigênio dissolvidos na água: aprimorando as criações em tanques.** 2004. Disponível em: <http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisa/0206-Dourados-jundias-niveis-de-amonia-e-oxigenio-agua.html>. Acesso em: 12 jan. 2018.

BALDISSEROTTO, Bernardo. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. 2 ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2009. 351p.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** 2.ed. Santa Maria, Ed UFSM, 2010, 608p.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia De Peixes Aplicada À Piscicultura.** 3. Ed. da UFSM, p.350, Santa Maria, 2013.

BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. 2014. **Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce**. Jaboticabal: FUNEP; UNESP. 336 p. :il.

BARBIERI, G.; SALLES, F. A.; CESTAROLLI, M. A.; TEIXEIRA-FILHO, A. T. **Estratégias reprodutivas do dourado, Salminus maxillosus e do curimbatá, Prochilodus lineatus no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de** Pirassununga. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v. 26, n. 2, p. 169-174, 2004.

BARRIONUEVO, W. R., FERNANDES, M. N. 1995. **Critical thermal maxima and minima for curimbata, Prochilodus scrofa Steindachner, of two different sizes.**

Becker, C. D.; Genoway, R. G., 1979. **Evaluation of the critical termal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish.** Environ. Biol. Fishes 4, 245–256.

BECKER, A. G.; GARCIA, L. de O.; KOCHHANN, D.; GONÇALVES, J. F.; LORO, V. L.; BALDISSEROTTO, B. **Dissolved oxygen and ammonia levels in water that affect plasma ionic content and gallbladder bile in silver catfish.** Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.6, p.1768-1773, set, 2009.

BRABO, Marcos Ferreira et al. **Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura.** Acta of Fisheries and Aquatic Resources, Acaraú-pa, v.1, n.9, p.50-58, jun. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/5457-15726-5-PB (1).pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

Brett, J. R. 1944. **Some lethal temperature relations of Algonquin Park fishes.** Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 52, Ontario Fish Res. Lab. Publ. 63: 1-49.

Brett, J. R. 1952. **Temperature tolerance in young Pacific salmon, genus Oncorhynchus.** J. Fish. Res. Board Can. 9:265-323. Californicus in relation to body size, water temperature and salinity. Mar. Ecol. Prog. Ser. 243, 235–249.

BUCKEL J. A.; STEINBERG N. D.; CONOVER D. O.**Effects of temperature, salinity, and fish size on growth and consumption of juvenile bluefish.** Journal of Fish Biology, 47, 696‑706, 1995.

BUDA, C.; DEY, I.; BALOGH, N.; HORVATH, L. I.; MADERSPACH, K.; JUHASZ, M.; YEO, Y.; FARKAS, T. **Structural order of membranes and composition of phospholipids in fish brain cells during thermal acclimatization.** Proc. Nati. Acad. Sci. USA Vol. 91, p. 8234-8238, August, 1994.

CHIPPARI GOMES, A. R.; GOMES, L.C.; BALDISSEROTTO, B. **Lethal temperatures for *Rhamdia quelen* fingerlings (*PIMELODIDAE*).** Journal of Applied Aquaculture, v.9, n.4, p.11-21, 1999.

CURRIE, R.J.; Bennett, W.A.; Beitinger, T.L. 1998**. Critical thermal minima and maxima of three freshwater game-fish species acclimated to constant temperatures.** Env. Biol. Fish, 51: 187-200. Departamento de Ciencias Fisiologicas. Universidade Federal de Sao Carlos, Sao Carlos. SP, Brasil. Aquaculture Research.1995, 26, 447-450.

EMBRAPA. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Editores técnicos RODRIGUES, A.P.O; LIMA, A.F; ALVES, A.L; ROSA, D.K; TORATI, L.S; SANTOS, V.R.V. Brasília, DF, 2013. 440p.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas pra a Alimentação e Agricultura**, 2014.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas pra a Alimentação e Agricultura**, 2016.

FALCON, D. R.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; SOLARTE, W. V. N.; GUIMARÃES, I.G. **Leucograma da tilápia-do-nilo arraçoada com dietas suplementadas com níveis de vitamina c e lipídeo submetidas a estresse por baixa temperatura.** Ciência Animal Brasileira, v. 9, n. 3, p. 543-551, jul./set. 2008.

FERNANDES JUNIOR, A. C.; PEZZATO, L. E.; GUIMARÃES, I. G.; TEIXEIRA, C. P.; KOCH, J. F. A.; BARROS, M. M. **Resposta hemática de tilápias-do-nilo alimentadas com dietas suplementadas com colina e submetidas a estímulo por baixa temperatura.** R. Bras. Zootec., v.39, n.8, p.1619-1625, 2010.

FORT, T.; Beitinger, T.L. 2005. **Temperature tolerance in the gold fish, Carassius auratus.** J. Thermal Biol. 30: 147–152.

FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; CARNEIRO, D. J.; MALHEIROS, E. B. 2001. **Comportamento alimentar do matrinxã (*Brycon cephalus*) no período de temperaturas mais baixas.** Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v. 27, n. 1, p.1-5.

FRY, F. E. J., J. S. Hart & N. F. Walker. 1946. **Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout, *Salvelinus fontinalis*.** Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 54, Ontario Fish. Res. Lab. Publ. 66: 9 -35.

FRY, F.E. J. 1947. **Effects of the environment on animal activity.** Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 55, Ontario Fish. Res. Lab. Publ. 68: 1 - 62.

GUIMARÃES, S. F.; STORTI FILHO A. **Preliminary observations on the effect of sudden changes of temperature on survival of young Matrinxã (**Brycon cephalus**) under laboratory conditions.** Acta Amaz. vol. 33 nº.4, Manaus Dec. 2003.

HARPAZ, S., Becker, K., Blum, R. **The effect of dietary L-carnitine supplementation on cold tolerance and growth of the ornamental cichlid fish Pelvicachromis pulcher-preliminary results.** J. Thermal Biol. 24: 57-62, 1999.

HART, J. S. 1952. **Geographic variations of some physiological and morphological characters in certain freshwater fish.** Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 60, Ontario Fish. Res. Lab. Publ. 72: 1-79.

HAZEL, J. R. **Thermal adaptation in biological membranes: Is Homeoviscous Adaptation the Explanation.** Annu. Rev. Physiol. 57: p. 19 - 42, 1995.

MANESS, J. D, HUTCHINSON, V. H. 1980. **Acute adjustment of thermal tolerance in vertebrate ectotherms following exposure to critical thermal máxima.** Journal of Fish Biology 5, 575-585.

JIAN, CY, Cheng SY, Chen J-C (2003) **Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, Acanthopagrus lotus, at diferente salinity and temperature levels.** Aquaculture Research.34:175-185.

KUBITZA, F. 2000. **Tilápia – Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial.** Jundiaí: Fernando Kubitza. 289p.

LUCAS, M.C., Barras, E. (2001). **Migration of freshwater fishes**. Malden: Blackwell Science.

Madon, S.P., 2002. **Ecophysiology of juvenile California halibut Paralichthys.**

Malloy, K.D., Targett, T.E., 1991. **Feeding, growth and survival of juvenile summer flounder Paralichthys dentatus: experimental analysis of the effects of temperature and salinity.** Mar. Ecol. Prog. Ser. 72, 213–223.

MAZEAUD, M. M.; MAZEAUD F.; DONALDSON E. M. 1977. **Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review.** Trans. Am. Fish. Soc., v. 106, 201 – 212.

MURGAS, L. D. S.; et al. **Eficiência Reprodutiva em Espécies Nativas de Piexes de Água Doce.** Ciencia Animal, v. 22, n. 1, p. 197–206, 2012.

OLIVEIRA, S.R.; SOUZA, R. T.Y.B.; NUNES, E.S.S.; CARVALHO, C.S.M.C.; MENEZES, G.C.; MARCON, J.L.; ROUBACH R.; AKIFUMI ONO, E; AFFONSO, E.G. **Tolerance to temperature, pH, ammonia and nitrite in cardinal tetra, Paracheirodon axelrodi, an amazonian ornamental fish.** Acta Amazonica, 2008, 38(4), 773–780.

PULGAR, J. M.; ALDANA, M.; BOZINOVIC, F. 2003. **Does food quality influence thermoregulatory behavior in the intertidal fish Girella laevifrons**. J. Therm. Biol., v. 28, p. 539-544.

ROCHA LOURES, B. T. R.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M.; SUSSEL, F. R.; POVH, J. A.; CAVICHIOLO, F. **Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo*, Oreochromi sniloticus (L.),* associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente.** Acta Scientiarum, v. 23, n. 4, p. 877-883, Maringá, 2001.

SAKUMA, M. **Probit analysis of preference data.** Applied Entomology and Zoology. Tokyo, v.33, n.3, p. 339-347, 1998.

SEBRAE. **AQUICULTURA NO BRASIL: Série estudos mercadológicos.** Brasília: Editoração eletrônica, 2015, 76p. Disponível em: www.bibliotecassebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf. Acessado em: 25/05/2017.

Stoner AW, Ottmar ML, Hurst TP (2006) **Temperature affects activity and feeding motivation in Pacific halibut: Implications for bait-dependent fishing.** Fish Res 81: 202–209.

Stoner, A.W., Sturm, E.A., 2004. **Temperature and hunger mediate sablefish (Anoplopoma fimbria) feeding motivation: implications for stock assessment.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61, 238–246.

TIMO-IARIA, C. 1985. **Fisiologia do sistema nervoso.** Páginas 22-300 in M.M. Aires, editora. Fisiologia Básica. 1 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil.

VIEIRA, Uyara Duarte. **Resposta de estresse e mortalidade em lambaris-do-rabo-amarelo (Astyanax altiparanae) submetido a redução da temperatura da água.** Dissertação de Mestrado. Viçosa, MG, 2015.

VOLPATO GL, Bovi TS, de Freitas RHA, da Sliva DF, Delicio HC, et al. (2013) **Red Light Stimulates Feeding Motivation in Fish but Does Not Improve Growth.** PLoS ONE 8(3): e59134. doi:10.1371/journal.pone.0059134.

WAICHMAN, A.V.; Pinheiro, M.; Marcon, J.L. 2001. **Water quality monitoring during the commercialization of amazonian ornamental fish.** In: Chao, L.N.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschein, L.; Tlusty, M. (Eds). Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin. Amazonia.

