

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PARÂMETROS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIA DO
NILO (*Oreochromis niloticus*) COM FOCO EM
BEM-ESTAR ANIMAL**

João Favero Neto

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PARÂMETROS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIA DO
NILO (*Oreochromis niloticus*) COM FOCO EM
BEM-ESTAR ANIMAL**

João Favero Neto

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adjunta Percilia Cardoso Giaquinto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2019

Favero Neto, João
F273p Parâmetros de criação de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) com foco em bem-estar animal / João Favero Neto. – – Jaboticabal, 2019
viii, 49 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2019
Orientadora: Percília Cardoso Giaquinto
Banca examinadora: Stelio Pacca Loureiro Luna, Roberto de Oliveira Roça
Bibliografia

1. Aquicultura. 2. Enriquecimento ambiental e alimentar. 3. Comportamento animal. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.05

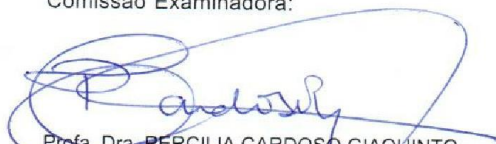
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PARÂMETROS DE CRIAÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)
COM FOCO EM BEM-ESTAR ANIMAL

AUTOR: JOÃO FAVERO NETO

ORIENTADORA: PERCILIA CARDOSO GIAQUINTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela
Comissão Examinadora:



Profa. Dra. PERCILIA CARDOSO GIAQUINTO
Departamento de Fisiologia / UNESP / Botucatu



Prof. Dr. STELIO PACCA LOUREIRO LUNA
Depto. de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária / FMVZ/Botucatu - Unesp



Prof. Assoc. ROBERTO DE OLIVEIRA ROÇA
Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA - UNESP,
Câmpus de Botucatu/SP

Jaboticabal, 26 de fevereiro de 2019

Sumário

AGRADECIMENTOS	7
APOIO FINANCEIRO	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 Fundamentação Teórica.....	11
1.1.1 <i>Aquicultura com foco na produção de tilápias em tanques-rede</i>	11
1.1.2 <i>Sustentabilidade no cenário da aquicultura</i>	13
1.1.3 <i>Bem-estar animal</i>	14
1.1.4 <i>Enriquecimento ambiental como forma de garantir o bem-estar animal</i>	16
1.1.5 <i>Enriquecimento alimentar como forma de garantir o bem-estar animal</i>	17
1.1.6 <i>Qualidade da carne do pescado</i>	18
1.2 Justificativa e Objetivos do Trabalho Proposto.....	19
1.2.1 <i>Justificativa</i>	19
1.2.2 <i>Objetivos</i>	20
2 - MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 Local de realização do experimento	21
2.2 Instalações.....	21
2.3 Animais cultivados	22
2.4 Delineamento Experimental	22
2.5 Arraçoamento	24
2.6 Parâmetros de Avaliação do desempenho zootécnico	25
2.7 Parâmetros de Avaliação de bem-estar	27
2.8 Avaliação da qualidade da carne	28
2.9 Análise de Dados	29
2.10 Comitê de Ética	29
3 - RESULTADOS	30
3.1 Avaliação dos Parâmetros Zootécnicos	30
3.2 Avaliação dos Parâmetros de Bem-estar	31
3.3 Avaliação dos Parâmetros de Qualidade da Carne	36
4 – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	38
4.1 Parâmetros Zootécnicos	38
4.2 Parâmetros de Bem-estar	41

4.3 Parâmetros de Qualidade de Carne	46
4.4 Conclusões	48
4.5 Implicações.....	48

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha vida, família, amigos e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Aguinaldo Favero e Neide Ap. Bonin Favero, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A meu irmão, Marco Aurelio B. Favero, pelo companheirismo e amizade.

A todos os amigos, companheiros de trabalho e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza. Em especial, ao meu amigo Luis Antonio de Souza Junior, pela grande ajuda nas biometrias, digitação e apoio, sem a ajuda dele seria mais difícil a realização desse trabalho.

Aos colegas de laboratório por toda ajuda e troca de conhecimento.

À professora Percília Cardoso Giaquinto, pela orientação, apoio e confiança que depositou em mim.

Ao Prof. Dr. Claudio Angelo Agostinho, por ter aberto as portas do setor de Aquicultura para que pudesse desenvolver meu trabalho, por toda ajuda, tempo dedicado, e troca de informações, meus agradecimentos.

À Sueli, esposa do professor Claudio, pela amizade, conversas e ajuda quando precisei.

Aos funcionários e amigos do setor de Aquicultura, João e Obedias, pelo apoio e contribuição na minha formação profissional.

Aos envolvidos nas análises de qualidade da carne no Laboratório de Tecnologia de Alimentos em especial, Bruno e Caroline.

Aos colegas William e Igor pela ajuda na elaboração das rações.

Aos funcionários da Fábrica de Ração da FMVZ/Unesp, Campus de Botucatu pela ajuda nas confecções das rações experimentais.

Aos secretários David, Luciana e técnica de laboratório Renata, que sempre me ajudaram quando precisei.

Ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura – CAUNESP, pela oportunidade da realização do curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

APOIO FINANCEIRO

CNPq, Bolsa de Mestrado, Processo nº 134643/2017-8

RESUMO

O Brasil tem grande potencial aquícola e a produção de peixes vem crescendo em conjunto com o aumento da produção animal para consumo humano. Devido a este crescimento, existe a perspectiva de animais criados em condições de bem-estar e melhor qualidade de vida, gerando também um produto final de maior qualidade para ser fornecido aos consumidores. A maneira de garantir estas condições e melhorar a qualidade do produto é assegurar que o bem-estar esteja presente na criação animal. A fim de testar o papel do enriquecimento na piscicultura, este estudo avaliou o impacto da introdução de enriquecimento ambiental e alimentar, investigando se tilápias criadas nessas condições apresentam melhores índices zootécnicos, de bem-estar e de qualidade da carne. Para tal, a partir da criação em tratamentos enriquecidos com aguapé artificial, toca (refúgio) e incremento de triptofano na dieta, parâmetros zootécnicos, de qualidade de carne e de bem-estar foram calculados e comparados como meio de verificação deste enriquecimento. Os resultados mostram que a aplicação de enriquecimento ambiental e alimentar influencia significativamente na produção dos animais, uma vez que os índices de zootécnicos, de qualidade de carne e bem-estar apresentaram diferenças quando comparados. Ressaltamos a contribuição deste trabalho para a aplicação do conceito de bem estar animal na produção de peixes, uma vez que os enriquecimentos propostos tiveram impacto positivo tanto na melhora da qualidade de vida dos animais quanto nos índices zootécnicos, por meio de medidas sustentáveis economicamente viáveis.

PALAVRAS-CHAVE

Aquicultura, enriquecimento ambiental e alimentar, comportamento animal.

ABSTRACT

Brazil's fish production potential has been growing considering its great aquaculture potential and relation with the animal production increase for human consumption. Due to this growth, there is the perspective of breeding animals with better welfare conditions and high life-quality, resulting in a higher-quality final product to be supplied to consumers. The way to ensure these conditions and improve the product quality is to guarantee that welfare is applied to the animal breeding. In order to test the role of enrichment in fish farming, this study evaluated the impact of the introduction of environmental and food enrichments, investigating whether tilapia rose in enrichment influenced environments could present better zootechnical, welfare and meat quality indexes. To do this, from treatments enriched with water hyacinth, cave (for refuge) and increase of tryptophan to the diet, zootechnical, meat-quality and welfare parameters were calculated and compared as a way of verifying such enrichments. The results showed that the environmental and food enrichment application presents significant influence in the animal production, once the zootechnical, meat quality and welfare parameters presented difference when compared to each other. We highlight the contribution of this work for the welfare concept application to the fish production, once the proposed enrichments achieved positive impact in the improvement of animal life quality and zootechnical indexes by means of sustainable and economically feasible measures.

KEYWORDS

Aquaculture, environmental and feeding enrichment, animal behavior.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Fundamentação Teórica

1.1.1 Aquicultura com foco na produção de tilápias em tanques-rede

A aquicultura é definida pela produção de organismos com habitat predominantemente aquático em cativeiro (Rana, 1997)¹. Com seu amadurecimento, a sustentabilidade vem sendo agregada com o gerenciamento e a conservação da base de recursos naturais e a orientação tecnológica de modo que as necessidades humanas para as gerações presentes e futuras sejam satisfeitas.

O Brasil apresenta um grande potencial para a aquicultura, uma vez que suas condições naturais, seu clima e sua matriz energética são favoráveis a práticas aquícolas. Todavia, por mais que o país apresente um grande potencial para produções de animais aquáticos, este não pode ser totalmente aproveitado, uma vez que atividades relacionadas a este potencial encontram-se pouco estruturadas, apresentando carência de assistência técnica, manejo inadequado e falta de padronização. Tais gargalos podem ser encarados como oportunidades para o desenvolvimento das práticas de produção aquícola no Brasil, uma vez que o pescado é a carne mais demandada mundialmente e a de maior valor de mercado, e o Brasil exibe um potencial ímpar para tal produção (Rocha *et al.*, 2013, Sidônio *et al.*, 2012; OECD/FAO, 2016).

Um dos peixes mais importantes para o consumo humano no mundo é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), originária do rio Nilo, pertence à família dos ciclídeos e está na segunda colocação dentre os peixes de captura selvagens em termos comerciais (Fitzsimmons, 2000; Yacout *et al.*, 2016). A produção aquícola de tilápias apresentou crescimento exponencial nas últimas décadas, atingindo o valor de 2,5 milhões de toneladas produzidas mundialmente em 2012 (FAO, 2014).

No Brasil, este peixe representa a principal espécie cultivada para fins comerciais, apresentando em 2017 um aumento de 14,2% quando comparado a

¹ Revista selecionada para modelo de referência: Aquaculture

2016 (Kubitza, 2015; IBGE, 2017). Segundo relatório da FAO (2016) e da Peixe BR (2018), o Brasil encontra-se na quarta posição de produção de tilápia no mundo, com resultado produtivo maior que 300 mil toneladas anuais. Desde o ano de 2005 até 2015, a produção saltou em 223%, considerando os fatores que propiciaram a melhora e amadurecimento da produção no Brasil, tais como: (i) aumento na produção de alevinos masculinizados; (ii) escolha de linhagens de melhor potencial genético, e; (iii) potencial brasileiro para desenvolvimento da aquicultura, apresentando 12% da água doce mundial (aproximadamente 5.500.000 hectares de reservatórios de água doce, além dos 8.400 km aproximados de costa marítima), clima propício ao cultivo de organismos e demanda por pescado em ascensão (Costa, 2016; Martineli, 2017). Um fator de destaque no aumento impressionante no cultivo de tilápias em território brasileiro foi à intensificação do uso de tanques-rede em reservatórios e tanques-escavados (Bandeira e Nascimento, 2017).

A produção de tilápias em tanques-rede apresenta benefícios para a piscicultura. O peixe destaca-se por sua precocidade, hábito alimentar diversificado, alta conversão alimentar, tolerância a ambientes adversos, resistência a variações de pH e temperatura, além de altos índices de sobrevivência em altas densidades de produção (Ayroza *et al.*, 2005). Para a implantação desse sistema de cultivo (tanque rede), destaca-se baixo investimento inicial, possibilidade de aproveitamento de recursos aquáticos já presentes na propriedade, renovação de água contínua, flexibilidade para criação em altas densidades, cultivo de diversas espécies e facilidade de manejo (Castro *et al.*, 2014; Borges *et al.*, 2012; Mendes e Carvalho, 2016).

A modalidade de criação de peixes em tanques-rede, estruturas de confinamento dos peixes, vem sendo praticada há anos, com grande destaque e impacto nas produções aquícolas atuais no Brasil. Os pioneiros nesta prática foram os asiáticos (Braz, 2001), que a estenderam para o resto do mundo. No cenário nacional, o cultivo em tanques-rede vem ganhando espaço, sendo a produção de tilápias uma das principais práticas (Casa da Agricultura, 2011).

1.1.2 Sustentabilidade no cenário da aquicultura

Considerando a produção de peixes um processo onde ocorre alteração no ambiente natural e podendo gerar impactos nos meios físicos, biológicos e socioeconômicos (Tancredo, 2011), a preocupação na utilização de técnicas sustentáveis visando à conservação dos recursos utilizados tornou-se imprescindível (Duarte, 2017).

Para a garantia de sustentabilidade em produções aquícolas, alvo de forte estudo nos últimos anos, devem ser utilizadas estratégias de manejo que empreguem o máximo de recursos renováveis ou de baixo custo para o ambiente e que respeitem os princípios sustentáveis do meio (Duarte, 2017; Silva *et al.*, 2018). Dentre as possíveis práticas aquícolas que culminam em impactos ambientais dos mais diversos, destacam-se o sistema de cultivo (fechados, semi-abertos ou abertos), modalidade de aquicultura (água doce ou salgada), espécies utilizadas e suas densidades de produção. Assim, o impacto ambiental resultante de um processo de produção aquícola ocorre de três formas: consumo dos recursos naturais, processo de transformação do ambiente e geração de produtos finais (e resíduos) (Barbieri *et al.*, 2014).

Direcionando, portanto, as práticas utilizadas para produções na aquicultura, códigos de conduta e padrões, como o 'Boas Práticas de Manejo' (BPM), foram estabelecidos como esforço para minimizar seus impactos. Tais práticas e padrões visam garantir a sustentabilidade no meio produtivo da aquicultura, visando à manutenção de um ecossistema saudável e minimamente degradado durante o período de produção, priorizando a criação de espécies nativas e uso balanceado de rações para minimizar a poluição. Ainda, a lucratividade não deve ser um gargalo para a produção, tendendo a ser mantida, porém evitando que sua obtenção não ocorra em detrimento do ambiente de produção ou da qualidade de vida a qual os animais são submetidos (Clay, 2008, Silva *et al.*, 2018). Práticas como manejo, enriquecimento ambiental e alimentar que garantam melhor qualidade de vida aos animais produzidos estão diretamente relacionadas à sustentabilidade na produção.