ZANIBONI FILHO, E.; WEINGARTNER, M. **Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 31, n. 3, p. 367–373, 2007.

MANUSCRITO II

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA EM JUVENIS DE CURIMBATÁ *(PROCHILODUS LINEATUS)*

ACUTE AMMONIA TOXICITY IN JUVENILE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

De acordo com normas para publicação em: Ciência Rural, WEBQUALIS B2 na área de Zootecnia.

MANUSCRITO II

TOXIDADE AGUDA DE AMÔNIA EM JUVENIS DE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

ACUTE AMMONIA TOXICITY IN JUVENILE CURIMBATÁ (*PROCHILODUS LINEATUS*)

Tais Inês ZUFFO[1], Monique Berticelli MORSELLI[1], Fernanda PICOLI[1], Diogo Luis de Alcantara LOPES [1 2], Sidinei FOLMANN[3], José Fernando KINAS[4]

[1] Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZOO/UDESC), Chapecó, SC, Brasil.
[2] Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/ CEO), Chapcó, SC, Brasil.
[3] Instituto Goio-en – Fundação Universitária do Desenvolvimento do Oeste (FUNDESTE).
[4] Graduação em Zootecnia (UDESC/ CEO), Chapecó, SC, Brasil.
Endereço para correspondência: PPGZOO/UDESC: Rua Beloni Trombeta Zanin, 680-E – Bairro Santo Antônio – Chapecó-SC CEP: 89.815-630 Fone: (49) 2049 9540 - Endereço eletrônico: taiszuffo@hotmail.com / diogolalzoo@hotmail.com

RESUMO

Na piscicultura os resíduos nitrogenados, em especial a amônia não ionizada tem sido enfoque constante de estudos, uma vez que esta se torna tóxica quando presente em altas concentrações nos sistemas de produção aquícola, afetando o desenvolvimento, crescimento e até podendo ocasionar a morte dos peixes. Desta forma, com o presente trabalho pretendeu-se determinar a dosagem letal e subletal da amônia não ionizável (NH3) para juvenis de Curimbatá Prochilodus lineatus, por meio de testes agudos com 96h de duração. Para isso 192 juvenis foram submetidos aos seguintes tratamentos (T1 – Controle 0,00; T2 – 0,75±0,39mg/L; T3 1,14± 0,63 mg/L; T4 - 1,47±0,43 mg/L; T5 – 1,82±0,43mg/L e T6 – 2,21±0,49mg/L), com quatro repetições cada. Os resultados sanguíneos para lactato não tiveram diferença significativa entre os tratamentos. Os juvenis de Curimbatá (Prochilodus lineatus) são sensíveis a amônia não ionizada sendo que esta pode causar mortalidade de 50 porcento da população (CL50) em 96 horas quando mantidos em concentração de 0,62 mg/L de NH3, e a CL10 (mortalidade de 10%) em 24 horas quando mantidos em 0,93 mg/L de NH3. Além disso, a avaliação histopatológica das brânquias demonstrou-se eficiente para avaliar os efeitos de concentrações agudas de amônia, as quais a partir da concentração 0,75mg/L causou alterações histológicas irreversíveis. Desta forma, para evitar problemas durante a produção de curimbatá de 1,21 ± 0,27 gramas recomenda-se concentrações menores que 0,62 mg/L, sinalizando que este composto deve ser monitorado e controlado nos sistemas de produção afim de evitar maiores problemas.

Palavras-chave: Fisiologia; Histopatologia; Parâmetros de qualidade da água; Piscicultura;

ABSTRACT

In fish farming, nitrogenous waste, especially non-ionized ammonia, has been a frequent focus of studies, since it becomes toxic at high concentrations in aquaculture production systems, affecting growth and development and causing fish death. Therefore, in the present study, we aimed to determine the lethal and sublethal dosages of non-ionizable ammonia (NH_3) for juvenile Curimbatá (*Prochilodus lineatus*), using acute tests lasting 96 hours. We subjected 192 juveniles to the following treatments (T1 – Control 0.00 mg/L; T2 – 0.75 ± 0.39 mg/L; T3 – 1.14 ± 0.63 mg/L; T4 – 1.47 ± 0.43 mg/L; T5 – 1.82 ± 0.43 mg/L; and T6 – 2.21 ± 0.49 mg/L), with four replicates each. Blood lactate levels did not differ significantly between treatments. Juvenile curimbatás are sensitive to non-ionized ammonia, with 50% mortality (LC50) at 96 h occurring when maintained at 0.62 mg/L of NH_3, and LC10 (10% mortality) at 24 h when maintained at 0.93 mg/L of NH_3. Furthermore, histopathological evaluation of the gills demonstrated the effects of acute concentrations of ammonia, which from 0.75 mg/L caused irreversible histological alterations. To avoid problems during the production of curimbatá weighing 1.21 ± 0.27 grams, NH_3 concentrations lower than 0.62 mg/L are recommended. These data suggest that NH_3 levels must be monitored and controlled in production systems in order to avoid major problems.

Keywords: physiology; histopathology; water quality parameters; pisciculture.

INTRODUÇÃO

A pisicicultura, em termos mundiais, ocupa o primeiro lugar em produção se comparada com as demais atividades, da aquicultura, como o cultivo de moluscos e crustáceos FAO (2014). Com relação as espécies de peixes produzidas no Brasil, de acordo com o Sebrae (2015), as tilápias ocupam a primeira posição das espécies mais produzidas, a qual juntamente com o grupo dos peixes redondos, em que incluem o tambaqui, tambacu, pacu e tambatinga, representam 83% da produção nacional. Estes mesmos autores destacam que o Curimbatá (*Prochilodus lineatus*), espécie nativa brasileira, ocupa a 9ª posição neste ranking.

O Curimbatá, também conhecido por, curimatã, curimba ou papa-terra, pertence à família Prochilodontidae, que significa família que possui dentes (diminutos) na frente como característica marcante, apresenta corpo fusiforme e comprido, com escamas relativamente grandes e hábito alimentar detritívoro (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

Segundo Santos, (2014) esta espécie apresenta grande importância ecológica e ambiental, desempenhando papel importante no seu habitat natural. Além de atuar como alicerce servindo com base da cadeia alimentar de espécies carnívoras, o Curimbatá usufrui de restos orgânicos acumulados no fundo dos rios e viveiros como fonte alimentar, diminuindo a deposição de matéria orgânica e focos anaeróbicos, os quais podem liberar gases tóxicos, prejudicando seriamente a qualidade da água, desta forma, sua extinção pode ocasionar grandes danos ao meio ambiente. Ainda de acordo com o mesmo autor, em ambiente de cultivo, o Curimbatá tem se destacado como uma alternativa em sistemas de policultivo, pois devido ao seu hábito alimentar usufrui do resíduo de outras espécies o que diminui os custos com alimentação.

Vale destacar que o Curimbatá é uma espécie reofílica, que necessita realizar a piracema para que ocorra sua reprodução, desta forma a construção de usinas hidroelétricas tem prejudicado a manutenção dos estoques naturais desta espécie, o que tem estimulados sua reprodução em cativeiro por programas de repovoamento (BARBIERI et al., 2004). Para minimizar este problema, deve-se realizar estudos com o propósito de viabilizar a produção destas espécies nativas em larga escala (BOSCOLO et al., 2011; SOLIS-MURGAS et al., 2011; IMBIRIBA, 2001).

Entretanto, para que isso seja possível é necessário conhecer melhor a sensibilidade destas espécies as variáveis de qualidade de água, dando ênfase aos resíduos nitrogenados.

Uma vez que, nos sistemas de criação de peixes, o acúmulo destes compostos ocorre devido ao incremento de matéria orgânica oriunda de resíduos orgânico e inorgânicos, restos de rações e escretas dos peixes **(**PEREIRA; MERCANTE, 2005). Entre os compostos nitrogenados a amônia pode ser encontrada na forma ionizada (NH_4^+) e a não ionizada (NH_3), sendo que a não ionizada é toxica e é um limitante de produção que pode diminuir a sobrevivência e crescimento dos peixes (MARTINEZ et al., 2006) e acarretar lesões teciduais ou até mesmo a morte dos animais (LEASE et al., 2003). Neste setido, para viabilizar a produção de peixes em cativeiro, a determinação de toxidade dos compostos nitrogenados tem sido enfoque de diversos autores (MEDEIROS et al., 2015; BENLI; KÖKSAL, 2005; PIEDRAS et al., 2006).

Para tanto, com o presente estudo pretende-se determinar as concentrações letais e subletais de amônia não ionizada para juvenis de Curimbatá, bem como avaliar os efeitos histopatológicos dessas concentrações sobre as brânquias.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de desenvolvimento do estudo

O estudo foi conduzido na Universidade do Estado de Santa Catariana, UDESC Oeste, localizada no município de Chapecó e no instituto Goio-en, (organização de estudos, pesquisa, desenvolvimento e serviços, sem fins lucrativos), mantido pela FUNDESTE (Fundação Universitária do Desenvolvimento do Oeste), localizado no município de Águas de Chapecó, em parceria desenvolvida e firmada por convênio de cooperação técnico-científico.

Origem dos Peixes

Os juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, provenientes do Instituto Goio-en, foram produzidos durante o período reprodutivo de 2018 (outubro de 2017 a fevereiro de 2018). Estes, foram mantidos em tanques de larvicultura, recebendo como alimentação, nas primeiras 24 horas artêmia e após isso alimentados com ração comercial pó, com 50% de Proteína Bruta, três vezes ao dia, até completar cinco dias de vida, em seguida foram transferidos para tanques de alvenaria até completar aproximadamente 30 dias de vida, recebendo a mesma dieta três vezes ao dia.

Delineamento Experimental

Para o estudo, os juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)* com idade aproximada de 30 dias, foram transferidos para tanques de fibra com capacidade de 400 L durante um período de 24 horas, para realizar a aclimatação com temperatura de 25ºC e realização de jejum de 12 horas. Após, foi realizada a biometria inicial para determinar o peso e comprimento, com balança analítica e parquímetro digital e em seguida foram transferidos para as unidades experimentais onde foram submetidos aos tratamentos.

Para determinar as concentrações letais e subletais da amônia não ionzada (NH_3), foi realizado um experimento de toxidade aguda a amônia por um período de 96h no qual foram avaliados seis tratamentos de NH_3 (T1 – Controle 0,00; T2 – 0,75±0,39mg/L; T3 1,14± 0,63 mg/L; T4 - 1,47±0,43 mg/L; T5 – 1,82±0,43mg/L e T6 – 2,21±0,49mg/L), com quatro repetições cada. Os juvenis com peso médio de 1,21 ± 0,27 g e comprimento de 4,31 ± 0,34 cm, foram mantidos em recipientes com capacidade de 6 L de água, em sistema sem renovação de água e com aeração constante. Em cada unidade experimental foram utilizados 8 juvenis, totalizando 192 juvenis.

Parâmetros de qualidade da água e mortalidade

Para atingir as concentrações propostas, foi elaborada uma solução estoque contendo aproximadamente 100.000 mg/L de cloreto de amônia (NH_4CL, Dinâmica – química contemporânea LTDA) a qual foi utilizada para elaborar as respectivas concentrações propostas para o estudo levando em consideração a oscilação da temperatura (24,42±2,7) e do pH (7,66±0,07) ao longo do período experimental. Esta solução foi preparada a partir da diluição de 100g de cloreto de amônia em um litro de água destilada. Para determinar a concentração de amônia na água, foram utilizados métodos analíticos que fornecem o valor da soma das formas NH_3 e NH_4, ou seja, indicam a concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) (HARGREAVES; TUCKER, 2004). A concentração de NH_3 é determinada pela aplicação dos valores de NAT, pH e temperatura da água à Fórmula de Emerson et al. (1975) (EL-SHAFAI *et al*., 2004). Para manter e ajustar os valores de amônia propostos no estudo 75% da água foi renovada a cada 24 horas. Os parâmetros de qualidade da água, ao longo do estudo foram analisados a cada 12 horas. Os dados de qualidade da água são apresentados como Média ± Desvio Padrão

Foram estimadas ao longo do estudo, as concentrações medianas letais (CL50 – Concentração Letal em que 50% dos peixes morrem) para 24, 48, 72, e 96 horas de exposição a este composto. A cada 12 horas foi verificado a mortalidade em cada tratamento, sendo considerados mortos e retirados dos tanques, os juvenis sem nenhum movimento opercular e que não respondiam a estímulos mecânicos.

Análise Sanguínea e histopatológica

Para as análises sanguíneas e histopatológicas os peixes foram amostrados aleatoriamente, anestesiados em solução de Eugenol (300 ppm) para a coleta de sangue e em seguida, eutanasiados para posterior coleta de tecidos.

A coleta de sangue foi realizada no início (cinco animais, amostra inicial) e no final (três animais por repetição) do estudo, através do corte do pedúnculo caudal dos juvenis. Com o auxílio do aparelho "Accutrend Plus Roche Aparelho Monitor" foi determinado o nível de lactato.

As análises histopatológicas foram realizadas para avaliar as brânquias dos juvenis de Curimbatá. Para isso, três juvenis de cada repetição, foram anestesiados submetidos à eutanásia e em seguida realizado a ruptura da coluna vertebral e retirada das brânquias.

As amostras foram fixadas em Bouin líquido por 12 horas e depois tranferidas para álcool 70%. Em seguida, foram realizados banhos de 30 minutos em série crescente de álcool (70 %, 80%, 90% e 100%) e foram desidratado em xilol para inclusão de parafina. Secções (largura 3 μm) foram preparadas com um microtomo (YIDI, YD 315), coradas com hematoxilina e eosina e as lâminas analisadas usando microscópio óptico. As imagens digitais foram obtidas utilizando microscópio acoplado a uma câmera digital (programa IS CAPTURE).

Foram qualificadas e quantificadas, para as análises histopatológicas das brânquias, as seguintes patologias: Hiperplasia, aumento e redução do espaço interlamelar secundário, deformação da lamela primária, produção excessiva de muco, aneurisma, fusão lamelar, ruptura celular, dilatação do eixo vascular, edema, tecido muscular, redução da lamela secundária, destruição do epitélio lamelar, deleção do epitélio lamelar secundário, espessamento lamelar, deleção do epitélio lamelar primário, destacamento do epitélio, união e filamentos. Foram utilizados para a análise, oito campos por animal (oito fotos/peixe), sendo que se a patologia estivesse presente em pelo menos um dos campos visualizados, esta era considerada presente no animal.

Para avaliar a presença de alterações histopatológicas das brânquias, foram verificados, em cada organismo, de forma semi-quantitativa utilizando *o Degree of Tissue Change* (Alteração Degradativa do Tecido – DTC), o qual foi baseado na severidade das lesões. No cálculo do DTC, segundo POLËKSIC e MITROVIC-TUTUNDZIC (1994), as alterações são classificadas em estágios progressivos para cada tecido, que vão de I a III. As alterações do estágio I são consideradas leves, as quais não alteram a função do tecido, as alterações do estágio II são moderadas e alteram parcialmente a função do tecido, já as alterações do estágio III são severas e alteram totalmente a função do tecido. Para o cálculo do valor do DTC em cada animal foi utilizado a seguinte fórmula: DTC = (1 x SI) + (10 x SII) + (100 x SIII), sendo I, II e II o número de alterações dos estágios I, II e III respectivamente.

Análises estatísticas

Para a estimativa das concentrações letais (CL50) foi utilizado o programa PRIPROBIT conforme metodologia proposta por SAKUMA, (1998). Os valores observados foram apresentados graficamente em percentual de morte dos juvenis de Curimbatá *Prochilodus spp.*. Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os dados obtidos do lactato foram submetidos a teste de normalidade de resíduos e posteriormente a análise de variância. Quando detectada diferença significativa foi utilizado o teste de Tukey (5%) para a comparação das médias. Para a análise da avaliação de gravidade das lesões (estágios) foi realizada análise não paramétrica, utilizando-se o Teste de Kruskal-Wallis (5%), por não apresentar homogeneidade de variância, portanto, não atender a uma das pressuposições da análise de variância.

RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade da água, temperatura, pH e amônia não ionizada, avaliados durante o período experimental, estão demostrados na Figura 01. Ao longo do estudo, foram observadas variações da temperatura e do pH, mas estes parâmetros não apresentaram diferença estatística. A cada 24 horas, foram ajustadas as concentrações de amônia não ionizada entre os tratamentos levando em consideração a temperatura e o pH da água. A

média e o desvio padrão da temperatura, pH e oxigênio, foram de 24,42±2,7°C, 7,66±0,07 e 7,7±0,45 mg/L, respectivamente.

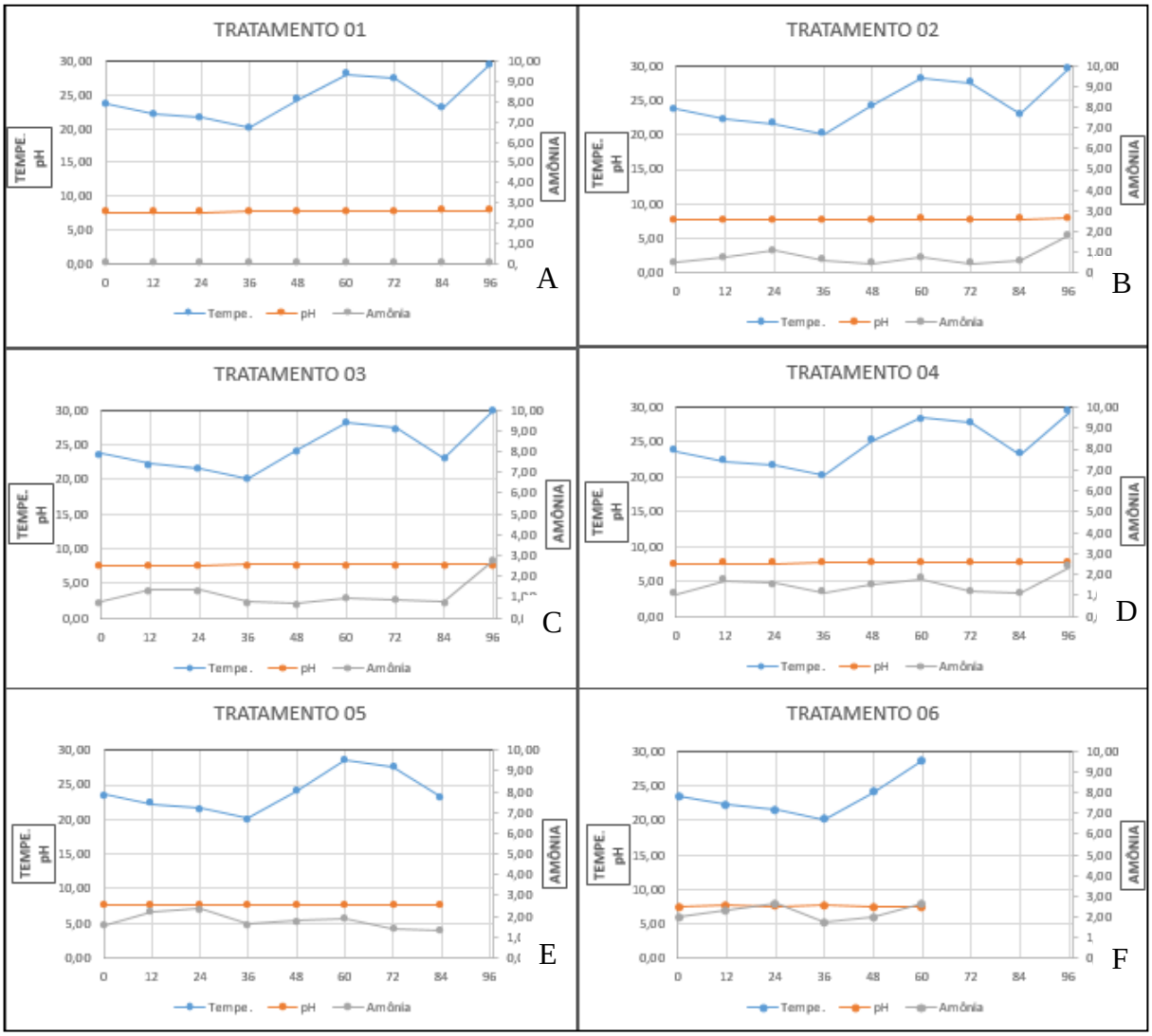


Figura 01- Variação da temperatura (ºC), pH e amônia não ionizada (NH_3) no tratamento T1 – Controle 0,00 mg/L (A); T2 – 0,75±0,39mg/L L (B); T3 – 1,14± 0,63 mg/L (C); T4 – 1,47±0,43 mg/L (D); T5 – 1,82±0,43mg/L (E) e T6 – 2,21±0,49mg/L (F) ao longo do período experimental.