Produtores e consumidores começaram a tomar ciência da importância da aplicação de técnicas sustentáveis nas produções, como isso afeta o ambiente, o

sistema produtivo e sua consciência ética. Essa mudança de pensamento está diretamente relacionada às novas e adequadas práticas produtivas empregadas até a obtenção do produto final para o consumo (Silva *et al.*, 2018). Um exemplo concreto desta preocupação está descrita no trabalho realizado por Veldhuizen *et al.*, (2017), em que práticas de bem-estar foram aplicadas na produção de peixes brancos do atlântico norte para avaliar o interesse no consumo de produtos finais oriundos de produções sustentáveis, concluindo que existe uma tendência positiva neste consumo. Além deste, que avaliou o interesse de consumidores em produtos finais sustentáveis provenientes de produções de peixes, outros como os de Tully e Winter (2014) e McClenachan *et al.* (2016), também avaliaram o interesse de consumidores em consumir carne de pescado proveniente de práticas sustentáveis de produção, relatando uma tendência de crescimento para este mercado.

Portanto, a preferência pelo consumo de produtos sustentáveis direciona as produções atuais para que apliquem técnicas de manejo de baixa degradação ambiental e biológica e garantam uma melhor qualidade de vida aos animais. Para tal, técnicas de bem-estar por meio de enriquecimentos ambiental e alimentar podem ser aplicadas.

1.1.3 Bem-estar animal

O bem-estar animal constitui uma importante prática na produção com o objetivo de garantir qualidade de vida a animais, relacionando características como densidade de lotação, transporte, técnicas de abate, entre outras, que visam garantir a qualidade do produto final (Pedrazzani *et al.*, 2007). Por conseguinte, o bem-estar animal compreende, portanto, uma forma de melhorar as condições de vida dos animais cultivados, propiciando um melhor ambiente e estabilidade no meio em que estão inseridos. Esta prática se baseia na preferência e escolha dos animais, portanto, na decisão do animal durante o processo produtivo (Volpato *et al.*, 2009). A avaliação da qualidade de vida dos animais está diretamente relacionada à resposta que estes tem do meio de cultivo e das práticas de manejo aplicadas (Pedrazzani *et al.*, 2007), não podendo excluir os peixes, uma vez que a senciência está diretamente ligada a relação entre os animais e sua resposta ao ambiente de produção.

A senciência relaciona a capacidade sensitiva das sensações, sendo uma ciência necessária para a avaliação de bem-estar de animais, uma vez que sensações como dor, fome, estresse, caracterizam a qualidade de vida destes durante sua produção. Considerando a dor como uma das sensações mais importantes para avaliação do bem-estar animal, e para peixes, encontram-se as mesmas complexas estruturas cerebrais que transmitem a dor para os demais vertebrados. Uma vez definida esta concepção sensorial de peixes, estes ainda demonstram reações de acordo com as situações em que estão inseridos, caracterizando quadros de estresse, reforçando sua sensibilidade com relação ao meio de produção (Pedrazzani *et al.*, 2007). Portanto, considerando a senciência em peixes, sua qualidade de vida está diretamente ligada às sensações experimentadas em seu desenvolvimento.

As características que proporcionam o bem-estar animal estão diretamente relacionadas ao ambiente em que estão inseridos, relacionamento em grupo, e maneiras de manejo, visando o mínimo estresse sofrido pelo animal (Broom & Molento, 2004). Segundo Broom (2002), se o bem-estar é pobre, quanto maior o número de animais afetados, maior o problema acarretado para todo o processo produtivo, visto que as influências mais importantes sobre este bem-estar são as condições de vida proporcionada a estes animais durante o período de sua produção.

As interações sociais dentro de um grupo podem gerar disfunções relacionadas ao estado comportamental dos indivíduos. A agressividade dentro do grupo e o canibalismo podem gerar situações de extremo estresse, podendo comprometer a qualidade do produto no final do processo produtivo. Portanto, a supressão ou diminuição destas atividades dentro do meio produtivo melhora a qualidade de vida e o desempenho zootécnico obtido pelos animais (Höglung *et al.*, 2005).

A garantia de bem-estar na produção de peixes visa, além de garantir um melhor ambiente no cultivo para os animais pela minimização do estresse, resultar em um produto final (pescado) de maior valor e qualidade agregados. Aplicação de práticas de bem-estar vem ganhando espaço entre as produções e estudos evidenciam que além das técnicas de abate humanitário efetivamente garantirem melhora na qualidade do produto final entregue, os consumidores

também demonstram interesse em consumir carne oriunda de produções que levam em consideração a qualidade de vida dos animais e a sustentabilidade do sistema (Vedhuizen *et al.*, 2017).

1.1.4 Enriquecimento ambiental como forma de garantir o bem-estar animal

Uma das formas de garantir o bem-estar de animais é por meio do enriquecimento ambiental, que visa proporcionar uma melhor qualidade de vida aos animais de produção e em cativeiro e consiste em um conjunto de técnicas destinadas a modificação do ambiente de criação, proporcionando comodidade e satisfação comportamental aos animais, pela introdução de artefatos ou melhorias no sistema de criação. De forma ampla, o enriquecimento ambiental visa proporcionar um ambiente adequado de criação, fornecendo o mínimo de estresse e atendendo as necessidades comportamentais dos indivíduos (Dalla Costa, 2005).

Sendo este assunto ainda pouco abordado para peixes e para sistemas de produção destes indivíduos, a aplicação de técnicas de enriquecimento para estes animais possibilita a criação atendendo essas necessidades, como ter acesso a recursos similares ao encontrado em seu habitat: locais de nidificação, alimentação e abrigo (Martin *et al.* 2010; Huang *et al.* 2016; Magellan e García-Berthou 2016).

Esses recursos auxiliam os peixes a lidar com eventos de estresse a sua volta, por terem mais opções comportamentais durante o período produtivo (Pinheiro, 2009). Destacam-se, desde o início da aplicação de técnicas de enriquecimento ambiental para peixes, os trabalhos realizados por Brow, Davidson e Laland (2003), Braithwaite e Salvane (2005), entre outros. Com a aplicação de enriquecimento em tanques de piscicultura por meio da introdução de gravetos de madeira, pedras, utilização de diferentes substratos naturais, plantas naturais ou artificiais, entre outros, os estudos realizados por estes autores visou demonstrar a importância e influência positiva desta aplicação na morfologia e eficiência de forrageamento dos indivíduos criados em cativeiro.

Com esta ferramenta, o estresse é reduzido, resultando não só na melhora de vida durante a produção, como um melhor resultado final após o abate dos

animais (Pizzutto, 2009). Segundo Brito *et al.*, (2015) e Brown *et al.* (2003), na piscicultura o enriquecimento ambiental caracteriza uma maneira de minimizar o estresse causado pela monotonia do ambiente, aumentando o potencial produtivo dos animais, melhorando sua qualidade de vida e desempenho. Ainda que alguns trabalhos relatem a utilização do enriquecimento ambiental para promover o bem-estar em animais aquáticos, segundo Näslund e Johnsson (2016), esta utilização para garantir o bem-estar para peixes de produção é incipiente na literatura.

1.1.5 Enriquecimento alimentar como forma de garantir o bem-estar animal

O efeito positivo da aplicação de enriquecimento alimentar, onde dietas são suplementadas visando melhora na produção foi constatado por diversos autores para a produção aquícola. Segundo Martins *et al.*, (2013), dietas suplementadas com triptofano apresentam melhora no relacionamento dos animais criados em grupo, e isto estende-se aos peixes, dadas as características terapêuticas deste aminoácido, que modula a atividade serotoninérgica. Ainda, o arraçoamento suplementado por triptofano proporciona benefícios na produção de peixes como a redução do estresse (cortisol) (Lepage *et al.*, 2005) e redução de comportamentos agonísticos no grupo (Höglung *et al.*, 2005; Winberg *et al.*, 2001 e Wolkers *et al.*, 2012).

Um importante trabalho de suplementação alimentar por triptofano foi conduzido por Vieira (2013). Considerando que os altos níveis de agressividade estão diretamente relacionados à qualidade de vida dos indivíduos e a seu crescimento heterogêneo, no trabalho realizado pelo autor, dois tratamentos tiveram sua dieta suplementada por triptofano (controle: 0,32%, tratamento 1: 1,28%, e tratamento 2: 2,56%), e ao final do período experimental, verificou-se que tilápias-do-Nilo produzidas com o mais alto nível de suplementação com triptofano (25,6mg/g, ou 2,56% da dieta) apresentaram menores frequências de confrontos durante o período de observação, quando comparadas ao controle. Concluiu-se, assim, que o acréscimo de triptofano na dieta de tilápias-do-Nilo diminui a agressividade destes animais, podendo ser uma estratégia eficiente no manejo de pisciculturas.

1.1.6 Qualidade da carne do pescado

Considerando a exigência do consumidor contemporâneo em adquirir produtos de melhor qualidade e segurança durante a produção (Tsuji, 2018), os fatores que influenciam na escolha da carne para consumo são: aparência, cor, odor, sabor ou textura. Tais fatores podem ser definidos ou alterados durante o cultivo dos animais ou a partir do processamento e armazenamento do pescado após o abate (Lyon e Lyon, 2001; Sohn e Ohshima, 2010; Tsuji, 2018).

O manejo inadequado no período produtivo pode, portanto, comprometer a qualidade da carne fornecida como produto final (Sigholt *et al.*, 1997, Oliveira *et al.*, 2017) e, portanto, as técnicas que garantam melhor qualidade de vida aos animais podem caracterizar um fator importante também da qualidade do produto final para consumo. Em ambos os trabalhos citados, os autores defendem que o manejo realizado antes do ato de abate pode influenciar de forma negativa na qualidade do produto fornecido, uma vez que os animais podem ser submetidos a estresse crônico, pressão e deficiências alimentares, provocando prévio desgaste muscular e tecidual que pode refletir em um produto de pior qualidade. Ainda, a técnica de abate aplicada pode prejudicar ainda mais o produto entregue, uma vez que existem técnicas menos eficientes para o abate e que podem acelerar o processo de *rigor mortis* e deteriorização da carne (Sigholt *et al.*, 1997, Oliveira *et al.*, 2017; Rahmanifarah *et al.*, 2011; Bagni *et al.*, 2007).

Dentre os indicadores de avaliação da qualidade da carne de peixes destacam-se: cor, pH, ácidos graxos e textura. Para a cor da carne, objetiva-se verificar diferenças discrepantes nos parâmetros de luminosidade (L^*), intensidade da cor vermelha-verde (a^*) e intensidade da cor amarela-verde (b^*) dos filés (Scherer *et al.*, 2005; Knowles *et al.*, 2008; Rahmanifarah *et al.*, 2011). O baixo valor de pH está relacionado ao estresse ao qual os peixes vivenciam durante o período produtivo e ao abate ao qual são submetidos, acelerando a entrada da carne em *rigor mortis*, diminuindo sua qualidade e tempo de prateleira (Rahmanifarah *et al.*, 2011; Bagni *et al.*, 2007; Bosworth *et al.*, 2007). O perfil de ácidos graxos no filé de tilápia do Nilo está diretamente relacionado ao nível de inclusão e fonte de lipídios, todavia, dependendo da fonte e dos níveis, um excesso de gordura visceral pode ocorrer, prejudicando a qualidade da carne de forma comercial e nutricional (Torstensen *et al.*, 2005; Meurer *et al.*, 2002). Os

fatores que estão diretamente relacionados ao perfil de ácidos graxos no filé são alimentares, além de características como espécie e gênero (Tidwell, 2007; Borghesi, 2013). Por fim, a textura da carne, maciez e firmeza estão relacionadas à retenção de água na musculatura, nível de pH, fibras musculares e músculos conjuntivos, sendo a perda de água a alteração mais evidente na disposição visual destas características (Eskin *et al.*, 2015; Tsujii, 2018).

1.2 Justificativa e Objetivos do Trabalho Proposto

1.2.1 Justificativa

Com o crescimento da produção do pescado e da consciência do consumidor em relação às técnicas utilizadas para produção do produto, métodos de produção que garantam o bem-estar de peixes figura como uma importante contribuição para a área aquícola, visando à criação de padrões de produção que exponham os peixes ao mínimo de estresse e desequilíbrio ecossistêmico possível.

Práticas que garantem o bem-estar já são aplicadas em outras áreas de produção, como na bovinocultura, suinocultura e avicultura, por exemplo, (Fraser e Broom, 2002; Molento, 2005). Todavia, quando se trata da produção de animais aquáticos, a aplicação de tais técnicas mostra-se escassa, com poucos trabalhos científicos.

Considerando todos os benefícios atrelados a aplicação de bem-estar na produção de peixes, justifica-se a realização deste trabalho, visando à criação de diretrizes de produção que priorizem a qualidade de vida dos animais durante sua produção. Ainda, a utilização das técnicas de enriquecimento como tocas e aguapés artificiais, descreve um esforço inicial mínimo de instalação, apresentando posteriormente pouca necessidade de manutenção. Estas técnicas apresentam baixo custo de material e facilidade de implantação, não aumentando significativamente o manejo e custo da piscicultura.

1.2.2 Objetivos

Visou-se avaliar o bem-estar, indicadores zootécnicos e qualidade da carne na produção de tilápia-do-Nilo pela aplicação de técnicas de enriquecimento ambiental (aguapé artificial e toca) e alimentar (acréscimo de triptofano na ração).

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de realização do experimento

O projeto foi conduzido na Universidade Estadual Paulista - Julio de Mesquita Filho - UNESP - Botucatu no Setor de Aquicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Campus Fazenda Experimental Lageado. Para a análise de qualidade da carne, uma das análises propostas neste trabalho, utilizou-se o Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) – UNESP – Botucatu, Fazenda Experimental Lageado.

2.2 Instalações

Foram utilizados aquários com capacidade para 300 litros. A água que os abastecia foi proveniente de um sistema de recirculação, com capacidade total de 12.000 litros, contendo 6 filtros biológicos e 3 filtros ultra violeta. A água filtrada foi aquecida e mantida a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por três resistências de 2.000 watts antes de ser bombeada para os reservatórios localizados a 3 metros de altura e distribuída por gravidade para os aquários. Cada aquário possuía um sistema de aeração e um aquecedor de 300 watts para manter a temperatura constante.

A temperatura da água foi medida diariamente as 08:00h e 17:00h. Semanalmente foram coletadas amostras de água do sistema de recirculação para a determinação do pH, amônia, nitrito e oxigênio dissolvido para avaliar a qualidade de água. Os valores se mantiveram em níveis bons durante todo o período experimental, mostrando que o sistema de recirculação da água foi suficiente para garantir os níveis dos parâmetros avaliados aceitáveis para a criação dos peixes (Piper et al., 1982).

Os dados foram obtidos por termômetro e kits que quantificam amônia, nitrito, pH e oxigênio.

O fotoperíodo foi mantido das 06:00 h às 18:00 h com iluminação individual para cada aquário, proveniente de lâmpadas de led de 6 w, controladas por timer automático.

2.3 Animais cultivados

Foram utilizados 640 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem *Gift* revertidas sexualmente (monosexo macho), provenientes da piscicultura Trifish Aquicultura localizada na cidade de Botucatu-SP. Utilizou-se indivíduos com peso médio inicial de $29,53\text{g} \pm 2,065\text{g}$ e tamanho médio inicial de $11,50\text{cm} \pm 0,375\text{cm}$.

Os critérios para a seleção da espécie foram:

1. As diversas espécies de tilápias que pertencem ao gênero *Oreochromis* correspondem, atualmente, ao grupo de peixes que mais cresce no mundo, e hoje são criadas em mais de cem países (Massago, 2010). Este aumento da produção se deve, além do sabor da carne, às diversas características zootécnicas como adaptabilidade aos mais diversos sistemas de produção e diversas condições ambientais; facilidade de reprodução e alta prolificidade; tolerância à baixa qualidade de água; boa aceitação de rações e rápido crescimento (Hilsdorf, 1995; Kubitzka, 2000; Watanabe et al., 2002;).
2. A produção de tilápia no Brasil aumentou 9,7% em 2015 e chegou a 219 mil toneladas entre janeiro e dezembro. O peixe é o mais criado pela piscicultura no país e chega a 45,5% do total da produção total (IBGE, 2016).

2.4 Delineamento Experimental

O experimento iniciou-se em maio de 2018, com duração de 101 dias, tempo médio que pisciculturas realizam a primeira classificação e homogeneização dos lotes de peixes. Os 640 juvenis foram divididos em 16 aquários com 40 peixes cada, sendo 4 tratamentos com 4 repetições. A densidade, portanto foi de $133\text{ indivíduos/m}^3$, abaixo da densidade recomendada para tanques rede, (250 peixes/m^3) segundo Costa (2014). No entanto, esta densidade foi utilizada para não comprometer o bem estar dos animais, devido à mesma ser a capacidade máxima de suporte do laboratório onde foi desenvolvida a pesquisa.

O Primeiro tratamento foi com enriquecimento ambiental utilizando toca (canos de PVC com 10 cm de diâmetro cortados com 20 centímetros de comprimento), o segundo tratamento, também com enriquecimento ambiental foi o aguapé artificial (corda de nylon desfiada simulando a raiz de um aguapé natural, fixadas em estrutura de isopor ou no próprio aquário), o terceiro tratamento, com enriquecimento alimentar, (alimentação acrescida de triptofano 2,24% a mais que a ração controle) e o quarto tratamento, controle (tanque sem enriquecimento). Biometrias foram realizadas nos dias 0, 30, 60 e 101 com 50% dos indivíduos de cada aquário, para avaliação dos parâmetros de bem-estar e desempenho zootécnico, assim como utilizadas para corrigir a quantidade de ração fornecida.

A Figura 1 ilustra o delineamento experimental proposto e a Figura 2 ilustra os aquários utilizados para a realização do experimento.

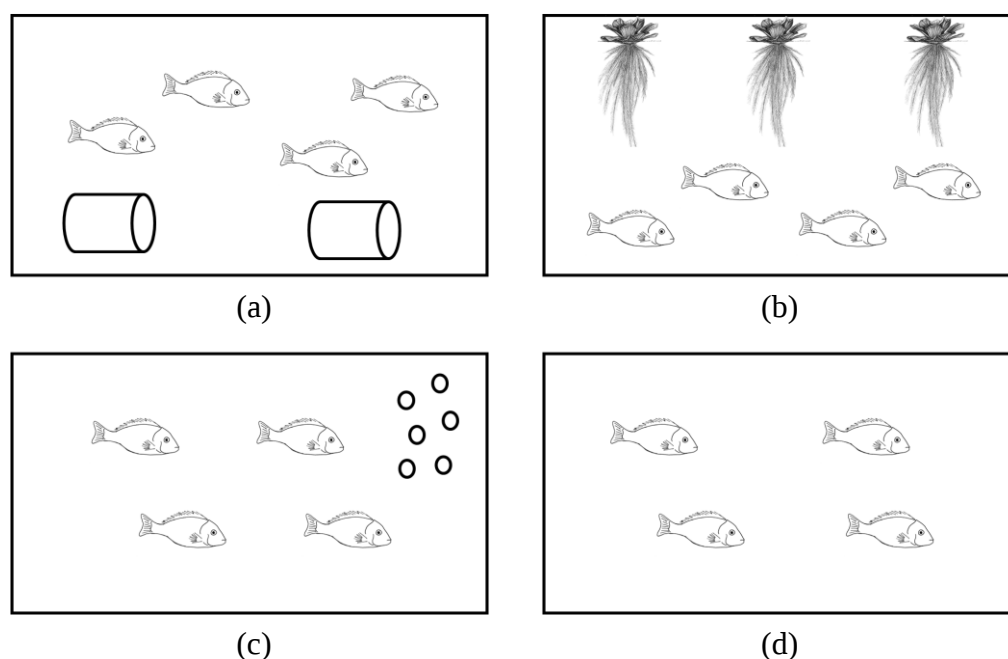


Figura 1: Delineamento experimental: (a) tratamento com toca; (b) tratamento com aguapé artificial; (c) tratamento com ração acrescida de triptofano; (d) tratamento controle.



Figura 2: Aquários utilizados para a realização do experimento proposto.

2.5 Arraçoamento

Os peixes foram alimentados manualmente quatro vezes ao dia (8:00h, 11:00h, 14:00h e 17:00h) seguindo padrão de alimentação em pisciculturas, com ração extrusada sendo 4mm seu diâmetro, formulada seguindo recomendação da 'Tabela Brasileira para Nutrição de Tilápias' Furuya et al., (2010), específica para crescimento de juvenis de tilápias, com os ingredientes apresentados na Tabela 1. A taxa de arraçoamento foi calculada com base em porcentagem da biomassa média dos tanques iniciando-se com 5% para os tratamentos com aguapé, toca e controle e 4,5% para tratamento com triptofano, chegando a 1,6% para os tratamentos com aguapé, toca e controle e 1,3% para tratamento com triptofano, sendo ajustado de acordo com a pesagem dos peixes durante as biometrias. Essa taxa de arraçoamento foi calculada de acordo com o recomendado por Kubitza (2006) e ajustada com base na resposta alimentar dos peixes (presença de sobras e velocidade de consumo), procurando sempre alimentar próximo a saciedade em cada refeição. Para o tratamento específico com acréscimo de triptofano, a ração fornecida foi produzida utilizando a mesma fórmula base dos demais tratamentos, porém, com 2,56% de triptofano na produção, enquanto que os demais tratamentos tinham somente 0,32%. O detalhamento desta formulação pode ser consultado na Tabela 2.

Tabela 1: Fórmula da ração fornecida aos peixes dos tratamentos com aguapé, toca e controle durante o período experimental.

Ingredientes	%
Soja, farelo-45	43,50
Concent. Proteico de Soja	10,00
Vísceras, farinha	5,00
Milho, grão	33,04
Soja, óleo	0,50
Trigo, farelo	2,00
DL-metionina	0,22
L-Treonina	0,36
L-Triptofano	0,32
Fosfato bicálcico	2,01
Inerte (caulim)	2,24
BHT	0,02
Premix Vit/min	0,60
Vit. C	0,09
NaCl	0,10
Total	100,00
Composição Nutricional	%
MS	86,23
EB (kcal kg ⁻¹)	3762
PB	31,86
ED (kcal kg ⁻¹)	3044
PD	29,75
FB	3,31
EE	3,03
Ca	0,81
P disp	0,53
ED/PD	102,32

Tabela 2: Fórmula da ração fornecida aos peixes do tratamento influenciado com triptofano durante o período experimental.

Ingredientes	%
Soja, farelo-45	43,50
Concent. Proteico de Soja	10,00
Vísceras, farinha	5,00
Milho, grão	33,04
Soja, óleo	0,50
Trigo, farelo	2,00
DL-metionina	0,22
L-Treonina	0,36
L-Triptofano	2,56
Fosfato bicálcico	2,01
BHT	0,02
Premix Vit/min	0,60
Vit. C	0,09
NaCl	0,10
Total	100,00
Composição Nutricional	%
MS	88,45
EB (kcal kg ⁻¹)	3908
PB	33,74
ED (kcal kg ⁻¹)	3044
PD	29,75
FB	3,31
EE	3,03
Ca	0,81
P disp	0,53
ED/PD	102,32

2.6 Parâmetros de Avaliação do desempenho zootécnico

A biometria dos peixes foi realizada para cálculo dos parâmetros zootécnicos: ganho de peso médio (GPM), ganho de peso diário (GPD), biomassa média de cada tanque (BM), conversão alimentar aparente (CAA) de cada tratamento e coeficientes de variação dos tratamentos baseados em peso e tamanho finais (CVP e CVT). Os primeiros quatro parâmetros foram calculados com base nos valores de peso e na quantidade de ração fornecida na dieta pelas

seguintes fórmulas: $(GPM = \text{Peso final} - \text{Peso Inicial})$; $(GPD = GPM/101)$; $(BM = GPM \times n^{\circ} \text{ de peixes})$; $(CAA = \text{Quantidade de ração}/BM)$. Os últimos dois parâmetros, CVP e CVT, foram calculados com base nas biometrias realizadas, sendo que o primeiro baseia-se no coeficiente de variação entre os ganhos de peso médio entre os tratamentos, enquanto que o segundo descreve o coeficiente de variação entre os tratamentos com base na medição do tamanho (total e padrão) dos peixes. A sobrevivência (S) dos animais foi calculada seguindo a equação: $(S = \text{total de animais final}/\text{total de animais inicial} \times 100)$. A Figura 3 registra a biometria do experimento.



(a)



(b)

Figura 3: Realização da biometria experimental: (a) medição do peso e (b) medição do tamanho.

2.7 Parâmetros de Avaliação de bem-estar

Os parâmetros de bem-estar avaliados foram: estado de saúde geral, distribuição de forrageamento nos tanques, confrontos, tempo para se alimentar, voracidade, número de comportamentos repetitivos (boquejar e coçar) e frequência ventilatória (batimento opercular).

O estado de saúde foi avaliado visualmente durante o período experimental nas biometrias dos animais. Este estado não foi avaliado por exames clínicos, mas quantificado por critérios visuais tais como: presença de lesões, ausência de escamas, presença de fungos e sinais de possíveis doenças comuns em tilápias.

Para aos parâmetros: forrageamento nos tanques, número de confrontos, tempo para se alimentar, voracidade e comportamentos repetitivos, foram realizadas filmagens dos tanques (sem a presença do experimentador). O tempo de filmagem foi de 15 minutos antes da primeira refeição do dia (inicial) e 15 minutos após a oferta do alimento (final) para verificar se existiriam mudanças comportamentais antes e após a refeição. Para o forrageamento, foi contabilizado a cada minuto o número de peixes presente em cada quadrante (Q1, Q2 e Q3), sendo no Q1 onde estavam os enriquecimentos ambientais. O quadrante 4 (Q4) não pode ser analisado, já que o mesmo correspondia a área onde se localizava a aeração e entrada de água, impossibilitando uma imagem nítida da região. Para confronto e comportamentos repetitivos (boquejar: ato de abrir e fechar a boca repetidamente na superfície da água ou logo abaixo dela e coçar: ato de se esfregar contra uma superfície) foi contabilizado a quantidade desses comportamentos nos 15 minutos antes da primeira refeição e 15 minutos após a oferta do alimento. Para voracidade foi atribuído uma escala de 1 a 3 para a latência e voracidade dos peixes em se alimentar, sendo 1 para animais menos vorazes, 2 os intermediários e 3 animais muito vorazes. O tempo para se alimentar foi medido, iniciando assim que o alimento era fornecido e estabelecendo o tempo máximo em até 15 minutos após a oferta do alimento.

O batimento opercular (BO) foi realizado e análise do tempo necessário para 20 batimentos operculares foi observado (adaptado a partir de Alvarenga e Volpato, 1995). O teste foi realizado 3 vezes em dias distintos, utilizando 20 peixes para cada tratamento por dia de experimento, sendo 5 peixes por aquário,

com duas medições por peixe, uma logo após o animal ser capturado do aquário e colocado no aquário de teste (inicial) e a outra 3 minutos após a primeira medição (final).

2.8 Avaliação da qualidade da carne

Após o termino do experimento, 10 peixes de cada tratamento foram anestesiados com benzocaína e abatidos por secção da medula para coleta de material para análise de pH, coloração, perfil de ácidos graxos e textura da carne. (Kirschnik, 2007; Freire & Gonçalves, 2013; Ghisi & Oliveira, 2016).

O pH da carne foi avaliado para definir a qualidade final após o abate dos peixes, utilizando-se um medidor portátil modelo HI-99163. Para tanto, 10g de carne (padronizado a retirada do lado esquerdo do animal) foram triturados e adicionados à 40mL de água destilada e o pH desta solução foi medido, indicando o pH da amostra de carne (Kirschnik, 2007). A avaliação do pH no filé foi realizada em dois momentos: imediatamente após o abate (inicial) e 24h decorridas após a primeira medição (final).

A aparência da cor está diretamente relacionada à imagem fornecida aos clientes para propiciar a venda da carne. Tanto o couro quanto os músculos figuram um fator decisivo para a comercialização da carne do peixe. A avaliação da cor dos filés foi realizada utilizando-se o colorímetro portátil Chroma Meter CR-400 para a leitura dos parâmetros L* (claro +, escuro -), a* (vermelho +, verde -) e b* (amarelo +, azul -), conforme especificações do órgão *Commission Internationale d'le Eclairé* (CIE, 1978), na porção direita do filé 24h após a armazenagem.

A textura é um fator decisivo na escolha do consumidor pelo produto. Assim, foi avaliada a textura dos filés (padronizado o lado direito) utilizando um texturômetro modelo CT3-Brookfield (calibrado a partir de pré testes para as amostras de carne do experimento), onde a porcentagem de deformação foi medida por compressão em três diferentes pontos (cranial, dorsal e caudal), com carga de *trigger* igual a 71g, velocidade do cilindro de 2mm/s e altura da plataforma de 20mm.

2.9 Análise de Dados

As análises estatísticas para os dados coletados foram realizadas utilizando os seguintes testes estatísticos: teste *Shapiro Wilk*, teste *Levene*, teste *t-student* e teste *Mann-whitney U*, sendo estes dois últimos, respectivamente, paramétrico e não-paramétrico.