A mortalidade (%) de juvenis de Curimbatá, nos diferentes tratamentos de amônia em função do tempo de exposição, está apresentada na Tabela 01. Nos tratamentos T6 (2,21±0,49mg/L) e T5 (1,82±0,43mg/L) houve 100% de mortalidade durante as 72 e 84 horas, respectivamente. Os tratamentos T4 (1,47±0,43), T3 (1,14±0,63), T2 (0,75±0,39) e T1 (0,00), apresentaram 74,5, 63,5, 28,7 e 12,4% de mortalidade, respectivamente, ao fim das 96 horas de exposição.

Tabela 01: Mortalidade (%) de Curimbatá *(Prochilodus lineatus)* em função do tempo de exposição as diferentes concentrações de amônia.

Concentraçãode amônia (mg/L)	**MORTALIDADE %**						
	12 h	**24 h**	**36 h**	**48 h**	**72 h**	**84 h**	**96 h**
T1 – 0,00	0	6,2	0,0	3,1	0,0	3,1	0,0
T2 – 0,75±0,39	10	15,6	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
T3 – 1,14±0,63	6,2	10	10	6,2	18,7	3,1	9,3
T4 – 1,47±0,43	12,5	9,3	15,5	12,5	9,3	6,2	9,3
T5 – 1,82±0,43	12,5	21,9	12,5	12,5	31,2	9,3	-
T6 – 2,21±0,49	21,9	28,1	12,5	12,5	25	-	-

No presente estudo, os valores de CL50 (NH_3) para juvenis de Curimbatá estão apresentados na Figura 02. É possível observar que quanto maior concentração da amônia não ionizada (mg/L), menor é o tempo de exposição para a mortalidade de 50% dos peixes. A concentração de 2,14 mg/L de amônia não ionizada a CL50 ocorreu às 36 horas de exposição. Porém, se tivermos uma concentração de 0,62 mg/L de amônia não ionizada a CL50 ocorre em 96 horas de exposição.

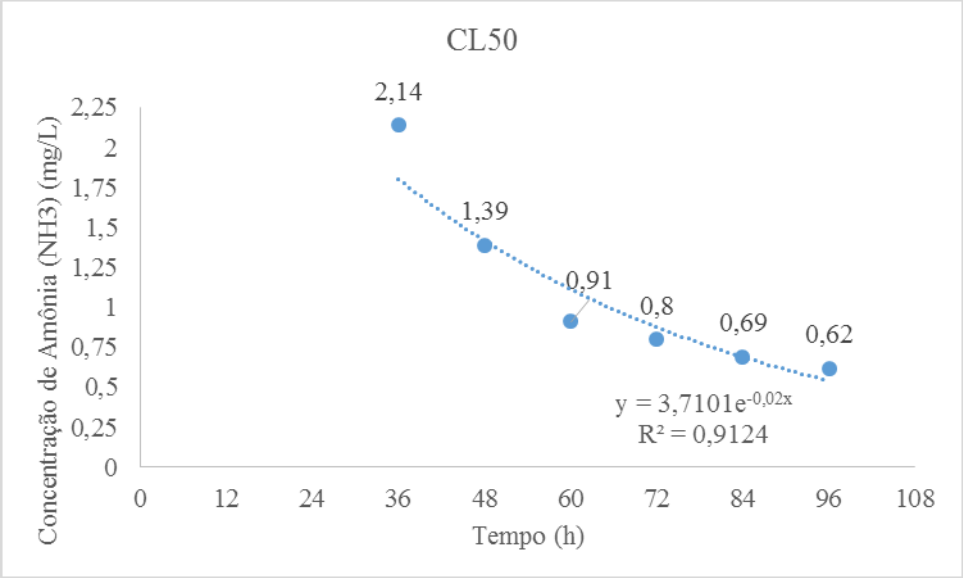


Figura 02- Variação da concentração letal CL50 de juvenis de Curimbatá conforme a concentração de amônia não ionizada utilizada NH_3 (mg/L) e o tempo de exposição (horas).

Foi estabelecido, no presente estudo, a CL10 (onde ocorre 10% de mortalidade) de 0,93 mg/L de amônia não ionizada para 12 horas e de 0,24 mg/L de amônia não ionizada para 24 horas.

No presente estudo, apesar de ser observado mortalidade dos peixes devido a exposição aos tratamentos, os valores de lactato no início do estudo e após a exposição nas

diferentes concentrações de amônia não ionizada, os quais foram de 3,35 ± 0,47mmol/L para o período inicial e 3,60 ± 0,63mmol/L para o período final, não diferiram estatisticamente entre si (p>0,05).

As análises histopatológicas classificadas e quantificadas em cada estágios (I, II e III) de acordo com a severidade das lesões, estão demostradas na Tabela 02. No estágio I, a deformação da lamela primária foi a que apresentou maior ocorrência (62,42%). No estágio II e III, as alterações a dilatação do eixo vascular e o espessamento lamelar apresentaram maior média (38,08 e 30,67%), respectivamente. Constatou-se, nos grupos tratados, que quanto maior a concentração de amônia, maiores foram as frequências de aparecimento (%) das diferentes lesões. O tratamento com 1,47 mg/L (T4), apresentou maiores valores em todas as lesões se comparado ao tratamento controle 0,0 mg/L (T1).

Tabela 02: Alterações histopatológicas, divididas nos estágios (I, II e III), média geral e de cada tratamento (%), das alterações nas brânquias de juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*), expostos aos tratamentos de concentração de amônia.

Estágio **	**Histopatologias**	**Média (%)**	**Concentração de amônia(mg/L)***				
			T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
I	Hiperplasia	37,7	0	12,0	25,0	45,3	**68,3**
	Aumento do espaço interlamelar secundário	55,2	0	31,6	49,3	61,7	**78,0**
	Deformação da lamela primária	62,4	0	42,6	53,6	68,3	**85,0**
	Produção excessiva muco	0,0	0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
	Redução do espaço interlamelar secundário	27,8	0	0,0	17,3	37,7	**56,3**
II	Aneurisma	21,7	0	0,0	0,0	31,3	**55,6**
	Fusão lamelar	33,1	0	0,0	27,6	43,0	**61,6**
	Ruptura celular	0,0	0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
	Dilatação do eixo vascular	38,1	0	16,6	31,6	44,7	**59,3**
	Edema	0,0	0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
	Tecido muscular	0,0	0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
III	Redução da lamela secundária	19,0	0	0,0	0,0	28,3	**47,6**
	Destruição do epitélio lamelar	28,0	0	0,0	19,6	38,7	**53,6**
	Deleção do epitélio lamelar secundário	28,7	0	0,0	22,6	37,7	**54,3**
	Espessamento lamelar	30,7	0	0,0	29,0	42,3	**51,3**
	Deleção do epitélio lamelar primário	12,5	0	0,0	0,0	18,3	**31,6**
	Destacamento de epitélio	14,8	0	0,0	7,3	19,3	**32,6**
	União de filamentos	10,2	0	0,0	0,0	15,0	**26,0**

*Tratamento (mg/L): T0 Inicial: 0,00; T1:0,00; T2: 0,75; T3: 1,14 e T4: 1,47** Estágio I – Alterações Leves, Estágio II – Alterações Moderadas e Estágio III – Alterações Severas.

Em cada tratamento foi realizado a média dos diferentes estágios de gravidade das lesões, os quais apresentaram diferença significativa (p=0,008), (Tabela 03). Conforme houve aumento na concentração de amônia (T4 - 1,47±0,43mg/L), maiores foram as médias nos diferentes estágios, ou seja, o tratamento T4, apresentou maiores médias nos estágios I, II e II. O tratamento T0 (inicial), o qual os animais foram avaliados antes do início do experimento e sem ter passado por qualquer tratamento ou manejo, não apresentou lesões. Porém o tratamento T1, o qual foi o tratamento controle (0,00mg/L), apresentou lesões nos estágios I e II com médias de 86,33 e 16,67, respectivamente.

Tabela 03: Médias das alterações histopatológicas (estágios I, II e III) das brânquias de Juvenis de Curimbatá nos diferentes tratamentos.

Tratamentos*	**Estágios** (médias)**		
	I	**II**	**III**
T0	0,00a	0,00a	0,00a
T1	86,33b	16,67b	0,00b
T2	145,33c	59,33c	71,33c
T3	213,00d	119,00d	165,33d
T4	287,67e	176,67e	176,67e

Teste de Kruskal-Wallis. Letras diferentes na coluna, representam diferença estatística. P = 0,008. *T4 – 1,47±0,43; T3 – 1,14±0,63; T2 – 0,75±0,39; T1 – 0,00 e T0 – Inicial. **Estágio I – Alterações Leves, Estágio II – Alterações Moderadas e Estágio III – Alterações Severas.

A estrutura geral das brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*), do grupo controle inicial, o qual os animais não foram expostos aos tratamentos de amônia e nem ao estresse de manejo, apresentou-se com distribuição normal dos constituintes celulares e padrão de organização das lamelas primárias e secundárias (Figura 03).

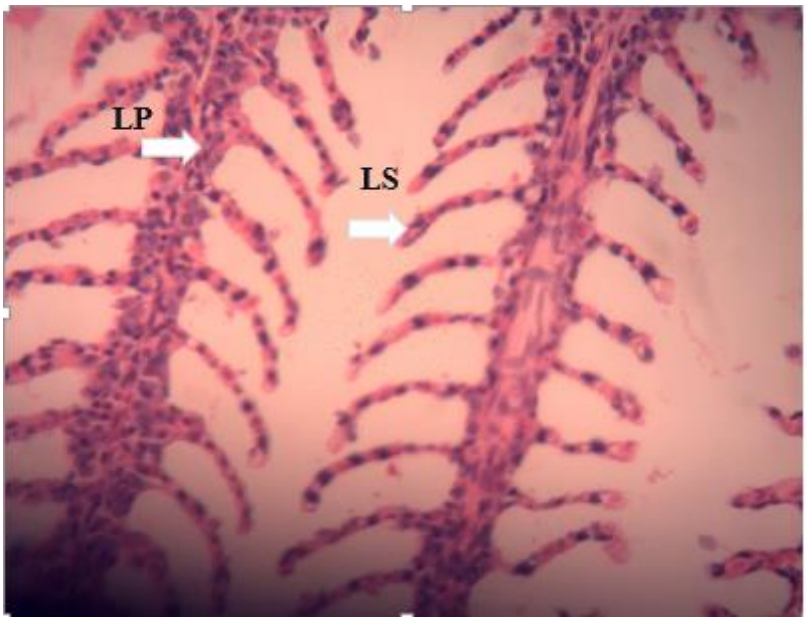


Figura 03: Fotomicrografia da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)* do grupo controle inicial – T0 – inicial. LP – Lamela primária, LS – Lamela Secundária. Coloração (HE), aumento de 40X.