Para possibilitar as aplicações das análises paramétricas, os testes *Shapiro-Wilk* e *Levene* foram utilizados para avaliar a normalidade e homocedasticidade dos dados. Caso a normalidade ou a homocedasticidade de um conjunto de dados não fosse validada, o teste não paramétrico seria empregado (Normando, Tjäderhane e Quintão, 2010).

Todos os testes empregados foram configurados para 95% de grau significância estatística, sendo as hipóteses nulas definidas para cada um dos testes empregados. Para os testes *t-student*, *Mann-whitney U*, e *Shapiro-Wilk*, considera-se relevância estatística resultados abaixo de 5%, enquanto que para o teste *Levene*, a homocedasticidade é obtida a partir de resultados superiores a 5%. Os testes foram realizados utilizando a ferramenta *R-Statistics*.

2.10 Comitê de Ética

Esta pesquisa está de acordo com os princípios éticos em pesquisa com animais e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso De Animais, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, campus de Botucatu-SP (Protocolo nº CEUA-0175/2018).

3 - RESULTADOS

3.1 Avaliação dos Parâmetros Zootécnicos

Os parâmetros zootécnicos foram avaliados por biometrias. Os valores médios e desvio padrão de GPM, GPD, BM, CAA, CVP, CVT_t, CVT_p e S de cada tratamento estão destacados na Tabela 3.

Tabela 3. Média e desvio padrão (DP) dos parâmetros zootécnicos de tilápias obtidos para os tratamentos, relacionando GPM (Ganho de Peso Médio), GPD (Ganho de Peso Diário), BM (Biomassa), CAA (Conversão Alimentar Aparente), CVP (Coeficiente de Variação de Peso final), CVT_{T,P} (Coeficiente de Variação de Tamanho final, total e padrão) e S (Sobrevivência).

Tratamentos		GPM (g)	GPD (g)	BM (Kg)	CAA (Kg)	CVP (g)	CVT _T (cm)	CVT _P (cm)	S (%)
Controle	Média	168,75	1,67	6750	1,40	0,164	0,049	0,067	98,7
	DP	±6,7	±0,06	±269,5	±0,05	±0,020	±0,005	±0,037	
Aguapé	Média	180,5	1,78	7220	1,30	0,157	0,052	0,059	97,5
	DP	±7,6	±0,07	±307,8	±0,05	±0,025	±0,006	±0,011	
Toca	Média	170,5	1,68	6820	1,38	0,195	0,061	0,063	96,8
	DP	±8,7	±0,08	±349,4	±0,06	±0,030	±0,008	±0,009	
Tryptofano	Média	143	1,41	5720	1,39	0,190	0,055	0,461	95,6
	DP	±7,6	±0,07	±305,6	±0,07	±0,038	±0,009	±0,750	

A partir dos resultados, observou-se que os tratamentos com enriquecimento ambiental demonstraram os maiores valores para GPM, GPD, BM e CAA, sendo o tratamento com aguapé o que obteve os melhores resultados.

Em relação à sobrevivência, a taxa foi de quase 100%, as poucas mortes ocorridas durante o período experimental foram ocasionadas por problemas genéticos: má formação da boca, impedindo que o animal se alimentasse, morrendo por inanição; e problemas técnicos como a falta de energia elétrica que paralisou os sistemas de filtros e aeração, levando alguns peixes a óbito. Com isso, entende-se que os tratamentos se mostraram igualmente afetados pelos problemas apresentados, sendo a taxa de mortalidade resultado destes e não resultado de algum tratamento específico, manejo ou ração fornecida.

Considerando os testes estatísticos *t-student* e *Mann-whitney U* realizados para os parâmetros zootécnicos, os valores de *p* obtidos estão listados na Tabela 4. Os valores representam os resultados que apresentaram diferença estatística

de um dos tratamentos em relação ao outro ($p < 0,05$), e o tratamento que obteve maior diferença está destacado por asterisco (*).

Tabela 4. Valores de p que apresentaram relevância estatística ($p < 0,05$) para os testes *t-student* e *Mann-whitney U* nas comparações dos parâmetros zootécnicos observados (GPM - ganho de peso médio; CVTff - coeficiente de variação de tamanho total final).

Parâmetro	Tratamento 1	Tratamento 2	Teste Estatístico	Valor de p
GPM	triptofano	controle(*)	<i>t-student</i>	0,001315
	aguapé(*)	triptofano		0,000379
	triptofano	toca(*)		0,002329
CVTff	toca(*)	controle	<i>Mann-whitney U</i>	0,0294

3.2 Avaliação dos Parâmetros de Bem-estar

Com relação aos aspectos de saúde analisados nas biometrias, não foi encontrado nenhuma lesão, ausência de escamas, presença de fungos, ou outras características associadas a doenças para qualquer tratamento. A Tabela 5 expressa os valores obtidos para os parâmetros de saúde avaliados em todos os tratamentos durante a realização das biometrias. Como pode ser observado, o estado de saúde dos animais se manteve ótimo durante todo o período experimental, uma vez que indicativos de problemas de saúde não foram observados.

Tabela 5. Análise dos parâmetros de bem-estar relacionados a saúde física dos animais (com: (1..3) representando as 3 biometrias realizadas e (T1..T4) = controle, aguapé, toca, triptofano).

Biometria: 1..3	Tratamento: T1..T4
Presença de lesões	0
Ausência de escamas	0
Presença de fungos	0
Sinais de possíveis doenças	0

As Figuras 4 e 5 ilustram as porcentagens de peixes presentes em cada quadrante para as observações inicial e final, respectivamente. Os valores de

desvio padrão também podem ser observados. Os valores de tais tabelas demonstram a preferência dos indivíduos por determinadas regiões dos aquários.

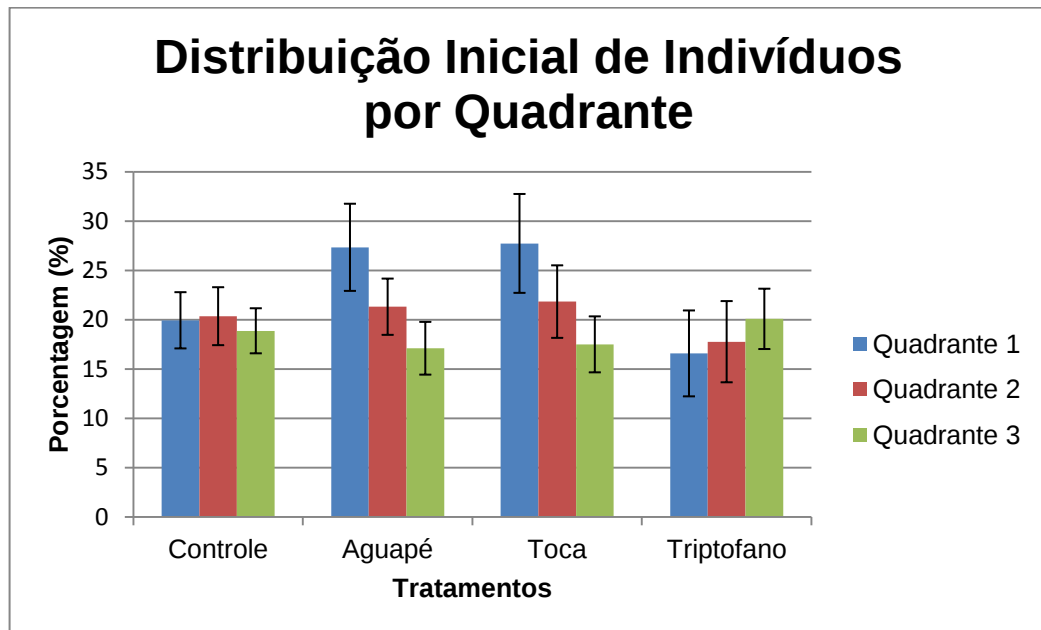


Figura 4. Distribuição inicial de indivíduos nos quadrantes Q1 Q2 e Q3 dos tratamentos controle, aguapé, toca e triptofano.

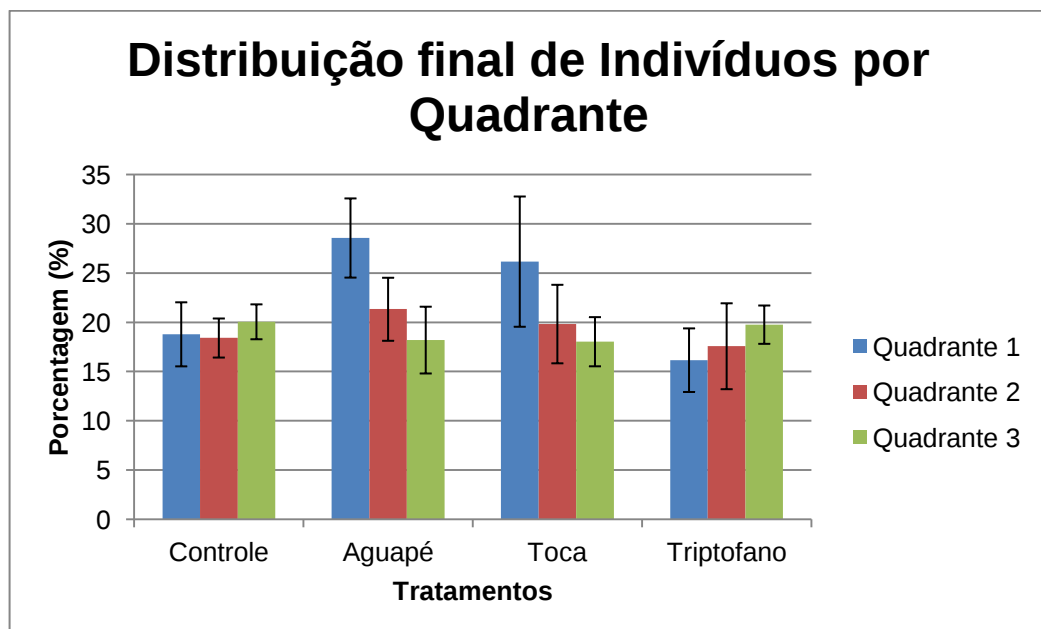


Figura 5. Distribuição final de indivíduos nos quadrantes Q1 Q2 e Q3 dos tratamentos controle, aguapé, toca e triptofano.

As Figuras 6 e 7 ilustram os valores médios obtidos para os parâmetros de confronto, coçar e boquejar para cada um dos tratamentos avaliados, considerando observações iniciais e finais, respectivamente. Os valores de desvio padrão também podem ser observados.

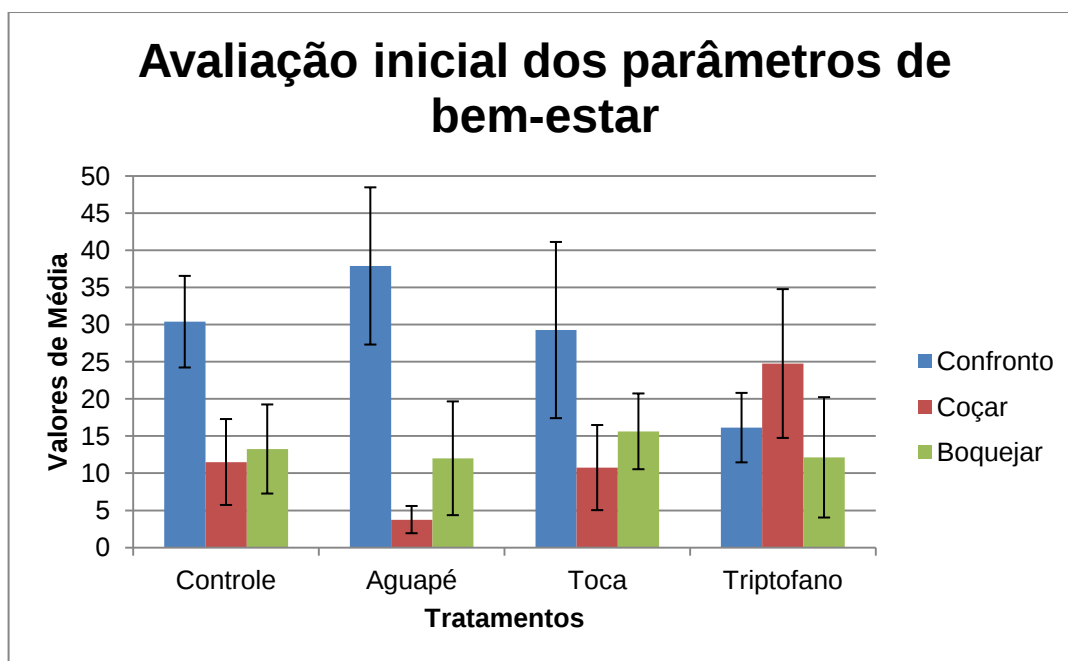


Figura 6. Avaliação inicial dos parâmetros de bem-estar (confronto, coçar e boquejar) avaliados para cada um dos tratamentos (controle, aguapé, toca e triptofano).

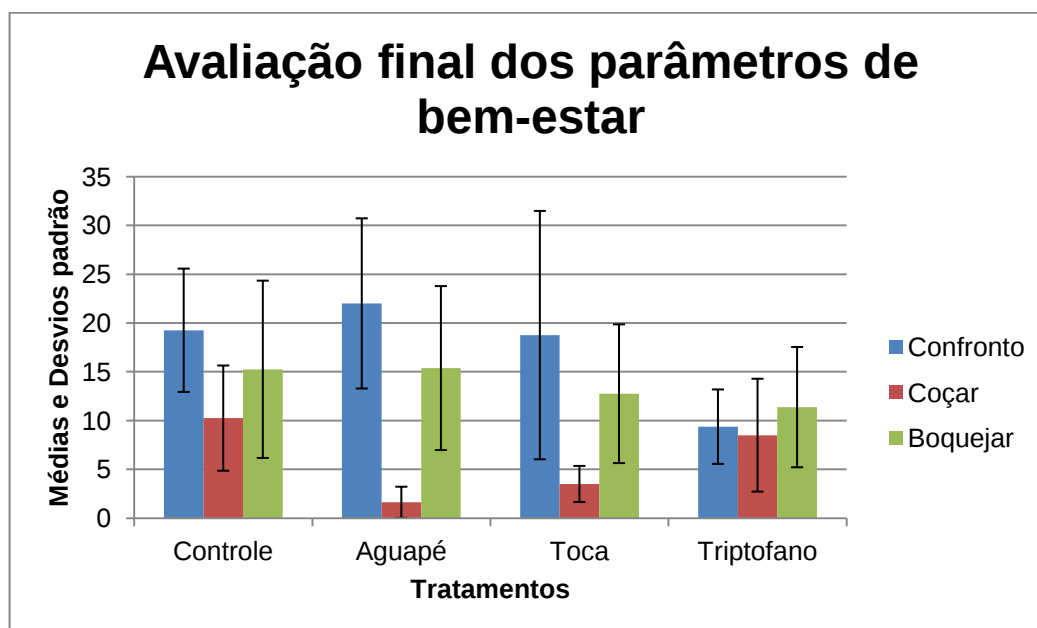


Figura 7. Avaliação final dos parâmetros de bem-estar (confronto, coçar e boquejar) avaliados para cada um dos tratamentos (controle, aguapé, toca e triptofano).

A Tabela 6 destaca os valores médios e desvios padrões obtidos da observação dos parâmetros de voracidade e tempo para se alimentar para cada um dos tratamentos. Tais parâmetros foram observados durante o fornecimento da ração. A Tabela 7 apresenta os valores médios e desvios padrões obtidos para cada uma das três observações da frequência ventilatória em cada tratamento.

Tabela 6. Médias dos valores e desvio padrão obtidos para os parâmetros de bem-estar voracidade e tempo para se alimentar.

Tratamentos		Voracidade (1-3)	Tempo para se alimentar (min)
Controle	Média	2,8 $\pm$ 0,3	3 $\pm$ 5,3
Aguapé	Média	2,2 $\pm$ 0,7	9 $\pm$ 8,0
Toca	Média	1,8 $\pm$ 0,8	13 $\pm$ 7,7
Triptofano	Média	1,3 $\pm$ 0,5	13 $\pm$ 6,6

Tabela 7. Médias dos valores e desvio padrão obtidos para o parâmetro de bem-estar frequência ventilatória.

Tratamentos		Batimento opercular - BO (s)					
		Inicial			Final		
		1	2	3	1	2	3
Controle	Média	11,0 $\pm$ 0,80	11,9 $\pm$ 0,91	11,9 $\pm$ 1,10	9,3 $\pm$ 0,69	10,1 $\pm$ 0,63	10,2 $\pm$ 0,82
Aguapé	Média	11,1 $\pm$ 0,59	11,3 $\pm$ 0,83	12,3 $\pm$ 1,18	9,7 $\pm$ 0,53	10,5 $\pm$ 0,76	11,2 $\pm$ 0,91
Toca	Média	11,0 $\pm$ 1,13	11,5 $\pm$ 1,15	11,8 $\pm$ 1,02	9,8 $\pm$ 0,70	10,0 $\pm$ 1,00	10,0 $\pm$ 0,94
Triptofano	Média	10,8 $\pm$ 0,79	11,2 $\pm$ 1,82	11,8 $\pm$ 1,24	9,4 $\pm$ 0,84	10,0 $\pm$ 1,24	10,3 $\pm$ 0,69

Para a análise estatística, utilizaram-se os testes *t-student* e *Mann-whitney U* que apresentaram diferença ($p < 0,05$), os parâmetros de bem-estar que deram diferença estão listados na Tabela 8. O tratamento que apresentou maior valor de significância esta destacado por asterisco (*).

Tabela 8. Valores de p que apresentaram relevância estatística ($p < 0,05$) para os testes t -student e Mann-whitney U nas comparações dos parâmetros de bem-estar observados (Q1, Q2, Q3 i,f – quadrantes 1, 2 e 3 inicial e final; CONF i,f – confronto inicial e final; COC i,f – coçar inicial e final; VOR – voracidade; T. ALIM – tempo para se alimentar; BO i,f – batimento opercular inicial e final).

Parâmetro	Tratamento 1	Tratamento 2	Teste Estatístico	Valor de p
Q1i	aguapé(*)	controle	Mann-whitney U	2,20e-16
	triptofano	controle(*)		4,41e-05
	toca(*)	controle		2,20e-16
	aguapé(*)	triptofano		2,20e-16
	triptofano	toca(*)		2,20e-16
Q2i	triptofano	controle(*)	Mann-whitney U	6,50e-04
	toca(*)	controle		0,0191
	aguapé(*)	triptofano		4,42e-06
	triptofano	toca(*)		2,44e-07
Q3i	aguapé	controle(*)	Mann-whitney U	0,003837
	toca	controle(*)		0,0287
	aguapé	triptofano(*)		5,95e-06
	triptofano(*)	toca		1,24e-04
Q1f	aguapé(*)	controle	Mann-whitney U	2,20e-16
	triptofano	controle(*)		5,12e-04
	toca(*)	controle		7,44e-13
	aguapé(*)	triptofano		2,20e-16
	triptofano	toca(*)		2,20e-16
Q2f	aguapé(*)	controle	Mann-whitney U	8,16e-05
	toca(*)	controle		0,0408
	aguapé(*)	triptofano		2,83e-06
	triptofano	toca(*)		0,00472
Q3f	aguapé	controle(*)	Mann-whitney U	0,00513
	toca	controle(*)		0,00266
	aguapé	triptofano(*)		0,0129
	triptofano(*)	toca		0,00858
CONF _i	triptofano	controle(*)	t -student	0,000166
	aguapé(*)	triptofano		0,000383
	triptofano	toca(*)		0,01697
CONF _f	triptofano	controle(*)	t -student	0,0028
	aguapé(*)	triptofano		0,004058
COC _i	aguapé	controle(*)	t -student	0,006314
	triptofano(*)	controle		0,007675
	triptofano(*)	toca		0,005491
	aguapé	triptofano(*)	Mann-whitney U	0,000915
	aguapé	toca(*)		0,007019
COC _f	aguapé	controle(*)	t -student	0,002331
	toca	controle(*)		0,009061
	aguapé	toca(*)		0,04825
	aguapé	triptofano(*)	Mann-whitney U	0,003008
VOR	aguapé	controle(*)	Mann-whitney U	0,0489
	triptofano	controle(*)		0,000749
	toca	controle(*)		0,01385
	aguapé(*)	triptofano		0,02354
T. ALIM	aguapé(*)	controle	Mann-whitney U	0,006562
	triptofano(*)	controle		0,006561
	toca(*)	controle		0,005053
BO2i	aguapé	controle(*)	t -student	0,04514
	triptofano	controle(*)		0,0447
BO2f	aguapé(*)	controle	t -student	0,04519
BO3f	aguapé(*)	controle	t -student	0,00816
	aguapé(*)	triptofano		0,002818
	triptofano(*)	toca		0,00891
	aguapé(*)	toca	Mann-whitney U	0,00511

3.3 Avaliação dos Parâmetros de Qualidade da Carne

Os valores médios e desvio padrão obtidos para análise da qualidade de carne (pH, coloração e textura) estão detalhados nas Tabelas 9 e 10.

Para o pH da carne, os valores não demonstram grande disparidade e estão dentro do recomendado segundo a Constituição Brasileira, Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017; Art. 211. Os órgãos responsáveis pela fiscalização são: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.

Tabela 9: Valores médios e desvio padrão para análise do pH da carne de tilápia.

Tratamentos		pH inicial	pH final
Controle	Média	7,0 ±0,06	6,4 ±0,07
Aguapé	Média	7,0 ±0,08	6,4 ±0,08
Toca	Média	7,1 ±0,18	6,4 ±0,04
Triptofano	Média	7,0 ±0,07	6,4 ±0,09

Tabela 10: Valores médios e desvio padrão para análise de coloração e textura da carne de tilápia.

Tratamentos			Cor		Textura
		L	a	b	Dureza (Kgf)
Controle	Média	56,48 ±2,3	12,36 ±1,5	7,93 ±1,1	4334,30 ±352,40
Aguapé	Média	54,98 ±1,3	12,30 ±1,0	6,98 ±0,6	4726,30 ±411,90
Toca	Média	56,02 ±1,5	13,25 ±2,2	7,87 ±0,8	5030,00 ±342,30
Triptofano	Média	55,06 ±1,4	13,56 ±1,0	7,63 ±0,7	5054,90 ±320,10

Considerando os testes estatísticos *t-student* e *Mann-whitney U* para os parâmetros de qualidade de carne, a Tabela 11 ilustra os casos em que o valor de p obtido foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$). Os tratamentos que apresentaram diferença estatística estão destacados com asterisco (*).

Tabela 11. Valores de p que apresentaram relevância estatística ($p < 0,05$) para os testes *t-student* e *Mann-whitney U* nas comparações dos parâmetros de qualidade de carne observados (CORL - cor mais clara; CORb - cor mais amarela; TEXTMED – textura média).

Parâmetro	Tratamento 1	Tratamento 2	Teste Estatístico	Valor de p
CORL	aguapé	controle(*)	<i>Mann-whitney U</i>	0,04356
CORb	triptofano	controle(*)	<i>t-student</i>	0,04859
	toca	controle(*)		0,04871
	aguapé	controle(*)	<i>Mann-whitney U</i>	0,04326
TEXTMED	triptofano(*)	controle	<i>t-student</i>	0,001594
	toca(*)	controle		0,03512

4 – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A aplicação de técnicas que proporcionam bem-estar animal foi alvo de estudo em diversas áreas de produção nos últimos anos, e recentemente, vislumbrou-se atenção para a produção de peixes. Todavia, até o presente momento, pouco foi estudado sobre a inserção de parâmetros de bem-estar na criação de peixes, incluindo a introdução de enriquecimento ambiental e alimentar nos processos produtivos.

A partir do observado no presente trabalho, pela introdução de enriquecimentos ambientais simples, foi possível obter melhoras significativas nos parâmetros observados, justificando a utilização destas técnicas como meio de garantir melhor qualidade de vida aos animais sem comprometer o caráter comercial atrelado à produção aquícola.

4.1 Parâmetros Zootécnicos

Para os parâmetros zootécnicos analisados, se destaca principalmente o tratamento com enriquecimento ambiental pela introdução de aguapé artificial. Analisando os resultados brutos obtidos para este tratamento, é notável a melhora no uso de enriquecimento para o sistema de produção. Como destaques temos o ganho de peso onde o aguapé obteve média de $180,5 \pm 7,6$ g, ganho de peso diário $1,78 \pm 0,07$ g e conversão alimentar com $1,30 \pm 0,05$.

O tratamento com enriquecimento ambiental apresentou resultados que corroboraram os já apresentados na literatura. A conversão alimentar ficou próxima do obtido em estudos recentes, como os propostos por Carmelin Jr., (2014; 2018) e Costa (2014), inclusive este trabalho apresenta valores de conversão alimentar melhores que os recomendados para a criação de peixes, que varia de 1,4 a 1,8 (Ono e Kubitza, 1999).

Apesar dos resultados obtidos apresentarem valores próximos, são significativos quando considera-se o sistema produtivo e principalmente custos de produção. Um exemplo disso é o peso diário. Se a tilápia ganha maior peso diariamente pode-se dizer que o ciclo de produção desse animal será reduzido, uma vez que atinge o peso de venda com menos tempo de cultivo. Sobre custos de produção envolvendo ração, a conversão alimentar torna-se uma ferramenta

valiosa já que está diretamente ligada a quantidade fornecida de ração para se obter o peso desejado do peixe. Como exemplo, podemos analisar a conversão alimentar para tratamento aguapé e controle.

Supondo que ambos, controle e aguapé, tiveram seus peixes despescados com 1kg de peso, temos 160 peixes por tratamento ou seja 160kg de peixe ao final de um ciclo completo de produção. Se para produzir um quilo de peixe no sistema sem enriquecimento se utiliza 1,4 kg de ração, temos um total de 224 kg de ração ($160\text{kg} \times 1,4$). Dividindo-se este valor pelo peso de um saco (25kg), obtemos um total de 8,96 sacos, e multiplicando pelo valor da ração experimental (4 reais o kg = 100 reais o saco de 25kg) obtemos o valor de 896 reais. Para o tratamento com aguapé foi utilizado 1,3 kg de ração por quilo de peixe produzido. Seguindo a mesma lógica, obtemos um total de 832 reais. A diferença dos tratamentos é de 64 reais, talvez pouco para a situação específica abordada neste trabalho, mas se analisarmos e extrapolarmos esta situação experimental para 100 tanques, a diferença pode atingir o valor de 6.400 reais por ciclo produtivo. Saindo da situação de experimento e voltando a atenção a um sistema de produção de fato, suponhamos uma produção com 100 tanques rede de 27m^3 a uma densidade média de 100 peixes/ m^3 , em um ciclo de produção de 6 meses com média na despesca de 1kg de peso vivo por peixe, com o saco de ração custando 100 reais. Esta diferença no custo da ração chega a 108 mil reais. Com esses exemplos, destaca-se a diferença para o ciclo e custo de produção entre um sistema sem enriquecimento e o uso do aguapé em um sistema produtivo, se mostrando vantajoso zootecnicamente.

Trabalhos propostos por Carmelin Jr. (2014; 2018) e Costa (2014) avaliaram a aplicação de diferentes densidades de estocagem e influência da temperatura e alimentação automática na obtenção de melhores parâmetros zootécnicos para tilápias, todavia, sem levar em consideração a relação destes no processo de comprometimento do bem-estar dos indivíduos.

O presente trabalho visou, além da obtenção de melhores índices zootécnicos (o que foi obtido com sucesso para o tratamento com aguapé), melhores índices para qualidade de carne e bem-estar dos animais, pela inclusão de técnicas de enriquecimento de baixo custo e fácil manejo, direcionando as pesquisas para uma área de multidisciplinaridade, levando em consideração

índices de naturezas distintas, mas que apresentam impacto importante na criação e comercialização de peixes. Assim, este trabalho exhibe importante contribuição, uma vez que agrega diferentes interfaces com um único objetivo de melhorias na criação de peixes dentro dos preceitos de bem-estar animal, sem comprometer o produto e o mercado a ele associado.

Em relação aos parâmetros que demonstraram diferença estatística, o GPM, em que o tratamento com triptofano apresentou os resultados menos significativos, devendo-se ao fato deste aminoácido ser precursor da serotonina, que é responsável por modular diferentes atividades neurais incluindo a diminuição na ingestão de alimentos (Vieira, 2013). A elevada porcentagem de triptofano utilizada na dieta destes peixes pode ter desestimulado o interesse destes animais pela alimentação, como sugere os resultados. Segundo Quintero-Pardo (2015), o consumo do aminoácido pode ser auto-balanceado em juvenis de tilápia beneficiando o consumo da ração e não apresentando prejuízo para ganho de peso e conversão alimentar, todavia os níveis não podem ser excessivos, sendo recomendado 0,84% de inclusão na ração.