No presente estudo, foram encontradas, nos animais submetidos aos diferentes níveis de amônia (T1 a T4), as seguintes alterações nas brânquias: hiperplasia, aumento e redução do espaço interlamelar secundário, deformação da lamela primária, aneurisma, fusão lamelar, dilatação do eixo vascular, redução da lamela secundária, destruição do epitélio lamelar, deleção do epitélio lamelar primário e secundário, espessamento lamelar, destacamento do epitélio, união de filamentos (Figura 04, 05, 06 e 07).

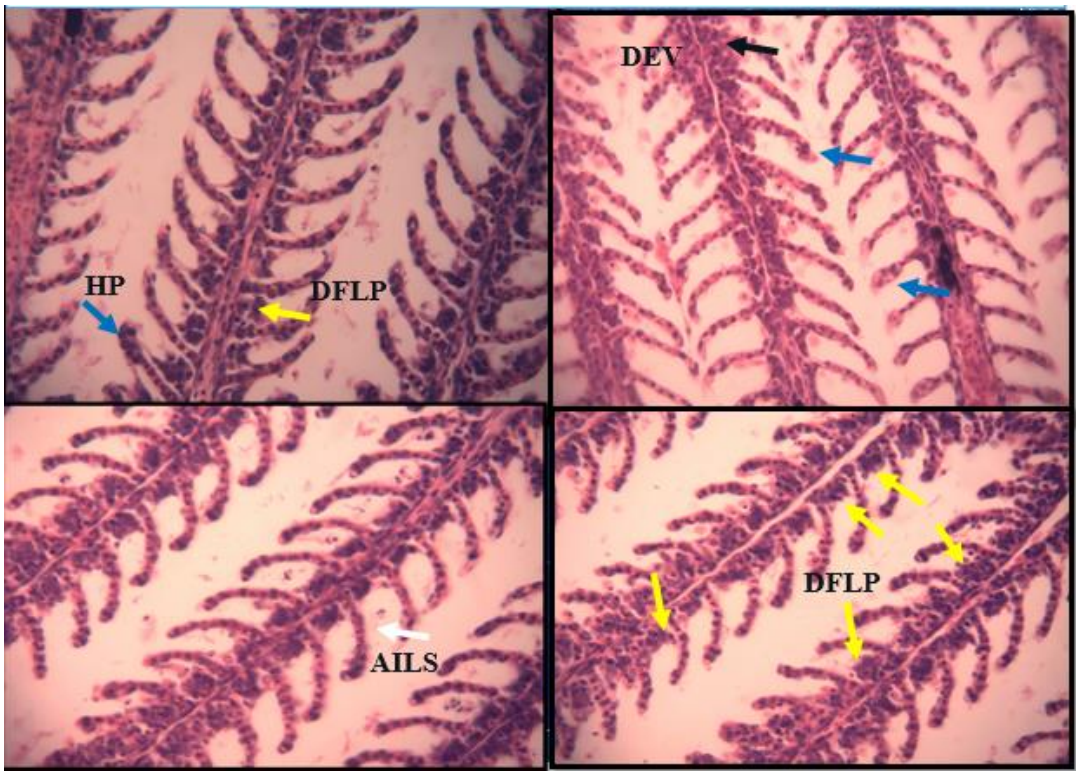


Figura 04: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, do grupo controle T1 (0,00 mg/L) de amônia não ionizada, após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas pretas); AILS: aumento do espaço interlamelar secundário (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (setas amarelas). Coloração (HE), aumento de 40X.

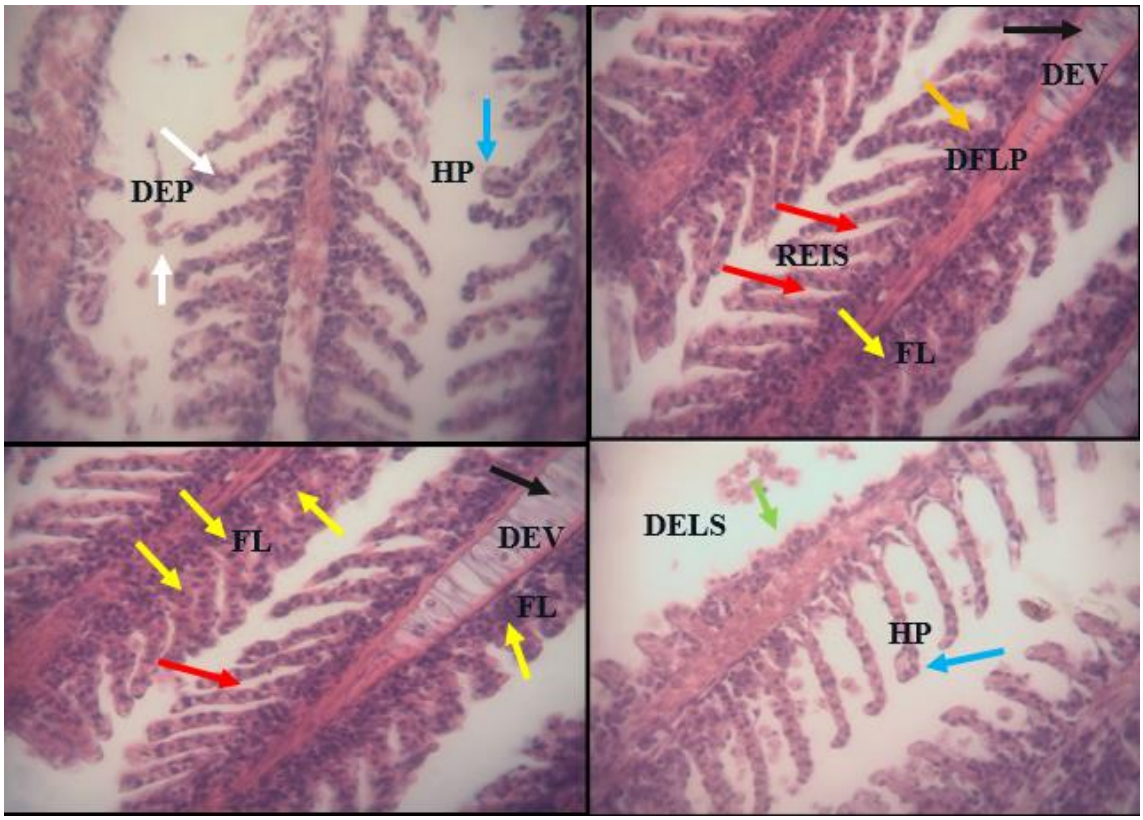


Figura 05: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 0,75 mg/L de amônia não ionizada (T2), após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas pretas); DEP: destacamento de epitélio (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (seta laranja); FL: fusão lamelar (setas amarelas); REIS: redução do espaço interlamelar secundário (setas vermelhas); DELS: deleção do epitélio lamelar secundário (seta verde). Coloração (HE), aumento de 40X.

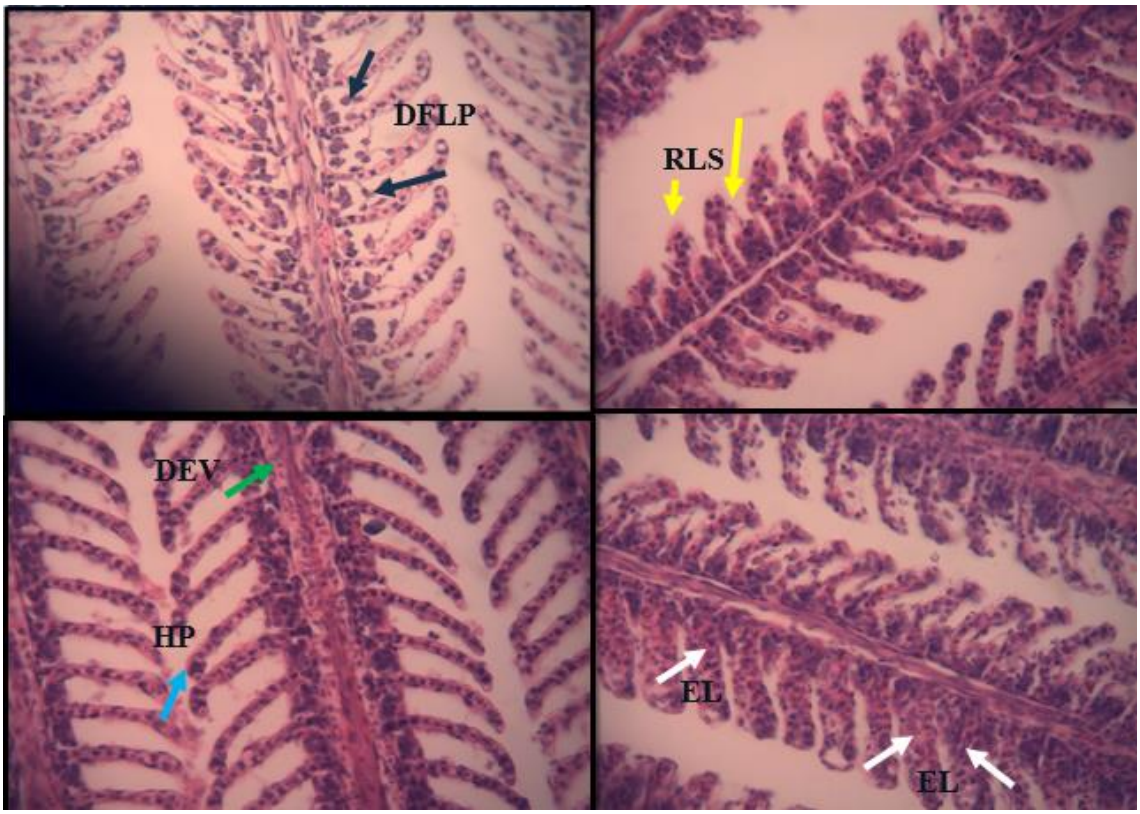


Figura 06: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 1,14 mg/L de amônia não ionizada (T3), após 96 horas de exposição. HP: hiperplasia (setas azuis); DEV: dilatação do eixo vascular (setas verdes); DFLP: deformação da lamela primária (seta preta); EL: espessamento lamelar (setas branca); RLS: redução da lamela secundária (setas amarelas); Coloração (HE), aumento de 40X.