Mediante a realização de novos experimentos, pode-se verificar a viabilidade de outras porcentagens de triptofano, visando atingir os mesmos resultados obtidos com o enriquecimento ambiental, uma vez que este aminoácido já demonstrou viabilidade para o bem-estar dos animais. Segundo Vieira (2013) dietas suplementadas com triptofano levaram a uma menor frequência de confrontos em tilápias. Comportamentos agressivos foram inibidos com suplementação na dieta de trutas arco-íris (Winberg; Overli; Lepage, 2001) e houve uma diminuição no ataque entre os peixes estudados (Lepage et al., 2005), sugerindo que o triptofano reduz a agressividade. Este aminoácido pode atuar no eixo hipotálamo-hipofise-interrenal, elevando o nível de serotonina no organismo e reduzindo a agressividade, diminuindo o estresse causado por confrontos e perseguições entre os animais (Höglund et al., 2005).

A análise do resultado estatístico de CVTTf demonstra que o tratamento com a toca apresentou diferença estatística de tamanho total quando comparado ao controle, porém o mesmo não foi observado para os demais tratamentos. Medidas relacionadas ao coeficiente de variação, seja para peso ou tamanho padrão, também não demonstraram diferença estatística, sugerindo que tal

medida (CVTTf) não apresentou grande relevância discriminativa entre os tratamentos.

4.2 Parâmetros de Bem-estar

Comparando os resultados deste estudo com outros, onde o batimento opercular (BO) foi analisado sob a influência do ambiente de criação (Myiai, 2013; Silva, 2010), corrobora-se que o BO está relacionado ao aumento ou decréscimo dos níveis de estresse dos indivíduos, sendo um importante indicador de qualidade de bem-estar animal.

O estudo proposto por Roriz (2015) realizou a análise das alterações na frequência ventilatória em *Piaractus brachypomus* após um estresse de exposição ao ar, e observou-se um aumento significativo na frequência respiratória em relação ao grupo controle (sem exposição ao ar). A resposta ao estresse em peixes inclui um aumento na taxa de captação de oxigênio pelas brânquias, via aumento da frequência ventilatória (Yoshioka et al., 2009).

Considerando o valor estatístico que apresentou relevância nas medidas de frequência ventilatória inicial (BO2i), o controle apresentou menor valor de frequência quando comparado ao aguapé e triptofano. Uma possível justificativa é que os indivíduos controle mantiveram seu comportamento de alerta quando colocados no aquário para as medições, enquanto que os indivíduos dos tratamentos aguapé e triptofano, por estarem mais ‘calmos’, ao serem colocados em uma nova situação, sofreram um nível maior de estresse, apresentando forte influência na frequência medida.

Para os resultados obtidos nas medições finais (BO2f e BO3f), observou-se que os indivíduos do tratamento aguapé e triptofano demonstraram menor frequência ventilatória quando comparados ao do controle e toca, sendo o aguapé o que apresenta a menor frequência, mesmo quando comparado ao triptofano. Isto sugere uma adaptação rápida ao ambiente novo, onde os indivíduos do tratamento com aguapé regressaram ao seu estado basal de menor estresse, enquanto que o controle manteve seu estado de alerta. Essa adaptação a um novo ambiente quando utilizamos algum recurso ambiental ou alimentar que

promove um alívio no estresse é ideal para a produção, uma vez que os peixes são manipulados com certa frequência nas classificações, despesca e transporte.

Em relação ao comportamento agonístico, observou-se que todas as comparações que apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) estavam relacionadas ao triptofano. Assim, estabeleceu-se que os indivíduos deste tratamento foram os que apresentaram menor índice de confrontos agonísticos,, sendo este fato justificado pelo triptofano ser precursor de serotonina, neurotransmissor envolvido no controle de comportamentos agressivos e suscetibilidade ao estresse (Lepage et al., 2002; Hseu et al., 2003; Lepage et al., 2003; Höglund et al., 2005; Lepage et al., 2005; Wolkers et al., 2013).

Observou-se em trabalhos correlatos o mesmo comportamento: em experimento com o peixe matrinxã realizado por Martins (2013) constatou-se que comportamentos como a latência para o 1º ataque, o número de mordidas e de perseguição foi menor nos peixes que receberam L-TRP. Outros estudos analisando o efeito deste aminoácido na dieta concluíram que dietas suplementadas com L-TRP diminuíram a resposta de estresse em carpas em diferentes densidades de estocagem, além de aumentar a tolerância do peixe em condições de água salgada e diminuir a liberação de cortisol (Tejpal et al., 2009; Hoseini e Hosseini, 2010).

Com relação aos demais tratamentos que apresentaram níveis elevados de confrontos, sabe-se que a agressividade ocorre com frequência em situações de medo, predação, disputas por territórios, defesa da prole e reprodução (Ferraz, 2011). Apesar dos benefícios, ambientes com enriquecimento podem não significar uma condição de bem-estar de peixes territoriais, e segundo Barreto *et al.* (2011) machos de tilápia-do-Nilo apresentaram maior agressividade em territórios enriquecidos pela maior quantidade de material a ser defendido, resultado este que reforça o obtido no presente estudo, onde o tratamento com aguapé artificial apresentou número maior de confrontos. Contudo, apesar de não especificado e quantificado o tipo de confronto, foi possível observar por meio das filmagens que ambientes enriquecidos com aguapé e toca apresentaram maior latência para desencadear confrontos, sendo com menor intensidade (ameaças), e concentrados no quadrante onde havia o enriquecimento. Já na situação controle (sem enriquecimento), esses confrontos apresentaram menor latência

para ocorrer, eram mais intensos (perseguições, confrontos laterais e mordidas) e ocorriam em todos os quadrantes do aquário. Alguns trabalhos que observaram confrontos em peixes demonstraram resultados similares. Torrezani (2012) analisou o comportamento de tilápias do congo em ambiente enriquecido. O peixe apresentou uma diminuição na latência para iniciar a luta, e a frequência de ataques foi menor. A hierarquia de dominância, também observada, apresentou-se menos explícita em comparação aos animais mantidos em ambiente sem enriquecimento. No trabalho realizado por Mendonça (2010), tilápias do Nilo mantidas com diferentes substratos e ambiente sem os mesmos, apresentaram frequência igual de ataques totais, porém, assim como este estudo, os ataques de alta intensidade foram menores em animais mantidos em aquários com substrato. Resultados similares foram obtidos por Mendonça (2006), que também observou aumento de ataques de alta intensidade na ausência de substrato.

Essas diferenças nos confrontos podem ser explicadas pela hipótese da barreira visual, onde um ambiente enriquecido como no aguapé pode diminuir a visualização entre os indivíduos, reduzindo a sinalização (alteração da pigmentação corporal e posição das nadadeiras) entre os mesmos e o número de interações agressivas (Imre *et al.*, 2002). Outra explicação para tal pode ser vista em Mendonça (2006), na qual o ninho ou os enriquecimentos, neste caso, poderiam ter função de sinalizar território onde os peixes dominantes defenderiam o ninho ou o recurso presente, atacando somente quando o co-específico invade tal demarcação (Lowe-McConnell, 1958).

Ainda, pode-se definir que o confronto ocorra devido a comportamentos naturais das tilápias, que além de procurarem por recursos para nidificar e estabelecerem território, quando se sentem ameaçadas por co-específicos ou predadores, buscam meios de evitar confrontos prejudiciais, seja fugindo ou se escondendo (Kavaliers e Choleris, 2001). O trabalho de Mendes (2010) analisou o papel de estímulos químicos e visuais de predador na tomada de decisão entre alimentar-se e refugiar-se em grupos de *Oreochromis niloticus*. Como resultado, demonstrou que os peixes se mantiveram mais tempo no refúgio quando da presença de animais hierarquicamente superiores e emissão de sinais de predadores.

Portanto, considerando as possíveis causas que levam a um aumento ou redução de comportamentos agressivos, são justificáveis os elevados índices de confronto nos tratamentos influenciados por aguapé e toca, já que houve uma disputa pelo enriquecimento e uma maior concentração de animais ao redor do recurso, o que levou a intensificação no número de confrontos. No entanto, conforme explicado, esses confrontos são inerentes ao processo e a espécie, e os peixes podem estar numa boa condição mesmo em situação de estresse (Volpato *et al.*, 2009). Na situação controle, não houve qualquer tipo de influência no ambiente que justificasse a causa do elevado número deste comportamento, sua intensidade e o constante estado de alerta, o que corrobora a teoria de Mendonça (2006), já citada anteriormente.

Desta forma, a presença de recursos ambientais se torna uma importante ferramenta a ser utilizada do ponto de vista de etologia do animal (podendo o peixe tomar decisões para se beneficiar), bem como um recurso a ser explorado pelas pisciculturas no âmbito de desempenho produtivo (evitar brigas que possam resultar em machucados e maior mortalidade).

Em relação à distribuição dos peixes nos quadrantes Q1, Q2 e Q3 pode-se observar estatisticamente maior tendência dos tratamentos com animais em ambientes enriquecidos em procurar o recurso antes e após se alimentarem. Isso demonstra que os animais preferem o enriquecimento, uma vez que o mesmo tenta recriar características de ambientes naturais (Belk *et al.*, 2008) proporcionando ao peixe, neste caso, um local de refugio.

Considerando os tratamentos triptofano e controle, os resultados estatísticos ilustraram melhor distribuição dos indivíduos quando comparados com os tratamentos aguapé e toca, já que nestes não havia nenhum recurso ao qual o peixe pudesse utilizar.

Estudos evidenciaram que ambientes com enriquecimento tem a preferência do animal, além de ajudar no aprendizado e memória. Para tilápias submetidas a testes de preferência, observou-se que existe uma maior procura por ambientes enriquecidos com abrigo e cascalho em relação a ambientes sem enriquecimento (Delicio *et al.*, 2006). Com a mesma espécie de peixe foi observado o efeito de ambientes enriquecidos sobre o aprendizado e a memória

relacionados ao local e período em que o alimento estaria disponível. Foram utilizados pedaços de tijolos, vegetação, cascalho, abrigos de PVC e madeira como itens de enriquecimento ambiental e constatou a existência de interação entre os recursos e a melhora na memória e aprendizado (Batista, 2010). Estudos com outras espécies, por exemplo, oscar e betta, apresentaram os mesmos resultados obtidos neste estudo, ou seja, maior preferência do animal por ambientes enriquecidos (Bonifácio, 2019; Oliveira, 2016).

Portanto, é visível a necessidade dos peixes em possuir um ambiente com recursos, simulando o que poderia ser encontrado na natureza. Para sistemas intensivos de produção, esta necessidade do animal não é diferente, como mostra os resultados encontrados no presente trabalho.

O comportamento de 'coçar' (COCi e COCf) demonstrou diferença no tratamento triptofano e controle em relação aos demais tratamentos. O ambiente estéril nos quais os indivíduos estavam inseridos ocasionaram alterações em seus comportamentos, como os movimentos repetidos (estereotipados) (Galhardo e Oliveira, 2009). Estudos associam esses comportamentos estereotipados como sinônimo de bem-estar pobre, sendo esses comportamentos aliviadores do estresse e representantes de uma estratégia do peixe para lidar com condições restritivas do ambiente (Volpato *et al.*, 2007; Volpato *et al.*, 2009; Molico, 2013; Swaisgood & Shepherdson, 2005).

Pode-se dizer que ambientes sem aparatos que simulem o habitat natural podem ocasionar redução de comportamentos normais passando a expressar comportamentos anômalos, sendo esses ambientes considerados redutores de bem-estar em peixes (Bracke e Hopster, 2006).

Em *Brachydanio Rerio*, o uso de plantas artificiais como forma de promover o enriquecimento ambiental aumentou a proliferação celular no telencéfalo (Von Krogh *et al.*, 2010) e diminuiu comportamentos do tipo ansiedade (Collymore *et al.*, 2015). A inserção de aguapé artificial também levou a menores valores para comportamentos estereotipados.

Comportamentos estereotipados não são desejáveis para uma produção. Ao esfregar repetidamente seu corpo contra a estrutura do tanque-rede, os peixes podem sofrer machucados e lesões deixando-os mais propensos à contaminação

por fungos e bactérias, e resultando em números elevados de mortalidade e prejuízo na produção.

Em relação ao comportamento alimentar, as medidas de voracidade e tempo para alimentação (VOR e T.ALIM, respectivamente), observou-se que o controle apresentou o comportamento mais voraz e levou menor tempo para se alimentar quando comparado aos tratamentos de enriquecimento. Segundo Barcellos *et al.* (1999), altos níveis de estresse e mudanças no comportamento social aumentam a voracidade na alimentação pela quebra de dominância, o que estaria diretamente relacionado a um menor tempo para consumir o alimento oferecido. Este fato pode não apresentar condições ideais para um sistema produtivo que vise o bem-estar animal, uma vez que os níveis de estresse estarão elevados e podem implicar em maior comportamento agressivo e maior heterogeneidade no lote de animais.

4.3 Parâmetros de Qualidade de Carne

Em relação o pH (inicial e final) da carne analisada, não foi observada diferença estatística para nenhum dos tratamentos. Todavia, os valores obtidos estão em acordo com os estabelecidos pela legislação brasileira para as musculaturas internas dos peixes (Brasil, 2017; Soares e Gonçalves, 2012), ou seja, os itens de enriquecimento propostos não alteram o pH da carne de maneira negativa.

Com relação à coloração analisada, o controle apresentou diferença estatística para os valores de luminosidade, sendo mais claro quando comparado ao aguapé. No entanto, o controle diferiu do aguapé, toca e triptofano apresentando maior significância para a coloração amarela, o que não é desejado para a carne da tilápia. A cor amarela no peixe fresco pode ser proveniente da deposição de carotenoides na carne, oriundos da dieta, que neste caso foi a mesma para ambos os tratamentos.

Embora a coloração amarelada não tenha qualquer efeito sobre a qualidade da carne do peixe, esta pode ser considerada anormal pelo consumidor em tratando de carne de tilápia, ou seja, a percepção estética é afetada e conseqüentemente, pode afetar a venda do produto. Mesmo não sendo possível

impedir a formação desta cor, a não ser pela alteração da composição da ração, o que se torna geralmente inviável, (Rodrigues, 2005) mostrou que os tratamentos com enriquecimento tiveram menor propensão a assimilar o carotenoide na carne, o que pode ser uma alternativa para este problema.

Existem evidências de que diferentes tratamentos ou técnicas de manejo podem resultar em diferenças na coloração dos filés (Viegas *et al.*, 2012; Duarte, 2017), e este resultado corrobora o já apresentado nos demais trabalhos deste tema.