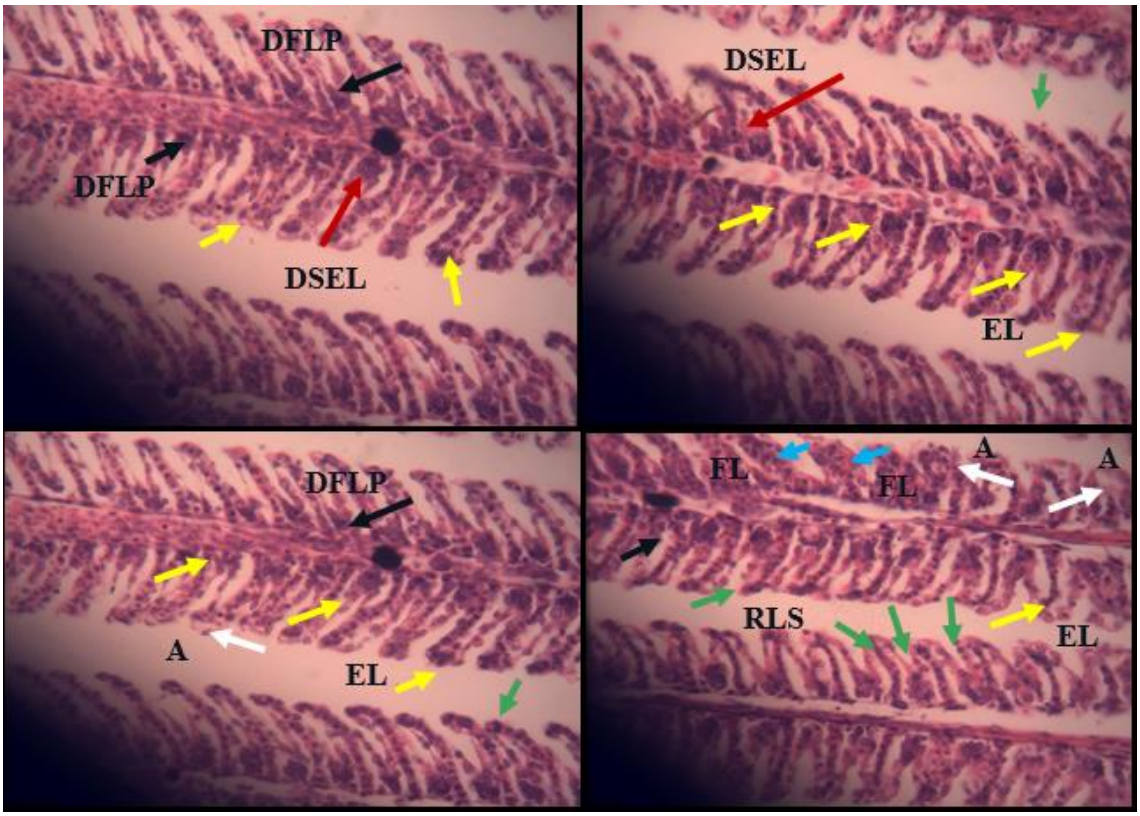


Figura 07: Fotomicrografias da organização estrutural dos filamentos brânquias de Curimbatá (*Prochilodus lineatus)*, expostos a concentração 1,47 mg/L de amônia não ionizada (T4), após 96 horas de exposição. A: aneurisma (setas brancas); DFLP: deformação da lamela primária (seta pretas); FL: fusão lamelar (setas azuis); DSEL: destruição do epitélio lamelar primário (setas vermelhas); EL: espessamento lamelar (setas amarelas); RLS: redução da lamela secundária (setas verdes). Coloração (HE), aumento de 40X.

DISCUSSÃO

O Curimbatá é uma espécie ectotérmica, a qual apresenta o seu desenvolvimento adequado sobre uma variação de temperatura entre 20 a 30 °C, tolerando pH entre 7,0 a 8,0 (BALDISSEROTTO, 2010; LUSTOSA et al. 2016; SANTOS, 2014). Com relação aos valores encontrados, durante o presente estudo, para a temperatura, pH e oxigênio, de 24,42±2,7°C, 7,66±0,07 e 7,7±0,45 mg/L, respectivamente, não foram constatados problemas relacionados a manutenção do Curimbatá (ARANA, 2004; BALDISSEROTTO, 2010). O equilíbrio entre a amônia não ionizável (tóxica) e a ionizável é dependente do pH e da temperatura (THURSTON, RUSSO e VINOGRADOV, 1981). No presente estudo, mesmo sendo observadas variações no pH e temperatura ao longo do estudo, estas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos.

Observa-se, no presente estudo, que quanto maior a concentração da amônia não ionizada, menor é o tempo necessário para que a mortalidade de 50% dos peixes ocorra CL50). Tal resultado, corrobora com o observado por diversos autores, avaliando diferentes doses de amônia não ionizada para distintas espécies (CAVERO et al., 2004; PIEDRAS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2015).

De acordo com Miron et al. (2011), a concentração de 0,2 mg/L de amônia não ionizada, para jundiás (11,4± 0,18 gramas), ocasionou 23% de mortalidade após 20 dias de exposição. Moreira et al. (2001), avaliando os efeitos da exposição dos peixes a amônia não ionizada, relataram que concentrações entre 0,20 e 3mg/L ocasionam a elevação do pH sanguíneo, aumento do consumo de oxigênio e aumento da susceptibilidade a doenças e lesões nos órgãos, como rins e baço, entre outras ações.

No presente estudo, a concentração de amônia não ionizada que causou a mortalidade de 50%, CL50(96h) dos juvenis de Curimbatá, de 1,21 ± 0,27g, foi de 0,62 mg/L, demostrando que os juvenis de Curimbatá são mais sensível para a amônia que alevinos de Tambacu *(Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus)*, com peso médio de 0,72g, estudados por Quaresma (2016) e que alevinos de *Cichlasoma Facetum*, com peso médio de 1,56g, estudados por Piedras et al. (2006) que apresentaram valores de CL50 de 1,63 e 2,95 mg/L, respectivamente. Além disso, Weirich e Riche (2006) e Rodrigues et al. (2007), em estudo com Pompano de Florida (*Trachinotus carolinus*) com peso de 8,1g e a Cobia, (*Rachycentron canadum*), com peso de 19,26g, encontraram valores de CL50 a 96 horas de 1,01 e 1,13 mg/L, respectivamente, os quais também são superiores aos encontrados no presente estudo. Esta diferença pode ser explicada devido ao maior peso desses peixes e provável maior resistência. Porém, Medeiros (2014), avaliando a CL50 a 96 horas em juvenis de peixe-palhaço (*Amphiprion ocellaris*), com peso médio de 1,20 gramas, encontraram valores de 0,75 mg/L. Marinez et al. (2006), avaliando indivíduos jovens de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*); Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e indivíduos adultos de Lambari do rabo amarelo (*Astyanax altiparanae*), encontraram valores de CL50(24h) de 0,74, 0,85 e 0,66 mg/L de NH3, respectivamente e Rodrigues et al. (2012), em estudo com Clownfish marrom (*Premnas biaculeatus*) com peso de 0,34g, encontraram valores de CL50 a 96 horas de 0,89 os quais corroboram com o encontrado no presente estudo.

A tilápia do Nilo, é uma das espécies mais tolerantes a amônia. Benli e Koksal (2005), em estudo com larvas (0,05g) e juvenis (10,11g), encontraram valores de CL50(48h), de NH_3 de 1,01 e 7,4 mg/L, respectivamente. A Tilápia do nilo *(Oreochromis niloticus L.)* também demonstrou ser mais tolerante que o bagre do canal *(Ictalurus punctatus)*, que de acordo com

Epa (1999), a CL50 de NH_3 varia entre 0,98 e 4,2 mg/L, o qual era até então a espécie mais tolerante. Por outro lado, Arthur et al. (1987), em estudos com Truta arco-íris (*Oncorbynchus mykiss*), encontraram valores de CL50 variando de 0,068 a 0,62 mg/L, o que faz com que esta espécie seja considerada uma das mais sensíveis a amônia.

Estas diferenças, nos valores para CL50 entre as espécies podem estar associadas a capacidade de adaptação dos peixes as variações nos parâmetros de qualidade de água (BALDISSEROTTO, 2009). Além disso, o tamanho dos indivíduos pode ser considerado um fator relevante para a tolerância a amônia. Existem evidências, de que peixes mais jovens e menores, da mesma espécie, apresentam menor capacidade de suportar alterações na concentração de amônia não ionizada, pois apresentam maior área de superfície corporal para a absorção em relação a massa corpórea e apresentam taxas respiratórias maiores (SALIN; WILLIOT, 1991; BENLI; KÖKSAL, 2005).

Em resposta a um estímulo estressor, como por exemplo, a exposição a valores elevados de amônia não ionizada, ocorre alterações fisiológicas no organismo dos peixes, o que pode ocasionar aumento de lactato (BARTON et al., 2002). Porém, no presente estudo, apesar de ser observada mortalidade dos peixes devido ao estresse das condições ambientais, os valores de lactato no início do estudo e após a exposição nas diferentes concentrações de amônia não ionizada, não diferiram estatisticamente entre si.

No presente estudo, foi determinada a CL10 de 0,93 mg/L de amônia não ionizada para 12 horas e de 0,24 mg/L de amônia não ionizada para 24 horas. Estes valores, quando registrados nos sistemas de produção juvenis de Curimbatá, podem ser utilizados como alerta para o produtor, indicando possíveis problemas em seu sistema podendo evitá-los para minimizar perdas e desta forma, agir de maneira conservacionista.