Os valores de textura (avaliação da dureza do filé) apresentaram diferença estatística nas comparações realizadas. Foi observado que os valores foram significativamente maiores para os tratamentos triptofano e toca quando comparados ao controle. Esse resultado sugere que ambos os tratamentos com maior dureza no filé não haviam saído ainda do estado de *rigor mortis*, sugerindo que como são dois tratamentos que na análise comportamental apresentaram menor nível de estresse, suas reservas de glicogênio eram mais elevadas que o tratamento controle e devido a isto o período de rigor pode ter durado maior tempo ou pode ter iniciado tardiamente. Segundo Vieira (2003), o pescado que é submetido a estresse durante o processo produtivo e de captura que antecede sua morte, terá o período de *rigor mortis* reduzido devido ao gasto excessivo de glicogênio.

Esse resultado mostra que animais menos estressados tem a instalação do *rigor mortis* tardiamente ou possuem maior tempo de rigor, isso implica na maior vida de prateleira do produto, já que assim que sai do *rigor mortis*, a carne começa a perder o tempo de validade devido à intensificação da decomposição por bactérias (Beirao *et al.*, 2004). Outros estudos realizaram a avaliação da dureza de filés de peixes mediante a aplicação de diversas técnicas de abate (Viegas *et al.*, 2012; Tsujii, 2018), porém, a análise do impacto do enriquecimento ambiental e alimentar na textura ainda não foram analisados, sendo esta mais uma contribuição do trabalho proposto.

4.4 Conclusões

Conclui-se que o ambiente estéreo na criação de peixes possui deficiências que puderam ser melhoradas pela inserção dos enriquecimentos propostos, tanto na melhora da qualidade de vida dos animais como dos índices zootécnicos.

De modo geral, para os parâmetros zootécnicos, de bem-estar e qualidade da carne, o uso de enriquecimento ambiental e alimentar (triptofano) demonstraram grandes implicações, sendo benéficos para as produções e para os animais cultivados. Podemos destacar o tratamento com aguapé artificial como o que apresentou os melhores e mais constantes resultados. Destaca-se ainda, a facilidade de implantação do recurso nas pisciculturas, sendo de baixo custo, fácil manejo e alta durabilidade.

4.5 Implicações

O presente trabalho apresenta importante e concisa contribuição a ser explorada, uma vez que correlaciona diversas técnicas na produção com o objetivo de proporcionar melhorias em diversas áreas, a de produção, de bem-estar e de qualidade do produto fornecido ao consumidor, com medidas sustentáveis para a geração do produto final.

É importante reforçar que, pelo caráter de novidade atrelado ao presente estudo, mais experimentos devem ser conduzidos com o objetivo de ampliar os resultados obtidos, podendo assim, de fato apresentar subsídios para o setor aquícola com base nos preceitos de bem estar animal.

Referências Bibliográficas

- Alvarenga, C.M.D., Volpato, G.L., 1995. Agonistic profile and metabolism in alivins on the Nile tilapia. *Physiology & Behavior* 57(1), 75-80.
- Ayroza, L.M.S., Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R., Sussel, F.R. 2005. Piscicultura no médio Paranapanema: situação e perspectivas. *Pesquisa e tecnologia* 2(2), 1-8.
- Bagni, M., Civitareale, C., Priori, A., Ballerini, A., Finoia, M., Brambill, A., Marino, G. 2007. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 263(1-4), 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.049>
- Bandeira, M.G.A., Nascimento, J.S. 2017. Estudo prospectivo relativo à atividade da tilápia para a indústria de alimentos no período de 2006 a 2016. *Caderno de Prospecção Salvador* 10(3), 552-562. ISSN: 2317-0026.
- Barbieri, E., Marquez, H.L.A., Campolim, M.B., Salvarani, P.I. 2014. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada – RGC*. 14(3), 385-398. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci486>
- Barcellos, L.J.G., Nicolaiewsky, S., Souza, S.M.G., Lulhier, F. 1999. The effects of stocking density and social interaction on acute stress response in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture Research*, Oxford, 30(11-12), 887-892. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00419.x>
- Barreto, R.E., Carvalho, G.G.A., Volpato G.L. 2011. The aggressive behavior of Nile tilapia introduced into novel environments with variation in enrichment. *Zoology* 114, 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2010.09.001>
- Batista, L. 2010. Papel do Enriquecimento Ambiental na cognição de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Departamento de Fisiologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. Monografia. 26p.
- Beirão, L.H., Teixeira, E., Batista, C.R.V., Santo, M.L.E., Damian, C., Meinert, E.M. 2004. Tecnologia pós-captura de pescado e derivados. In: Polli, C.R. et al. 2004. *Aquicultura: experiências brasileiras*. Florianópolis: UESC. 407-442p.
- Belk, M.C., Benson, L.J., Rasmussen, J., Peck, S.L. 2008. Hatchery-induced morphological variation in an endangered fish: a challenge for hatchery-based recovery efforts. *Canadian journal of fisheries and Aquatic Sciences* 65(3), 401-408. <https://doi.org/10.1139/F07-176>
- Bonifácio, C.T., Mendonça, P.P., Oliveira, A.F.M. 2019. Comportamento e bem-estar de peixes beta (*betta splendens*) em aquário. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós graduação em Ciências Veterinárias - Centro

de Ciências Agrárias e Engenharias - Universidade Federal do Espírito Santo.

- Borges, F.F., Amaral, L.A., Stéfani, M.V. 2012. Characterization of effluents from bullfrog (*Lithobates catesbeianus*, Shaw, 1802) grow-out ponds. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24(2), 160–166. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000035>
- Borghesi, R., Hisano, H., Sucasas, L.F.A., Lima, L.K.F., Oetterer, M. 2013. Influência da Nutrição sobre a Qualidade do Pescado: especial referência aos ácidos graxos. Corumbá, Embrapa Pantanal, 21p.
- Bosworth, B.G., Small, B.C., Gregory, D., Kimb, J., Black, S., Jerrett, A. 2007. Effects of rested harvest using the anesthetic AQUI-S™ on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and fillet quality. *Aquaculture* 262(2-4), 302-318. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.035>
- Bracke, M.B.M., Hopster, H. 2006. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 19, 77–89. <https://doi.org/10.1007/s10806-005-4493-7>
- Braithwaite, V.A., Salvane, A.G.V. 2005. Environmental variability in the early rearing environment generates behaviourally flexible cod: implications for rehabilitating wild populations. In: *Proceedings of the Royal Society Biology*, Bethesda, 272(1568), 1107-1113. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3062>
- Brasil. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017; Art. 211. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.
- Braz, M.S.P.F. 2001. Criação de peixes em tanque rede. 20p.
- Brito, J.M., Ferreira, A.H.C., Santana Jr., H.A., Nascimento, A.S., Freitas, L.O., Santos, C.H.L., Silva, B.R., Batista, J.M.M., Santos, G.L., Oliveira, L.T.S. 2015. Enriquecimento ambiental na piscicultura. *Nutri-Time* 12(5), 4260-4266. ISSN: 1983-9006.
- Broom, D.M. Welfare in wildlife management and zoos. 2002. *Advances in Ethology*, Berlin 37, 4-6.
- Broom, D.M., Molento, C. F. M. 2004. Bem-estar animal: Conceito e questões relacionadas – Revisão (*Animal welfare: concept and related issues - Review*). *Archives of Veterinary Science* 9(2), 1-11. ISSN: 1517-784X.
- Brown, C., Davidson, T., Laland, K. 2003. Environmental enrichment and prior experience of live prey improve foraging behaviour in hatchery-reared Atlantic salmon; *Journal of Fish Biology* 63(Suplemento A), p.187-196. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00208.x>

- Carmelin Jr., C.A. 2014. Sistema automatizado de alimentação de juvenis de tilápia. 2014. vii, 36 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu.
- Carmelin Jr., C.A. 2018. Ajuste do fornecimento automático de ração de acordo com a temperatura da água para tilápias criadas em tanques rede. 60 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu.
- Casa da Agricultura. 2011. Piscicultura: Uma Atividade em Ascensão. Revista Casa da Agricultura 4(3), 1-22.
- Castro, C.S., Agostinho, C.A., Santos, A.A.D., Favero Neto, J., Ribeiro, R.R., Agostinho, L.M., Santos, A.A.D., Carmelin Jr., C.A., Chan, R.V. 2014. Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding frequency. *Aquacultural Engineering Elsevier* 61(7), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.06.001>
- CIE, International Commission on Illumination. 1978. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms Supplement n. 2. Bureau Central de la CIE Paris France.
- Clay, J.W. 2008. The role of Better Management Practices in Environmental Management. In: Tucker, C.S., Hargreaves, J.A. (Ed.). *Environmental Best Management Practices for Aquaculture*. Oxford: Wiley-Blackwell, 55-72. ISSN: 978-0-813-82027-9.
- Collymore, C., Tolwani, R. J., Rasmussen, S. 2015. The behavioral effects of single housing and environmental enrichment on adult zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 54, 280-285.
- Costa, A.A.P. 2014. Densidade de estocagem sobre o desempenho e estresse de juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede. 2014. xi, 46 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais)—Universidade de Brasília, Brasília.
- Costa, T.D. 2016. Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade antimicrobiana dos isolados de tilápias (*Oreochromis* spp.) De pesque-pague da microrregião do estado de São Paulo. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)-Faculdade de Ciências.
- Dalla Costa, O.A. 2005. Efeito de manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne dos suínos. 2005. 160f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

- Delicio, H.C., Barreto, R.E., Normandes, E.B., Luchiari, A.C., Marcondes, A.L. 2006. A place preference test in the fish Nile tilapia. *Journal of Experimental Animal Science* 43, 141-148.
- Duarte, E., Pedreira, M.M., Santos, A.E., Moreira, F.C., Mota, N.C. 2017. Cultivo de pós-larvas de tilápia do Nilo utilizando diferentes proporções de substrato concha/brita no biofiltro. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* 20(1), 43-48.
- Duarte, F.O.S. 2017. Caracterização da carne de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetida à dietas suplementadas com óleo de peixe. 195f. Tese (Dissertação em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás.
- Einberg, S., Overli, O., Lepage, O. 2001. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. *Journal Experimental Biology, Cambridge* 204 (22), 3867-3886.
- Eskin, M., Aliani, M., Shahidi, F. 2015. Carnes e Peixes. In: ESKIN, M.; SHAHIDI, F. (Eds). *Bioquímica de alimentos*. 3ªed. Rio de Janeiro: Elsevier, 536p.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United States. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and Challenges*. Rome. 243 p.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United States. 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all*. Rome. 200 p.
- Ferraz, M.R. 2011. *Manual of Animal Behavior*. Ed. Rubio. 224 p. ISSN-9788577710607.
- Fitzsimmons K. 2000. Tilapia and penaeid shrimp polycultures. *Pond Dynamics / Aquaculture CRSP, Aquanews*.
- Fraser, A.F., Broom, D.M. 2002. *Farm animal behavior and welfare*. Oxon: CABI 437 p.
- Freire, C.E.C., Gonçalves, A.A. 2013. Diferentes métodos de abate do pescado produzido em aquicultura, qualidade da carne e bem-estar do animal. *HOLOS*,[S.I.] 6, 33-41. <https://doi.org/10.15628/holos.2013.992>
- Furuya, W.M. 2010. *Tabela Brasileira para Nutrição de Tilápias*.
- Galhardo, L., Oliveira, R.F. 2009. Psychological stress and welfare in fish. *Annual Review of Biomedical Sciences* 11, 1-20.
- Ghisi, N.C., Oliveira, C.E. 2016. Fish welfare: the state of science by scientometrical analysis. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 38(3), 253-261. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v38i3.31785> 2016

- Hiltsdorf, A.W.S. 1995. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo 22(1-4), 199-205.
- Höglund, E., Bakke, M.J., Øverli, Ø., Winberg, S., Nilsson, G.E. 2005. Suppression of aggressive behavior in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by L-tryptophan supplementation. Aquaculture, Amsterdam 249 (1-4), 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.028>
- Höglund, E., Bakke, M.J., Øverli, Ø., Winberg, S., Nilsson, G.E. 2005. Suppression of aggressive behavior in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by L-tryptophan supplementation. Aquaculture 249(1-4), 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.028>
- Hoseini, S.M., Hosseini, S.A. 2010. Effect of dietary L-tryptophan on osmotic stress tolerance in common carp, *Cyprinus carpio*, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry, Dordrech, 36, (4), 1061-1067. <https://doi.org/10.1007/s10695-010-9383-x>
- Hseu, J.R., Lu, F.I., Su, H.M., Wang, L.S., Tsai, C.L., Hwang, P.P. 2003. Effect of exogenous tryptophan on cannibalism survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture, Amsterdam 218 (1-4), 251-263. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00503-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00503-3)
- Huang, J., Zheng, X., Wu, Z., Liu H., Deng, F., 2016. Can increased structural complexity decrease the predation of an alien crayfish on a native fish? Hydrobiologia 781, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2844-1>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Pesquisa da Pecuária Municipal.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Pesquisa da pecuária municipal.
- Imre, I., Grant, J.W.A., Keeley, E.R. 2002. The effect of visual isolation on territory size and population density of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59, 303-309.
- Kavalliers, M., Choleris, E. 2001. Antipredator responses and defensive behaviour: ecological and ethological approaches for the neurosciences. Neurosc. Biobehav. Rev., 25, 577-586. [http://dx.doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00042-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00042-2)
- Kirschnick, P. 2007. Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). 92 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal.
- Knowles, T.G., Brown, S.N., Warriss, P.D., Lines, J., Tinarwo, A., Sendon, M. 2008. Effect of electrical stunning at slaughter on the quality of farmed

- turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture Research* 39(16), 1731-1738. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02049.x>
- Kubitza, F. 2006. Cultivo de Tilápias, Dicas de Ajustes na Alimentação. *Panorama da Aquicultura*. 16(98), 1-11.
- Kubitza, F. 2015. Aquicultura no Brasil: conquistas e desafios. *Panorama da Aquicultura*. 25(150), 1-23.
- Kubitza, F. 2000. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Acqua & Imagem, 285p.
- Lepage, O., Larson, E.T., Mayer I., Winberg, S. 2005. Tryptophan affects both gastrointestinal melatonin production and interrenal activity in stressed and nonstressed rainbow trout. *Journal of Pineal Research*, Copenhagen, 38 (4), 264-271. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2004.00201.x>
- Lepage, O. Larson, E.T., Mayer, I., Winberg, S. 2005. Serotonin, but not melatonin, plays a role in shaping dominant-subordinate relationship and aggression in rainbow-trout. *Hormones and Behavior*, New York, 48 (2), 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.02.012>
- Lepage, O., Vélchez, I.M., Pottinger, T.G., Winberg, S. 2003. Time-course of the effect of dietary L-tryptophan on plasma cortisol levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *The Journal of Biology*, London, 206, 3589-3599, <https://doi.org/10.1242/jeb.00614>
- Lepage, O., Larson, E.T., Mayer, I., Winberg, S. 2005. Tryptophan affects both gastrointestinal melatonin production and interrenal activity in stressed and nonstressed rainbow trout. *Journal of Pineal Research* 38(4), 264–271. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2004.00201.x>
- Lepage, O., Tottmar, O., Winberg, S. 2002. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Experimental Biology*, London 205, 3679-3687.
- LOWE-MCCONNELL, R. 1958. Observation on the biology of *tilapia nilotica* linné in east Africa waters (Pisces: Cichlidae). *Revue de Zoologie et Botanique Africaines* 57, 129-170.
- Lyon, B.G., Lyon, C.E. 2001. Meat quality: sensory and instrumental evaluations. In: SAMS, A. R. (Ed.). *Poultry meat processing*. New York: CRC Press. 97–120.
- Magellan, K., García-Berthou E. 2016. Experimental evidence for the use of artificial refugia to mitigate the impacts of invasive *Gambusia holbrooki* on an endangered fish. *Biol Invasions* 18, 873-882. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1057-x>

- Martin C.W., Valentine M.M., Valentine J.F. 2010. Competitive interactions between invasive Nile tilapia and native fish: the potential for altered trophic exchange and modification of food webs. PLoS One 5(12): e14395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014395>
- Martineli, G.M. 2017. Automação do fornecimento de ração e fracionamento da ração diária para tilápias criadas em ambiente controlado com dieta balanceada. 51f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UNESP de Botucatu.
- Martins, C.I.M., Silva, P.I.M, Santos, G.A. Costas, B., Larsen, B.K., Conceição, L.E.C., Dias, J., Schrama, J.W., Höglund, E, Øverli, Ø. 2013. The effect of tryptophan supplemented diets on brain serotonergic activity and plasma cortisol under undisturbed and stressed conditions in grouped-housed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 400-401(20), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.02.035>
- Martins, T.P., Urbinati, E.C., Freitas, E.G., Bendhack, F. 2013. Efeito do L-tryptofano dietético na mediação de respostas de estresse de transporte e no comportamento agressivo do matrinxã. Dissertação de Mestrado - Centro de Aquicultura da UNESP.
- Massago, H., Castagnli, N., Malheiros, E. B., Koberstein, T.C.R.D., Santos, M.A., Ribeiro, R.P. 2010. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais 8(4), 397-403. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v8i4.10970>
- McClenachan, L., Dissanayake, S.T.M., Chen, X. 2016. Fair trade fish: consumer support for broader seafood sustainability. Fish and Fisheries 17, 825–838. <https://doi.org/10.1111/faf.12148>
- Mendes, A.I., Carvalho, M.C. 2016. Caracterização da piscicultura em tanques-rede no município de Rubinéia-sp: Um Estudo de Caso. Revista do Agronegócio – Reagro, Jales 5(1), 16–33.
- Mendes, L.H.C. 2010. Estímulos químicos e visuais de predador sobre a tomada de decisão entre alimentar-se e refugiar-se em grupos de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza.
- Mendonça, F.Z. 2006. Efeito da privação de ninho sobre a agressividade e o sucesso de acasalamento em machos de tilápia-do-nilo. *Master Thesis*, UNESP, São José do Rio Preto, SP, Brazil, 43p.
- Mendonça, F.Z., Volpato, G.L., Costa-ferreira, R.S., Gonçalves-de-freitas, E. 2010. Substratum choice for nesting in male Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Journal of Fish Biology 77, 1439-1445. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02754.x>

- Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W.R., Soares, C.M. 2002 Lipídios na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia 33(2), 566-573. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000300005>
- Miyai, C. A. 2013. Efeito do odor de predador nas respostas de estresse na tilápia-do-Nilo. 29 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu.
- Molento, C.F.M. 2005. BEM-ESTAR E PRODUÇÃO ANIMAL: ASPECTOS ECONÔMICOS - REVISÃO. Archives of Veterinary Science 10(1), 1-11. ISSN- 1517-784X. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v10i1.4078>
- Molico, E. 2013. Comportamentos que aliviam estresse nos animais: uma revisão e alguns dados novos na tilápia-do-Nilo. 2013. 32 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Botucatu.
- Näslund, J., Johnsson, J.I. 2016. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. Fish and Fisheries 17, 1–30. <https://doi.org/10.1111/faf.12088>
- Normando, D., Tjaderhane, L., Quintao, C.C.A. 2010. A escolha do teste estatístico - um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint. Dental Press Journal of Orthodontics [online] 15(16), 101-106. <http://dx.doi.org/10.1590/S2176-94512010000100012>
- OECD/FAO. 2016. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en
- Oliveira, A.P.G., Mendonça. P.P. 2016. Comportamento de peixes oscar *astronotus ocellatus* (pisces, cichlidae) em aquário. Dissertação de Mestrado -Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Espírito Santo.
- Oliveira, F.A., Neto, O.C., Santos, L.M.R., Ferreira, E.H.R., Rosenthal, A. 2017. Effect of high pressure on fish meat quality – A review. Trends in Food Science & Technology, 66(8), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.014>
- Ono, E.A., Kubitza, F. 1999. Cultivo de peixes em tanques-rede. 2ª edição, revisão. e amplificação. Jundiaí: F. Kubitza. 68 p.
- Pedrazzani, A.S., Molento, C.F.M., Carneiro, P.C.F., Castilho, M.F. 2007. Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. Panorama da aquicultura julho/agosto.
- Peixe BR. 2018. Brasil é o 4º maior produtor mundial de Tilápia. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2018 12-14.

- Pinheiro, J.V. 2009. A pesquisa com bem estar animal tendo como alicerce o enriquecimento ambiental através da utilização de objeto suspenso no comportamento de leitões desmamados e seu efeito como novidade. 2009. 65p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Piper, R.G., McElwain, I.B., Orme, L.E. 1982. Fish Hatchery Management. U.S. Department of Interior, 517p.
- Pizzutto, C.S., Sgai, M.G.F.G., Guimarães M.A.B.V. 2009. O enriquecimento ambiental como ferramenta para melhorar a reprodução e o bem-estar de animais cativos. *Revista Brasileira Reprodução Animal* 33(3), 129-138.
- Quintero-pardo, A.M.C., Giaquinto, P.C. 2015. Influence of Tryptophan supplemented diets on self-balancing, food intake and growth performance of juvenile and adult Nile tilapia. *Veterinaria y Zootecnia* 9, 13-23. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2015.9.2.2>
- Rahmanifarah, K., Shabanpour, B., Sattati, A. 2011. Effects of clove oil on behavior and flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in comparison with preslaughter CO2 stunning, chilling and asphyxia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11(1), 139-147. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2011.0118>
- Rana, K.J. 1997. Guidelines on the collection of structural aquaculture statistics. Supplement to the Program for the world census of agriculture 2000. FAO Statistical Development Series, 5b. Roma, FAO. 56p.
- Rocha, C.M.C., Resende, E.K., Routledge, E.A.B., Lundstedt, L.M. 2013. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(8), 4-6. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800iii>
- Rodrigues L.R.T. 2005. A cor amarela da carne dos peixes. *Panorama da aquicultura*. edição 89.
- Roriz, B.C., Mariano, W.S., Takako, A.K., Castro, F.J., Garcia, R.G. 2015. Efeitos do estresse de exposição ao ar sobre parâmetros sanguíneos de juvenis de caranha, *Piaractus brachipomus*. *Enciclopédia Biosfera* 11, 2231-2242.
- Scherer, R., Augusti, P.R., Steffens, C., Bochi, V.C., Hecktheurer, L.H., Lazzari, R., Radunz Neto, J., Pomblum, S.C.G., Emanuelli, T. 2005. Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice. *Journal of Food Science* 70(5), 348-353. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09965.x>
- Sidônio, L, Cavalcanti, I.M., Capanema, L., Morch, R., Magalhaes, G., Lima, J., Burns, V.A.C., Alves Jr., A.J., Mungolioli, R. 2012. *Panorama da Aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades*. BNDES Setorial, 35, 421-463.

- Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T., Seland, A. 1997. Handling Stress and Storage Temperature Affect Meat Quality of Farmed-raised Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). Journal of Food Science 62(4), 898-905. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15482.x>
- Silva, G.V. 2010. Caracterização de indivíduos hesitantes e ousados na tilápia-do-Nilo. 35 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.
- Silva, W.L.M., Frozzi, J.C., Fonseca, J.S., Souza, A.L., Salvador, J.S.P., Ribeiro, P.N.T., Campos, M.C.C. 2018. Sustentabilidade na Aquicultura: Dimensão Social, Econômica e Ambiental – Uma Revisão de Literatura. Revista EDUCAmazônia – Educação Sociedade e Meio Ambiente 20(1), 87-108. ISSN-2358-1468.
- Soares, K.M.P., Gonçalves, A.A. 2012. Qualidade e Segurança do Pescado. Revista do Instituto Adolfo Lutz 71(1), 1-10.
- Sohn, J.H., Ohshima, T. 2010. Control of lipid oxidation and meat color deterioration in skipjack tuna muscle during ice storage. Fish Science 76(4), 703–710. <https://doi.org/10.1007/s12562-010-0248-0>
- Swaigood, R.R. & Shepherdson, D.J. 2005. Scientific approaches to enrichment and stereotypies in zoo animals: what's been done and where should we go next? Zoo Biology, 24, 499-518. <https://doi.org/10.1002/zoo.20066>
- Tancredo, K.R., Nobrega, R.O., Dias, T., Lapa, K.R. 2011. Impactos Ambientais da Carnicultura Brasileira. in: 3rd Workshop Advances in Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World. São Paulo, Brazil 1-7.
- Tejpal, C.S., Pal, A.K., Sahu, N.P., Kumar, J.A., Muthappa, N.A., Rajan, M.G. 2009. Dietary supplementation of l-tryptophan mitigates crowding stress and augments the growth in *Cirrhinus mrigala* fingerlings. Aquaculture, Amsterdam, 293 (3–4), 272-277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.09.014>
- Tidwell, J. H.; Coyle, S.; Bright, L. A. 2007. Effects of different types of dietary lipids on growth and fatty acid composition of largemouth bass. North American Journal of Aquaculture 69(4), 257-264. <https://doi.org/10.1577/A06-040.1>
- Torrezani, C.S. 2012. A influência do enriquecimento ambiental no comportamento agressivo da tilápia do Congo *Tilapia rendalli*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu. Monografia. 15p.
- Torstensen, B.E., Bell, J.G., Roselund, G., Henderson, R.J., Graff, I.E., Toucher, D.R., Lie, Ø., Sargent, J. R. 2005. Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(26), 10166–10178. <https://doi.org/10.1021/jf051308i>

- Tsujii, K.M. Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne de tilápia do Nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou linhaça. 2018. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Tully, S.M., Winer, R.S. 2014. The role of the beneficiary in willingness to pay for socially responsible products: a meta-analysis. *Journal of Retailing* 90(2), 255– 274. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2014.03.004>
- Veldhuizen, L.J.L., van der Lans, I.A., Berentsen, P.B., de Boer, I.J.M., Bokkers, E.A.M. 2017. Consumer interest in social sustainability issues of whitefish from capture fisheries in the north-east Atlantic. *Fish and Fisheries* 18(3), 527–542. <https://doi.org/10.1111/faf.12191>
- Viegas, E.M.M., Pimenta, F.D.A., Previero, T.C., Gonçalves, L.U., Durães, J.P., Ribeiro, M.A.R., Oliveira Filho, P.R.C. 2012. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. *Archivos de Zootecnia, Córdoba, Spain* 61(1), 41-50. <https://doi.org/10.21071/az.v61i237.2957>
- Vieira, B.R.M. 2013. Efeito da suplementação dietética com triptofano no comportamento agressivo em juvenis de tilápia-do-Nilo. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto Biociências de Botucatu.
- Vieira, R.H.S.F. 2003. Microbiologia, Higiene e Qualidade do pescado: Teoria e Prática. São Paulo: Livraria Varela. 380p.
- Volpato, G.L., Freitas, E.G. & Castilho, M.F. 2007. Insights into the concept of fish welfare. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75, 165-171. <https://doi.org/10.3354/dao075165>
- Volpato, G.L., Giaquinto, P.C., Castilho, M.F., Barreto, R.E., Freitas, E.G. 2009. Animal Welfare: From Concepts to Reality. *Oecologia Australis*, [S.l.] 13(1), 5-15, ISSN 2177-6199.
- Von Krogh, K., Sørensen, C., Nilsson, G.E., Øverli, Ø. 2010. Forebrain cells proliferation, behavior, and physiology of zebrafish, *Danio rerio*, kept in enriched or barren environments. *Physiology & Behavior*, 101, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.04.003>
- Watanabe, W. Losordo, T.M., Fitzsimmons, K., Hanley, F. 2002. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Reviews in Fisheries Science* 10(3-4), 465-498.
- Winberg, S., Øverli, Ø., Lepage, O. 2001. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. *Journal of Experimental Biology* 204, 3867–3876.
- Wolkers, C.P., Serra, M., Hoshiba, M.A., Urbinati, E.C. 2012. Dietary L-tryptophan alters aggression in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus*. *Fish Physiology*

and Biochemistry 38(3), 819–827. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9569-x>

- Wolkers, C.P.B., Serra, M., Szawka, R.E., Urbinati, E.C. 2014. The time course of aggressive behavior in juvenile matrinxã (*Brycon amazonicus*) fed with dietary L-tryptophan supplementation. Journal of Fish Biology 84 (1), 45-57. <http://dx.doi.org/10.1111/jfb.12252>
- Yacout, D.M.M., Soliman, N.F., Yacout, M.M. 2016. Comparative life cycle assessment (LCA) of Tilapia in two production systems: semi-intensive and intensive. The International Journal of Life Cycle Assessment 21(6), 806–819. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1061-5>
- Yoshioka, E.T.O., Mariano, W.S., Santos, L.R.B. 2009. Estresse em peixes cultivados: Agravantes e atenuantes para manejo. Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo. 226-247p.