Alterações histopatológicas em órgãos e tecidos de peixes expostos à poluição ambiental ou qualidade de água inapropriada para a manutenção de peixes, são frequentemente analisadas para determinar a severidade da exposição (ARANA, 2004; BENLI et al, 2008; RODRIGUES et al. 2012). A exposição a substâncias tóxicas, pode ocasionar mudanças estruturais nas brânquias dos peixes, sendo que as lesões mais comuns são necrose, hiperplasia, hipertrofia e ruptura de tecidos das brânquias, fusão lamelar, hipersecreção e proliferação de células mucosas, alterações nas células do cloreto e vascularização (MALLAT, 1985).

As brânquias, como desempenham um papel fundamental para as trocas gasosas e regulação osmótica, sendo órgãos multifuncionais, atuando como interface entre o animal e o ambiente, frequentemente são os primeiros órgãos afetados por poluentes e alterações

histopatológicas as quais podem afetar diretamente os mecanismos de respiração e osmorregulação (HEATH, 1995; MARTINEZ E CÓLUS, 2002). Segundo os mesmos autores, avaliações histológicas de brânquias dos peixes, assim como informações funcionais desta estrutura, podem fornecer uma descrição completa sobre a atividade de um determinado agente químico como a amônia. Os resultados encontrados no presente estudo, para o tratamento T0 (inicial), animais analisados logo após o período de aclimatação e sem ainda serem expostos ao tratamento, foi considerado dentro do funcionamento normal, o qual não apresentou lesões. Porém, no tratamento T1 (controle final -0,00mg/L), houve lesões leves e moderadas, as quais podem estar relacionados ao estresse de manejo experimental.

Alterações das brânquias, semelhantes as observadas no presente estudo também foram relatadas por outros autores, avaliando *Clownfish marrom* Rodrigues et al. (2012), truta-arco-íris Smart (1976), tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* Benli et al. (2008), e bagres de prata (*Rhamdia quelen*) Miron et al. (2008). Observa-se também no presente estudo, que conforme houve um aumento nas concentrações de amônia ocorreu maior incidência e frequência de lesões, fato também relatado para outras espécies (LEASE et al., 2003; RODRIGUES et al., 2012 e WUERTZ et al., 2013).

A hiperplasia e a fusão lamelar, lesões leves e moderadas, foram observadas no presente estudo, sendo que estas são provavelmente histopatologias adaptativas do epitélio, devido à exposição a agentes tóxicos e podem ocorre para aumentar a atividade de excreção destes, além destas outras lesões podem ocorrer para reduzir a área superficial das brânquias em contato com os agentes tóxicos (MALLAT, 1985; ERKMEN e KOLANKAYA, 2000). A excreção de compostos nitrogenados e a respiração dos peixes, podem ser comprometidas devido a patologias como a hiperplasia, ocasionando aumento na toxidade da amônia (KROUPOVA et al., 2005).

A dilatação do eixo vascular foi observada nos tratamentos com maior concentração de amônia não ionizada, esta é uma lesão moderada e que segundo Thomphon et al., (2003) pode acarretar a perda de capacidade de suporte das células e conduzir ao aparecimento de aneurismas lamelares, estas alterações são consideradas mais graves e muitas vezes irreversíveis. As lesões consideradas irreversíveis foram observadas nos tratamentos com concentração de amônia não ionizada superior a 0,75 mg/L, destacando que a exposição de Curimbatás não deve chegar a estes valores.

CONCLUSÃO

Juvenis de Curimbatá (*Prochilodus lineatus*) com peso de 1,21 ± 0,27 g, são sensíveis a amônia não ionizada, sendo a CL50 a 96 horas de 0,62 mg/L e a CL10 para 24 horas foi de 0,93 mg/L. Apesar de ser observada mortalidade dos peixes devido a exposição à amônia não ionizada, não houve diferença estatística entre os valores de lactato inicial e final. Além disso, a análise histopatológica das brânquias demonstrou ser uma eficiente ferramenta para avaliar os efeitos de concentrações agudas de amônia, as quais em concentraçãoes superiores a 0,75mg/L foram classificadas como irreversíveis, sendo indicado a manutenção de Curimbatá em conscentrações inferiores a esta, sinalizando que este composto deve ser monitarado nos sistemas de produção afim de evitar maiores problemas durante a produção de juvenis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, Luis Vinatea. **Fundamentos de aquicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 349 p.

ARTHUR, J. W.; W.W. CORLIS; K. N. ALLEN, and S.F. HEDTKE. 1987. **Seasonal toxicity of ammonia to five fish and nine invertebrate species.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 38: 324-331.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. 2 ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2009. 351p.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** 2.ed. Santa Maria, Ed UFSM, 2010, 608p.

BARBIERI, G.; SALLES, F. A.; CESTAROLLI, M. A.; TEIXEIRA-FILHO, A. T. **Estratégias reprodutivas do dourado, Salminus maxillosus e do curimbatá, Prochilodus lineatus no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase nos parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de** Pirassununga. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, v. 26, n. 2, p. 169-174, 2004.

BARTON, B. A. **Stress In Fishes: A Diversity Of Responses With Particular Reference To Changes In Circulating Corticosteroids**. Integ. And Comp. Biol., 42:517‑525, 2002.

BENLI A. Ç. K., Köksal G., Özkul A. (2008). **Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Effects on gill, liver and kidney histology.** *Chemosphere* **72**, 1355-1358.

BENLI, Aysel Çaglan Karasu; KÖKSAL, Gülten. The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (Oreochromis niloticus L.) Larvae and Fingerlings. **Turkish Journal Of Veterinary And Animal Sciences**, Turkey, p.339-344, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279586198_The_acute_toxicity_of_ammonia_on_Tilapia_Oreochromis_niloticus_L_larvae_and_fingerlings>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BOSCOLO, Wilson Rogério et al. Nutrição de peixes nativos. **Rev Bras Zootec**, v. 40, p. 145-154, 2011.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 513-516, 2004.

EMERSON, K.; R. C. RUSSO; R. E. LUND, and R.V. THURSTON. 1975. **Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature.** Journal of Fisheries Research Board of Canada, 32: 2379-2383.

EPA – United States Environmental Protection Agency. 1999. **Update of Ambient Water Quality Criteria for Ammonia.** EPA – 822-R-99-014. EPA, Washington.

ERKMEN, B.; KOLANKAYA, D. **Effects of water quality on epithelial morphology in the gill of Capoeta tinca living in two tributaries of Kizilirmak River, Turkey.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 64:418-425, 2000.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas pra a Alimentação e Agricultura**, 2014.

HARGREAVES JA, Tucker CS (2004). **Managing ammonia in fish ponds.** Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville Janjai S, Wattan R (2011). **Development of a model for the estimation of photosynthetically active radiation from geostationary satellite data in a tropical environment.** Rem Sens Environ 115:1680–1693. doi:10.1016/j.rse.2011.02.026

HEATH, A.G. **Water pollution and fish physiology**. 2 ed. Lewis Publishers, CRC Press Inc., Boca Ratón, FL, USA. 1995.

IMBIRIBA, Emir Palmeira. Potencial de Criacao de Pirarucu, Arapima gigas, em Cativeiro. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 299-316, 2001.

KROUPOVA H., Machova J., Svobodova Z., (2005) **Nitrite influence on fish: a review.** *Veterinární Medicína* **50**, 461-471.

KUBITZA, Fernando; KUBITZA, Ludmila Medeiros Moreira. Tilapias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da Aquicultura**, Jundiaí São Paulo, v. 10, n. 59, p.44-53, maio 2000. Disponívelem:<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/59/Tilapias59.asp>. Acesso em: 19 jan. 2018.

LEASE H. M., Hansen J. A., Bergman H. L., Meyer J. S. (2003) **Structural changes in gills of Lost River suckers exposed to elevated pH and ammonia concentrations.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* **134**, 491-500.

LUSTOSA NETO, Antônio Diogo et al. **Criador de peixe em viveiro escavado**. Fortaleza, CE, 2016. 72 p. Disponível em: <http://www.uece.br/pronatec/index.php/downloads/doc_download/2359-3-apostila-criador-de-peixe-em-viveiro-escavado.>. Acesso em: 14 maio 2018.

MALLATT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 42:630-648, 1985.

MARTINEZ, C. B. R.; COLÚS, I. M. 2002. Biomarcadores em peixes neotropicais para o monitoramento da poluição aquática na bacia do rio Tibagi. P. 551 -577, Londrina, PR.

MARTINEZ, Cláudia Bueno dos Reis et al. **Toxicidade e Efeitos da Amônia em Peixes Neotropicais.** 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/laboratorios/lefa/Capítulo 6-toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais, 2006.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

MEDEIROS, Rafael Soriani. **Toxicidade aguda da amônia e do nitrito em juvenis do peixe-palhaço *Amphiprion ocellaris*.** 2014. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande - RS, 2014.

MEDEIROS, Rafael Soriani et al. Ammonia and nitrite toxicity to false clownfish Amphiprion ocellaris. **Aquaculture international**, v. 24, n. 4, p. 985-993, 2015.

MIRON D. dos S., Moraes B., Becker A. G., Crestani M., Spanevello R., Loro V. L., Baldisserotto B. (2008). **Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae).** *Aquaculture* **277**, 192-196.

MIRON, Denise dos Santos et al. Sobrevivência e crescimento de jundiá, Rhamdia quelen, exposto à amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p.349-353, fev. 2011.

MOREIRA, Heden Luiz Marques et al. **Fundamentos da moderna aquicultura.** Canoas: Editora da Ulbra, 2001. 200 p.

PEREIRA, Lilian Paula Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Instituto Pesca**, Água Branca São Paulo, v. 31, n. 1, p.81-88, jun. 2005. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/Pereira_31_1.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2018.

PIEDRAS, Sérgio Renato Noguez et al. **Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *cichlasoma facetum* (jenyns, 1842).** Ciência e Agrotecnologia, Pelotas, RS, v. 30, n. 5, p.1008-1012, set. 2006.

POLEKSIC, V.; MITROVIC-TUTUNDŽIC, V. **Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution**. In: MÜLLER, R.; LLOYD, R. **Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish.** Oxford: Fishing News Books, 1994, pp.339-352.

QUARESMA, Fabrízia da Silva. **Concentração letal média (CL50-96h) e efeitos subletais da amônia não ionizada sobre parâmetros hematológicos de alevinos de tambacu (*colossoma macropomum x piaractus mesopotamicus*).** 2016. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Pesca, Universidade Federal do Ceara, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Pesca, Fortaleza - CE, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18665/1/2016_dis_fsquaresma.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

RODRIGUES, R. V., Schwarz M. H., Delbos B. C., Sampaio L. A. (2007). **Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia Rachycentron canadum**. Aquaculture 271, 553-557.

RODRIGUES R. V., Romano L. A., Schwarz M. H., Delbos B., Sampaio L. A. (2012) **Acute tolerance and histopathological effects of ammonia on juvenile maroon clownfish *Premnas biaculeatus*.** *Aquaculture Research, in press*, doi:10.1111/are.12054.

SMART G. (1976) **The effect of ammonia exposure on gill structure of rainbow trout (*Salmo gairdneri*).** Journal of Fish Biology **8**, 471-475.

SAKUMA, M. **Probit analysis of preference data.** Applied Entomology and Zoology. Tokyo, v.33, n.3, p. 339-347, 1998.

SALIN, D.; WILLIOT, P. Acute toxicity of ammonia to Siberian sturgeon, Acipenser baeri. **Acipenser (October 3-6, 1989). Bordeaux, France. Cemagref. Bordeaux**, p. 153-167, 1991.

SANTOS, Lucas Carvalho dos. **Crescimento de juvenis de Curimba (*prochilodus vimboides,* Kner, 1859) no inverno, em diferentes densidades de estocagem**. 2014. 40 p. Dissertação (mestrado em produção animal) - Universidade Federal De Lavras, Lavras, 2014.

SEBRAE. **AQUICULTURA NO BRASIL: Série estudos mercadológicos.** Brasília: Editoração eletrônica, 2015, 76p. Disponível em: www.bibliotecassebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf. Acessado em: 25/05/2017.

SOLIS-MURGAS, L. D. et al. Importância da avaliação dos parâmetros reprodutivos em peixes nativos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 35, n. 2, p. 186-191, 2011.

THOPHON, S.; KRUATRACHUE, M.; UPATHAM, E.S.; POKETHITIYOOK, P.;

SAHAPHONG, S.; JARITKHUAN, S. **Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure.** Environmental Pollution, 121:307-320, 2003.

THURSTON R. V., Russo R. C., Vinogradov G. A. (1981) **Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the Toxicity of the Un-ionized ammonia.** *American Chemical Society* 15, 837-840.

WEIRICH C. R., Riche M. (2006b). **Acute tolerance of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus* L., to ammonia and nitrite at various salinities**. *Aquaculture Research* 37, 855-861.

WUERTZ S., Schulze S. G. E., Eberhardt U., Schulz C., Schroeder J. P. (2013). **Acute and chronic nitrite toxicity in juvenile pike-perch (*Sander lucioperca*) and its compensation by chloride.** *Comparative Biochemistry and Physiology* **157**, 352-360.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a determinação dos parâmetros ideais de toxidade aguda de amônia não ionizada e de temperatura letal para a produção de peixes, foi possível expandir os conhecimentos sobre a espécie Curimbatá. Sabendo que com relação a temperatura, foi possível perceber que a produção da espécie deve considerar a faixa de temperatura para seu melhor desenvolvimento entre 20 e 35°C. Já com relação à toxidade da amônia esta não deve ultrapassar valores de 0,62 mg/L, sinalizando que este composto deve ser monitorado nos sistemas de produção afim de evitar maiores problemas durante a produção de juvenis.

Mais estudos relacionados aos parâmetros de qualidade da água são indicados com espécies nativas, em especial ao Curimbatá. Com isso busca-se estabeler os melhores e aceitáveis critérios de produção para a espécie, afim de obter resultados positivos no sistema de produção, o que evita perdas econômicas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEB. 1° **Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura – Brasil. Associação Cultural e Educacional Brasil**, Brasília, DF, 136 p., 2014.

Arana, L.V. 1997. **Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aquicultura: Uma Revisão para Peixes e Camarões.** Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

ARANA, Luis Vinatea. **Fundamentos de Aquicultura.** Florianópolis. Ed. da UFSC, 2004.
Baldisserotto, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. 2 ed. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2009. 351p.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** 2.ed. Santa Maria, Ed UFSM, 2010, 608p.

BARBIERI, G.; SALLES, G.F.A.; CESTAROLLI, M.C.; TEIXEIRA-FILHO, A.R. Estrátegias reprodutivas do dourado, Salmins maxillosus, e do curimbatá, Prochilodus lineatus, no Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, com ênfase no parâmetros matemáticos da dinâmica populacional. Acta Scientiarum. Biological Sciences, Maringá, v. 26, n. 2, p 169-174, 2004.

BRABO, Marcos Ferreira et al. **Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura.** Acta Of Fisheries And Aquatic Resources, Acaraú-pa, v. 1, n. 9, p.50-58, jun. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/5457-15726-5-PB (1).pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2013). **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2013.** Brasília: República Federativa do Brasil.
Currie, R.J.; Bennett, W.A.; Beitinger, T.L. 1998**. Critical thermal minima and maxima of three freshwater game-fish species acclimated to constant temperatures.** Env. Biol. Fish, 51: 187-200.

ELLIS, T.; North B., Scott A. P., Bromage N. R., Porter M., Gadd D. (2002**) The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout.** Journal of fish biology 61, 493-531.

EMBRAPA. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Editores técnicos RODRIGUES, A.P.O; LIMA, A.F; ALVES, A.L; ROSA, D.K; TORATI, L.S; SANTOS, V.R.V. Brasília, DF, 2013. 440p.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas pra a Alimentação e Agricultura**, 2014.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas pra a Alimentação e Agricultura**, 2016.

FRACÁCIO, R.; VERANI, N.F.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ROCHA, O.; RIGOLIN-SÁ, O.; ANDRADE, C.A. **Alterations on growth and gill morphology of *Danio rerio* (Pisces, Ciprinidae) exposed to the toxic sediments.** Brazilian Archives of Biology and Technology. 46:685- 695, 2003.

HERNÁNDEZ, José J. C et al**. Immediate water quality assessment in shrimp culture using fuzzy inference systems.** Expert Systems with Applications, México, v. 39, p. 10571–10582, 2012.

HOLLIS, L.; PLAYLE, R.C**. Influence of dissolved organic matter on copper binding, and calcium on cadmium binding, by gills of raiwbow trout.** Journal of fish Biology, 50:703 – 720, 1997.

IBGE. **Pesquisa pecuária municipal 2015**. Brasília: IBGE 2015. v.43.

Kroupova H., Machova J., Svobodova Z., (2005) **Nitrite influence on fish: a review.** *Veterinární Medicína* **50**, 461-471.

Lease H. M., Hansen J. A., Bergman H. L., Meyer J. S. (2003**) Structural changes in gills of Lost River suckers exposed to elevated pH and ammonia concentrations**. Comparative Biochemistry and Physiology Part C 134, 491-500.

Lucas, M.C., Barras, E. (2001). **Migration of freshwater fishes**. Malden: Blackwell Science.

MARTINEZ, Cláudia Bueno dos Reis et al. **Toxicidade e Efeitos da Amônia em Peixes Neotropicais.** 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/laboratorios/lefa/Capítulo 6-toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais, 2006.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2015.

MURGAS, L. D. S.; et al. **Eficiência Reprodutiva em Espécies Nativas de Piexes de Água Doce.** Ciencia Animal, v. 22, n. 1, p. 197–206, 2012.

RANDALL, D. J., TSUI, T. K. N. (2002) **Ammonia toxicity in fish. Marine Pollution Bulletin** 45, 17-23.

RIJN J. V. (1996). **The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture -** A review. Aquaculture 139, 181-201.

RODRIGUES, R. V., Schwarz M. H., Delbos B. C., Sampaio L. A. (2007). **Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia Rachycentron canadum**. Aquaculture 271, 553-557.

RODRIGUES, et al, 2013. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SAMPAIO L. A., WASIELESKY W., MIRANDA-FILHO K. C. (2002) **Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile Mugil platanus.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 68, 668-674.

SEBRAE. **AQUICULTURA NO BRASIL: Série estudos mercadológicos.** Brasília: Editoração eletrônica, 2015, 76p. Disponível em: www.bibliotecassebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf. Acessado em: 25/05/2017.

Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca (SEAP). 2007. Disponível em http://www.presidencia.gov.br/estrutura_ presidencia/seap/. Acesso em: 23/05/2017.

THURTSON, R.V. et al. **Increased toxicity of ammonia to rainbow trout (**Salmo gairdneri**) resulting from reduced concentrations of dissolved oxygen.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v.38, n.8, p.983-988, 1981.

WEIRICH, C. R.; Riche M. (2006). **Acute tolerance of juvenile Florida pompano, Trachinotus carolinus L., to ammonia and nitrite at various salinities**. Aquaculture Research 37, 855-861.

ZANIBONI FILHO, E.; WEINGARTNER, M. **Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 31, n. 3, p. 367–373, 2007.

CARTA DE APROVAÇÃO DO CETEA

UDESC UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA | LAGES CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS

Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Toxidade aguda de Amônia, Nitrito e Tolerância a Temperatura em Juvenis de Curimbatá (Prochilodus lineatus)", protocolada sob o CEUA nº 1977230318 (ID 000570), sob a responsabilidade de **Diogo Luiz de Alcantara Lopes** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 04/04/2018.

We certify that the proposal "Ammonia and nitrite toxicity and temperature tolerance Curimbatá Juveniles (Prochilodus lineatus)", utilizing 836 Fishes (males and females), protocol number CEUA 1977230318 (ID 000570), under the responsibility of **Diogo Luiz de Alcantara Lopes** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 04/04/2018.

Finalidade da Proposta: Pesquisa (Acadêmica)

Vigência da Proposta: de 04/2018 a 05/2018 Área: Zootecnia

Origem:	Animais provenientes de doação espontânea						
Espécie:	Peixes	sexo:	Machos e Fêmeas	idade:	1 a 3 meses	N:	836
Linhagem:	Curimbatá (Prochilodus lineatus)			Peso:	01 a 5 g		

Local do experimento: O experimento será realizado no laboratório de Aquicultura, que será montado na Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC Oeste.

Lages, 13 de abril de 2018

Marcia Regina Pfuetzenreiter
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina